DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

621.30
gl

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling.

HELGE HOLST

ELEKTRICITETEN

I. BIND

POLYTEKNISK LÆREANSTALT
Teknisk Bibliotek

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling.

Lb. Nr. 1955. Grp. 537

HELGE HOLST

ELEKTRICITETEN

DE ELEKTRISKE KRÆFTERS FREMBRINGELSE
OG ANVENDELSE I MENNESKETS TJENESTE

I. BIND

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling.

POLYTEKNISK
Teknisk Bibliotek
LÆREANSTALT

KØBENHAVN OG KRISTIANIA
GYLDENDALSKE BOGHANDEL
NORDISK FORLAG
FR. BAGGES KGL. HOF-BOGTRYKKERI
1910

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling.



I. FRA ELEKTRICITETENS BARNDOMSTID

Gilberts Værk. — Guerickes Forsøg. — Ledere og Isolatorer. — Elektrisk Pendul og Elektroskop. — Hvad er Elektricitet? — To Slags elektriske Tilstande. — Gnidningselektrisermaskinen. — Leidnerflasken eller Kondensatoren. — Elektrisk Fordeling. — Forsøg paa at anvende Gnidningselektriciteten.

Menneskets Kendskab til Elektriciteten maa siges at være saa gammelt som Menneskeslægten selv; thi i Lyn og Torden har de elektriske Kræfter fra de ældste Tider traadt Menneskene i Møde paa en vildere og voldsommere Maade end de andre Naturkræfter. Men vi ved ikke, naar Mennesket først lærte selv at frembringe elektriske Kræfter, eller hvem der først har opfundet denne Kunst. Opfinderen kan have været en lille Dreng, der for Aartusinder siden under sin Leg ved Danmarks Kyst fandt et Stykke Rav, pudsede det med en Flig af sin Skinddragt og opdagede, at Ravet efter Gnidningen tiltrak Haarene i Skindet eller lette Dun. Men den samme Iagttagelse er sikkert gjort mange forskellige Steder, og hvorfra Kundskaben derom først har udbredt sig i videre Kredse, kan ikke afgøres.

Imidlertid er det Oldtidens Grækere, der har overleveret os de første skriftlige Beretninger om denne mærkelige Egenskab hos Ravet, som de vistnok fik fra Vesterhavets og Østersøens Kyster gennem fønikiske Sømænd; og det er fra det græske Navn for Rav, »Elektron«, at Ordet Elektricitet senere er afledet; Ordet Elektron skal forøvrigt selv være dannet af et græsk Ord, som betyder at tiltrække. Allerede den græske Filosof T h a l e s, der levede i Milet c. 600 f. Kr., kendte Ravets Evne til efter Gnidning at tiltrække lette Ting som Dun og Avner. Thales sagde, at Ravet blev besjælet, men han anede næppe, at den »Aand«, han ved sin Gnidning kaldte frem af Ravet, en Gang skulde blive en mægtig Hjælper for Menneskeslægten, en Hjælper, som paa Menneskets

Bud kunde forvandle Nat til Dag for ham, føre hans Tanker med Lynets Fart til Jordens fjærneste Egne, bevare hans Stemmes Klang til kommende Slægter, spænde de brusende Bjærgbække for hans Vogn og Plov, ja, tvinge dem til at koge hans Mad og varme hans Hus.

Foreløbig gik der over to Aartusinder, før man naaede videre, end Thales var naaet. Et betydningsfuldt Skridt fremad blev først gjort i England af Dronning Elisabeths Læge, William Gilbert af Colchester (1540—1603), da han udgav Bogen »De magnete«. Ved denne Bog har Gilbert grundlagt baade Magnetismen og Elektriciteten som Videnskaber. I forrige Aarhundrede er de smeltet sammen til èn, idet Elektriciteten optog Magnetismen i sig og derved blev til en verdensomdannende Magt, efter at den først havde gennemløbet en lang Barndomstid, hvor de elektriske Kræfter, Mennesket frembragte, kun kunde bruges til Legeværk. Men vi maa dvæle lidt ved Barndomstidens Legeværk for bedre at blive i Stand til at forstaa senere Tiders Storværker.

Gilberts Værk. Gilbert var en af de Mænd, som for 3 Aarhundreder siden indledede en ny Periode i Naturvidenskabernes Historie, idet de fra Studiet af Oldtidsforfatternes Skrifter om Naturen vendte sig til denne selv, stillede den Spørgsmaal og bøjede sig for dens Svar, selv om de stred mod den hævdvundne Lærdom. I Fortalen til »De magnete« siger Gilbert selv:

»Sande Visdomselskere, frimodige Aander, som søger Kundskab ikke blot i Bøger, men hos Tingene selv, Eder alene har jeg tilegnet en ny Slags Forskning. Men hvis nogen af Eder finder Grund til ikke at gaa ind paa de fremsatte Anskuelser, lad ham saa fæste sin Opmærksomhed ved den store Mængde af Eksperimenter og Opdagelser; thi det er dem, der bringer al Forskning til at blomstre; vi har gravet dem op med megen Møje, under søvnløse Nætter og med store Pengeofre«. — I 18 Aar havde han arbejdet med de Eksperimenter og Teorier, han fremførte i »De magnete«. »Der er intet i denne Bog«, siger han, »som ikke er blevet undersøgt og atter og atter udført og gentaget under vore Øjne«. Han beder enhver, der føler Lyst til at gøre Indvendinger mod Resultaterne, om at gentage Eksperimenterne for sig selv »omhyggeligt, behændigt og dygtigt, men ikke tankeløst og klodset«.

Ikke mindst, fordi Gilbert gik frem paa den angivne Maade og viste andre samme Vej, fortjener han at kaldes Grundlæggeren af den elektriske Videnskab; ser vi alene paa Resultaterne, maa hans Arbejde kun kaldes en ringe Begyndelse. — Hans Arbejde bestod væsentlig

deri, at han for en stor Mængde forskellige Stoffer undersøgte, om de ligesom Rav fik Tiltrækningskraft ved Gnidning. Det viste sig, at dette bl. a. var Tilfældet med Diamant, Safir, Bjærgkrystal, Svovl, Harpiks, Glas m. m., medens der var mange andre Stoffer og deriblandt navnlig Metallerne, som han ikke kunde gøre tiltrækkende. Den ved Gnidning frembragte Tiltrækningskraft kaldte han »den elektriske Kraft« og de Stoffer, der bar sig ad som Rav, kaldte han elektriske, de andre uelektriske; disse sidste Benævnelser har man imidlertid atter maattet opgive af Grunde, vi snart skal lære at kende. Selve Ordet Elektricitet har Gilbert ikke brugt; det er først indført adskilligt senere, maaske af Irlænderen Boyle, der 1675 udgav en Bog med Titlen »Om mekanisk Frembringelse af Elektricitet«.

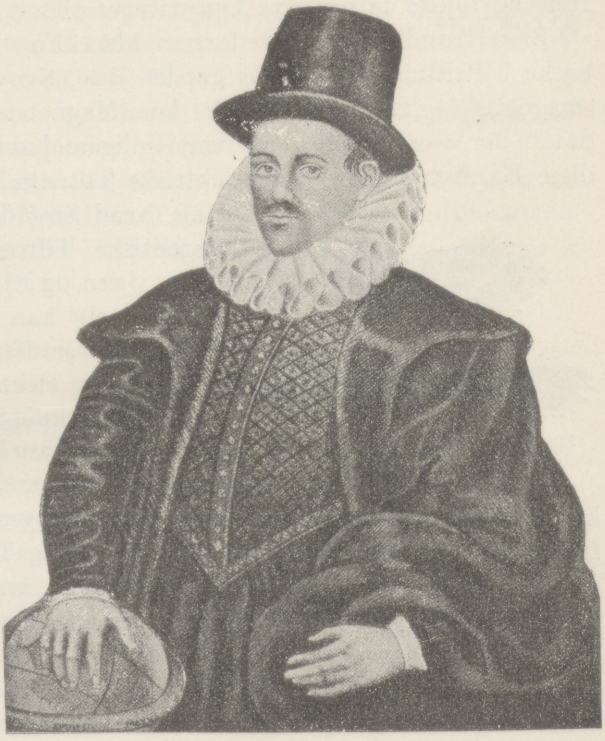


Fig. 1. William Gilbert,
Grundlæggeren af de elektriske og magnetiske Videnskaber.

Gilberts magnetiske Undersøgelser bragte tilsyneladende mere betydningsfulde Resultater end de elektriske; men her havde han ogsaa et fyldigere Grundlag at bygge paa. Allerede i Oldtiden vidste man, at visse Jærnmalme havde Evne til at tiltrække Jærn; og paa Gilberts Tid havde Sømændene længe brugt Kompasset som Vejviser paa deres Rejser. Et saadant Kompas kunde simplest dannes af et Stykke af den tiltrækkende Jærnmalm, som laa paa et Bræt, der svømmede i et Fad Vand; Malmstykket vilde da altid vende en bestemt Side mod Nord. Malmen kaldtes Magnetsten, vistnok fordi saadan Malm fandtes ved Magnesia i Lilleasien. I Stedet for selve Malmen kunde man imidlertid bruge en tynd Staalstang, som ved Strygning med den tiltrækkende Malm fik samme Egenskaber som

denne; anbragt paa et svømmende Bræt eller ophængt, saa at den frit kunde dreje sig om en lodret Akse, vilde den indstille sig med den ene Ende mod Nord og den anden mod Syd. At den retningsvisende Staalstang (Magnetnaal, Kompasnaal) ikke pegede lige mod Nord, men afveg lidt fra Nord-Sydlinjen og ulige meget paa forskellige Steder af Jorden, vidste man ogsaa paa Gilberts Tid. Han samlede imidlertid al Tidens Viden om Magnetstenen og Kompasnaalen til et ordnet Hele og føjede talrige nye Oplysninger til.

Blandt andet fremhævede han klart Forskellen mellem den elektriske Tiltrækningskraft hos gnedet Rav, Svovl, Glas o. s. v. og den »magnetiske« Tiltrækningskraft hos Magnetstenen og hos Jærn eller Staal, der var strøget med den; tidligere havde man sammenblandet disse Kræfter. Medens den elektriske Tiltrækning virker paa alle lette Ting, hvad Stof de end er af, virker den magnetiske Tiltrækning kun paa Jærnmalm, Jærn og Staal, altsaa paa de Stoffer, der selv kan blive magnetiske, men til Gengæld er den som oftest langt stærkere end den elektriske. Medens den elektriske Tiltrækningsevne kun holder sig kort Tid og navnlig svinder hurtigt bort i fugtigt Vejr, er Magnetismen en naturlig og varig Egenskab hos Magnetstenen; ogsaa hos Staal, hvor den fremkaldes ved Kunst, holder den sig i lang Tid temmelig usvækket, særlig naar det er haardt Staal; blødt Jærn, som hurtigt og let bliver magnetisk allerede ved Nærmelsen af en Magnetsten eller en Staalmagnet, kan derimod ikke bevare Magnetismen. Endvidere kan vi nævne, at den elektriske Tiltrækningsevne fordeler sig helt anderledes over en gneden Stang af Glas, Svovl eller lign. end den magnetiske over en Staalstang. Glasstangen bliver tiltrækkende overalt, hvor man gnider den, Staalstangen kun i Nærheden af Enderne; dypper man en Magnetstang i Jærnfilspaaner, hænger der et tykt Lag paa ude ved Enderne, men færre og færre ind mod Midten, og herinde i Reglen slet ingen. Anbringer man Magnetstangen, saa at den kan dreje sig, vil den som nævnt stille sig saaledes, at den peger mod Nord med den ene Ende, der kaldes Nordenden eller »Nordpolen«, mod Syd med den anden Ende (Sydenden eller »Sydpolen«), medens den elektriske Glasstang vilde staa lige godt i alle Retninger. Nærmer man paa forskellige Maader to drejelige Magnetnaale til hinanden, viser det sig, at den enes Nordende tiltrækker den andens Sydende, medens derimod de to Nordender frastøder hin-

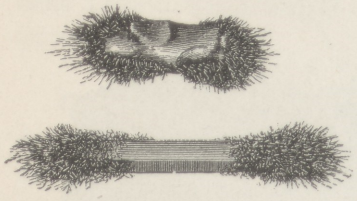


Fig. 2. Magnetsten og Magnetstang dyppede i Jærnfilspaaner.

anden, og de to Sydender ligeledes frastøder hinanden; at ogsaa elektriske Legemer kan virke frastødende, om end efter andre Regler, viste sig snart; men dette havde Gilbert endnu ikke opdaget.

Hvis man har en Staalmagnet, kan man let tilvejebringe en drejelig Magnetnaal, idet man med Staalmagnetens ene Ende stryger en Strikkepind gentagne Gange, stadig i samme Retning og derefter nedlægger Pinden i en Fure i en stor Korkprop og sætter denne ud at svømme i en vandfyldt Tallerken. Strikkepinden vender da den ene Ende mod Nord, den anden mod Syd, og ved Hjælp af to saadanne Strikkepinde, hver i sin Tallerken, kan vi faa ovennævnte Regel bekræftet, idet vi stiller Tallerknerne paa forskellige Maader i Forhold til hinanden.

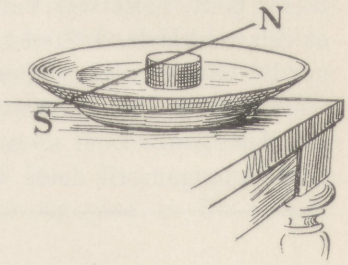


Fig 3. En Strikkepind anvendes som Kompasnaal.

Guerickes Forsøg. Gilberts Meddelelser om hans elektriske Eksperimenter bragte snart andre rundt om i Evropa til at gentage hans Forsøg og gøre nye Opdagelser.

I Tyskland lykkedes det Otto v. Guericke (1602—1686), Borgmester i Magdeborg, bekendt som Luftpumpens Opfinder, at forstærke de elektriske Virkninger betydeligt, idet han lavede, hvad man kunde kalde den første Elektrisermaskine. — Det var en Svovlkugle, gennem hvilken der gik en Jærnaksel med et Haandsving, saa at det hele kunde anbringes i et Stativ og drejes rundt. Naar man under Omdrejningen holdt Haanden — der maatte være tør — paa Kuglen, blev denne stærkt elektrisk.

Guericke gjorde nu et Par nye og mærkelige Opdagelser. Han saa, at et Dun, som blev tiltrukket af Kuglen, atter blev frastødt af den, efter at det havde berørt den; ja, naar han tog Jærnakslen med Kuglen i Haanden, kunde han jage det frastødte Dun (*a* Fig. 4) rundt i Luften, idet det hele Tiden flygtede for Kuglen. Til den tidligere kendte elektriske Tiltrækning kom der altsaa nu en elektrisk Frastødning.

Endvidere fandt Guericke, at det af Svovlkuglen frastødte Dun blev tiltrukket af forskellige uelektriske Genstande, f. Eks. af hans eget Legeme. Det fløj f. Eks. hen paa hans Næse; men efter at det havde rørt ved Næsen eller en Finger, kunde det atter tiltrækkes af Svovlkuglen, saa at det altsaa kunde fare frem og tilbage mellem Kuglen og en Finger.

For at gentage Guerickes Forsøg behøver man ikke at have nogen

Slags Elektrisermaskine. Svovlkuglen kan bl. a. erstattes af et Glasrør (f. Eks. et Lampeglas), en Glasstang eller en Flaske, som man tørrer godt, helst ved Varme, og derefter gnider med en Uldklud eller et Silketørklæde. I Stedet for et Dun kunde man bruge smaa, ganske tynde Papirstumper, eller tyndt Bladaluminium. — Særlig godt til Gnidning af Glas er forøvrigt en blød Læderlap, hvorpaa der er strøget Amalgam, d. v. s. en Blanding af Kviksølv og andet Metal. (Et godt Amalgam til dette Brug kan dannes af Tin, Zink og Kviksølv.

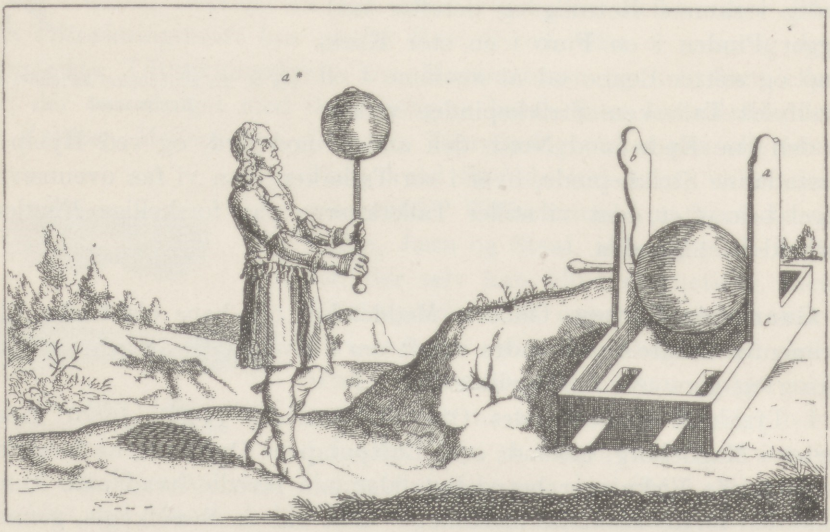


Fig. 4. Guerickes Elektrisermaskine.

Men det er ikke saa let at lave og købes derfor helst tilberedt. Læderet indgnides med en lille Smule Tælle eller renset Svinefedt; Amalgamet pulveriseres fint og strøs paa, hvorefter det indgnides godt med en Korkprop el. lign.).

Ved at gnide sin Svovlkugle i Mørke iagttog Guericke, at Gnidningen frembragte et tydeligt, men svagt og uroligt Lys ved den gnidende Haand. Tillige kunde han altid under Gnidningen høre en svag Knitren, naar han nærmede Øret til Kuglen. Lignende Lys- og Lydfænomener blev snart frembragt af andre; det viste sig, at man af stærkt elektriske Genstande kunde trække smaa Gnister, der ledsagedes af svage Knald, og man anede, at dette var Lyn og Torden i formindsket Maalestok. — Endvidere viste det sig, at elektriske Genstande kunde paavirke Følelsen. Ved at føre en elektrisk Stang tæt hen over Huden, men uden at berøre denne, kunde man fremkalde en ejendommelig Fornemmelse, omtrent som om et Spindelvæv blev draget hen over Huden. Heraf maa man dog ikke slutte, at vi har

nogen særlig elektrisk Sans; Fornemmelsen opstaar blot derved, at de fine Haar paa Huden tiltrækkes af Stangen og bøjer sig efter den.

Det er let at frembringe de ovennævnte Virkninger ved Hjælp af en Lineal af Ebonit (hærdet Kavtsjuk). Gnider man i Mørke en saadan Lineal kraftigt og hurtigt med sit Ærme, idet man f. Eks. trykker den mellem Overarm og Underarm, fremkommer der en ret kraftig Lysning paa Linealen. Ved dernæst at nærme en Kno til den kan man faa en Gnist og en Lysning — et helt lille Lyn. Hos mange Mennesker gnistrer Haaret, naar de i Mørke reder sig med en Ebonitkam.

Ledere og Isolatorer. Gennem Guerickes og hans Samtidiges Arbejder blev de elektriske Virkninger stærkere og mere mangfoldige; men man fik i Grunden ikke kastet synderligt nyt Lys over Sagen. Et betydningsfuldt Fremskridt i denne Henseende blev først gjort af Englænderen Stephan Gray adskilligt over 100 Aar efter Gilberts Død.

Gray brugte en Gang til de sædvanlige Gnidningsforsøg et Glasrør med Korkpropper i Rørmundingerne, og han lagde da Mærke til, at naar han gned Røret helt hen til Mundingen, kunde ikke blot Glasset, men ogsaa Korken, der ikke var gnedet, tiltrække et Dun. Dette var saa meget mere mærkeligt, som Kork hørte til de i Gilberts Forstand »uelektriske« Stoffer. Gray stak nu en 4 Tommer lang Træpind ind i Korken, og han saa, at Pindens anden Ende blev elektrisk og tiltrak Dunet; ligesaa gik det med en længere Pind. Han gik dernæst over til at anvende Sejlgarn eller Metaltraad. Til Glasrøret fastgjorde han en 20—30 Fod lang Traad, til hvis anden Ende der var bundet en Elfenbenskugle. Røret anbragtes paa en Balkon saaledes, at Traaden med Kuglen hang ned mod Jorden, og hernede kunde Kuglen da tiltrække lette Ting, naar Gray gned Glasrøret. Den elektriske Tiltrækningsevne forplantede sig altsaa gennem den lange Traad fra Røret til Kuglen; Gray sagde, at Elektriciteten lededes gennem Traaden.

For at faa Elektriciteten ledet endnu længere bort fra den gnedne Genstand tog Gray en Hampesnor, som han ophængte vandret, idet den understøttedes ved Sejlgarn der gik ned fra Loftet. Hampesnorens ene Ende var fastgjort i Korkproppen, medens den anden var hæftet til Elfenbenskuglen. Men Forsøget mislykkedes, fordi Elektriciteten lededes gennem Sejlgarnet til Loftet i Stedet for blot at udbrede sig til Hampesnoren og Elfenbenskuglen. Kort Tid efter var Gray paa Besøg hos en Præst, Granvil Wheeler, og denne foreslog Gray at hænge Hampesnoren op i fine Silketraade, som Elektriciteten vel vanske-

ligere kunde slippe igennem end gennem det tykkere Sejlgarn. Dette Middel viste sig virkelig udmærket. Gray og Wheeler kunde lede Elektriciteten gennem 750 Fod Hampesnor, der var ophængt i Silketraade. Men da en Silketraad, der knækkede, blev erstattet af en fin Messingtraad, gik det atter galt; al Elektriciteten forsvandt helt gennem Messingtraaden, skønt denne var endnu tyndere end Silketraaden. De opdagede derved, at det ikke saa meget kom an paa Traadens Tykkelse som paa, hvad Stof den var lavet af.

Ved fortsatte Undersøgelser fandt de, at Stofferne kunde inddeles i to Klasser: Elektriske L e d e r e, der ligesom Messingtraaden og Hampesnoren kunde lede Elektriciteten fra et Sted til et andet, og elektriske I k k e l e d e r e eller I s o l a t o r e r, gennem hvilke Elektriciteten ikke forplantede sig. Det viste sig nu endvidere, at Isolatorerne var Gilberts »elektriske« Stoffer, medens Gilberts »uelektriske« Stoffer alle var gode Ledere for Elektriciteten.

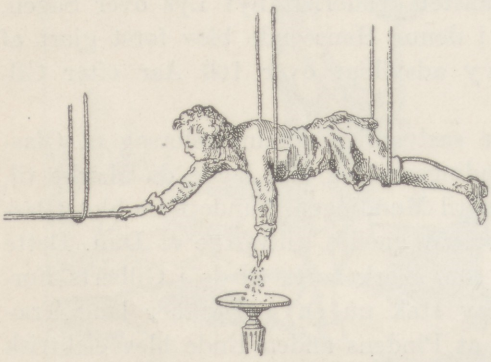


Fig. 5. En Dreng gøres elektrisk.

Gray viste bl. a., at det menneskelige Legeme var en Leder for Elektriciteten. Han ophængte en Dreng i to Haarsnore, som, naar de var tørre, ikke ledede Elektriciteten; naar Drengen da med den ene Haand tog om en gneden Glasstang, virkede hans anden Haand tiltrækkende paa lette Papirstrimler. Ogsaa naar Drengen stod paa en Harpikskage, kunde han blive elektrisk.

Gilberts Forsøg kom nu til at staa i et helt nyt Lys. At han ikke kunde faa en Metalstang elektrisk ved at tage den i Haanden og gnide den, kunde jo forklares alene derved, at Elektriciteten lededes bort gennem Metallet og Legemet til Gulvet og Jorden. Paa en Glasstang holder Elektriciteten sig derimod, fordi den ikke kan komme fra den ene Del af Stangen til den anden. — Det blev i Virkeligheden senere godtgjort, at alle Stoffer kan blive elektriske ved Gnidning, naar man hindrer Elektriciteten i at ledes bort fra dem.

Til de elektriske Ledere hører først og fremmest Metaller, endvidere Syrer, Saltopløsninger, Vand, levende Planter og Dyr og i det hele taget fugtige Genstande; ogsaa Jorden er ledende, navnlig i fugtig Tilstand.

Af Isolatorer kan nævnes Rav, Harpiks, Svovl, Kavtsjuk, Lak, Ebonit, Voks, Glas, Porcellæn, Silke, Luft.

Mellem Lederne og Isolatorerne kunde man opstille en tredje Gruppe, Halvlederne, hvortil man f. Eks. kan regne Papir Straa, tørt Træ. Men faste og bestemte Grænser kan man ikke sætte; og da næppe noget Stof er fuldstændig ude af Stand til at lede Elektriciteten, vilde det egentlig være rigtigst blot at tale om gode og daarlige Ledere i Stedet for om Ledere og Isolatorer.



Fig. 6. Franklin leder Elektricitet ned fra en Tordensky.

En Snes Aar efter at Gray havde opdaget, at Elektriciteten kunde ledes gennem lange Hampesnore, udførte Amerikaneren Benjamin Franklin et dristigt og storslaaet Forsøg. Han lod under et Tordenvejr en Drage gaa op i en Sky, og han kunde da trække Gnister af Dragens Hampesnor. Dette klaredes simpelt derved, at Elektricitet fra Tordenskyen lededes ned gennem Snoren, og Forsøget godtgjorde paa en overbevisende Maade, at det virkelig, som man havde formodet, er elektriske Kræfter, der frembringer Lyn og Torden. Fig. 6 er et gammelt Billede af Franklins Forsøg; Manden, der holder Dragen, er isoleret fra denne ved et Stykke Silkesnor, der udgør den nederste Del af Dragesnoren.

Selv en meget ringe Mængde Fugtighed kan bringe mange af de anførte Isolatorer eller Halvledere til at blive godt ledende. Vi forstaar derved, at de elektriske Forsøg lykkes daarligt i fugtigt Vejr, hvad allerede Gilbert havde fremhævet, og at det er meget vigtigt at sørge for, at de Apparater, man anvender, er tørre overalt, hvor de skal isolere Elektriciteten. Navnlig i klart Frostvejr lykkes Forsøgene godt i en opvarmet Stue, hvor Apparaterne tørres ved Kakkel-

ovnen. Særlig med Glasdele maa man gøre sig Umage, da Glas meget let overtrækkes med en usynlig Hinde af Fugtighed. Det er derfor bedst, at Glasset er varmt eller endog hedt, medens man bruger det. Glasgenstande, der skal isolere godt ogsaa i kold Tilstand, maa helst forniseres; skal et Menneske elektriseres, kan han f. Eks. anbringes paa en Skammel med forniserede Glasben (Isolerskammel). Forøvrigt er der stor Forskel paa forskellige Glassorters Isolationsevne. — Ebonit er mindre modtagelig for Fugtighed end Glas, og en Ebonitlineal er god til mange elektriske Smaaforsøg; den maa dog helst være ren, i hvilket Øjemed man kan vaske den i Petroleum og derefter gnide den godt af.

I nogle kolde Fastlandsegne kan Luften om Vinteren i de opvarmede Stuer blive saa tør, at det giver Anledning til mærkelige elektriske Fremtoninger. Fra Byen Manitoba i Midten af det sydlige Kanada beretter en Lærer ved det derværende Universitet, at Trægulve og Gulvtæpper om Vinteren ofte bliver udmærkede Isolatorer, og at Folk da, blot ved at gnide Foden nogle Gange rask mod Gulvet, kan blive saa elektriske, at der kan springe Gnister over fra deres Haand til Gasrør eller andre Ledere, ja det skal endogsaa lade sig gøre at tænde Gassen med en Gnist fra Fingeren. Ved et Bal i Manitoba fik de dansende ofte et ubehageligt Stik af en elektrisk Gnist, naar de kom i Berøring med nogle Jærnsøjler, som fandtes i Salen. Det er en almindelig Leg blandt Byens Børn at løbe rundt paa Gulvet og derefter trække Gnister af hinandens Næse. I den elektriske Tid er det meget vanskeligt for mange Damer at faa redt deres Haar, da det ikke blot knitrer og gnistrer under Kammene, men tillige paa Grund af den elektriske Frastødning staar ud til alle Sider og af sig selv danner de mærkeligste Frisurer.

Elektrisk Pendul og Elektroskop. Nogle Smaaforsøg, der viser Forskellen mellem Ledere og Isolatorer, kan man let udføre ved Hjælp af elektriske Penduler, d. v. s. smaa Hyldemarvskugler ophængte i fine Traade.

En Hyldemarvskugle, der hænger i en tynd Silketraad, helst en utvunden Traad fra Silkeormens Hylster (Kokontraad), kan ligesom Guerickes Dun fare frem og tilbage mellem en gneden Glasstang og en Finger. Vi maa antage, at Dunet eller Hyldemarvskuglen ved at berøre en elektrisk Glasstang selv bliver elektrisk og derefter frastødes af Glasstangen; men naar Kuglen berører Fingren, ledes Elektriciteten bort, hvorefter Glasstangen atter kan tiltrække Kuglen. At Hyldemarvskuglen virkelig bliver elektrisk (d. v. s. faar Tiltrænknings-

evne) ved at berøre Glasstangen, kan vi vise ved efter Berøringen at nærme en anden i Silkespind ophængt Hyldemarvskugle til den; naar de to Kugler kommer nær til hinanden, tiltrækker de hinanden, løber sammen, rører hinanden, men skilles derefter atter ad og holder sig nu skilte ved et lille Mellemrum, selv om deres Traade foroven føres helt sammen; de er nemlig nu begge blevet elektriske og frastøder da hinanden. Først naar man rører Kuglerne med Haanden, falder de sammen.

En bekvem Ophængning for de elektriske Penduler kan man f. Eks. faa som angivet i Fig. 7, hvor Traaden ved smaa Metaløskner kan glide paa en Glasstang eller et Glasrør, der er bøjet og sat fast i en Flaske; man har fyldt Vand i denne, for at den skal staa bedre fast. Men man kan ogsaa hjælpe sig med en stiv Metaltraad, som f. Eks. fæstes til en Hængelampe, en Gasarm el. lign. og bøjes vandret ud. Den ene Kokontraad kan ligefrem bindes fast paa Metaltraaden, hvorefter den anden føres ind paa denne ved en lille enkelt Løkke, som ved Hjælp af en Strikkepind kan trækkes op eller ned langs Kokontraaden, indtil de to elektriske Penduler er lige lange; derefter trækkes Løkken til, men ikke haardere, end at man med Lethed kan skyde den langs Metaltraaden og derved nærme de to Hyldemarvskugler mer eller mindre til hinanden.

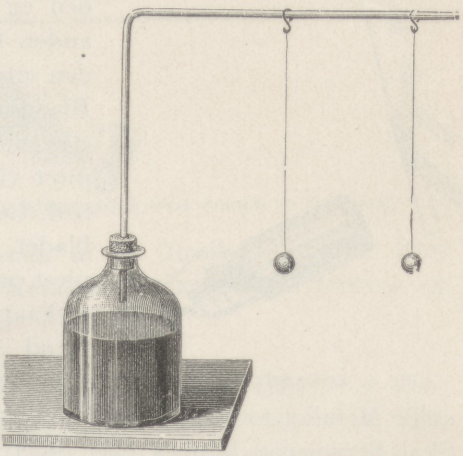


Fig. 7. Elektriske Penduler.

Naar man efter at have gjort Hyldemarvskuglen i et Silketraadspendul elektrisk ved en Glasstang berører den med forskellige uelektriske Genstande, som man holder i Haanden (f. Eks. en anden Glasstang, en Blyant, et Stearinlys, en Jærnpind o. s. v.), kan man finde, hvilke af dem der let bortleder Elektriciteten, og hvilke der bortleder den langsomt eller slet ikke. Kendetegnet paa, at Kuglen har tabt sin Elektricitet, er stadig, at den nu atter tiltrækkes af den gnedne Glasstang.

En Hyldemarvskugle, der er ophængt i den omtalte stive Metaltraad ikke ved en Silketraad, men ved en fin Metaltraad, vil bære sig helt anderledes ad end Silketraadspendulets Kugle. Den bliver ganske vist ogsaa tiltrukket af en gneden Glasstang, men frastødes ikke efter

Berøringen; den kan nemlig ikke blive elektrisk, da Elektriciteten bortledes gennem Metallet. Men hvis Metaltraadspendulet foroven er fæstet til en Glasstang, Ebonitlineal eller anden Isolator i Stedet for til den stive Metaltraad, kan det blive elektrisk.

I Stedet for Hyldemarvskugler kan man bruge Strimler af ganske tyndt Papir eller af Bladaluminium eller Bladguld. To tynde Papirstrimler lægges f. Eks. sammen og bøjes samlede om ved den ene Ende; Ombøjningen omfattes af en Løkke i en Silketraad, og med denne ophænges Strimlerne. Naar de nu elektriseres ved Berøring med et gnedet Glasrør, vil de frastøde hinanden og hænger derfor spredt ud fra hinanden forneden. Havde man i Stedet for den ene Papirstrimmel taget en Strimmel Bladaluminium, vilde alene Metalbladet slaa ud ved Elektriseringen, medens Papiret vilde blive hængende omtrent lodret ned, fordi det er langt tungere end Metalbladet. Metallet maa helst klæbe til Papiret paa den øverste Del; naar man køber afskaarne Aluminiumstrimler, er de ofte forud sammenhængende med Silkepapirstrimler, saa at der blot staar tilbage at skille Metallet forsigtigt fra Papiret paa den nederste Del med en Kniv. Skal Strimlerne klippes eller skæres ud af større Blade og bagefter sammenklæbes paa en Strækning, kræves der større Omhu; man kan da f. Eks. mellem de sammenlagte Strimler indføre et Knivsblad med en Smule Gummi paa den mod Papiret vendte Side. — Silketraaden med Metal- og Papirstrimlerne danner et overordentlig fintmærkende Elektroskop, d. v. s. Apparat til Paavisning af Elektricitet. Naar man efter først at have elektriseret Strimlerne med gnedet Glas atter nærmer gnedet Glas til dem, vil det udstaaende Metalblad vende sig bort fra Glasset. Nærmer man f. Eks. en varm og tør godt gneden Ølflaske til Elektroskopet, kan man under gunstige Forhold se dette »vende Ryggen til Flasken« allerede, naar den er henved et Par Alen borte; kommer den nærmere, flygter begge Strimlerne for den (Fig. 8).

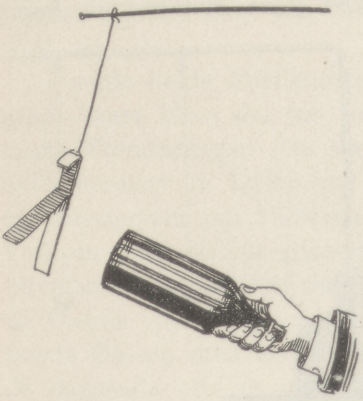


Fig. 8. Et simpelt Elektroskop.

Silketraaden kan ved Strimlerne ligesom ved Hyldemarvskuglerne erstattes med en Metaltraad, og naar man fæster denne til en god Isolator, er det let i en noget ændret Form at gentage Grays Forsøg angaaende Elektricitetens Ledning gennem forskellige Slags Traade. Hvis Metaltraaden selv er lang, kan man vikle den om to Glasstænger som vist i Fig. 9, eller paa anden Maade støtte den ved Isolatorer

(Silketraade, Ebonitlinealer o. s. v.). Rører man nu den ene frie Ende af Metaltaaden med en gneden Glasflaske, vil Elektriciteten forplante sig til den anden Ende og bringe Aluminiumstrimlen (eller Papirstrimlerne) til at slaa ud. Rører man derefter Metaltraaden med en Finger et eller andet Sted, synker Strimlen ned igen. Erstattes en Del af Metaltraaden af Sejlgarn, indtræder de samme Virkninger, men det gaar langsommere som Tegn paa, at Sejlgarnet leder daarligere end Metallet. Indføjer man i Stedet for Sejlgarnet en ren og tør Silketraad, udebliver Virkningen; men væder man Silketraaden i hele dens Udstrækning, bliver den straks godt ledende. — Ogsaa Papiret kan det være godt at fugte en Smule, naar det er meget tørt og derfor leder slet.

Da man i de sidstnævnte Forsøg ikke behøver at røre Elektroskopbladene, kan man omgive dem med en Glasbeholder og derved beskytte dem mod Lufttræk. Ofte anvendes et Elektroskop, som bestaar af en Glasflaske, i hvis Prop er indsat en Metalstang med en Metalplade eller -kugle foroven og to Aluminiumblade (eller Guldblade) forneden.



Fig. 9. Elektriciteten ledes gennem en Metaltraad.

Hvad er Elektricitet? Vi ser langs Landeveje eller over Hustage udspændte Jærn- og Broncetraade, om hvilke vi ved, at de bringer Bud mellem Mennesker; men ingen Bevægelse og ingen Lyd*), kort sagt intet ydre Tegn forraader, at der foregaar en ejendommelig Virksomhed i disse Traade, som helt igennem bestaar af koldt, dødt Metal. Eller vi sidder en Aften i en stor, oplyst Vogn, der farer gennem Københavns Gader, ført frem som af mange raske, stærke Heste, og vi ved, at alt Lyset og al Kraften strømmer ned i Vognen fra Kobbertraade, der strækker sig mørke og ubevægelige gennem Gaderne. Eller vi staar inde i vor Stue, gnider en Flaske mod vort Ærme, berører med Flasken en Metaltraad, som er ført hen til en Papir- og en Aluminiumstrimmel, der hænger ned ved hinandens Side i den anden Ende af Stuen, og straks naar Flasken rører Traaden, slaar Aluminiumbladet ud fra Papiret og stiller sig skraat ud i Luften paa Trods af Tyngdens Lov, og det skønt Metaltraaden ikke har faaet det ringeste Stød eller den mindste Rystelse ved Berøringen. De Kræfter,

*) Den Syngen eller Susen, man hører, naar man lægger Øret til Telegraf- og Telefonstænger, skyldes Vinden, og den har intet at gøre med Traadenes Anvendelse som elektriske Ledninger.

der her er virksomme, er mangfoldige Gange ringere end de, der virkede ude paa Sporvejslinjen; men at en fuldstændig ubevægelig Metaltraad kan faa en Sporvogn til at løbe, fordi en Dampmaskine arbejder ved Traadens anden Ende, er i og for sig ikke mere ubegribeligt, end at den kan faa et Metalblad til at løfte sig, fordi vi berører dens anden Ende med en Flaske. I begge Tilfælde er vi ude af Stand til at fatte, hvad der 'sker med Traaden.

At man fortæller os, at det er elektriske Kræfter, der er paa Spil, hjælper os ikke stort, naar vi ikke tillige faar at vide, hvad Elektricitet er. Et virkeligt tilfredsstillende Svar herpaa kan nu intet Menneske give, og vi maa derfor nøjes med mindre. Det vilde dog altid være et Fremskridt, om vi kunde drage en Sammenligning mellem det, der foregaar i Metaltraaden og noget andet, som vi lettere kan danne os en anskuelig Forestilling om.

Lad os i den Anledning tænke os et Jærnrør, der er helt fyldt med Vand og lukket i den ene Ende med en Prop, i den anden med en elastisk Plade, f. Eks. en Kavtsjukhinde; dersom vi trykker Proppen lidt ind (eller ved en Pumpe trykker lidt Vand ind gennem et Hul i Proppen), vil Vandet i Røret sættes i Bevægelse hen imod den anden Rørende, hvor det buler Kavtsjukhinden lidt ud. Derved kunde f. Eks. en lille Stang, der var drejelig om et Hængsel og hængte ned foran Kavtsjukhinden, bringes til at stille sig skraat udad, ligesom vi i vort Forsøg med Flasken, Metaltraaden og Strimlerne bragte Aluminiumbladet til at stille sig skraat udad. Der er nu i Virkeligheden visse Lighedspunkter mellem den Rolle, det vandfyldte Jærnrør spiller i det ene Forsøg, og Metaltraaden i det andet. Gennem Røret saa vel som gennem Traaden forplanter Virkningen af, hvad der sker ved den ene Ende, sig til den anden Ende i en ganske kort eller helt umærkelig Tid, og uden at vi paa Røret eller Traaden kan se, at der foregaar noget i deres Indre. Og ligesaa vel som den elektriske Virkning kan ledes gennem en lang og bugtet Traadledning, kan Vandtrykket forplante sig gennem en lang og bugtet Rørledning.

I Forsøget med Røret ved vi, at Virkningens Forplantning fra den ene Ende til den anden skyldes den Omstændighed, at Røret er fyldt med et Stof, som kan sættes i Bevægelse. Og man forestiller sig nu, at noget lignende er Tilfældet i det elektriske Forsøg, at der altsaa i Metaltraaden findes et Stof, som af den elektriske Flaske sættes i Bevægelse, og at Bevægelsen forplanter sig gennem Traaden fra Flasken til Elektroskopet i Traadens anden Ende; dette tænkte Stof kalder vi *Elektricitetsstoffet* eller simpelthen *Elektriciteten*. Ordet Elektricitet vil altsaa i det følgende ofte brugt blive

i denne bestemte Betydning, men dog ogsaa, hvor det ikke kan misforstaas, mere ubestemt om den elektriske Naturkraft i det hele taget.

Mange vil vel synes, at det er en ganske urimelig Tanke, at noget skulde bevæge sig inde i en massiv Metaltraad, hvor man ikke finder Huller eller Porer selv ved Overskæring og mikroskopisk Undersøgelse. Men vi maa her erindre, at vore Sanser kun er ufuldkomne; selv væbnet med Mikroskopet kan vort Øje paa ingen Maade opdage de mindste Enkeltheder i Naturens Værker. Endog den mindste Bakterie, som kan opdages med det stærkeste Mikroskop, er en hel lille Verden mere indviklet og sammensat end nogen af vore Maskiner. Og der kan desuden fra Fysikken og Kemien hentes mange forskellige Grunde for den Antagelse, at alle Stoffer bestaar af ufattelig smaa Dele, A t o m e r n e, der er samlede i smaa Grupper, de saakaldte M o l e k y l e r, mellem hvilke der er forholdsvis store Mellemrum. I faste Stoffer som f. Eks. Metaller holder stærke Kræfter Molekylerne sammen til et Hele, som ikke let brydes; men derfor kunde der nok i Mellemrummene mellem Molekylerne eller Atomerne tænkes at bevæge sig et Stof, som bestod af endnu finere Smaadele.

I de allersidste Aar har navnlig Englænderen J. J. T h o m s e n givet mange stærke Grunde for den Antagelse, at Elektricitetens Forplantning gennem Ledere virkelig bestaar i en Bevægelse af saadanne fine Smaadele, der er mange tusinde Gange mindre end de Atomer, Jærn, Kobber eller andre Metaller er dannet af. Disse Smaadele kunde betegnes som Elektricitetsstoffets Atomer; de kaldes ofte E l e k t r o n e r. Elektronerne er nu saa godt kendt, at J. J. Thomsen med en vis Ret kan sige, at vi i Grunden ved mere om Elektricitetsstoffet end om Stoffer som Luft og Vand.

Elektricitetsstoffet findes dog aldrig som et Stof for sig; vi maa derimod antage, at der i alle Stoffer findes Elektroner. I Isolatorer er de fast knyttet til Stoffets Atomer, og kan kun løsrives fra dem ved særlige Indvirkninger; men i Ledere er nogle af Elektronerne fri og let bevægelige.

Hvorledes det nu end forholder sig hermed, vil vor Sammenligning mellem Elektricitetens Bevægelse i en Metalledning og Vands Bevægelse i en Rørledning i hvert Fald kunne blive os til stor Nytte, idet den kan hjælpe os til at faa Overblik over mange vigtige Forhold ved Elektricitetens Forplantning. Vi maa imidlertid ikke glemme, at denne Sammenligning dog kun er et Billede, som langtfra kan forklare os alt. Elektricitetsstoffet har naturligvis helt andre Egenskaber end Vand, og kun hvis vi havde fuld Klarhed saa vel over Elektricitetsstoffets egne Egenskaber som over dets Forhold til andre Stoffer, kunde vi

vente at forstaa alle de mangeartede elektriske Virkninger, f. Eks. de elektriske Tiltrækninger og Frastødninger. Paa en saadan fuldstændig Forstaaelse maa vi give Afkald; men allerede det, at vi gennem Sammenligninger kan danne os anskuelige Forestillinger om Elektricitetens Bevægelser, er som sagt en stor Fordel.

To Slags elektriske Tilstande. Kort Tid efter Gray's Opdagelse af Forskellen mellem Ledere og ikke Ledere gjorde Franskmanden Dufay den mærkværdige Opdagelse, at der fandtes to forskellige elektriske Tilstande. Maaske har en og anden af Læserne allerede selv opdaget dette; thi ved Forsøg som de, der er beskrevet Side 15—16, kan man meget let blive opmærksom paa, at en med Uld eller Silke gneden Lakstang eller Ebonitstang forholder sig anderledes end en gneden Glasstang overfor elektriske Hyldemarvskugler eller Aluminiumblade.

Dersom man har gjort en Hyldemarvskugle (i en Silketraad) elektrisk ved en Glasstang, saa at denne frastøder Kuglen, vil det vise sig, at en gneden Lakstang tiltrækker Kuglen. Efter at denne har berørt Lakstangen, frastødes den af Lakket, men tiltrækkes nu af en gneden Glasstang, indtil den har berørt denne. Kuglen kan kort sagt fare frem og tilbage mellem Glas og Lak, der begge er gjort elektriske ved Gnidning med Uld; det samme kan smaa Stykker Aluminiumblad gøre (se Fig. 10). Gnedet Harpiks og Ebonit frastøder Kugler, der er gjort elektriske ved Lak, og tiltrækker dem, der er gjort elektriske ved Glas. De bærer sig altsaa ad som Lak.

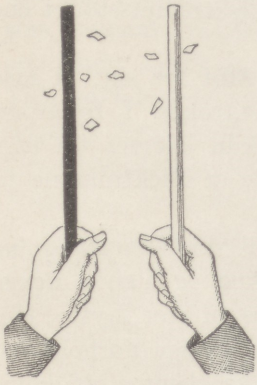


Fig. 10. Aluminiumblade flyver mellem en Glasstang og en Lakstang.

Ved de to elektriske Penduler i Fig. 7, Side 19, kan vi faa lidt nærmere Rede paa Sagen. Gør vi dem begge elektriske ved at røre dem med gnedet Lak, frastøder de hinanden, og ligesaa gaar det, naar vi elektriserer dem begge med Glas. Men prøver vi nu i Stedet at elektrisere den ene med Glas, den anden med Lak (eller Ebonit), vil det vise sig, at de tiltrækker hinanden. Forsøgene gøres saaledes, at Kuglerne under Elektriseringen er langt fra hinanden, og derefter skydes forsigtigt sammen. Disse Forsøg viser for det første, at Glasset og Lakket bringer Kuglerne i elektriske Tilstande, som er indbyrdes uensartede. Endvidere ser man af Forsøgene, at ensartet elektriske Genstande frastøder hinanden, medens uensartet elektriske Genstande til-

trækker hinanden. At denne Regel er almengyldig, faar man bekræftet ved ligefrem at hænge gnedne Stænger op paa en saadan Maade, at de let kan drejes ved svage Kræfter (f. Eks. som i Fig. 11). Man finder da, at en Glasstang tiltrækkes af Lak og Ebonit, men frastødes af Glas, medens en Lakstang tiltrækkes af Glas, frastødes af Lak og Ebonit (altsammen gnedet med Uld).

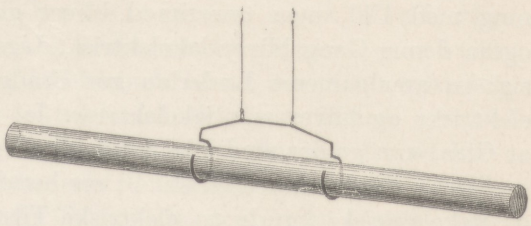


Fig. 11. Glasstang, ophængt i en Metaltraadsbøjle og to fine Traade.

Genstande, som er i samme Tilstand som det gnedne Glas, vil vi foreløbig kalde glaselektriske, medens de andre kaldes lakelektriske.

Ved Hjælp af et elektrisk Pendul eller endnu bedre ved det simple Elektroskop Fig. 8 S. 16 kan man nu let prøve, i hvilken af de to elektriske Tilstande forskellige Stoffer kommer ved Gnidning, idet man ved en Glasstang gør Elektroskopets Blade glaselektriske og derefter fører forskellige gnedne Genstande hen i Nærheden af Elektroskopet. Hvis Aluminiumbladet frastødes og vender sig bort fra Genstanden, er denne selv glaselektrisk. Vender Bladet sig derimod mod Genstanden, er denne lakelektrisk, i alt Fald hvis Tiltrækningen viser sig allerede i betydelig Afstand.*)

Naar en Genstand bliver elektrisk ved Gnidning, vil ogsaa det, den gnides mod, blive elektrisk, og ved Forsøg som de ovenfor beskrevne kan man overbevise sig om, at Genstanden og Gnidetøjet altid bliver uensartet elektriske. Gnidetøjer som en Uldklud, et almindeligt Silketørklæde eller en amalgameret Læderlap vil imidlertid i Reglen ikke isolere saa godt, at de bevarer Elektriciteten, naar man holder dem i Haanden; man maa derfor ved disse Forsøg lade dem være viklede om Enden af et tørt Lampeglas eller paa anden Maade være isolerede under Gnidningen. — At Metal kan blive elektrisk ved Gnidning, kan let vises, idet man f. Eks. vikler »Sølvpapir« (Tinblad) om Enden af et Lampeglas og gnider Tinnet

*) Af en Tiltrækning, der først indtræder, naar Genstanden er tæt ved Bladet, tør man ikke slutte noget sikkert; thi dels vil en uelektrisk Leder som Haanden virke tiltrækkende paa det elektriske Blad, dels vil en glaselektrisk Genstand, der jo tiltrækker alle uelektriske Ting, ogsaa tiltrække Bladet, hvis det kun er svagt glaselektrisk. Er man i Tvivl, bør man omelektrisere Elektroskopet, d. v. s. udlade det med Fingren og elektrisere det med en Lakstang; hvis det nu frastødes af Genstanden, kan man være sikker paa, at denne virkelig er lakelektrisk.

med en Glasflaske. Flasken bliver da glaselektrisk, medens Metallet bliver lakelektrisk. Men gnider man Tinnet med en Lakstang, viser det sig, at denne ikke bliver elektrisk paa samme Maade som ved Gnidning med Uld, men tværtimod bliver glaselektrisk, medens Metallet ogsaa denne Gang bliver lakelektrisk. Ligesom Tin forholder Amalgam sig; en amalgameret Læderlap gør baade Glas, Lak og Ebonit glaselektriske og bliver selv lakelektrisk. Ja, man tør end ikke stole paa, at Glas, som gnides med Uld, altid bliver glaselektrisk; mat Glas bliver saaledes i Reglen lakelektrisk. Vi ser heraf, at Navnene »glaselektrisk« og »lakelektrisk« for de to elektriske Tilstande er ret vilkaarligt valgt og kun passer i enkelte Tilfælde.

Da der er to Slags elektriske Tilstande, kunde man let antage, at der ogsaa maatte være to forskellige Elektricitetsstoffer, svarende til hver af de to Tilstande. En saadan Antagelse blev ogsaa tidlig gjort, og den er indtil den nyeste Tid i Reglen anvendt i elektriske Lærebøger. Men allerede i det 18. Aarhundrede viste Franklin, at man godt kunde nøjes med at antage et enkelt Elektricitetsstof, og vi vil holde os til denne Franklins Antagelse, baade fordi den stemmer bedst med de sidste Aars Opdagelser, og fordi den i og for sig er den simpleste — maaske ikke just ved de Ting, vi i Øjeblikket beskæftiger os med, men ved den allermeste elektriske Virksomhed, som har praktisk Betydning.

Vi gaar ud fra den ovenfor fremhævede Kendsgerning, at naar to Stoffer bliver elektriske ved Gnidning med hinanden, vil altid det ene blive glaselektrisk, det andet lakelektrisk. Endvidere gaar vi ud fra, at alle Legemer indeholder Elektricitetsstof (se S. 19), naar vi f. Eks. gnider en Lakstang med en isoleret Silkeklud, kan vi da antage, at Gnidningen bringer noget Elektricitetsstof til at gaa over fra Silken til Glasset. Derved kommer begge Stofferne i en anden Tilstand end normalt; Glasset faar mere Elektricitet, Silken mindre end i den normale uelektriske Tilstand; den glaselektriske Tilstand skulde altsaa svare til et O v e r s k u d af Elektricitet, den lakelektriske (hos Silken) til et U n d e r s k u d.

Gør vi en Hyldemarvskugle, der hænger i en Silketraad, glaselektrisk ved Berøring med Glasset, gaar der noget Elektricitet over til den; den faar Overskud. Berører vi en anden Hyldemarvskugle med Silkekluden, tager denne derimod noget Elektricitet fra Kuglen, der saaledes faar Underskud og bliver lakelektrisk. De tiltrækker derefter, som vi ved, hinanden. Kommer de i Berøring, skulde vi vente, at den enes Overskud og den andens Underskud helt eller delvis vil ophæve hinanden, saa at de begge vender tilbage til den normale uelektriske

Tilstand eller i alt Fald bliver svagere elektriske. Netop saaledes gaar det i Virkeligheden.

Man plejer at sige, at Glasset, der jo antages at modtage Elektricitet under Gnidningen, er blevet positiv (+) elektrisk, medens Silken, der afgav Elektricitet, er blevet negativ (÷) elektrisk. Ordene glaselektrisk og lakelektrisk bliver altsaa nu erstattet af disse ny Betegnelser. Naar to uensartet elektriske Ledere ved at berøre hinanden bliver uelektriske, siger man, at den ene havde ligesaa megen »negativ Elektricitet«, som den anden havde af »positiv Elektricitet«. Det er en lignende Talemaade, som man bruger, naar man i Beregninger kalder Gæld for negativ Formue og siger, at en Formue paa + 500 Kr. (d. v. s. virkelig Formue) og en paa ÷ 500 Kr. (d. v. s. saa stor Gæld) ophæver hinanden.

Vi maa imidlertid lægge Mærke til, at det var ganske vilkaarligt, naar Franklin antog, at den glaselektriske Tilstand svarede til et Overskud, den lakelektriske til et Underskud af Elektricitet; han kunde akkurat ligesaa godt have gjort den modsatte Antagelse og i Overensstemmelse hermed ombyttet Betegnelserne positiv elektrisk og negativ elektrisk. Meget kedeligt er det, at Franklin netop gættede galt paa dette Punkt; i Følge de nyeste Opdagelser maa vi i Virkeligheden antage, at der gaar Elektricitetsstof (Elektroner) over fra Glasset til Silken under deres Gnidning, og ikke omvendt. Men da man hidtil altid har benævnt Elektriciteten og angivet Retningen af elektriske Strømme i Overensstemmelse med Franklins Antagelse, maa vi ogsaa holde os til den og saa trøste os med, at det med Hensyn til Forstaaelsen af elektrisk Virksomhed i de allerfleste Tilfælde er ligegyldigt, om vi tænker os Elektricitetsstoffet bevæge sig i den ene eller den anden Retning, og om det, vi kalder positiv Elektricitet, i Virkeligheden er Overskud eller Underskud af Elektricitet. Det kan i den Anledning anføres, at det i al Almindelighed ved Beregninger med positive og negative Størrelser er ligegyldigt, hvad man vælger at kalde positivt, hvad negativt, naar blot det en Gang trufne Valg gennemføres. Man er ganske vist vant til at regne Formue for positiv og Gæld for negativ; men hvis man f. Eks er i Færd med at opgøre et Fallitbo, vilde der være god Mening i at opføre enhver Gæld som positiv og Formuen som negativ; og naar der kommer et positivt Enderesultat, ved man, at det betyder Underskud (udækket Gæld).

— Et Billede kan maaske hjælpe til at anskueliggøre visse Sider af Forholdet mellem positive, negative og uelektriske Genstande: Lad os tænke os, at der ved en Strandbred er udhulet en Mængde smaa Damme, der er adskilte fra hinanden indbyrdes og fra Havet ved Sand-

volde, gennem hvilke Vandet kan sive ganske langsomt. Hvis Vandet i alle Dammene staar ens højt og i Niveau (ɔ: Højde) med Havfladen, vil der ikke være nogen Tilbøjelighed for Vandet til at sive gennem Sandet fra en Dam til en anden eller til Havet, og dannede man en Rende mellem en Dam og Havet, vilde Vandet i den hverken strømme i den ene eller den anden Retning. Men pumpes der nu en Del Vand fra en af Dammene over i den ved Siden af, indtil Vandstanden i den ene bliver adskilligt højere, i den anden adskilligt lavere end i Havet, er der ikke længere Ligevægt i Forholdene. Fra den med højest Niveau vil Vandet sive gennem Sandvoldene til Havet og de omliggende Damme, stærkest til den, der har mistet Vand. Til denne vil Vandet derimod sive ind fra alle Sider. Er den frembragte Niveauforskel meget stor, kan der endogsaa ske et Gennembrud af Vand, hvis Sandvoldene om de to Damme et Sted er svage; Voldene faar nemlig forskelligt Tryk fra de to Sider svarende til Forskellen i Vandhøjde. Danner man en Rende gennem en af Sandvoldene, vil Vandet strømme fra det Sted, hvor Niveauet er højest, til det Sted, hvor det er lavest, indtil Ligevægten er genoprettet.

Med disse Damme kan vi nu sammenligne en Del isolerede Metalgenstande eller andre elektricitetsledende Genstande, idet tillige Jorden betragtes som en stor Elektricitetsbeholder, der svarer til Havet i Billedet. Hvis alle Lederne er i den normale uelektriske Tilstand, kan vi bringe dem saa tæt vi vil til hinanden, forbinde dem indbyrdes eller med Jorden ved Metaltraade o. lign.; der vil dog ligesaa lidt finde en Elektricitetsbevægelse Sted som en Vandbevægelse mellem Dammene, da de var i Niveau med Havet. Men bliver nu en af Lederne gjort positiv elektrisk, idet der føres Elektricitet til den, vil den forholde sig paa lignende Maade som den Dam, der fik højere Niveau: Hvis Lederen ikke er omgivet af udmærkede Isolatorer, vil Elektriciteten efterhaanden sive bort fra den ligesom Vandet gennem de ikke vandtætte Volde. Danner vi en Metalledning mellem den elektriske Leder og Jorden, vil Elektriciteten hurtigt flyde bort ligesom Vandet gennem en Rende fra Dammen til Havet. Holder vi Haanden tæt hen til Lederen, kan det ske, at der springer en Gnist over, hvilket betyder, at Elektriciteten gennembryder det tynde Luftlag mellem den elektriske Leder og vort Legeme, ligesom Vandet gennembrød Sandvolden, hvor den var svag. — En Leder, fra hvilken der er taget Elektricitet, saa at den er negativ elektrisk, forholder sig som Dammen med det lave Niveau; Elektriciteten vil fra andre Ledere sive langsomt til den gennem ufuldkomne Isolatorer, strømme hurtigt til den gennem Metaltraade eller bryde ind til den gennem tynde Luftlag.

Til Niveauforskellen mellem to Damme — eller rettere til Forskellen mellem Vandets Tryk paa deres Sider — svarer det, man kalder den elektriske Spændingsforskel mellem to Ledere. Dersom man forbinder to Ledere ved en Metaltraad, og der da slet ikke finder nogen Elektricitetsbevægelse Sted mellem dem, siger man, at de har samme Spænding. Gaar der derimod Elektricitet fra den ene til den anden, siger man, at den første havde højere Spænding end den anden. Jo større Spændingsforskel der er mellem to Ledere, des længere Gnister kunde der dannes mellem dem, naar de nærmedes til hinanden, og des hurtigere vilde Elektriciteten strømme gennem en Forbindelsestraad mellem dem.

Om Jorden siger man, at dens elektriske Spænding er Nul. En Leder, fra hvilken der vil strømme (positiv) Elektricitet til Jorden, naar der dannes en Ledning til denne, har »positiv Spænding«. Lederen siges derimod at have »negativ Spænding«, hvis der tværtimod vil gaa (positiv) Elektricitet fra Jorden til Lederen; i sidstnævnte Tilfælde bruger man ogsaa ofte det Udtryk, at der gaar negativ Elektricitet fra Lederen til Jorden.

Helt tilfredsstillende er Sammenligningen mellem de elektricitetsledende Legemer og de vandfyldte Damme dog langtfra, blandt andet fordi man kun skal føre uhyre smaa Mængder Elektricitet til eller fra en Leder for at faa dens Spænding til at vokse eller aftage meget stærkt. Skulde vi faa et Billede, der var nogenlunde træffende i de vigtigste Forhold, maatte vi ikke ligne Lederne med aabne Beholdere eller Damme, men hellere med lukkede, helt vandfyldte Beholdere med ganske lidt eftergivende Vægge; i en saadan Beholder vil Vandtrykket paa Væggene vokse stærkt, blot der tilføres en ganske ringe Vandmængde, da denne kun kan faa Plads ved at spile Væggene mere ud.

Gnidningselektrisermaskinen. Grays Forsøg havde vakt Interesse viden om, navnlig fordi det var lykkedes Gray at gøre Menneskets Legeme elektrisk. For at faa stærkere elektriske Virkninger lavede man flere Steder Elektrisermaskiner, som forøvrigt til at begynde med ikke var saa meget forskellige fra Guerickes længst forglemte Apparat. Fig. 12 viser en Elektrisermaskine fra Midten af det 18. Aarh. Den anvendtes af Abbed Nollet, som bragte elektriske Eksperimenter paa Moden i fornemme Kredse i Frankrig. Paa Billedet ses en Kugle, der drejes ved et Snorløb. Det er ikke en Svovlkugle, men en hul Glaskugle; men Gnidningen udføres som i Guerickes Maskine med Hænderne. Over Kuglen er en Metalstang ophængt i Silkesnore, altsaa isoleret, og fra Stangen hænger en Metalkæde ned paa Glaskuglen. Under

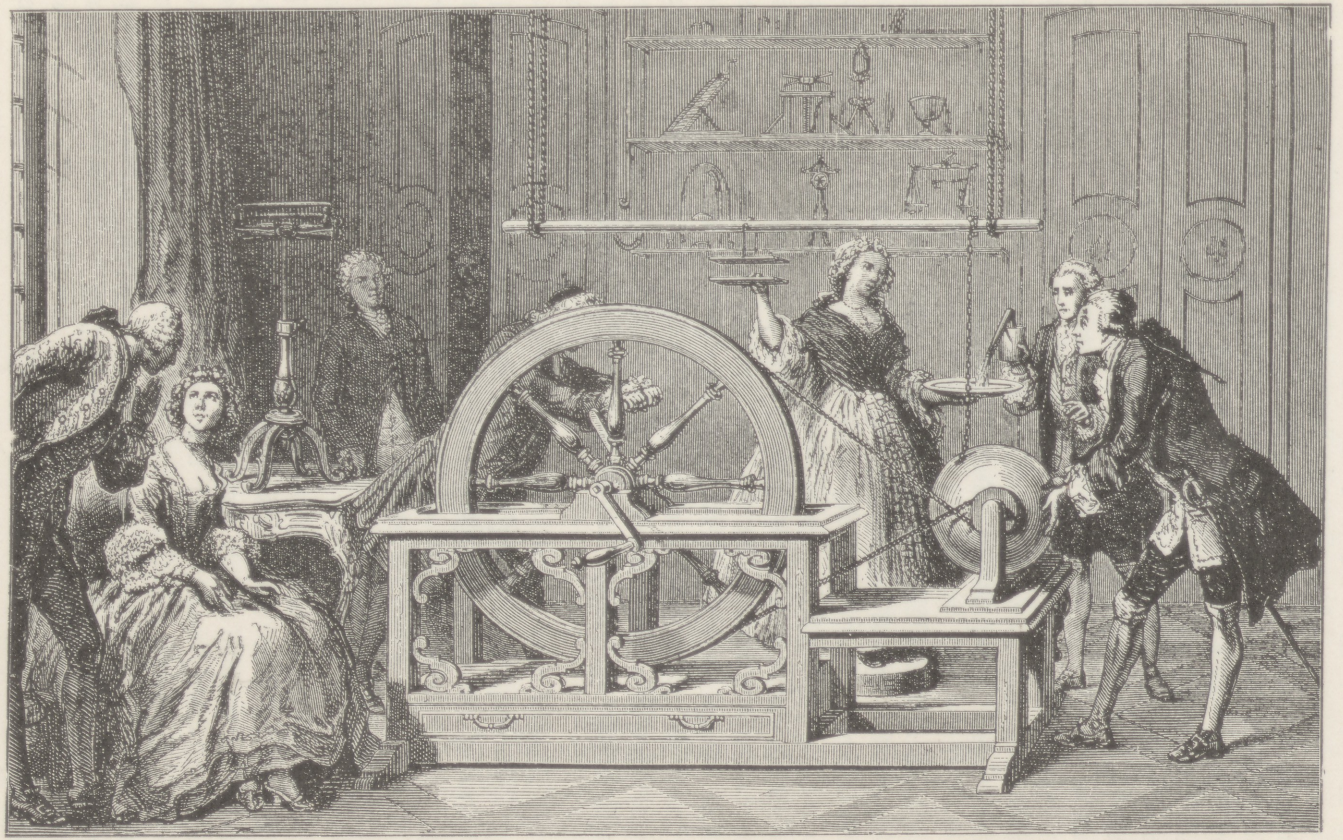


Fig. 12. Nollets Elektrisermaskine.

dennes Omdrejning ledes stadig en Del af den dannede Elektricitet op i Metalstangen, som kaldes K o n d u k t o r e n (ɔ: Lederen), og i den opsamles der efterhaanden saa megen Elektricitet, at man kan trække en stærk Gnist af den.

Snart fulgte Slag i Slag en Række Forbedringer. I Stedet for at gnide Kuglen med Hænderne anbragte man et særligt »Gnidetøj« paa Maskinen. Gnidetøjet dannedes af Læderpuder, der holdtes trykkede mod det drejende Glas, og det viste sig, at Virkningen forøgedes, naar der blev strøget et Amalgam paa Læderet (se S. 10). — Glaskuglen erstattedes først med en Glascylinder, siden med en Glasskive. — Konduktoren opstilledes fast paa Glasben. — Metalkæden, som i Nollets

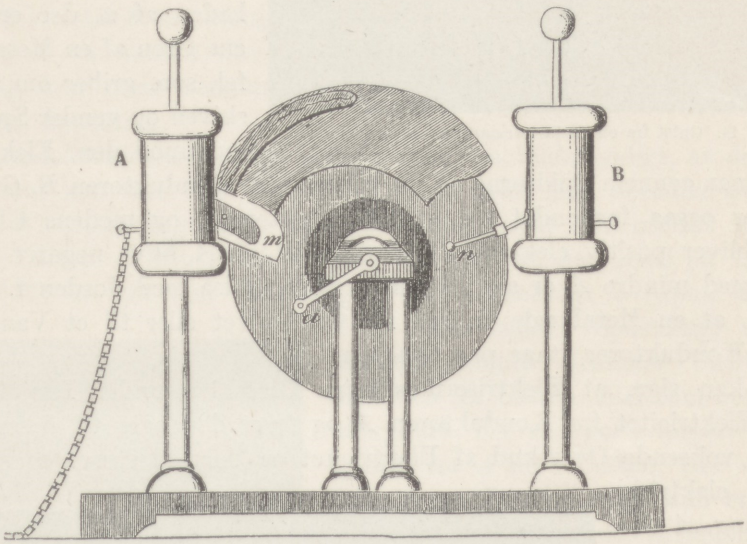


Fig. 13. Gnidningselektrisermaskine.

Maskine slæbte paa Glasset, var et upraktisk Middel til at føre Elektriciteten fra Glasset til Konduktoren. Andre lod i Stedet et Bundt Papirstrimler slæbe paa Glasset, men det viste sig, at man helt kunde undgaa en Berøring af Glasset. Det var tilstrækkeligt at forbinde Konduktoren med en Metalstang, som var anbragt tæt ved Glasset og vendte en Række fine Spidser ind imod det; naar der kun var et ganske lille Mellemrum mellem disse Spidser og Glasset, gik Elektriciteten fra Glasset gennem Spidserne over til Metalstangen og Konduktoren. (I Fabrikker har man undertiden paa lignende Maade anvendt Spidser, der forbindes med en Vandledning, til at aflede Elektriciteten fra Drivremme, der blev elektriske under Maskinernes Gang.)

Gennem disse forskellige Fremskridt var man allerede i det 18. Aarh. i Hovedsagen naaet til den Elektrisermaskine, som almindelig

anvendtes lige op til vor Tid, og som først i de allersidste Aar er ved at blive fortrængt af andre Former, hvor Elektriciteten ikke frembringes ved Gnidning. Fig. 13 viser en almindelig Form af Gnidningselektrisermaskinen. Her er *m* Gnidetøjet, *a* et Haandsving, ved hvilket Glasskiven drejes rundt i samme Retning som Viserne paa et Ur. Det gnedne Glas bevæger sig da i Begyndelsen under en til Gnidetøjet fæstet Skærm af fernisseret Tøj; denne beskytter Glasset mod Elektricitetstab til Luften, indtil det kommer hen i Nærheden af *n*, der er den ene Gren af en Metalgaffel, som griber om Glasskiven og vender Spidser ind imod den. Elektriciteten gaar gennem Spidserne og Gaflen over til Konduktoren *B*. Gnidetøjet er ogsaa forbundet med en Konduktor *A*, og medens Glasset og *B* bliver positiv elektrisk vil Gnidetøjet og *A* blive negativ elektrisk, med mindre *A* er sat i ledende Forbindelse med Jorden f. Eks. derved, at en Metalkæde er ført ned til Gulvet eller til et Vandrør. Begge Konduktorer staar paa Glasben.

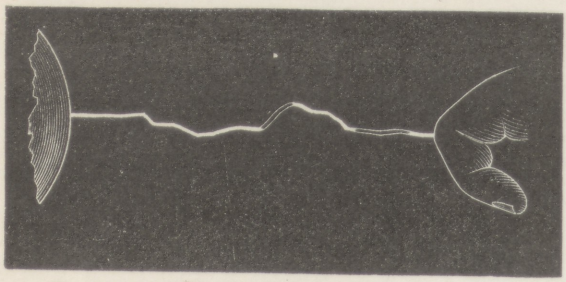


Fig. 14. Gnist fra en Elektrisermaskines Konduktor.

Vi kan sige, at Elektrisermaskinens Glasskive under Drejningen tager Elektricitet fra Konduktoren *A* og fører den over til *B*, saa at *B* faar voksende Overskud af Elektricitet og dermed større og større positiv elektrisk Spænding, *A* tilsvarende Underskud og negativ elektrisk Spænding, med mindre *A* staar i ledende Forbindelse med Jorden, saa at der fra denne stadig kan strømme ny Elektricitet op til *A* til Erstatning for det, Glasskiven tager fra den. Elektriciteten vil, naar Spændingsforskellen mellem *B* og *A* bliver stor, søge at gaa tilbage fra *B* til *A* langs Glasskiven, og derfor naar man snart til en Grænse for *B*'s positive og *A*'s negative Spænding. Naar *A* afledes, kan *B* opnaa større Spænding, end naar

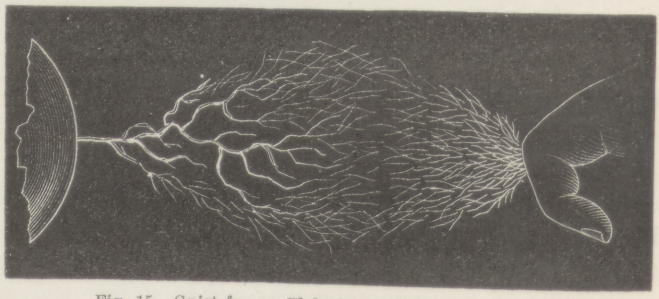


Fig. 15. Gnist fra en Elektrisermaskines Konduktor.

A er isoleret, hvilket viser sig ved, at den kan give længere Gnister til Haanden. Ligesaa kan *A* opnaa en større negativ Spænding, naar *B* afledes. Hvor lange Gnister en Konduktor kan give, afhænger dog ikke alene af dens elektriske Spænding, men ogsaa af andre Ting, bl. a. Konduktorens Form. — Gnisternes Form og Farve forandres med deres Længde (smlgn. Fig. 14 og Fig. 15).

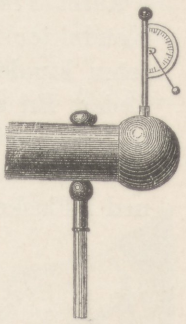


Fig. 16.
Elektrometer.

Paa Elektrisermaskinens Konduktorer anbringes ofte et saakaldt Elektrometer. Det bestaar af en lodret Metalstang, til hvilken en lille Stang med en Kugle paa Enden er saaledes befæstet, at den som Følge af den elektriske Frastødning kan svinge ud og bevæge sig hen over en inddelt Skive. Af Størrelsen af Stangens Udslag kan man bedømme Konduktorens større eller mindre Spænding.

Konduktorernes Glasben isolerer ikke saa fuldstændigt, at der ikke langsomt kan sive lidt Elektricitet langs dem. Men desuden kan der, naar *B*'s Spænding bliver stor, strømme noget Elektricitet fra den ud i Luften. I Mørke viser dette sig ved, at der staar en Lyskost (Fig. 17) op fra den lille Kugle, der er anbragt ovenpaa *B*. Har *A* en stor negativ Spænding, vil der ligeledes kunne strømme Elektricitet ind i den fra Luften, eller som det gerne udtrykkes, der strømmer negativ Elektricitet fra *A* ud i Luften. Her ses dog ikke nogen Lyskost, men kun et svagt Lys. — Elektricitetsudvekslingen mellem Luften og Konduktorerne foregaar lettere, hvis de har skarpe Kanter, og navnlig lettere, hvis der er anbragt Spidser paa dem.

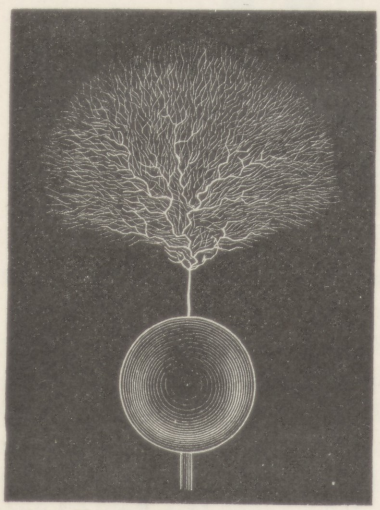


Fig. 17. Elektrisk Lyskost.

Leidnerflasken eller Kondensatoren. Saa snart man havde konstrueret nogenlunde praktiske Elektrisermaskiner, kunde man let frembringe lange Gnister og udføre adskillige forbløffende Forsøg som f Eks. at tænde Spiritus ved en Gnist fra et Stykke Is. Men tillige fik man ved Opdagelsen af den saakaldte Leidnerflaske ganske uventet et nyt Middel i Hænde, hvorved de elektriske

Kræfter kunde bringes til en langt voldsommere Kraftudfoldelse end ved Elektrisermaskinen alene.

Pieter Musschenbroek ved Universitetet i Leiden vilde i Aaret 1745 prøve at lede Elektriciteten fra en Elektrisermaskines Konduktor ned i Vand i en Glasflaske; der tænkte han, at Elektriciteten kunde holde sig længere, fordi Vandet var omgivet af en slet Leder. En af hans Medhjælpere Cunæus holdt en Dag Beholderen saaledes som Fig. 18 viser, og da han tilfældigvis tillige kom til at røre ved den Metaltraad, som førte Elektriciteten fra Konduktoren ned i Flasken, fik han i Stedet for en almindelig Gnist et stærkt Stød.

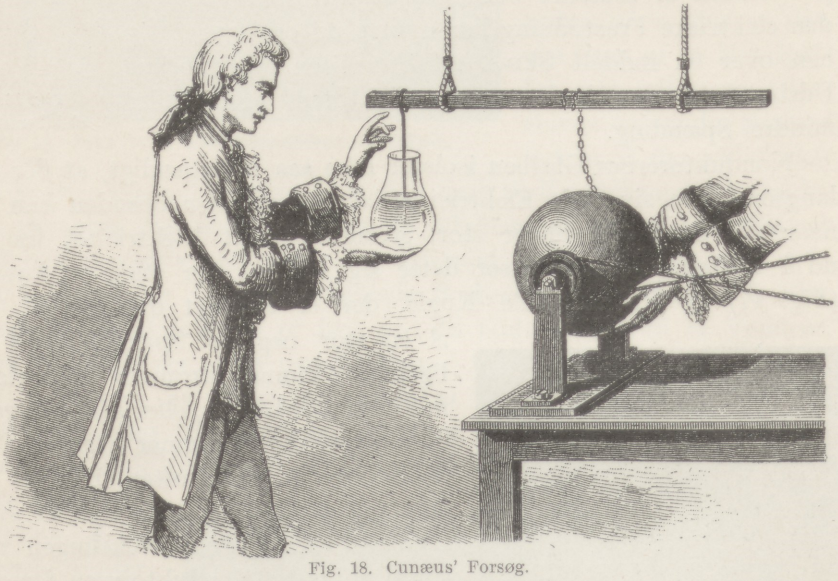


Fig. 18. Cunæus' Forsøg.

Nærmere Undersøgelse viste, at Virkningen kun fremkom, naar man holdt Haanden om Beholderen.

Lignende Forsøg med væskefyldte Flasker (Leidnerflasker) udførtes snart rundt om i Europa. I England fandt man paa at omgive Flasken udvendig med et Lag af ledende Stof, f. Eks. Stanniol (Tinblad), som blev afledet til Jorden, i Stedet for at holde paa den med Haanden. Ligeledes erstattedes Vandet i Flasken med Stanniol klæbet paa Flaskens Inderside, og man lod saa en Metalkæde hænge ned paa denne indvendige Metalbelægning fra en Metalstang, som gik gennem en Prop i Flasken; foroven bar Metalstangen en Metalkugle, der blev forbundet med Elektrisermaskinens Konduktor, naar Flasken skulde »lades« med Elektricitet. I denne Form anvendes Leidnerflasken endnu i vore Dage. Naar Flasken skal »udlades«, sætter man

den ydre og indre Metalbelægning i ledende Forbindelse enten ved at lægge den ene Haand paa den ydre Belægning og nærme den anden til Metalkuglen, indtil der kommer en Gnist, eller, hvis man ikke vil have noget elektrisk Stød gennem Legemet, ved en særlig Udlader, der f. Eks. kan være indrettet som vist i Fig. 19, hvor to hængselforbundne Metalstænger føres ved Hjælp af Glashaandtag.

Leidnerflasken kaldtes undertiden K o n d e n s a t o r e n (ɔ: Fortætteren), idet man tænkte sig, at Elektriciteten fra Elektrisermaskinen saa at sige fortættedes i den. Andre Navne er Forstærkningsflasken eller Ladningsflasken. Hvor stærke Stød en Leidnerflaske kan give, afhænger dels af den elektriserende Maskine, dels af Belægningernes Størrelse og Glassets Tykkelse; jo større Metalflader og jo tyndere Glas, des stærkere Stød. Derimod har Formen intet at sige. Man kan altsaa i Stedet for Ladningsflasker benytte »Ladningstavler«, hvor en flad Plade af Glas eller en anden Isolator er beklædt med Metalbelægninger paa begge Sider, svarende til Flaskens indre og ydre Belægning. En Bordplade, hvorpaa der er lagt en godt tørret Glasplade med et Tinblad, som ikke naar for tæt ud til Glaspladens Rand, kan saaledes gøre Tjeneste i Stedet for en Leidnerflaske, saafremt Bordpladen er ledende; ellers maa der under Glaspladen lægges et Tinblad, der afledes til Jorden. — Som fælles Betegnelse for Ladningsflaske og Ladningstavle bruger man nu i Reglen Navnet Kondensator.

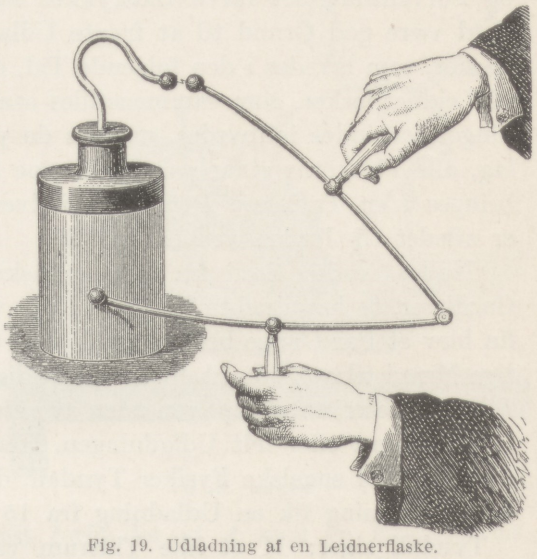


Fig. 19. Udladning af en Leidnerflaske.

I vore Dage dannes en Kondensator ofte af mange Lag af et isolerende Stof (f. Eks. Glimmer eller parafineret Papir) vekslende med tynde Metalplader (f. Eks. Tinblade); hveranden af disse sidste rager ud til den ene Side, hveranden til den modsatte. Naar nu alle de Tinblade, der rager ud til den ene Side, forbindes indbyrdes, og ligesaa de, der rager ud til den anden Side, virker det hele som en eneste Ladningstavle, dannet af en stor isolerende Plade og to Metalbelægninger; men den lagdelte Kondensator tager langt mindre Plads op.

Allerede med de første Leidnerflasker fik man yderst voldsomme

Virkninger, om vi tør stole paa Samtidiges Udsagn. Musschenbroek fortæller, at det første Stød han fik, var saa hæftigt, at selv for Frankrigs Krone vilde han ikke for anden Gang udsætte sig for noget lignende. Ogsaa den tyske Professor Winkler taler i stærke Udtryk om det elektriske Stød og dets Følger; længe efter havde han stærke Trækninger i Legemet, fik Næseblod, stikkende Smerter i Hænder og Arme og kunde ikke skrive i 8 Dage. Det nye og ukendte ved Sagen har dog vist faaet Winkler og Musschenbroek til at overdrive en Del i deres Beretninger; hvor det drejer sig om Fornemmelser, kan Indbildning og Forventning let farve Indtrykket stærkt. Men der kunde i hvert Fald være god Grund til at frygte Udladningen fra de store Leidnerflasker, som lavedes i den følgende Tid, og endnu mere fra »Batterier« af Leidnerflasker, som sammenstilles saaledes, at alle de indre Belægninger forbindes indbyrdes, medens de ydre berører det fælles Underlag, alle Flaskerne staar paa. Flaskerne kan f. Eks. som i Fig. 20 anbringes i en Trækasse *P* med en indvendig Stanniolbeklædning, som er afledet til Jorden ved en Kæde.

Nollet sendte Stød fra Leidnerflasker gennem en Række af 180 Gardister, og han dræbte Spurve og Mus ved disse kunstige Lyn. Franklin blev et Par Gange bedøvet ved dem, og han bragte en Gang 6 kraftige Mænd til at falde til Jorden samtidig ved Udladningen fra to store Flasker; de rejste sig op igen uden at vide, hvad der var sket; de havde hverken hørt eller følt Udladningen. Hermed stemmer følgende Beretning fra den engelske Fysiker Tyndall, der for ca. 30 Aar siden under en Forelæsning fik en Udladning fra 15 store Flasker.

Tyndall siger: »I et lille Tidsrum var Livet fuldstændig udslukt, men der var intet Spor af Smerte. Efter kort Tids Forløb vendte Bevidstheden tilbage; jeg saa ubestemt baade Tilhørerne og Apparatet og sluttede deraf, at jeg havde modtaget Udladningen. For at Tilhørerne ikke skulde blive urolige, gjorde jeg den Bemærkning, at det ofte havde været mit Ønske at faa et saadant Stød ved et Tilfælde, og at mit Ønske nu var blevet opfyldt. Men medens Forstaaelsen af min Stilling vendte overordentlig hurtigt tilbage, var dette ikke Tilfældet med Synsbevidstheden. Thi medens jeg fremførte fornævnte Bemærkning, viste mit Legeme sig for mine Øjne som et Antal adskilte Stykker; Armene f. Eks. var skilte fra Kroppen og svævede i Luften. Erindringen og Dømmekraften syntes i Virkeligheden at være fuldt genoprettede, længe før Synsnerven genoptog sin sunde Virksomhed. — Begivenheden kan betragtes som et eksperimentelt Bevis for, at Folk, der dræbes af Lynet, ikke føler nogen Smerte.«

Leidnerflaskens Udladninger kan ogsaa frembringe andre voldsomme

Virkninger end de fysiologiske, bl. a. Varmevirkninger. Lader man Udladningen gaa gennem ganske tynde Metaltraade, kan disse gløde, smelte, pulveriseres eller fordampe. Herved kan man benytte den i Fig. 20 viste Udladningsordning, hvor Traaden er anbragt mellem de forskydelige Stænger A og A'. Endvidere kan Gnister fra Leidnerflasker eller direkte fra Elektrisermaskiners Konduktorer slaa igennem Papir eller endog tynde Glasplader. Af den Grund gaar det ikke an, at Glasset i Leidnerflasker gøres meget tyndt.

Vi vil nu opholde os lidt ved det Spørgsmaal, hvorledes en Kondensator egentlig virker.

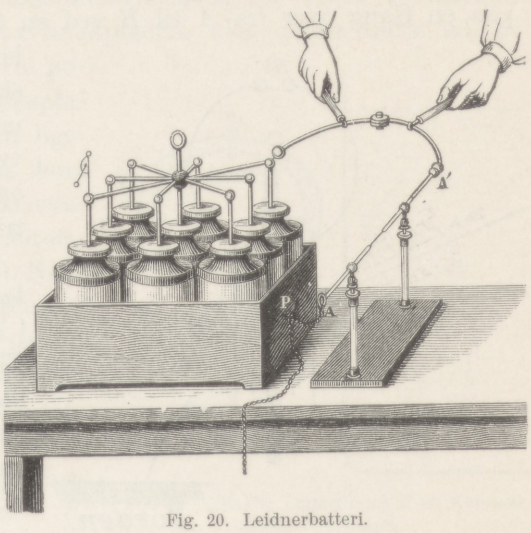


Fig. 20. Leidnerbatteri.

I Fig. 21 forestiller AB et Gennemsnit af en Kondensator dannet af to Metalplader A og B, adskilte ved en Glasplade C. Fra B gaar der en Metalledning med en Afbrydelse ved m til A og en anden med en Afbrydelse ved n til Jorden. Til at begynde med har vi et Øjeblik sluttet Ledningen baade ved m og ved n, saa at baade A og B er kommet i ledende Forbindelse med Jorden og derved har faaet den elektriske Spænding Nul. Dernæst forbinder vi A med en Elektrisermaskines positive Konduktor, hvorpaa der er anbragt et Elektrometer (se S. 29), og begynder at dreje Maskinen. Hvis nu Ledningen er afbrudt ved m og n, vil man paa Elektrometret se, at Spændingen stiger hurtigt — omtrent ligesaa hurtigt som naar Konduktoren er isoleret. Men slutter vi derefter Ledningen fra B til Jorden ved n, vil Konduktorens Spænding straks synke stærkt, og den stiger nu under Skivens fortsatte Drejning meget langsommere end før; vi maa med andre Ord nu føre meget mere Elektricitet til Konduktoren, inden vi kan faa frembragt samme Spænding som tidligere. Det kunde næsten se ud, som om en Del af den Elektricitet, der tilføres Konduktoren, kunde slippe gennem Glaspladen over i Metalpladen B og gennem Metaltraaden ned i Jorden; men da vi ved, at Glasset isolerer, kan det dog ikke godt være gaaet saaledes til. Vi maa opfatte Sagen paa en anden Maade.

Idet A's elektriske Spænding vokser, vil der opstaa elektriske Kræfter, som søger at føre Elektricitet gennem Glasset; det kan de vel ikke, men de ophober Elektricitet inde ved Glassets venstre Sideflade og bortdriver fra Glassets højre Side en tilsvarende Mængde Elektricitet. Man siger, at der dannes et »Lag positiv Elektricitet« inde ved Glassets venstre Sideflade og et ligesaa stort »Lag negativ Elektricitet« inde ved Glassets højre Sideflade. — Bringer vi Kondensatorens to Metalbelægninger i Forbindelse med hinanden ved at slutte Ledningen ved m, gaar hele den ophobede Elektricitetsmængde paa en Gang over fra A til B ved en Gnist, som vel ikke kan blive længere end den, Elektrisermaskinens Konduktor kunde give uden Kondensator, men som giver stærkere Lys og Knald, netop fordi den fører større Elektricitetsmængder.

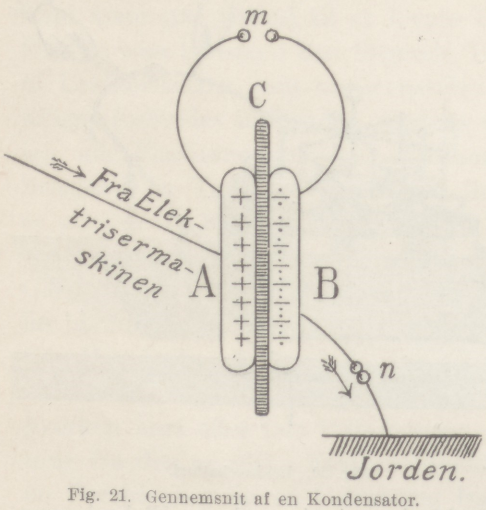


Fig. 21. Gennemsnit af en Kondensator.

Hvorfor de elektriske Kræfter kun kan ophobe Elektricitet i A, naar de samtidig kan drive Elektricitet fra B bort til Jorden, kan vi ikke sige; men ogsaa her kan vi gøre os Sagen noget mere anskuelig ved Hjælp af et Billede hentet fra Vands Bevægelse.

I Fig. 22 forestiller A_1B_1 et Gennemsnit af en lukket, helt vandfyldt Kasse, som er delt i to Rum A_1 og B_1 ved en tynd Plade, C_1, som er langt mere elastisk (eftergivende for Tryk) end Væggene i Kassen; C_1 kan være f. Eks. en Kavtsjukplade. Fra B_1 gaar der et Rør med Hane ved m_1 til A_1 og et andet Rør med Hane ved n_1 til en stor Vandbeholder (svarende til Jorden i Fig. 21). Til at begynde med har vi ved at aabne begge Hanerne m_1 og n_1 sørget for, at begge Rummene A_1 og B_1 kommer til at staa i Forbindelse med Vandbeholderen. Vandet trykker da lige stærkt paa Væggene i begge Rør, og Kavtsjukpladen er plan (ikke buet) og indtager den ved den punkterede Linje angivne Stilling. A_1 sættes nu ved et Rør i Forbindelse med en Pumpe, fra hvilken man søger at presse Vand ind i Kassen; men hvis baade m_1 og n_1 er lukkede, kan der kun drives en ganske ringe Mængde Vand over i Kassen, da dens Vægge kun kan udspiles ganske lidt, inden Vandtrykket stiger stærkt. Aabnes derimod Hanen n_1 vil der kunne strømme en Del Vand fra Pumpen over i Rummet

A_1; nu kan nemlig Kavtsjukpladen C_1 give efter for Vandtrykket og bules ud til højre, idet Vandet i Rummet B_1 kan flyde hen til den store Vandbeholder.

Ligesom de elektriske Kræfter kunde virke fra A gennem Glaspladen C og drive Elektricitet ud af B og bort til Jorden, til Trods for at Glaspladen selv er uigennemtrængelig for Elektricitetsstoffet, saaledes kan altsaa her Vandets Tryk fra Rummet A_1 virke gennem den elastiske Hinde paa Vandet i B_1 og drive noget af dette ud, til Trods for at Hinden selv er uigennemtrængelig for Vand. I Rummet A_1 lejrer der sig inde ved Kavtsjukpladen, idet denne bules ud, et ekstra Vandlag (svarende til de positive Elektricitetslag ved Glaspladens venstre Side), medens en ligesaa stor Vandmængde skydes bort ved Kavtsjukpladens højre Side (svarende til det negative Elektricitetslag ved Glaspladens højre Side). Naar Hanen m_1 aabnes, udjævnes pludselig Trykforskellen mellem A_1 og B_1, idet samtidig A_1's Overskud af Vand strømmer over og ophæver B_1's Underskud (ligesom den positive Elektricitet i A strømmer over og ophæver den negative Elektricitet i B, naar Ledningen sluttes ved m).

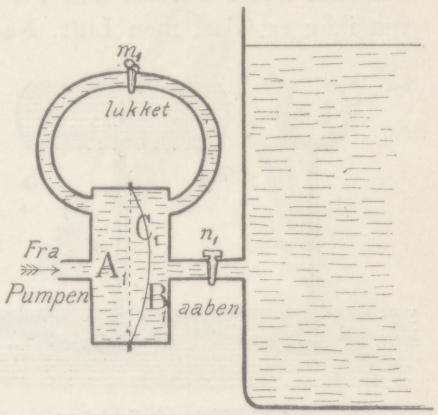


Fig. 22. Billedlig Fremstilling af en Kondensators Virkemaade.

Skønt Sammenligningen mellem Kondensatoren og den vandfyldte Kasse kunde føres endnu adskilligt videre, maa man dog ikke deri se andet og mere end en billedlig Fremstilling og f. Eks. ikke tro, at Glaspladen C virkelig bøjer sig for at give Elektriciteten Plads.

Elektrisk Fordeling. Naar Pladen B i Kondensatoren Fig. 21 ikke var afledt til Jorden, kunde vi jo ikke drive ret megen Elektricitet fra Elektrisermaskinen over i Pladen A. Men ogsaa i dette Tilfælde virker de elektriske Kræfter gennem Glaspladen og s ø g e r at drive Elektriciteten i B til højre; den kan nu ikke slippe ned i Jorden, men den bliver saa at sige forskudt lidt til højre, saa at der bliver lidt Overskud paa Yderfladen (ɔ: denne bliver positiv elektrisk), men lidt Underskud inde ved Glasset (ɔ: Metallet bliver her negativ elektrisk). Man siger, at d e r h a r f u n d e t e n »e l e k t r i s k F o r d e l i n g« S t e d i M e t a l p l a d e n B.

Hvad der her sker svarer til, hvad der sker i Kassen A_1B_1 Fig. 22,

naar Hanerne m_1 og n_1 er lukkede, medens Pumpen søger at drive Vand ind i A_1. Idet selve Kassens Vægge er en lille Smule elastiske, vil Vandtrykket, der virker fra A_1 gennem Kavtsjukpladen trykke Vandet i B_1 en lille Smule til højre; den højre Væg (Ydervæggen) af B_1 giver Plads til lidt mere Vand, den venstre (Kavtsjukpladen C_1) skyder lidt Vand bort.

En lignende elektrisk Fordeling, som den, der fandt Sted ved Kondensatoren, vil altid finde Sted, naar to Ledere, af hvilke den ene har høj elektrisk Spænding, er i hinandens Nærhed, men adskilte ved et isolerende Mellemrum, selv om Lederne og det isolerende Mellemrum har helt andre Former end Pladerne A, B og C, og selv om Isolatoren ikke er Glas, men Luft. Naar Lederen L Fig. 23 f. Eks. sættes i Forbindelse med en Elektrisermaskines positive Konduktor, vil saaledes Lederen L_1 blive negativ elektrisk nærmest L, positiv elektrisk til den anden Side. Hænger der paa hvert af disse Steder et Par Hyldemarvskugler i ledende Traade, vil de slaa ud fra hinanden, som Figuren viser; ved at nærme en lille gneden Lakstang eller Glasstang til dem, kan man let vise, at de to Pars Elektricitet er forskellig; Kuglerne til højre frastødes af Glasset, de til venstre af Lakket. L_1 har positiv elektrisk Spænding, d. v. s. der vil strømme Elektricitet (positiv) fra den til Jorden, hvis vi berører den med Fingren et eller andet Sted, ligesom fra Kondensatorpladen B, naar den afledes til Jorden. Tager vi atter Fingren bort, vil L_1, naar L derefter fjernes, vise sig negativ elektrisk over det hele; man siger, at den er blevet negativ elektrisk ved Fordeling.

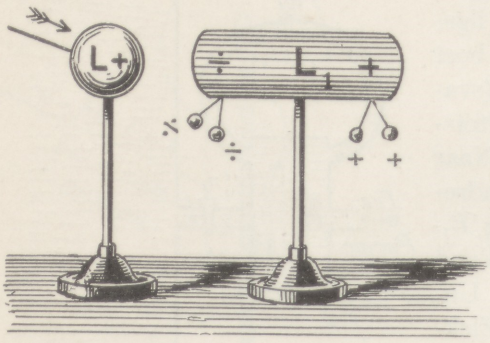


Fig. 23. Elektrisk Fordeling.

I Stedet for at aflede Elektriciteten fra L_1 til Jorden ved Fingren eller en Metaltraad kunde man forøvrigt have anbragt en fin Spids til højre paa L_1; en saadan Spids virker paa en Leder med elektrisk Spænding paa lignende Maade som en Utæthed paa en Vandbeholder; gennem Spidsen kan Elektriciteten sive ud i Luften som allerede omtalt S. 29. Dette kan uden Elektrisermaskine vises paa følgende Maade: Tag en uelektrisk Ebonitlineal eller anden god Isolator; befæst en Leder f. Eks. et Æble, en Kartoffel eller deslige paa den; fæst i Kartoflen en fin Synaal, saaledes at Spidsen vender udad. Føres Kartoflen nu frem og tilbage forbi en stærkt positiv elektrisk Genstand, f. Eks. en

gneden Glasflaske, uden at røre det og med Spidsen bortvendt fra Flasken, vil de elektriske Kræfter, der udgaar fra Flasken, drive Elektricitet ud af Spidsen, saa at Kartoflen snart bliver negativ elektrisk, hvad der kan vises som beskrevet S. 21, (den vil tiltrække en af Flasken elektriseret Hyldemarvskugle eller Aluminiumstrimmel). — Havde der i Flaskens Sted været en negativ elektrisk Genstand, vilde denne have draget Elektricitet henimod sig, saa at Kartoflen var blevet positiv elektrisk nærmest denne Genstand, negativ ude i Spidsen; men de elektriske Kræfter vil da drage Elektricitet fra Luften ind gennem Spidsen, saa at Kartoflen faar Overskud af Elektricitet, eller med andre Ord bliver positiv elektrisk.

Helt anderledes gaar det, hvis Spidsen vender mod Flasken; er denne positiv, vil der da strømme Elektricitet fra den over til Kartoflen gennem Spidsen ligesom fra Glasskiven til Konduktoren ved Elektrisermaskinen (S. 27). Under disse Omstændigheder bliver Kartoflen altsaa ensartet elektrisk med Flasken.

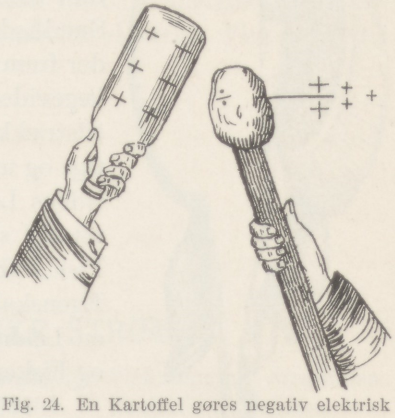


Fig. 24. En Kartoffel gøres negativ elektrisk af en positiv elektrisk Flaske.

Forsøg paa at anvende Gnidningselektriciteten. De Kundskaber man vandt ved elektriske Forsøg, førte allerede ved Midten af det 18. Aarhundrede til en Stordaad, nemlig Benjamin Franklins Opfindelse af Lynafflederen. Denne vil imidlertid først blive omtalt længere fremme (under »Elektriciteten i Naturen«). Foruden den umiddelbare Nytte, Lynafflederen gjorde, havde dens Opfindelse ogsaa den Betydning, at den gav mange en stærk Interesse for Elektriciteten. Naar Kundskab paa dette Omraade allerede havde givet Mennesket Magt til at gøre sig usaarlig overfor det mægtigste af alle Vaaben — Himlens Lynstraale — saa var der Grund til at vente mange andre store Resultater af det fortsatte Studium af Elektriciteten. Denne Forventning skulde dog ikke gaa hurtigt i Opfyldelse.

I at beherske Naturens elektriske Kræfter er vi endnu den Dag i Dag ikke naaet stort længere frem end Franklin; det er i Anvendelsen af de elektriske Kræfter, vi selv kan frembringe, at vor Tid har gjort vældige Fremskridt; men i denne Henseende naaede det 18. Aarhundrede næsten slet ingen nævneværdige Resultater. Man opfandt mange Slags elektrisk Legetøj og kunde udføre talrige mærkelige elektriske Kunststykker, af hvilke vi jo har nævnt nogle i det foregaaende;

Leg med disse Ting er ogsaa i vore Dage en udmærket fornøjelig og nyttig Beskæftigelse for Drenge, der nærer Interesse for Fysik. Men de Forsøg, der blev gjort paa at anvende de elektriske Kræfter til praktiske Formaal, faldt næsten helt til Jorden.

Allerede i 1745 havde en Læge Kratzenstein udgivet et Skrift om Elektricitetens Anvendelse i Lægekunsten, og der fremkom tidlig flere Beretninger om, at Lamheder var blevet helbredet ved elektriske Rystelser. At dette var rigtigt, er i og for sig ikke usandsynligt, men Indbildningen har sikkert spillet en stor Rolle ved mange elektriske Helbredelser, navnlig da det blev almindeligt, at Folk lod sig elektrisere for Sundhedens Skyld rundt om paa Markeder, hvor der fremvistes elektriske Eksperimenter. Selv den lægevidenskabelige Kritik var i den Tid næppe tilstrækkeligt udviklet til at sondre mellem nyttigt og unyttigt. — Forøvrigt havde allerede Oldtidens Lægekunst paa en Maade taget Elektriciteten i sin Tjeneste. I Middelhavet lever der en Fisk, »Krampe-Rokken«, med den mærkelige Egenskab, at den kan give elektriske Stød som en Leidnerflaske. Disse Stød kendtes i Oldtiden, og Fisken anvendtes af Lægerne i det gamle Rom.

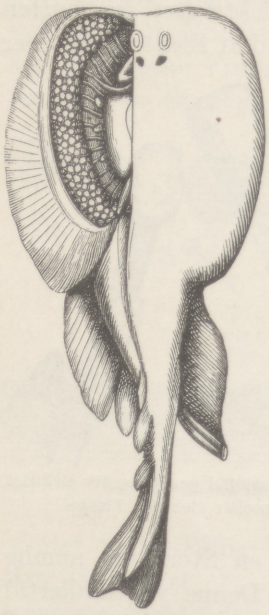


Fig. 25. Elektrisk Rokke, aabnet ved den ene Side, saa at det elektriske Organ ses.

I 1774 søgte Lesages i Frankrig at anvende Elektriciteten til Signalisering, idet han ledede den gennem meget lange Traade og derved bragte Hyldemarvskugler ved Traadenes anden Ende til at svinge ud. En Snes Aar senere indrettedes ved Madrid en lignende Telegraflinje, hvor det ikke var Hyldemarvskuglers Udslag, men elektriske Gnister frembragte paa Afstand, der tjente som Signaler. Men disse Forsøg paa elektrisk Telegrafi maatte hurtigt opgives, bl. a. paa Grund af Vanskelighederne ved at holde de lange Ledninger godt nok isolerede.

Heller ikke i vore Dage har man kunnet drage synderlig Nytte af Gnidningselektricitetens tilsyneladende saa kraftige Virkninger. Aarsagen hertil er, at det hele i Grunden er, hvad Tyskerne kalder »Viel Geschrei und wenig Wolle« — megen Knald, Lys, Nerverystelse o. s. v., der varer et Øjeblik, men aldrig jævne, vedholdende Virkninger. Et stort Leidnerbatteri kan give en voldsom Gnist, slaa Hul i en Glasplade, kaste mange Mand til Jorden o. lign., men kun fordi al den Elektricitet, som er tilført Batteriet gennem mange Omdrejninger af

Elektrisermaskinen, udlades i en ufattelig kort Tid, langt under en Tusindedel af et Sekund. — En stadig Bevægelse af Elektricitet kan man ganske vist faa ved en Elektrisermaskine, idet man forbinder dens to Konduktorer ved en Ledningstraad og saa drejer Skiven rundt. Den Elektricitet, Skiven fører fra den ene Konduktor til den anden, vil da stadig strømme tilbage gennem Traaden; gennem den gaar der altsaa en stadig Strøm af Elektricitet, saa længe man drejer paa Maskinen. Men den saaledes frembragte elektriske Strøm er rigtignok saa forsvindende ringe, at den næppe er værd at regne for noget; og hvis Ledningstraaden er af Metal eller andet blot nogenlunde godt ledende Stof, vil det overhovedet kun med de allerfineste Maaleapparater være muligt at spore nogensomhelst elektrisk Virksomhed i Konduktorerne eller i Traaden.

II. DEN ELEKTRISKE STRØM

Lidt Kemi. — Det galvaniske Element. — Forskellige Virkninger af Strømmen. — Elektromagneter. — Traadruller og Magneter. — Induktionsstrømme. — Sammenligning mellem en Vandstrøm og en elektrisk Strøm. — Enhederne »Ampère«, »Volt« og »Ohm«.

Ved Aaret 1800 opfandt Italieneren Alessandro Volta det saakaldte galvaniske Element og gav derved Menneskeheden et Middel i Hænde til Frembringelse af elektriske Strømme, som baade var stadige og stærke, i alt Fald i Sammenligning med de umærkelige Strømme, Elektrisermaskinerne kunde give. Med denne Opfindelse kan vi sige, at Elektricitetens Barndomstid er afsluttet.

Dette er dog ikke saaledes at forstaa, at man nu straks kunde anvende den elektriske Strøm i det praktiske Liv. Inden dette kunde ske, maatte man først opdage og nærmere udforske Strømmens forskellige Egenskaber og Frembringelsesmaader. Vi vil derfor ogsaa, inden vi gaar over til at betragte Elektricitetens praktiske Anvendelser, dvæle lidt ved Strømmens Frembringelse og Egenskaber; men for ikke at ofre for megen Tid paa denne Forberedelse vil vi udskyde saa meget som muligt til de Steder i det følgende, hvor vi faar Brug for det.

Lidt Kemi. I det galvaniske Element er det kemisk Virksomhed, der holder Strømmen i Gang. Som Indledning til Beskrivelsen af Elementet vil en lille Smule Kemi derfor være nyttig.

En Del af den Kemi, vi behøver, kan vi lære ved Hjælp af en lille Flaske stærk Svovlsyre, en Zinkplade og et Prøveglas eller Reagensglas (herved forstaas et saadant rørlignende Glas som det, der ses i Fig. 26 med Bunden i Vejret).

I et Glas, hvor der staar Vand til en Højde af et Par Tommer, hælder vi Svovlsyren i en fin Straale, indtil Væskehøjden i Glasset er steget med en Tiendedel. Under Blandingen udvikles der Varme, saa at den dannede fortyndede Svovlsyre er varm. Det er netop for at undgaa en altfor stærk og pludselig Varmeudvikling, at man maa hælde Vandet i Svovlsyren. I det hele taget er stærk Svovlsyre en Væske, som man bør omgaas med stor Forsigtighed; ved at stikke en lille Pind ned i den vil man straks faa en gavnlig Respekt for den; Pinden bliver nemlig helt sort. — Af Zinkpladen brækker man med en Knibtang nogle Smaastykker, som man kommer i den nogenlunde afkølede fortyndede Syre. Der vil da begynde at stige en hel Mængde smaa Luftbobler op fra Zinken. Disse Bobler kan man let opfange i Prøveglasset, idet man fylder dette helt med Vand, dækker dets Munding med et Stykke Papir, vender det om, dypper Mundingen ned i Syren, hvor Papiret let gaar af, og fører Mundingen hen over Zinkstumperne. En Del af Luftboblerne stiger da op i Prøveglasset, hvor Luften efterhaanden fortrænger Vandet. Naar Glasset er fuldt af Luft, tager man det op, stadig med Mundingen nedad, og holder en Tændstik til Mundingen. Luften i Prøveglasset tændes da, og man vil, naar det ikke er for lyst udenom, kunne se en svagt lysende Flamme indeni Glasset. Heraf kan man slutte, at det ikke er almindelig (atmosfærisk) Luft, der er kommet fra Zinken, men derimod en særlig Slags Luft. Hvis Luften i Glasset er blevet blandet med atmosfærisk Luft, vil Antændelsen ikke foregaa roligt, men der vil ske en lille Eksplosion, som giver et pibende Knald.

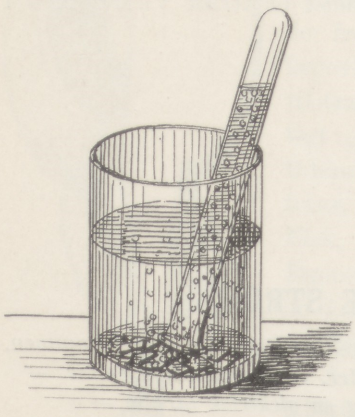


Fig. 26. Brintudvikling.

Den Luft, som stiger op fra Zinken er en Luftart, der i Danmark kaldes B r i n t, i Norge Vandstof eller Hydrogen. Denne Luftart er en væsentlig Bestanddel af almindeligt Vand. Rent (destilleret) Vand

er nemlig en kemisk Forbindelse af de to Luftarter Brint og Ilt (norsk: Surstof eller Oxygen) i et saadant Forhold, at af 9 Pund Vand er 1 Pund Brint og 8 Pund Ilt; da Brinten er 16 Gange saa let som Ilten, vilde Brinten imidlertid fylde dobbelt saa meget som Ilten, hvis vi adskilte noget Vand i disse to Bestanddele og opsamlede hver i sit Rum. — I den atmosfæriske Luft, hvori vi lever, findes der ikke nævneværdige Mængder af Brint, men derimod er en Femtedel af den atmosfæriske Luft Ilt, og det er denne Luft, som nærer saa vel vort Aandedræt som Forbrændingen i en Lampe eller en Kakkelovn. Det, der foregaar, naar Brinten i Prøveglasset tændes og brænder, er netop, at den under Udvikling af Varme forener sig med Ilten i Luften til Vand. — Medens Ilt er lidt tungere end atmosfærisk Luft, er Brint 14—15 Gange saa let som denne, d. v. s. en Kubikfod atmosfærisk Luft vejer 14—15 Gange saa meget som en Kubikfod Brint; hvis man holder det brintfyldte Prøveglas med Mundingen opad, vil Brinten derfor hurtig forsvinde, idet den stiger til Vejrs, og der i Stedet synker atmosfærisk Luft ned i Glasset.

Svovlsyre er en kemisk Forbindelse af de tre Stoffer Svovl, Ilt og Brint, der hver for sig ligesom Zinken er »Grundstoffer«, som ikke ved noget Middel, vi kender, kan adskilles i simplere Stoffer; de bestaar hver for sig kun af en enkelt Slags Atomer, medens Svovlsyren bestaar af Molekyler samlede af 1 Svovlatom, 4 Iltatomer og 2 Brintatomer (S. 19).

Naar Svovlsyren kommer sammen med Zinken, saa foretrækker Svovlet og Ilten at være i Forbindelse med Zink fremfor med Brint; denne slippes løs, og Svovlet, Ilten og Zinken danner en ny kemisk Forbindelse, som hedder svovlsurt Zinkilte, eller Zinkvitriol eller Zinksulfat, og samtidig udvikles der Varme; Zinkvitriolens Molekyler bestaar af 1 Svovlatom, 4 Iltatomer og 1 Zinkatom; dette sidste har altsaa erstattet 2 Brintatomer. Da Zinkvitriolen holdes opløst af Væsken, ser man ikke noget til den; man ser blot, at der stiger Brintbobler op fra Zinkstykkerne, medens disse efterhaanden svinder bort. Hvis Væsken dampes bort, efter at der er opløst en Del Zink, vil det dannede Zinkvitriol imidlertid blive tilbage som hvide Krystaller; Inddampningen bør dog ikke foretages i et Prøveglas over Ilden.

Zinks Opløsning i Svovlsyre er et enkelt Eksempel paa den meget almindelige kemiske Proces, at en Syre opløser et Metal. Det fælles for de forskellige Syrer — som f. Eks. Svovlsyre, Saltsyre, Salpetersyre — er netop, at de indeholder Brint, som under visse Omstændigheder kan ombyttes med Metal. Det, der kommer ud paa denne Maade kaldes i Kemien et Salt. Zinkvitriol er altsaa et Salt. Et

andet Salt er Kobbervitriol, der dannes, naar Svovlsyrens Brint erstattes af Kobber; dette sker, naar Kobberspaaner koges med stærk Svovlsyre; fortyndet Syre angriber ikke Kobber. Kobbervitriol købes i blaa Krystaller, som kan opløses i Vand til en blaa Væske.

Forøvrigt angriber fortyndet Svovlsyre heller ikke Zink, naar denne er ganske ren og ublandet. Almindelig uren Zink kan ogsaa gøres uangribelig af fortyndet Svovlsyre, idet man amalgamerer Zinken d. v. s. indgnider dens Overflade med en Smule Kviksølv; naar Zinken forinden fugtes med lidt fortyndet Svovlsyre, er det let at faa Kviksølvet indgnedet; en Kviksølvdraabe vil endogsaa af sig selv hænge ved Zinken og udbrede sig langs dens Overflade, hvis denne ikke er for glat.

Det galvaniske Element. Den italienske Læge Luigi Galvani havde i Slutningen af det 18. Aarhundrede gjort en Række mærkelige og opsigtsvækkende Iagttagelser angaaende elektriske Virkninger i Muskler og Nerver. Han anvendte til sine Forsøg navnlig Frøben, som han tilberedte saaledes, at den indre Laarnerve var blottet og i Forbindelse med et lille Stykke af Rygmarven. Oprindelig havde han blot fremstillet et saadant Præparat til Forevisning ved lægevidenskabelige Forelæsninger; men da han ved samme Forelæsning en Gang gjorde Forsøg med en Elektrisermaskine i Nærheden af det præparerede Frøben, opdagede en af Tilhørerne, at Benet undertiden kom i Trækninger, naar Maskinens Konduktor udladedes ved en Gnist. Dette kunde nu nok forklares derved, at Konduktoren havde fremkaldt en elektrisk Fordeling i Frøbenet, og at denne Fordeling pludselig ophævedes, naar Konduktoren udladedes; at en pludselig Elektricitetsbevægelse gennem Nerver og Muskler kunde fremkalde Muskelsammentrækninger, var en vel kendt Sag. Men ved fortsatte Undersøgelser opdagede Galvani, at Frøbenene kom i krampagtige Trækninger, naar blot han ved en Metalbøjle eller paa anden Maade bragte ledende Forbindelse til Veje mellem paa den ene Side Musklerne, paa den anden Side Nerven eller Rygmarven, selv om der ingen elektriske Udladninger foregik i Nærheden; i Fig. 27, der skriver sig fra en Bog, Galvani udgav, fremstilles nogle Forsøg af denne Art. Galvani forklarede Sagen derved, at der i Muskel og Nerve opstod en særlig »dyrisk Elektricitet«, som saa udladedes gennem Metalbøjlen.

Galvanis Landsmand, Volta, fik imidlertid en Mistanke om, at det ikke hang rigtigt sammen med denne dyriske Elektricitet. Han fremhævede stærkt, at Forsøgene ikke gav gode og sikre Resultater, med mindre Metalforbindelsen mellem Muskel og Nerve dannedes af to for-

skellige Metaller. At der virkelig var elektriske Kræfter med i Spillet, godtgjorde Volta selv ved sine Maaleinstrumenter; men ganske lignende elektriske Kraftvirkninger kunde han fremkalde ved Hjælp af to Metaller og en Væske (Salt- eller -Syreopløsning). Idet Væsken her traadte i Stedet for Frøbenet med dets Muskler og Nerver, var al Tale om dyrisk Elektricitet udelukket. Naar Voltas Sammenstilling af to Metaller og en Væske er blevet kaldt »det galvaniske Element« og den Virksomhed, som her gør sig gældende, »Galvanisme«, skyldes

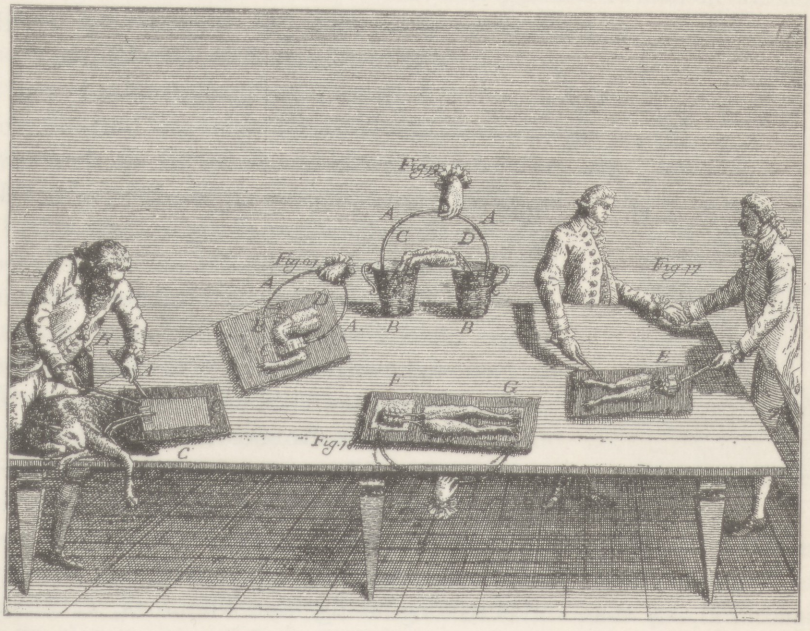


Fig. 27. Nogle af Galvanis Forsøg.

det Volta, som til Trods for sin videnskabelige Strid med Galvani gærne vilde yde denne skyldig Hæder.

I Stedet for at følge den historiske Udvikling af Sagen, vil vi nu straks lave os et galvanisk Element af omtrent samme Slags som det saakaldte Bægerapparat, Volta beskrev i Aaret 1800, dog med enkelte Afvigelser.

Vi vil i dette Øjemed anskaffe os en Zinkplade, en Kobberplade, en Smule Kviksølv og noget Svovlsyre. Af Zinken og Kobberet behøver vi kun langstrakte Stykker, der efter Bredden let kan faa Plads i et Glas (Vandglas, vidhalset Glasflaske el. lign.), men som er højere end Glasset; ja, selv en Kobbertraad og en lille Zinkstrimmel kunde være nok til Forsøget. Zinken amalgameres, og derefter sættes baade

den og Kobberpladen ned i et Glas med fortyndet Svovlsyre, men saaledes, at de slet ikke rører hinanden. Der sker da ikke det mindste.

Nu hælder vi Pladerne saa meget imod hinanden, at de kommer til at berøre hinanden *ovenover* Væsken. I samme Øjeblik dette sker, begynder der *nede* i Væsken at stige Luftbobler op henne ved Kobberet. Paa samme Maade gaar det, hvis vi forbinder de to Plader ved en Metaltraad f. Eks. ved at trykke de to Ender af en Staaltraad eller en Kobbertraad ind mod hver sin af Pladerne. Saa snart Forbindelsen mellem Pladerne afbrydes, ophører Luftudviklingen. Den bliver stærkest, naar Pladerne staar tæt ved hinanden og trykkes sammen langs hele Overkanten.

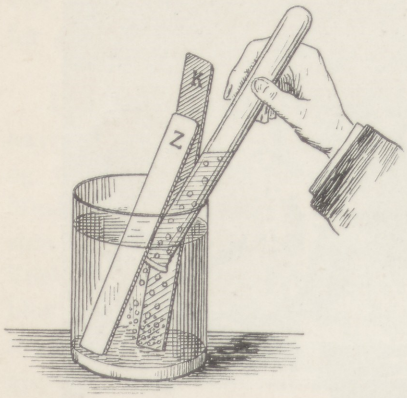


Fig. 28. Brintudvikling ved Berøring af Zink og Kobber. Brinten opfanges.

Hvis vi paa lignende Maade som beskrevet S. 40 opfanger Luftboblerne i et Prøveglas, finder vi, at den udviklede Luft kan antændes, og det kan ligeledes vises, at den er lettere end atmosfærisk Luft; det er i Virkeligheden Brint. Da Brinten kommer frem henne ved Kobberet, skulde man antage, at det var dette, der blev opløst af Syren. Men i saa Fald maatte Væsken jo blive blaa, da Kobbervitriol er blaa. Dette sker ikke, og at det ikke er Kobberet, men Zinken, der opløses, kunde man overbevise sig om ved at veje Pladerne nøjagtigt før og efter nogen Tids Brintudvikling. Lader man en livlig Brintudvikling vedblive i længere Tid, vil man imidlertid ogsaa ligefrem kunne se, at Zinkpladens neddyppede Del svinder ind; hurtigst iagttages dette, hvis Pladen forud er meget tynd. Er Zinkpladen ikke forinden ædt op, vil det ende med, at der sætter sig Zink paa Kobberpladen; men dermed stanser ogsaa hele Virksomheden, og allerede forinden er Brintudviklingen blevet meget svagere. Dette Enderesultat naas hurtigst i et Glas, der ikke er videre end nødvendigt til at rumme Pladerne, da Svovlsyren her hurtigst omdannes næsten helt til Zinkvitriol.

At Brinten kommer frem henne ved Kobberet, skønt det er Zinken, der opløses, er meget forunderligt. *Brinten synes paa en eller anden hemmelighedsfuld Maade at være ført fra Zinken gennem Væsken til Kobberet.*

Men det er allerede forunderligt nok, at det straks kan mærkes nede i Væsken, naar Metalpladerne rører hinanden eller forbindes oven over Væsken. Der maa aabenbart ved Berøringsstedet eller i Metal-

traaden foregaa en eller anden mærkelig Virksomhed, som gennem Metalpladerne forplanter sig ned i Væsken. At denne Virksomhed er af elektrisk Art, ligger det nær at antage, bl. a. fordi den indtræder, naar Pladerne forbindes med en Metaltraad, der jo er ledende for Elektriciteten. Prøver vi, om de neddyppede Plader er elektriske, idet vi f. Eks. nærmer elektriske Penduler eller Aluminiumblade til dem, vil vi nu rigtignok ikke se noget Resultat, men dette ligger i de anvendte Midlers Utilstrækkelighed. Hvis man paa hver af de to Plader har paaloddet eller paa anden Maade fastgjort en Traad (eller Strimmel) af Kobber eller andet Metal (det samme paa begge Plader), kan man ved Hjælp af fintmærkende Elektroskoper af særlig Art vise, at de to Traade har forskellig elektrisk Spænding. Den Traad, der sidder paa Kobberpladen har den største Spænding. Hvis Zinkpladens Traad ved at forbindes med Jorden faar Spændingen Nul, vil Kobberpladens Traad være positiv elektrisk. Giver man derimod Kobberpladens Traad Spændingen Nul, vil Zinkpladens Traad blive negativ elektrisk. Spændings f o r s k e l l e n mellem de to Traade er i alle Tilfælde den samme, saa længe de ikke berører hinanden eller sættes i ledende Forbindelse.

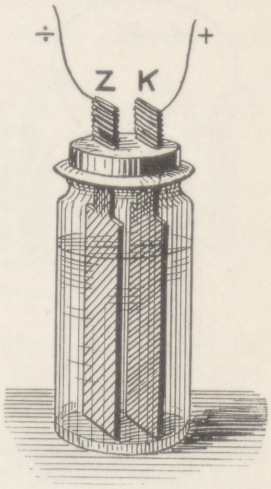


Fig. 29. Galvanisk Element.

De to Traade kaldes det galvaniske Elements P o l e r, den paa Kobberet d e n p o s i t i v e P o l, den paa Zinken d e n n e g a t i v e P o l.

Lader vi de to Poltraade berøre hinanden, vil der gaa Elektricitet over fra den positive Poltraad til den negative, saa at deres Spændingsforskel udjævnes. Men den derved frembragte Forandring i Kobberpladens og Zinkpladens elektriske Tilstande vil straks mærkes nede i Væsken og dér sætte den kemiske Virksomhed (Brintudviklingen) i Gang; samtidig sendes der Elektricitet fra Zinkpladen hen til Kobberpladen og derigennem op i Kobberpladens Poltraad. Hvis denne atter er blevet skilt fra Zinkpladens Traad, vil den da faa Erstatning for den Elektricitet, den mistede under Berøringen mellem Traadene, og Spændingsforskellen mellem dem, som delvis udjævnedes under Berøringen, vil atter være bragt i Stand.

Men rører Traadene fremdeles hinanden, eller holdes de forbundet ved en Ledningstraad, vil den Elektricitet, der fra Væsken sendes op i Kobberpladen, straks gaa gennem Traadene over til Zinkpladen og gennem den ned i Væsken, hvor den kemiske Virksomhed atter sørger

for at sende den over til Kobberpladen. Der opstaar saaledes en stadig Strøm af Elektricitet rundt i et Kredsløb; Strømmens Retning er nede i Elementet fra Zink gennem Væske til Kobber (altsaa den samme Vej, som Brinten blev ført) og oppe i Ledningstraadene fra Kobberpladen til Zinkpladen. I Fig. 30 angiver Pilene Strømmens Retning.

Naar Elementets Poler bringes i Berøring eller i Forbindelse ved Hjælp af en Metaltraad, siger man, at Ledningen sluttes eller — da den elektriske Strøm derved kommer i Gang — simpelthen, at Strømmen sluttes. Og naar den ledende Forbindelse afbrydes, siger man, at Strømmen afbrydes.

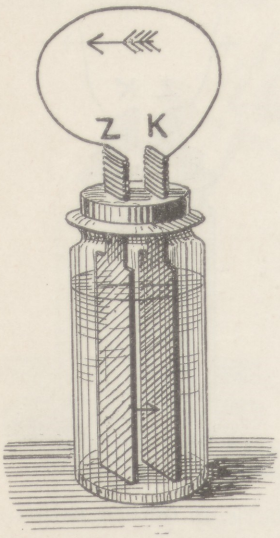


Fig. 30. Galvanisk Element. Strømkredsen sluttet.

Til Dannelse af et galvanisk Element kan man anvende mange andre Væsker end Svovlsyre og andre Metaller end Zink og Kobber, om end de forskellige Væsker og Metaller langt fra er lige gode. Men det maa altid være to forskellige Metaller, der er i Berøring med Væsken. Derfor standser Virksomheden i Zink-Kobberelementet, naar der til sidst udskilles Zink paa Kobberet, saa at Væsken ved begge Plader rører ved Zink. Elementer, der dannes af Zink, Kobber og Svovlsyre, vil vi kalde Voltaelementer, skønt Volta oftest benyttede andre Sammenstillinger.

Det galvaniske Element kan lignes ved en Elektrisermaskine, der holdes i Gang af et eller andet Maskineri, saa længe Konduktorerne er forbundet ved en Ledning, men hvor Maskineriet af sig selv gaar i Staa, naar Konduktorernes Spændingsforskel — efter at Ledningen er afbrudt — har naaet en vis bestemt Værdi. I Elementet er der vel ikke noget Maskineri, som drejer en Skive, men den kemiske Virksomhed frembringer en elektricitetsbevægende (»elektromotorisk«) Kraft, der fører Elektricitet fra Zinken til Kobberet, saalænge Spændingsforskellen ved Polerne ikke har naaet en vis bestemt Værdi.

Denne højeste Værdi, som Polernes Spændingsforskel (»Polspændingen«) kan naa, kalder man Elementets elektromotoriske Kraft, og denne Grænse kan kun naas, naar Polerne ikke er forbundet ved en Ledning, da Elektriciteten ellers stadig kan flyde fra Pol til Pol gennem Ledningen ligesom fra Konduktor til Konduktor ved Maskinen. Størrelsen af et

Elements elektromotoriske Kraft afhænger ikke af Elementets Størrelse, Pladernes Afstand o. s. v., men nok af Pladernes og Væskens Natur.

Der er imidlertid uhyre store Gradsforskelle mellem en Elektrisermaskines og et Elements Virksomhed. Ved en almindelig Gnidningselektrisermaskine, der kan give Gnister af faa Centimeters Længde, frembringes mellem Konduktorerne en Spændingsforskel mange tusinde Gange saa stor som et Voltaelements elektromotoriske Kraft. Men forbindes Konduktorerne paa Maskinen, maa Skiven drejes uafbrudt i dagevis med betydelig Omdrejningshastighed for at føre en ligesaa stor Elektricitetsmængde fra den ene Konduktor til den anden, som den kemiske Virksomhed i Elementet i Løbet af et eneste Sekund fører fra Zink- til Kobberpladen, naar Polerne er forbundet med en kort, tyk Kobbertraad. En Elektrisermaskine kunde med en saa stor Elektricitetsmængde lade mange tusind store Leidnerflasker.

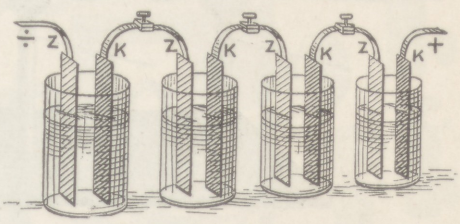


Fig. 31. Galvanisk Batteri.

Ved Hjælp af flere Elementer kunde man faa en større elektrisk Spænding end den, et enkelt Element giver. Elementerne stilles da sammen som i Fig. 31, hvor 4 Elementer staar i Række, og Kobberpladen *(K)* i det ene er forbundet med Zinkpladen *(Z)* i det følgende. Sammenstillingen kaldes et galvanisk Batteri, og de to, frie Metaltraade eller Metalstrimler paa det første og sidste Element kaldes Batteriets Poler.

Naar Ledningen ikke er sluttet, har Batteriets Poler en Spændingsforskel 4 Gange saa stor som et enkelt Elements elektromotoriske Kraft. Idet vi gaar fra den negative Pol yderst til venstre hen til Forbindelsen mellem første og andet Element, er Spændingen nemlig steget med en bestemt Størrelse, svarende til et enkelt Elements elektromotoriske Kraft; idet vi passerer det følgende Element, stiger Spændingen lige saa meget og saaledes fremdeles. Forbindes Polerne ved en Ledning, saa at Strømmen kommer i Gang, bliver deres Spændingsforskel mindre.

Volta og hans Samtid, der var vant til at regne Gnister, Nervestød o. desl. for Elektricitetens vigtigste Ytringsformer, gjorde sig fremfor alt Umage for at faa noget lignende bragt i Stand ved Hjælp af galvaniske Elementer og byggede derfor paa forskellige Maader Batterier med 100, 1000 eller flere Elementer. Med disse besværlige og ofte meget kostbare Apparater kunde man nu nok frembringe Nervestød og Gnister, men i at tilvejebringe høj Spænding og lange Gnister kunde selv de største Batterier dog ikke maale sig med Elektrisermaskiner,

og hvad det angik at sætte store Elektricitetsmængder i Bevægelse, stod de i mange Tilfælde overmaade langt tilbage for et ganske simpelt enkelt Element som det, vi kan lave os selv paa den tidligere angivne Maade.

Ved et Kæmpebatteri, som baade gav stor Spænding og anselige Elektricitetsmængder, frembragte den engelske Naturforsker Davy ganske vist i Aaret 1811 en Lysvirkning, som overgik alt, hvad man tidligere kendte. Davy anbragte to Stykker Trækul paa Enderne af Metalpinde, som kunde skydes frem og tilbage gennem Huller i to Metalkugler (se Fig. 32). Naar han nu forbandt Kuglerne med hver sin af Batteriets Poler, skød Trækulstykkerne sammen og derefter atter fjærnede dem fra hinanden, saa dannedes der mellem dem en straalende Lysbro, der ikke som en elektrisk Gnist forsvandt i et Nu, men varede til Trækulstykkerne ved Bortbrænding var fjærnet for langt fra hinanden. Af den varme, opstigende Luft bøjedes Lysbroen opad som en Bue; deraf Navnet L y s b u e n eller B u e l y s e t.

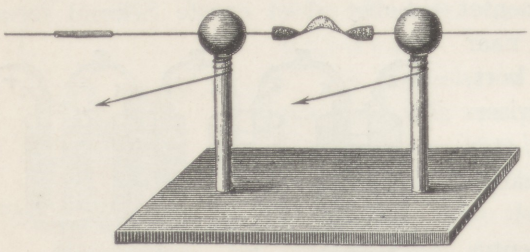


Fig. 32. Det første Buelys.

Men foreløbig blev Frembringelsen af det elektriske Buelys kun et smukt Eksperiment, og i det hele og store maa det siges, at Tilvejebringelsen af Kæmpebatterier ikke var den rette Vej fremad. At efterligne Elektrisermaskinen i Spektakelmageri laa slet ikke i det galvaniske Elements Natur. De store Udviklingsmuligheder, det gemte i sig, kunde man først faa Øje for ved at fæste Blikket paa de tilsyneladende ringe, men til Gengæld stadige Virkninger af den elektriske Strøm.

Vil man udføre Forsøg over disse Virkninger, maa man have et nogenlunde handleligt Element. Hertil kan man passende bruge et langstrakt Glas, f. Eks. et Honningglas. Zinkpladen og Kobberpladen kan saa gøres smalle i den ene Ende, og med denne fastgøres i hver sit Snit en stor flad Korkprop, som lægges over eller sættes fast i Glasset (se Fig. 29 S. 45). Kork, Træ, Pap o. lgn. leder Elektriciteten saa daarligt, at de godt kan regnes for Isolatorer her, hvor det ikke drejer sig om at bortlede en Smule opsamlet Elektricitet, men om at skaffe stadigt Afløb for store Elektricitetsmængder.

Den Del af Pladen, som gaar ned i Væsken, maa helst være saa bred som muligt, og det er godt, at Pladerne staar tæt, naar man blot ikke risikerer, at de kommer i Berøring med hinanden. Paa Pladerne

kunde man fastlodde Poltraade af Kobber; men Paalodning er ikke nødvendig, naar man tager nogenlunde lange Kobbertraade, vikler dem flere Gange fast om Pladernes øverste Ende og helst tillige slaar dem ind mod Pladerne med en Hammer. Baade Pladernes Ender og Traadene skal forud skrabes rene. Det er i det hele taget en Hovedregel, at man skal benytte rene Overflader, der helst presses fast sammen, der hvor den elektriske Strøm skal gaa fra et Metalstykke til et andet.

Skal Poltraadene forbindes indbyrdes ved en længere Ledning, maa denne helst være af isoleret Traad, d. v. s. Metaltraad (Kobbertraad), omgivet af elektrisk isolerende Stof. Man kan meget billigt faa almindelig »Ringeledning«, der er Kobbertraad (oftest $0{,}_8$—$1{,}_0$ Millimeter i Tværmaal), omgivet af voksgennemtrængte Bomuldstraade m. m. Efter at Isoleringen er fjærnet fra Ledningens Ender, kan disse sammensnos med Poltraadene ved Hjælp af Fladtang.

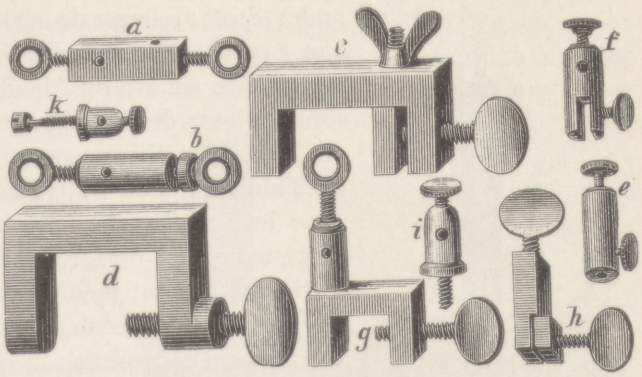


Fig. 33. Klemskruer.

Bekvemmere er det dog at anvende Klemskruer (hyppigst af Messing), naar man hurtigt vil kunne forene eller adskille Metaltraade indbyrdes eller Traade og Plader. Fig. 33 viser forskellige Former af Klemskruer. Ved Klemskruen *a* forbindes to Traade, idet Enderne stikkes ind i de to Huller og skrues fast; to Traade kan ogsaa forbindes ved *e* og *b*, medens *f* kan forene en tynd Metalstrimmel eller -plade med en Traad, idet Spalten forneden i *f* sættes ned om Pladen, der derefter fastskrues. To saadanne Klemskruer paa Zink- og Kobberpladen i et Voltaelement kan erstatte Poltraaden. Klemskruerne *c*, *d* og *g* kan befæstes paa de tykke Kulplader eller Kulklodser, som bruges i andre Slags Elementer. Endelig bruges Former som *i* og *k* i forskellige elektriske Apparater, hvor de skrues ind i Træ med en Metaltraad fastklemt mellem Træet og Metallet, medens en anden Traad kan fæstes i Hullet.

Naar man ønsker nogenlunde stærke Virkninger af den elektriske Strøm, vil det være fordelagtigt at anvende en anden Slags galvaniske

Elementer end Voltaelementerne. Brintudviklingen ved Kobberet hæmmer disses Virkning. Tager man Kobberpladen op og gløder den, til den bliver sort, forøges Elementets elektromotoriske Kraft, men kun for en kort Tid; den aftager atter, idet Brinten forandrer Kobberets Overflade. Af Grunde, som det vilde føre for vidt at forklare, siger man, at Kobberet bliver »polariseret«. Denne Polarisering kan hindres, naar Brinten inde i Elementet mødes med et Stof, som indeholder megen Ilt og let giver den fra sig. Et saadant »iltende Stof« er tvekromsur Kali, naar det er blandet med Svovlsyre, men da denne Blanding*) angriber Kobber, maa man erstatte Kobberpladen med et andet Stof af lignende elektrisk Virkning; man kan bruge en Plade eller en Klods af Kul tilberedt paa en særlig Maade. Da Væsken langsomt opløser den amalgamerede Zinkplade, selv om der ingen Strøm gaar, maa Pladerne eller i alt Fald Zinkpladen altid tages op af Elementet, naar det ikke bruges. »Kromsyreelementet« egner sig derfor daarlig til at staa længe med svag Strøm; men til nogenlunde kortvarige Forsøg med elektrisk Strøm (stærk eller svag) er det ganske praktisk.

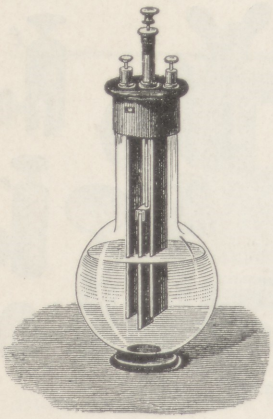


Fig. 34. Et Kromsyreelement.

I Handelen faas bl. a. Kromsyreelementer som det, der er vist i Fig. 34. Her er anbragt to Kulplader, der omfatter Zinkpladen; herved faar Elektriciteten en bredere Vej gennem Væsken fra Zink til Kul. Begge Kulpladerne er i ledende Forbindelse med en og samme af de paa Laaget befæstede Klemskruer; den anden staar i Forbindelse med et Messingrør, hvori en Messingstang, som bærer Zinkpladen, kan skydes op og ned.

Vi kan imidlertid ogsaa selv lave os Kromsyreelementer; hertil kan man i Reglen godt anvende tidligere brugte Kulplader, naar Overfladen opfriskes (skrabes el. lign.). For at faa en god Forbindelse mellem Kullet og Ledningen uden at anvende Klemskruer kan man f. Eks. ved en flere Gange omviklet Kobbertraad trykke et Stykke renskrabet Zink- eller Kobberplade fast mod Kulpladens øverste Del. Lader man tillige noget af denne Metalplade rage op over Kulpladen, saa kan man stikke den op i en Korkprop ligesom ved Voltaelementet og undgaar saaledes de Vanskeligheder, som Anbringelsen af den tykke Kul-

*) Til Blandingen kan anvendes 1 Del tvekromsurt Kali, 2 Dele koncentreret Svovlsyre og 10 Dele Vand (efter Vægt); men »Kromsyreblanding« til Elementer faas ogsaa i Handelen.

plade kunde volde; man maa naturligvis passe, at intet af den tilbundne Metalplade naar ned i Væsken. — De almindelige »Ringe-elementer«, som omtales senere, kan ogsaa bruges til Smaaforsøg, men de egner sig daarligt til at give stærk Strøm eller at virke ret længe ad Gangen.

Forskellige Virkninger af Strømmen. Vi har allerede lagt Mærke til en ejendommelig Virkning af den elektriske Strøm, nemlig den, at Brinten føres i Strømmens Retning og kommer frem ved Kobberet i Stedet for ved Zinken. Af den større eller mindre Mængde Brint, der stiger til Vejrs ved Kobberpladen, kan vi ved Voltaelementer straks gøre os en Forestilling om »Strømmens Styrke«, d. v. s. om den Mængde Elektricitet, der i Sekundet føres til Kobberpladen og derfra ud i den ydre Ledning; til en bestemt Brintmængde svarer nemlig altid én og samme Elektricitetsmængde.

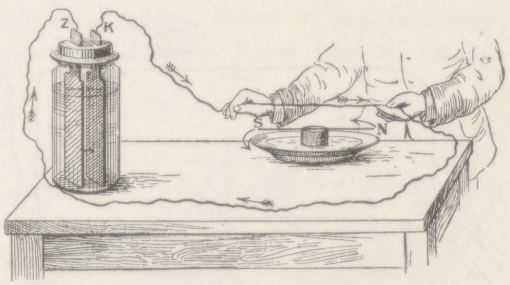


Fig. 35. Strømmens Virkning paa en Magnetnaal.

Udenfor Elementet frembringer Strømmen flere Slags Virkninger, navnlig magnetitiske Virkninger, Varmevirkninger og kemiske Virkninger.

Strømmens Virkning paa en Magnetnaal er opdaget 1820 af Danskeren H. C. Ørsted, som saaledes fandt det skjulte, længe anede Baand mellem de elektriske og de magnetiske Kræfter og derved knyttede Danmarks Navn til et af de allerstørste Fremskridt paa Elektricitetens Omraade.

For at vise denne Virkning kan vi føre Ledningstraaden fra et galvanisk Element hen over en drejelig Magnetnaal, f. Eks. en magnetiseret Strikkepind, der er sat ud at svømme som angivet S. 9. Holder vi Traaden saaledes, at Strømmen, der jo udgaar fra Kobber- eller Kulpladen, gaar i Retning fra Syd til Nord, vil vi se, at Magnetnaalen drejer sig bort fra Syd-Nordretningen, og det saaledes, at Nordpolen *(N)* gaar mod Vest, Sydpolen *(S)* mod Øst. Nærmes Ledningstraaden mere og mere ned mod Magnetnaalen, bliver dennes Afvigelse fra Syd-Nord-Stillingen (dens »Udslag«) større og større. Strømmen vil egentlig søge at stille Naalen vinkelret paa Ledningens Retning, altsaa dreje den helt hen i Stillingen Øst-Vest. Men dette opnaar Strømmen ikke, da Strømmens drejende Kraft modvirkes af Naalens naturlige Tilbøjelighed for Syd-Nord-Stillingen. Afbrydes Strømmen eller fjernes Ledningen, vender Naalen straks tilbage til denne Stilling.

Den Retning, hvori en elektrisk Strøm i et retlinet Stykke Ledningstraad vil søge at dreje en Magnetnaal, kan altid findes forud ved følgende let anvendelige Regel: Naar højre Haand holdes udstrakt langs Ledningen med Fingrene pegende i Strømmens Retning og Haandfladen vendt imod Naalens Nordpol, da vil denne drives i den Retning, mod hvilken Haandens Tommelfingerside vender (altsaa i den Retning, mod hvilken Tommelfingeren peger, hvis den skilles saa vidt ud fra de andre Fingre som muligt). Under samme Forhold vil Sydpolen paavirkes af en Kraft i Retning af Lillefingersiden. Fig. 36 illustrerer denne Regel, og man vil let se, at baade den øvre og den nedre vandrette Del af Ledningen og de smaa lodrette Dele virker til at dreje Naalen i en og samme Retning, nemlig i dette Tilfælde den, der angives ved de krumme Pile (Nordpolen udad mod den, der betragter Billedet, Sydpolen indad).

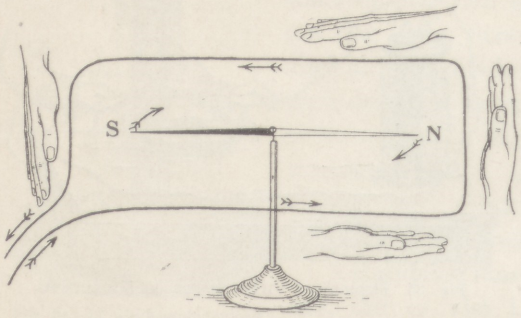


Fig. 36. Højrehaandsreglen.

Jo stærkere den elektriske Strøm er, des større bliver — alt andet lige — Naalens Udslag. Dels ved at lade Ledningstraaden gaa rundt om en Magnetnaal i mange Vindinger, dels ved andre Kunstgreb, kan man imidlertid faa overordentlig svage Strømme til at frembringe et Udslag, der kan iagttages og maales. Ofte ophænges Naalen lodret, drejelig om en vandret Aksel, der saa bærer en synlig Viser, medens Naalen selv er skjult. Strømvisere, d. v. s. Apparater, hvor en Magnetnaals Bevægelse skal vise, om der er Strøm eller ej i en Ledning, kaldes ofte Galvanoskoper; Strømmaalere, hvor tillige Naalens Udslag kan maales og tjene som Udtryk for Strømmens Styrke, kaldes ofte Galvanometre.

En simpel Strømviser eller Strømmaaler, med hvilken vi vel ikke kan foretage nøjagtige Maalinger, men dog følge Strømmens Aftagen eller Tiltagen, kan vi let lave af et Lommekompas, helst et med Gradinddeling paa Skiven. En temmelig tyk isoleret Kobbertraad (tyk Ringeledning) lægges en Gang om Kompasset saaledes, at Traadene gaar paa det nærmeste hen over og hen under Kompasskivens Nord- og Sydmærker; Nordmærket maa dog nødig være helt skjult af Traaden ved Betragtning lige ovenfra. Traaden trykkes tæt til Kompasset;

Enderne, som bør være nogenlunde lange, snos en Gang eller to om hinanden, og Traaden befæstes til Kompasset ved lidt Frimærkepapir el. desl. For at give den saaledes dannede Strømmaaler et nogenlunde fast Underlag, fastgør man den til et Bræt eller et ikke for lille Papstykke, den kan f. Eks. som vist i Fig. 37 bindes til en Prop, som derefter limes paa Brættet; herved bør man passe, at Kompasset bliver vandret og Naalen frit bevægelig, naar Brættet ligger paa Forsøgsbordet. Ledningstraadenes frie Dele bøjes ned og befæstes til Underlaget (f. Eks. ved Lak), og paa deres yderste ikke isolerede Ender maa der helst anbringes Klemskruer, for at man let kan indskyde Strømmaaleren i en Strømledning.

Naar Apparatet skal bruges, drejes Brættet saaledes, at Kompasnaalens Nordende staar lige over Nordmærket, og man maa passe ikke senere under Forsøgene at forskyde Brættet. Fører vi nu Ledningstraade fra et galvanisk Elements eller Batteris Poler hen til Strømmaalerens Klemskruer, gør Naalen, idet Strømmen sluttes, et Udslag, hvis Størrelse man kan opskrive og bruge som Udtryk for Strømmens Styrke. Ved at anvende et eller flere Elementer, indskyde længere eller kortere, tykkere eller tyndere Traade o. s. v. faar vi Udslag af forskellig Størrelse svarende til forskellige Strømstyrker. Dog maa man ikke tro, at den dobbelte Strømstyrke giver det dobbelte Udslag. Et Udslag paa 45° (d. v. s. fra Nord til Nord-Vest) angiver en Strøm langt mer end dobbelt saa stærk som den, der frembringer et Udslag paa $22^1/_2{}^0$ (fra N. til N.-N.-V.).

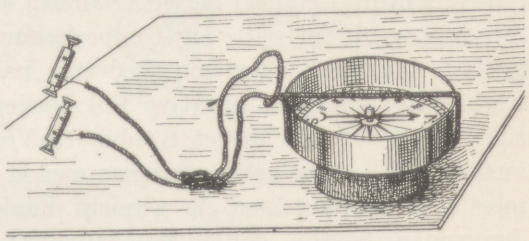


Fig. 37. En hjemmelavet Strømmaaler.

Foruden at virke paa Magneter i Ledningens Nærhed frembringer Strømmen altid i selve Ledningen en Varmeudvikling. Hvor en nogenlunde stærk Strøm sendes gennem en tynd Traad, bliver denne Varmeudvikling saa stærk, at den kan bringe Traaden i Glød. Ved et enkelt eller ganske faa Elementer kan vi dog kun gløde et ganske kort Traadstykke, thi en lang tynd Traad vilde gøre Strømmen svag. Forsøget kan udføres paa den Maade, at en ganske fin Platintraad eller Jærntraad (blankskrabet) vikles op om Enden af en tyk Kobbertraad, der er forbundet med Batteriets ene Pol; et Stykke af den tynde Traad rager dog frit ud, og langs dette Stykke lader man Enden af en tyk Kobbertraad fra den anden Batteripol glide hen imod den første Kobbertraad, indtil den mellemliggende Strækning af den fine Traad er blevet

kort nok til at komme i Glød; straks efter vil navnlig en Jærntraad let smelte eller brænde over. — Ved de almindelige elektriske Glødelamper udsendes Lyset fra en tynd Kul- eller Metaltraad indesluttet i en lufttom Glasbeholder; men der vilde ved de hyppigst anvendte Lamper kræves ca. 50 eller 100 Kromsyreelementer til at fremkalde Lys af den sædvanlige Styrke.

En af de simpleste af Strømmens mangeartede kemiske Virkninger — »elektrolytiske« plejer man at kalde dem — faar vi frem ved at lede den gennem en Opløsning af Kobbervitriol, idet to Kobberstrimler (eller to tykke Kobbertraade, der er hamrede flade i den ene Ende) sættes i Forbindelse med hver sin af et Elements eller Batteris Poler og neddyppes i et Glas med Opløsningen. Hvis vi havde indskudt vor Strømmaaler mellem Batteriet og den ene Kobberstrimmel, vilde vi se Kompasnaalen gøre Udslag, naar Strimlerne dyppes ned i Væsken. Ved at anvende brede Strimler, der bringes tæt til hinanden (uden Berøring) kan vi faa en temmelig stærk Strøm. — Under Strømmens Gang vil der sætte sig Kobber (som et sort eller rødt Pulver eller et fast Lag efter Omstændighederne) paa den Strimmel, der staar i Forbindelse med den negative Pol, medens den anden Strimmel samtidig afgiver ligesaa meget Kobber til Væsken og derved efterhaanden svinder ind — hurtigst, naar Strømmen er stærk. Vi kan sige, at Strømmen fører Kobber med sig gennem Væsken fra den ene Strimmel til den anden, ligesom den inde i galvaniske Elementer fører Brint med sig fra Zinken hen imod Kobberet eller Kullet.

I Virkeligheden er de enkelte Kobber- eller Brintatomer positiv elektriske og føres derfor af de elektriske Kræfter i Strømmens Retning; men tillige er Resten af Kobbervitriol- eller Syremolekylet (Svovlet og Ilten) negativ elektrisk og føres af Strømmen i den modsatte Retning.

Hvis den Kobberstrimmel, der modtager Kobber, erstattes med en Genstand af andet Metal (f. Eks. en Blytraad eller en Tiøre), vil denne Genstand blive overtrukket med et Lag Kobber af voksende Tykkelse.

Et smukt lille Forsøg kan vi gøre, naar vi i Stedet for Kobbervitriol og Kobberelektroder tager en Opløsning af eddikesurt eller salpetersurt Blyilte, bøjer en Blytraad i Form af et stort U, sætter den i Forbindelse med Batteriets positive Pol og derefter stikker en anden Blytraad, som staar i Forbindelse med den negative Pol, ned midt i U'et. Der vil da vokse ligesom et helt Træ af glinsende Krystaller frem af den sidstnævnte Traad; det er Bly, som af Strømmen føres fra U'et hen til den lige Traad.

Elektromagneter. Det omtaltes Side 9, at man kunde gøre en Strikkepind magnetisk ved at stryge den med Enden af en Magnetstang. I Virkeligheden bliver ethvert Stykke Jærn eller Staal magnetisk blot ved at komme i Nærheden af en Magnetstangs ene Ende; er denne en Nordpol, faar Jærnstykket en Sydpol nærmest ved den, en Nordpol længst fra den, og det er Tiltrækningen mellem Magnetstangens Nordpol og Jærnstykkets nydannede Sydpol, der faar Jærnet til at hænge fast ved Stangen. Naar en Magnetstangs Nordende lægges tæt mod en anden ligesaa stærk Magnetstangs Sydende, ophæver de hinandens Virkning udadtil og tiltrækker slet ikke Jærnstykker, fordi de nemlig vil søge at magnetisere dem paa modsat Vis.

Man har Grund til at antage, at de Smaadele, hvoraf Jærnet bestaar — Jærnmolekylerne — hver for sig er smaa Magneter, og naar Jærnet i Almindelighed ikke viser sig magnetisk, er det blot, fordi disse Smaamagneter ligger i Uorden. Men nærmes en Magnetstangs Nordende *N*, til et Jærnstykke, *AB*, saa vil alle Smaamagneterne dreje sig og vende deres Sydender henimod *N*, deres Nordender bort fra den, som det er antydet i Fig. 38. *AB* bliver derved til en Magnet med Nordenden til højre, Sydenden til venstre. Inde i denne Magnet ligger en Nordpol overalt tæt til en Sydpol og ophæver dens Virkning; kun ved Enderne bliver der »fri Magnetisme«, som kan virke udadtil. I Virkeligheden er Ordningen mindre fuldkommen, saa at der ogsaa bliver nogen fri Magnetisme lidt henad Siderne i Nærheden af Enderne. Paa samme Maade som *AB* tænkes enhver Magnet at være dannet af ordnede Smaamagneter. Brækker man en Magnet over, vil hver af de to Dele være en fuldstændig Magnet med Nordpol ved den ene Ende, Sydpol ved den anden; dette forstaas let af Fig. 38, naar man her tænker sig *AB* overskaaret ved Linjen *ab* og de to Stykker taget fra hinanden, uden at Smaamagneternes Orden forandres.

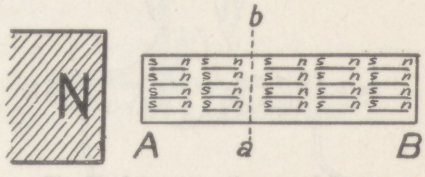


Fig. 38. Jærn magnetiseres ved Smaamagneternes Ordning.

I blødt Jærn er Smaamagneterne lette at dreje, men de vender let tilbage til den gamle Uorden, saasnart den magnetiserende Kraft ophører. I haardt Staal drejes de vanskeligere; der maa gentagne Strygninger til for at faa dem nogenlunde godt ordnet; men saa beholder de til Gengæld deres Stillinger, saa at man faar dannet en v a r i g M a g n e t.

Hvis enhver Magnetisering bestaar i en Drejning af Smaamagneter, maa vi vente, at den elektriske Strøm kan virke magnetiserende; thi

den kunde jo dreje bevægelige Magneter. At denne Forventning slaar til, er let at vise.

Vikler man en isoleret Kobbertraad om en Jærnstang og fastbinder Traaden som vist i Fig. 39, vil Stangen blive til en Magnet, saa snart der sendes en Strøm gennem Traaden. Kommer Strømmen ind i Traaden henne til højre, saa at den altsaa i Vindingerne om Stangen følger de fire Fingres Retning (mod Fingerspidserne) i den omfattende Højrehaand, saa vil Stangen faa Nordende til Haandens Tommelfingerside, altsaa netop til den Side, hvortil en lille Magnetnaal, der var anbragt inden i Vindingerne, vilde vende sin Nordende i Følge den S. 52 angivne Regel. Nærmer man et Kompas til Stangens højre Ende, vil man se, at Kompasnaalens Nordende frastødes, dens Sydende tiltrækkes af Stangenden, hvilket viser, at denne er en Nordende (se S. 8); omvendt gaar det med den venstre Stangende. Begge Stangens Ender viser magnetisk Tiltrækning overfor smaa Jærngenstande.

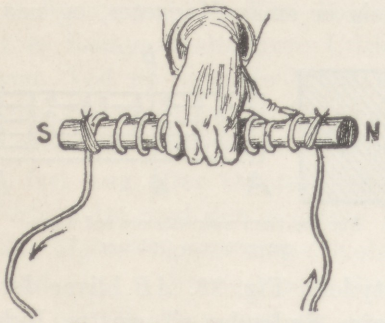


Fig. 39. En Elektromagnet.

Stænger af blødt Smedejærn og af visse Staalsorter kan ved denne Fremgangsmaade blive langt stærkere Magneter end lige saa store Stænger af haardt Staal, men de mister deres Magnetisme næsten helt, naar Strømmen afbrydes; Stængerne med deres Omvikl ng kaldes E l e k t r o m a g n e t e r.

Jo stærkere Strømmen er, og jo flere Vindinger Ledningen danner omkring den, desto stærkere magnetisk bliver Jærnet, dog kun indtil det er »mættet med Magnetisme«, d. v. s. til alle Smaamagneterne er ordnede. Men har man som Strømkilde kun et Element eller to, kan det ikke nytte at tage en meget lang Traad og vikle den i mangfoldige Vindinger i flere Lag om Jærnstangen, thi Strømmen bliver kun svag, naar den skal gennem den lange Traad. Hvor lang Traad man bør tage, afhænger af Traadens Tykkelse, Stangens Længde og Tykkelse, Elementets Beskaffenhed m. m.; man kan naa gode Resultater ved at bruge almindelig Ringeledning og prøve sig frem med Længden. Jærnstangen maa helst være nogenlunde kort. Svensk Jærn er bedst.

En Elektromagnet tildannes ofte i »Hesteskoform«, d. v. s. bøjet saaledes, at Nordenden og Sydenden kommer jævnsides. Idet en Plade af blødt Jærn, det saakaldte A n k e r, lægges mod de to Ender, vil det blive fastholdt med betydelig Kraft under Strømmens Gang.

Ledningens Vindinger skal lægges om Jærnet som vist i Fig. 40; de gaar i modsat Retning om de to »Magnetben«, men de vilde jo netop ved denne Anbringelse komme til at gaa i samme Retning om hele Stangen, hvis den rettedes ud. Om det midterste Stykke, der forbinder de to Magneter, er det næsten ingen Nytte til at lægge Traad Naar Strømmen gaar i den ved Pilespidserne angivne Retning, bliver der Sydpol til venstre, Nordpol til højre, hvad man let ser ved Haandreglen (Højre Haand omfatter Jærnet, Fingrene peger i Strømmens Retning — Sydpol til Lillefingersiden, Nordpol til Tommelfingersiden).

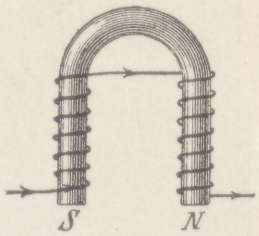
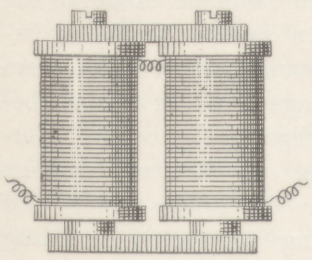


Fig. 40.
»Hesteskoelektromagnet«.

En Elektromagnet, der vender Nordpol og Sydpol til samme Side, dannes ofte af 3 Stykker i Stedet for af 1, idet det ubeviklede Stykke i Fig. 40 erstattes af et fladt Jærnstykke, hvortil begge Magnetben er fastgjort. I Fig. 41 er vist en saadan tobenet Elektromagnet eller Dobbeltelektromagnet, der tillige bærer et Anker. Ogsaa denne kaldes ofte en Hesteskomagnet

Paa den ene eller anden Maade indgaar Elektromagneter som Led af de allerfleste elektriske Indretninger; her skal foreløbig blot nævnes et Par Eksempler paa umiddelbar Anvendelse af deres Tiltrækningskraft.

Dersom man knuser Jærnmalm, som indeholder fremmede Bestanddele, og lader Pulveret drysse ned tæt forbi en Magnetpol, vil de jærnholdige Dele i Forbifarten drages lidt ind mod Magneten og kan saaledes skilles fra de fremmede, »umagnetiske« Dele, som falder lodret ned. Denne magnetiske Malmadskillelse anvendes med Fordel overfor mange fattige Jærnmalme, bl. a. ogsaa i Norge. Men da ikke blot Jærn og Jærnmalme, men ogsaa Nikkel og i ringe Grad mange andre Metaller paavirkes af Magnetkraften kan Metoden ogsaa bringes i Anvendelse overfor mange andre Malme, blot man tilvejebringer stærke Magnetkræfter. Paa Fabrikken »Øresund« behandles grønlandske Mineralier i stort Omfang paa denne Maade.


Fig. 41.
Dobbeltelektromagnet med Anker.

Ogsaa stærke Elektromagneters store Bæreevne anvendes i det praktiske Liv, idet man i et stadigt voksende Antal af industrielle Virksomheder indfører »Bæreelektromagneter«, som kan gribe og fastholde Jærngenstande, der skal løftes og flyttes ved Hejseværker og Kraner.

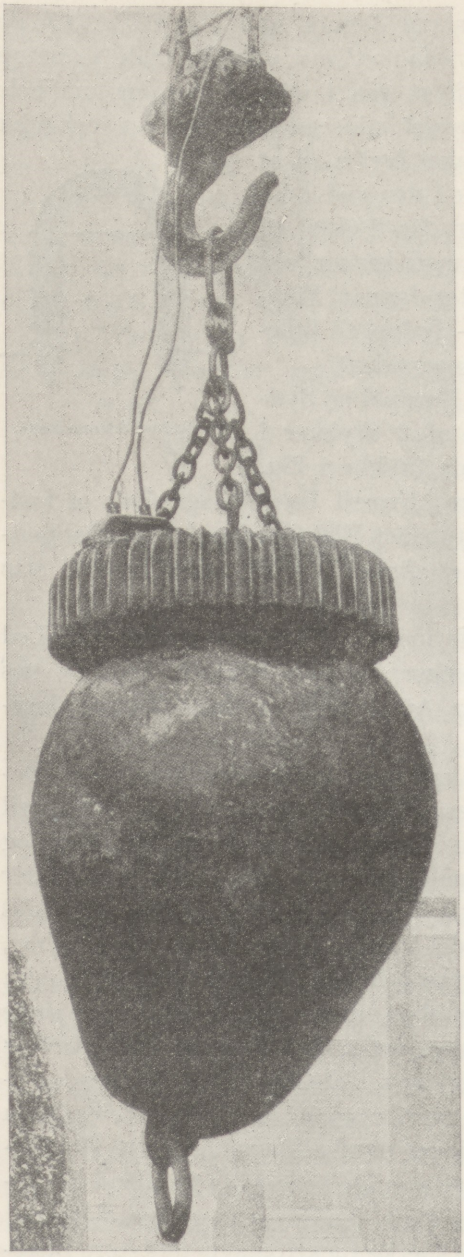


Fig. 42. Elektromagnet, som bærer en »Skalleknækker« paa 6000 Kilogram.

En saadan kraftig Bæreelektromagnet kan maaske bedre end noget andet elektromagnetisk Apparat umiddelbart fremkalde et levende Indtryk af, hvilket forunderligt Tryllemiddel Menneskeheden har faaet til Raadighed gennem H. C. Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen. Det ene Øjeblik er Bæreelektromagneten kun en Klump almindeligt, uvirksomt Stof, sammensat af et eller flere Jærnstykker omvundet med nogle Lag af beklædt Kobbertraad. Det næste Øjeblik synes Jærnet besat af en rasende Begærlighed efter andet Jærn eller Staal; Jærnmasser, som Elektromagneten før berørte løst og let, klæber den pludselig saa fast til, at Tusinder af Pund kan følge med den til Vejrs, om den løftes; mindre Jærnmasser kan den fra en Afstand af flere Tommer drage til sig med en saadan Kraft, at intet Menneske kan holde dem fra Magneten. Og denne besynderlige indgribende Forandring af Elektromagneters Væsen fremkaldes blot ved Drejning af et Haandtag mange Alen fra Magneten; vi ved vel, at der ved Haandtagets Drejning sendes en »elektrisk Strøm« ind i Kobbertraaden; men hvis der ikke just er Jærn i Nærheden af Elektro-

magneten, vil intet som helst ydre Tegn forraade, at der foregaar noget naar Haandtaget drejes.

Fig. 42 viser en af de allerkraftigste Elektromagneter, man har, bærende en Jærnklods af Vægt som henimod 100 Mennesker. Klodsen bruges til at knække Metalskaller, som fremkommer i Smeltedigler, eller ufuldkomne Støbestykker, der skal sønderslaas, for derefter at omsmeltes. »Skalleknækkeren« virker ved, at man hejser den op til en betydelig Højde og derfra lader den falde ned paa Metallet. Som man ser, er den forsynet med et stærkt Kædeled, hvori en Krog fra Hejseværket kunde anbringes, men det gaar langt lettere, naar Hejseværket forneden ender med en Elektromagnet i Stedet for med en Krog. Man har da blot at sænke Elektromagneten, til den berører Jærnklodsen, og saa gaar det omtrent som i det gamle Æventyr om Slæden, som fangede enhver, der rørte ved den, naar Ejeren blot sagde »Hold fast«; her gør man det, der er ligesaa let: man drejer en Strømslutters Haandtag — og straks holder Elektromagneten saa fast, at de 6000 Kilogram maa følge med til Vejrs, naar Hejseværket sættes i Gang, og blive hængende, indtil man siger »Slip«, eller rettere drejer Haandtaget tilbage; saa styrter Klodsen øjeblikkelig til Jorden. Saa snart Skalleknækkeren har gjort sit Værk, er Bæreelektromagneten straks til Tjeneste ved det følgende Arbejde — at opsamle Stykkerne af den sønderslaaede Jærngenstand og lægge dem i Beholdere, hvorfra de kan skydes ind i Smelteovnen.



Fig. 43. Jærntraadsaffald løftes ved Elektromagnet.

Særlig til Transport af Jærnplader o. a., som det tager Tid at befæste til Hejseværker ved Kæder, Reb og Kroge, anvendes Bæreelektromagneter med Fordel. Ligesaa til Løftning af varme Jærngenstande, som man ikke kan røre ved. Endvidere er en stor Elektromagnet udmærket egnet til Flytning af Jærntraadsaffald, idet Magnetkraften tvinger store Mængder til at hænge sammen. Ogsaa af tynde Jærnrør kan Elektromagneten tage en hel Bunke.

Traadruller og Magneter. Ruller vi en nogenlunde stiv isoleret Ledningstraad op om en tyk Stang, og trækker vi dernæst denne ud

af Traaden, saa har vi en Traadspiral, Traadrulle eller »Traadspole« som NS i Fig. 44. Sender vi Strøm gennem denne Traadrulle i den Retning, Pilene peger, saa vil det vise sig, at den opfører sig, som om den var en Magnet med Nordpol ved N, Sydpol ved S, altsaa dér, hvor en Jærnstang vilde faa henholdsvis Nordpol og Sydpol, om den var anbragt inde i Rullen. Den strømgennemflydte Traadrulle er med andre Ord en jærnfri Elektromagnet, der dog er adskilligt svagere end den, vi faar ved at anbringe en Jærnkærne inden i Rullen; den jærnfri Elektromagnet kaldes ofte en »Solenoide«. — Nærmer vi Traadrullen til en svømmende Magnetnaal (Strikkepind), vil dennes Sydpol tiltrækkes af Rullens Nordpol, og vi vil desuden se, at Strikkepinden drages ind i Rullen, naar deres Stilling er som vist i Figuren.

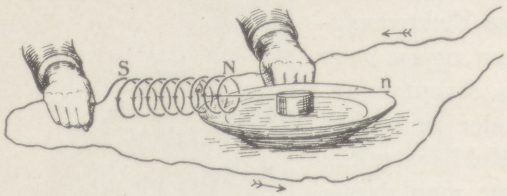


Fig. 44. En Traadrulle virker som en Magnet.

Vendes derefter Strømmen i Rullen, saa at dennes Nordpol og Sydpol ombyttes, da trækker Strikkepinden sig ud af Rullen, vender sig og vandrer derpaa ind i Rullen med Nordenden forrest. — En umagnetisk Jærnpind vil derimod altid drages ind i Rullen, der selv magnetiserer den paa rette Maade.

Hvis selve den strømgennemflydte Traadrulle anbringes, saa at den frit kan dreje sig, hvad der kan ske paa flere Maader, vil den indstille sig som en Magnetnaal, idet den vender det, vi før kaldte dens Nordpol, mod Nord; denne Nordpol vil endvidere frastødes af en Magnetstangs — eller en anden strømgennemflydt Traadrulles — Nordpol, tiltrækkes af dens Sydpol; kort sagt, Traadrullen opfører sig i alle Henseender som en Magnet.

Vi har her holdt os til det Tilfælde, at Ledningstraaden var oprullet til en langstrakt Traadrulle, fordi vi paa den Maade let faar stærke Virkninger og tillige let overskuelige Regler for dem; men ogsaa strømgennemflydte Ledninger af anden Form (f. Eks. retlinede Stykker) paavirkes af de magnetiske Kræfter, som udgaar fra andre Strømme eller fra Magneter.

Induktionsstrømme. Endnu forunderligere end alle de hidtil omtalte Virkninger mellem Strømme og Magneter er det dog, at man kan fremkalde en elektrisk Strøm i en Ledningstraad blot ved at bevæge en Magnet eller en Strømledning i Nærheden af den. Dette opdagedes af Englænderen Michael Faraday 1830.

I Fig. 45 ses to Traadruller eller Traadspoler oprullede paa Hylstre af Træ eller Pap. Fra den største, *B*, der staar fast, er der ført Ledningstraade hen til en fintmærkende Strømviser. Den anden, *A*, som holdes i Haanden, staar i Forbindelse med et Batteri, saa at der gaar Strøm igennem den. Naar Strømmen gaar i den Retning, Pilespidserne viser, er Rullen at betragte som en Magnet med Nordpol opad, Sydpol nedad. Fører man nu Rullen hurtigt ind imod, eller bedre helt ind i, den faststaaende Rulle, vil det vise sig, at Strømviserens Magnetnaal gør et Udslag til Tegn paa, at der opstaar en Strøm i den faste Rulle. Man siger, at denne Strøm er »induceret« (indført) i Rullen *B*; Strømmen kaldes derfor en Induktionsstrøm. Den varer kun et Øjeblik, nemlig saa længe Rullen med Batteristrømmen (Hovedstrømmen kalder man den) er i Bevægelse.

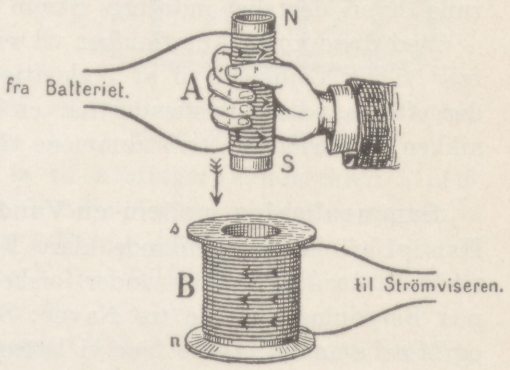


Fig. 45. Frembringelse af Induktionsstrøm.

Lægger man Mærke til Induktionsstrømmens Retning, vil man finde, at den, som angivet ved Pilespidserne, er den modsatte af Hovedstrømmens; den vil derfor gøre Rullen *B* til en Magnet med Sydpolen opad. Da nu Rullen *A* havde Sydpol nedad, vil den blive frastødt af Rullen *B*; Bevægelsen vil altsaa møde Modstand, og det koster et Arbejde at frembringe Induktionsstrømmen. Dette Arbejde er her ganske vist kun meget ringe, fordi den inducerede Strøm er svag; men i Apparater, hvor der frembringes stærke Induktionsstrømme ved Bevægelse, bliver Arbejdet ogsaa stort.

Fjærner vi hurtigt *A* fra *B*, faar vi atter en Induktionsstrøm i denne, men denne Gang gaar den i samme Retning som Hovedstrømmen. Rullen *B* bliver altsaa nu til en Magnet med Nordpolen opad og søger derfor at holde fast paa den flygtende Rulle. Vi faar altsaa heller ikke denne Gang Induktionsstrømmen gratis; den koster et vist Arbejde. Hvilken Rulle der staar fast, og hvilken der bevæges, er ligegyldigt; det gælder kun om, at de nærmer sig til eller fjærner sig fra hinanden, og at Bevægelsen er hurtig.

I Stedet for at bevæge Rullerne kunde vi lade *A* staa stille inden i *B* og saa skiftevis slutte og afbryde Hovedstrømmen. At slutte Strømmen svarer til at nærme Rullen; det giver altsaa en Induktionsstrøm modsat rettet Hovedstrømmen. Omvendt ved Strømmens

Afbrydning. Induktionsstrømmen varer kun de korte Øjeblikke, Hovedstrømmen er om at vokse fra Nul til sin fulde Styrke eller atter om at aftage fra sin fulde Styrke til Nul.

En Jærnkærne anbragt inden i Rullen *A* vil forstærke Virkningen, idet Rullen med Jærnkærnen er en langt stærkere Magnet end uden denne.

Til at frembringe Induktionsstrømme ved Bevægelse kan man i Stedet for den strømgennemflydte Traadrulle benytte en Staalmagnet; den virker paa samme Maade, idet Staalmagnetens Nordende og Sydende træder i Stedet for Traadrullens. Ogsaa i dette Tilfælde kan man lige saa godt lade Magneten staa stille og i Stedet bevæge den Traadrulle, hvori der skal induceres Strøm.

Med disse korte Antydninger vil vi her lade os nøje; i det følgende faar vi rig Lejlighed til at beskæftige os med Induktionsstrømmene, der efterhaanden fuldstændig har erobret Herredømmet i Elektroteknikken og trængt Batteristrømmene tilbage til en underordnet Stilling.

Sammenligning mellem en Vandstrøm og en elektrisk Strøm. Hvis vi vil have nogenlunde klare Forestillinger om, hvad den elektriske Strøm kan udrette under forskellige Forhold, maa vi have Rede paa Betydningen af de tre Navne: Strømstyrke, Spænding og Modstand. Dette faar vi lettest ved Hjælp af den tidligere benyttede Sammenligning mellem Elektricitetens Bevægelse i en Metaltraad og Vands Bevægelse i et Rør.

Det galvaniske Element eller Batteri, som driver Elektriciteten gennem Ledningstraaden fra den ene Pol til den anden, maa da sammenlignes med et Pumpeværk, der driver Vand gennem en Rørledning, idet Pumpen sender Vandet ud i den ene Ende af Ledningen og tager imod det igen fra den anden Ende, saa at det samme Vand bliver ved at kredse rundt, saa længe Pumpen arbejder. Figurerne 46—49 skal tjene til at illustrere denne Sammenligning.

I Fig. 46 ses en vandret liggende Rørledning. Gennem denne tænker vi os, at et Pumpeværk (som er udeladt paa Tegningen) driver en stadig Strøm af Vand. Vandet bevæger sig i den Retning, Pilene viser; det træder altsaa ud i Ledningen ved *m* og vender tilbage til Pumpen ved *n*. Ved *a*, *b*, *c* og *d* er der paa Ledningen anbragt høje, tynde lodrette Glasrør, i hvilke Vandet ses at staa til forskellige Højder. Hensigten med Anbringelsen af disse Glasrør er blot den, at de skal give os et synligt Udtryk for Vandtrykkets Størrelse paa forskellige Punkter af Rørledningen. Hvor Vandet i Ledningen er i en stærkt sammenpresset Tilstand og trykker stærkt paa Rørvæggen og det tilstødende Vand, vil det ogsaa kunne holde en høj Vandsøjle oppe i et

paasat lodret Rør, medens det, hvor Trykket er ringere, kun kan bære en lavere Vandsøjle; Glasrørene kan altsaa tjene som en Slags Trykmaalere. Ved *o* findes en Hane, som i den Stilling, Tegningen viser, lader Vandet passere frit gennem Røret, men som kan spærre det Vejen, naar den drejes.

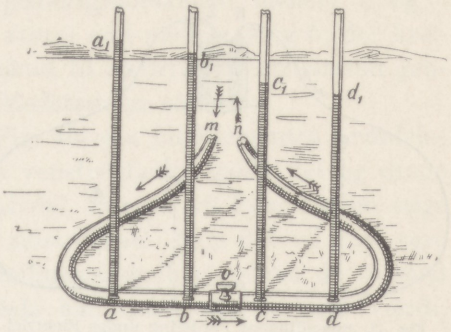


Fig. 46. Vandtrykkets Fordeling i en Rørledning, som gennemstrømmes af Vand.

Pumpen maa stadig sørge for, at der er et større Vandtryk ved *m* end ved *n*; det er nemlig dette Trykoverskud, der skal drive Vandet gennem Ledningen, idet Gnidningsmodstanden mod Vandets Bevægelse overvindes. Jo længere og tyndere Ledningsrøret er, des større bliver denne Modstand og des svagere bliver Vandstrømmen. Fra *m* til *n* aftager Vandtrykket i Ledningen gradvis, som vi kan se af Vandhøjderne aa_1, bb_1, cc_1 og dd_1 i Trykmaalerne. Betragter vi særlig Ledningsstykket *ab*, kan vi sige, at det er Trykforskellen mellem *a* og *b*, der driver Vandet gennem dette Stykke og overvinder Modstanden dér.

Den Vandmængde, der i en bestemt Tid, f. Eks. 1 Sekund, passerer et Tværsnit af Røret, maa være ens overalt i Røret, selv om dette ikke r lige vidt overalt. Tænker vi os f. Eks., at der strømmede mere Vand gennem Ledningen ved *b*, end der samtidig strømmede gennem Hanen *o*, saa maatte der jo ophobes mere og mere Vand i Ledningsstykket mellem *b* og *o*, idet der nemlig kom mere ind ved den ene Ende af dette Stykke, end der samtidig løb ud af den anden. Men hvor skulde dette Vand faa Plads?

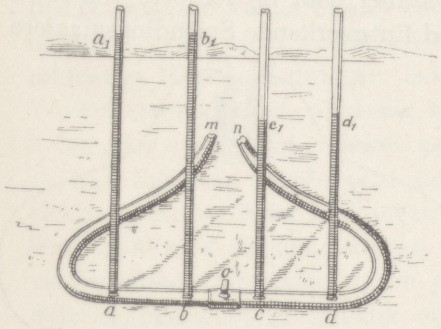


Fig. 47. Trykkets Fordeling, naar Hanen er lukket.

Dersom vi lukker Hanen *o* og dermed afbryder Vandstrømmen, saa vil Pumpen fremdeles søge at drive Vand ud i den venstre Ledningshalvdel og at drage Vand fra den højre Halvdel. Derved vil Trykket stige det førstnævnte Sted og aftage det sidstnævnte. Antager vi, at det er en Pumpe, som kun er indrettet til at give et ganske ringe Tryk, vil det kun vare et Øjeblik, inden Trykforskellen mellem de to Ledningsdele har naaet en saadan Størrelse, at den ikke kan overvindes af Trykket paa Pumpe-

stemplerne, som derfor gaar i Staa. I begge Trykmaalerne til venstre vil Vandet da staa højere, end det stod ved a under Strømmens Gang; i begge Trykmaalerne til højre vil det staa lavere, end det stod ved d under Strømmens Gang (se Fig. 47). Forskellen mellem Trykhøjderne i den venstre og den højre Ledningshalvdel bliver et Udtryk for det største Tryk, Pumpen kan udøve — dens Maksimumstryk.

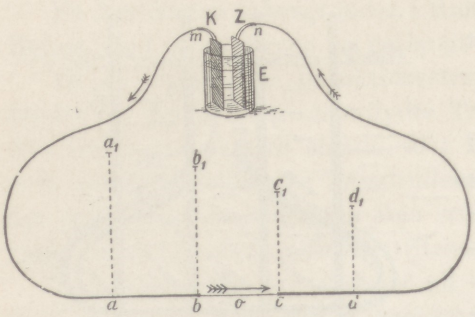


Fig. 48. Spændingens Fordeling under Elektricitetens Strømning gennem en Metaltraadsledning.

Fra Vandstrømmen gaar vi nu over til den elektriske Strøm. I Fig. 48 har vi ikke noget Pumpeværk, der driver Vand gennem en Rørledning, men derimod et galvanisk Element E, der driver Elektricitet gennem Metaltraadsledningen $m\,o\,n$ i den Retning, Pilene viser.

Jo større den Elektricitetsmængde er, som i hvert Sekund passerer gennem et Tværsnit af Ledningen, des større »Strømstyrke« siges der at være i Ledningen. En elektrisk Ledning med stor Strømstyrke svarer saaledes til en Vandledning, der fører meget Vand; en »stærk« Strøm vil altsaa blot sige en rigelig Strømning. Ligesom »Vandføringen« var ens overalt i Røret maa Strømstyrken være ens overalt i Traaden, selv om den ikke er lige tyk overalt. — Til Vandtrykket i Rørledningen svarer den elektriske Spænding i Traadledningen; denne Spænding kan vi ikke gøre synlig ved saa simple Midler som de lodrette Glasrør i Fig. 47. Men vi vil antage, at man ved fintmærkende Spændingsmaalere har maalt Spændingen i forskellige Punkter, a, b, c og d, og at Længden af de punkterede Linier aa_1, bb_1, cc_1 og dd_1, som er tegnet paa Fig. 48, tjener som Udtryk for Spændingens Størrelse i disse Punkter. Vi ser da, at Spændingen aftager i den elektriske Strøms Retning, ligesom Trykket aftog i Vandstrømmens Retning. Ligesom Vandets Bevægelse mødte en vis Modstand i Rørledningen, møder Elektricitetens Bevægelse Modstand i Traadledningen, og denne elektriske Modstand bliver ligesaa vel som Gnidningsmodstanden i Røret des større, jo længere og tyndere

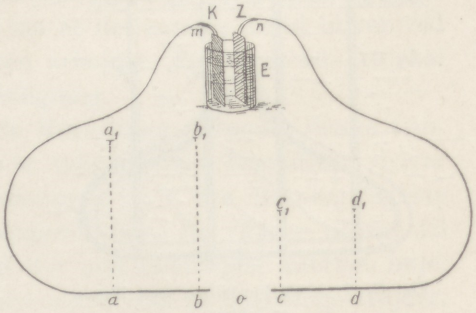


Fig. 49. Spændingens Fordeling, naar Ledningen er afbrudt ved o.

Ledningen er; des svagere bliver derfor den elektriske Strøm, som Elementet kan frembringe.

Dersom Ledningen er tyndere paa Strækningen *bc* end paa den ligesaa lange Strækning *ab*, vil Spændingsforskellen mellem *b* og *c* (»Spændingsfaldet« fra *b* til *c*) være større end mellem *a* og *b*; der kræves nemlig et større Spændingsoverskud til at drive Elektriciteten gennem det tyndere Stykke *bc*, hvor Modstanden er størst.

Afbryder vi Ledningen ved *o*, (Fig. 49) saa vil Elementet fremdeles søge at sende Elektricitet ud i den venstre Ledningshalvdel og drage Elektricitet til sig fra den højre Halvdel. Derved vil Spændingen stige det førstnævnte Sted og synke det sidstnævnte. Men det vil kun vare et forsvindende Øjeblik, inden Spændingsforskellen mellem de to med hver sin Pol forbundne Ledningsdele har naaet den højeste Værdi, som Elementet kan give — den, som vi tidligere (S. 46) har kaldt Elementets elektromotoriske Kraft.

Hvis en Pumpe søger at drive Vand gennem et Vandrør, der er spærret af en Hane, og denne pludselig aabnes, vil Vandstrømmen gennem Røret ikke øjeblikkelig komme i fuld Gang. Det kræver nemlig nogen Tid og Arbejde at give Vandet i Røret Fart. — Dersom man, efter at Strømmen er kommen i fuld Gang, pludselig lukker Hanen, saa er dermed Strømmen afbrudt, og Vandet tvinges til at standse næsten i et Nu (hvis Røret da ikke er elastisk, saa at det kan udvide sig og give Plads for noget Vand). Men idet Vandet modsætter sig en saadan pludselig Standsning, vil det slaa mod Hanen og kan et Øjeblik give den et langt større Tryk, end Pumpen formaar at frembringe; maaske kunde Stødet endogsaa sønderbryde en svag Hane eller et andet svagt Sted i Nærheden. Vi kender godt dette Stød fra almindelige Husvandledninger; lader man her en Hane, gennem hvilken Vandet strømmer ud, pludselig smække i, saa kan Vandet ryste Vandledningen, saa at det mærkes gennem hele Huset.

Paa lignende Maade gaar det ved Slutning og Afbrydning af en elektrisk Strøm. Naar Ledningen sluttes, vil det vare en vis Tid, inden Strømmen naar sin fulde Styrke. Og naar Ledningen pludselig afbrydes, vil Strømmen modsætte sig en pludselig Standsning; der kommer ved Afbrydningsstedet et Øjeblik en betydelig Spænding, som kan være langt større end Elementets elektromotoriske Kraft, ja, saa stor, at Elektriciteten gennembryder Luften, hvorved der dannes en lille Gnist, A f b r y d n i n g s g n i s t e n. Gnisten forlænger Strømmens Liv; først naar Gnisten er ophørt, er Strømmen helt standset.

Naar en elektrisk Ledning er oprullet til en Traadspole, er det, ligesom om Strømmen havde mere Træghed; den er langsommere til

at komme i Gang og vanskeligere at faa standset i en Fart, især naar der er en Jærnkærne inden i Traadspolen. Dette kan vi ikke forstaa ved Sammenligning med en Vandstrøm; vi kan blot sige, at her foregaar noget lignende som ved Dannelsen af Induktionsstrømme (S. 61-62). Naar Strømmen sluttes og er i Færd med at vokse fra Nul til sin fulde Styrke, saa vil Strømmen i hver enkelt Vinding af Traadspolen søge at fremkalde Induktionsstrømme i Nabovindingerne; og da disse Induktionsstrømme vilde gaa i modsat Retning af Batteristrømmen, bliver Resultatet, at denne kun forholdsvis langsomt naar sin fulde Styrke. Naar Ledningen afbrydes, og Strømmen er i Færd med at aftage fra sin fulde Styrke til Nul, vil der ogsaa opstaa en saadan gensidig Induktionsvirkning — »S e l v i n d u k t i o n« kalder man det — mellem Traadspolens enkelte Vindinger. Men denne Gang stræber Selvinduktionen at fremkalde Strømme i samme Retning som den svindende Batteristrøm. Traadspolens Vindinger bliver saa at sige til et Regiment af Hjælpeelementer, der rykker Batteriets Elementer til Undsætning og føjer hver sin lille elektromotoriske Kraft til Batteriets for at hjælpe dette til at overvinde den svære Hindring mod Strømmens Gang, som Ledningsbruddet forvoldte. Resultatet bliver da, at der dannes en længere Afbrydningsgnist, end om Ledningen ikke havde været oprullet i en Traadspole.

Ogsaa uden nogen Traadspole kan man dog godt faa kendelige Afbrydningsgnister, naar man har et galvanisk Element med nogenlunde store, tæt staaende Plader og en kort tyk Ledningstraad (altsaa stærk Strøm). Man kan f. Eks. tage den ene Ende af Traaden ud af dens Klemskrue og stryge Traadenden hen over en ujævn Flade eller Kant paa Skruen; Ujævnheden fremkalder da en Række kortvarige Afbrydelser ledsaget af Gnistren.

Enhederne »Ampère«, »Volt« og »Ohm«. Naar man skal angive bestemte Værdier for en eller anden Slags Størrelser — f. Eks. Længder, Rumfang, Vægtmængder o. s. v. —, maa man vælge en eller anden Enhed at angive dem i — f. Eks. Længder i Fod eller Meter, Rumfang i Pot eller Liter, Vægtmængder i Pund eller Kilogram. Saaledes ogsaa med de forskellige Slags elektriske Størrelser.

De Enheder, man har valgt for elektrisk Strømstyrke, Spænding og Modstand, bærer Navnene »Ampére« (angpær), »Volt« og »Ohm«, idet man har opkaldt dem efter tre store Elektrikere. At give en anskuelig Forestilling om, hvor store disse Enheder er hver for sig, er nu ikke saa let som ved Længde- og Rummaal, hvor man ligefrem kan fremvise en Meterstok eller et Litermaal. Et Begreb derom kan man dog

faa ved nedenstaaende Angivelser, navnlig hvis man har udført de tidligere beskrevne Smaaforsøg.

Angaaende Modstandsenheden Ohm kan det anføres, at det er den Modstand, som bydes Strømmen af en almindelig tyk Ringeledningstraad med Kobbertværmaal 1 Millimeter og Længde ca. 45 Meter eller ca. 70 Alen (lidt mere, hvis Kobberet er fuldstændig rent). 90 Meter har Modstanden 2 Ohm, 135 M. 3 Ohm o .s. v. — Tager vi en Traad med det dobbelte Tværmaal (2 mm.), vil dens Tværsnits Areal være 2 . 2 = 4 Gange saa stort som den førstes; Modstanden vil da være 4 Gange saa ringe. 45 M. har altsaa Modstanden ¼ Ohm. Det tredobbelte Tværsnit giver 3 . 3 = 9 Gange saa ringe Modstand o. s. v. Modstanden forholder sig med andre Ord ligefrem som Traadens Længde, men omvendt som dens Tværsnits Areal eller som Kvadratet af dens Tværmaal. — Vil vi f. Eks. udregne Modstanden af 100 Meter Ringeledning med Tværmaal $0{,}_8$ mm., kan vi gaa saaledes frem: 45 Meter 1 Millimeters Traad giver Modstanden 1 Ohm; 1 M. giver da $^1/_{45}$ O. eller $0{,}_{022}$ O.; 1 M. med Tværmaal $0{,}_8$ mm. giver $\frac{0{,}_{022}}{0{,}_8 \cdot 0{,}_8}$ O.; 100 M. giver $\frac{0{,}_8 \cdot 0{,}_8}{0{,}_{022}}$ = omtrent 3½ Ohm.*)

Efter dette Mønster kan enhver Kobbertraads Modstand udregnes. En Jærn- eller Staaltraad gør 6—10 Gange saa stor Modstand mod Strømmen som en Kobbertraad af samme Længde og Tykkelse; man siger derfor, at de forskellige Jærnsorter har 6—10 Gange saa ringe Ledningsevne som Kobber. Kun Sølv leder bedre end Kobber. Ved Opvarmning aftager alle Metallers Ledningsevne. Ledningsevnen hos Kulpladerne i galvaniske Elementer er kun ca. $^1/_{5000}$ af Kobbers. Af Væskerne har selv de bedst ledende som Svovlsyre eller Salpetersyre i passende Fortyndingsgrad flere hundredetusinde Gange saa ringe Ledningsevne som Kobber (undtages maa dog det flydende Metal Kviksølv med en Ledningsevne af ca. $^1/_{50}$ af Kobberets. I et nogenlunde stort Element, f. Eks. et Kromsyreelement med temmelig store Plader tæt ved hinanden, vil den Modstand, Strømmen møder i Væsken og Kulpladen — Elementets »indre Modstand« —, dog være temmelig ringe ($^1/_2$—$^1/_{10}$ Ohm eller mindre), fordi det er en meget kort og meget bred Vej, Elektriciteten her skal gennemvandre.

Spændingsenheden Volt er omtrent Halvdelen af den elektromotoriske Kraft hos et frisk Kromsyreelement.

---

*) For dem, som ikke er fortrolige med Metersystemet, anføres følgende:
1 Meter (= 100 Centimeter = 1000 Millimeter) er ca. $3^1/_5$ Fod.
1 Kilometer (= 1000 Meter) er godt en halv Fjerdingvej; $7{,}_5$ Kilometer er ca. 1 dansk Mil.
1 Kilogram (= 1000 Gram = 1 000 000 Milligram) er 2 Pund.
1 Ton (= 1000 Kilogram) er 20 Centner.

Angaaende Strømstyrkeenheden Ampère kan det anføres, at en Strøm paa 1 Amp. vil udskille ca. 7 Kubikcentimeter Brint i Minuttet ved Kobberpladen i et Voltaelement. Ledes en Strøm paa 1 Amp. mellem to Kobberstrimler i et Glas med Kobbervitriolopløsning, fører den i en Time omtrent $1{,}_2$ Gram eller ¼ Kvint Kobber fra den ene Strimmel til den anden. 2 Ampère giver den dobbelte Brintmængde eller Kobbermængde o. s. v.

Men der er desuden en simpel Sammenhæng mellem Ampére, Ohm og Volt. Naar en Strøm af 1 Ampères Styrke gennemstrømmer et Stykke Ledning, hvis Modstand er 1 Ohm, saa vil Spændingsforskellen mellem Ledningsstykkets Ender være 1 Volt. Der gælder i det hele taget den Regel, at man finder Strømstyrken i et Ledningsstykke udtrykt i Ampère ved at dividere Spændingsfaldet langs Traadstykket (o: Spændingsforskellen mellem Enderne) udtrykt i Volt med Modstanden udtrykt i Ohm:

$$\text{Strømstyrke} = \frac{\text{Spændingsfald}}{\text{Modstand}}$$

Reglen oplyses ved Fig. 50, hvor Modstanden i Traadstykket *mn* er 3 Ohm, Spændingsfaldet langs Traadstykket 12 Volt og Strømstyrken $^{12}/_3 = 4$ Amp. For at udregne Strømstyrken i en Strømkreds med et Batteri skal man dividere Batteriets elektromotoriske Kraft med den samlede Modstand i hele Kredsen, d. v. s. med Summen af Modstanden i den ydre Ledning og Modstanden inde i Elementerne. Naar vi forbinder Polerne af et Kromsyreelement, hvis elektromotoriske Kraft er 2 Volt, ved en Ledning med Modstand 2 Ohm (f. Eks. 90 Meter millimetertyk Kobbertraad), vil vi altsaa omtrentlig opnaa en Strømstyrke af 1 Ampère, saafremt Elementets indre Modstand (i Væsken, Pladerne og Sammenføjningerne med Ledningstraadene) er saa lille, at vi kan se bort fra den.

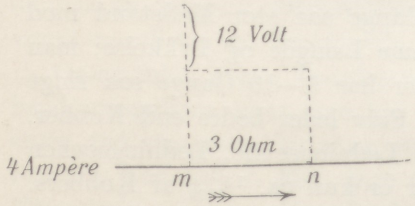


Fig. 50. Sammenhængen mellem Ampère, Volt og Ohm.

Dersom Modstanden i den ydre Ledning kun er ringe (f. Eks. $0{,}_1$ Ohm), medens den er stor i Elementet (f. Eks. 1 Ohm), kan man ikke faa stor Strømstyrke ved at forene flere Elementer til et Batteri som vist i Fig. 31 S. 47. Med de anførte Værdier for ydre og indre Modstand og et enkelt Element med elektromotorisk Kraft 2 Volt, faar vi en Strøm paa $\frac{2}{1{,}_1}$ Amp. eller henved 2 Amp. Tog vi 4 Elementer, fik vi den firdobbelte elektromotoriske Kraft, nemlig 8 Volt, men ogsaa henimod den firdobbelte Modstand i Kredsløbet, nemlig $4{,}_1$ Ohm i

Stedet for $1,_1$; Strømstyrken bliver $\frac{8}{4,_1}$ Amp., altsaa endnu ikke fuldt 2 Amp. Vi maatte aabenbart i Stedet for Batteriet paa 4 Elementer hellere have haft et enkelt med ringe indre Modstand. Det kan vi imidlertid faa paa en simpel Maade. Vi stiller de 4 Elementer saaledes ved Siden af hinanden, at vi kan stikke en tyk Kobbertraad gennem Klemskruerne paa alle Kulstykkerne eller Kobberpladerne, og en anden tyk Kobbertraad gennem Zinkpladernes Klemskruer. De 4 Elementer virker da som et eneste Element med 4 Gange saa store Plader og derfor 4 Gange saa ringe Modstand, altsaa $\frac{1}{4}$ eller $0,_{25}$ Ohm; med den ydre Modstand $0,_1$ O. bliver altsaa Kredsløbets hele Modstand $0,_{35}$ Ohm, og Strømstyrken $\frac{2}{0,_{35}}$ eller henved 6 Ampère.

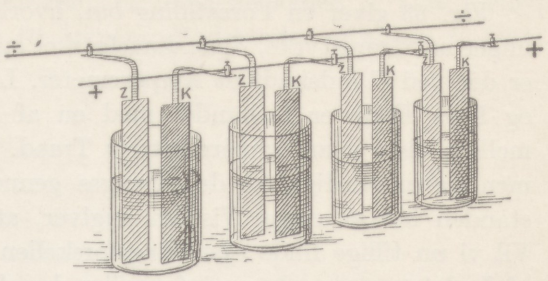


Fig. 51. Fire Elementer sammenstilles „parallelt".

En saadan Sammenstilling af Elementer er vist i Fig. 51. Den kaldes »Parallelsammenstilling« i Modsætning til »Rækkesammenstillingen« i Fig. 31. Ofte kan en Mellemting, nemlig den saakaldte Gruppesammenstilling, være fordelagtig. Har man 8 Elementer, kan man f. Eks. sætte 4 og 4 af dem i Række og derefter forbinde de to saaledes dannede Batterier »parallelt« til èt paa den Maade, som er antydet ved den skematiske Tegning Fig. 52. Hvilken Sammenstillingsmaade, der giver stærkest Strøm, kan i hvert enkelt Tilfælde udregnes, hvis man kender Elementerne og den ydre Lednings Modstand, men ellers kan man prøve sig frem.

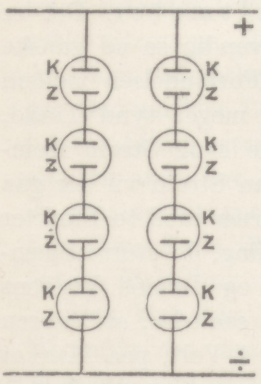


Fig. 52. Gruppesammenstilling af Elementer.

Til Maaling af Strømstyrker har man mange forskellige Slags »A m p è r e m e t r e« eller Ammetre, hvor Strømmens magnetiske Virkninger paa en eller anden Maade bringes til at bevæge en Viser hen over en inddelt Skive, og Viserens Stilling angiver, hvor mange Ampère Strømmen er. Vor hjemmelavede Strømmaaler (S. 53) kan til Nød gøre Tjeneste som Ampéremaaler, hvis vi en Gang kan faa Lejlighed til at indskyde den i en Strømkreds med en rigtig, inddelt Ampèremaaler. Vi kan da ved at indskyde forskellige Modstande frembringe forskellige Strømstyrker og opskrive, hvor stort Kompasnaalens Udslag er, naar Ampèremetret angiver ½ Amp., 1 Amp., 2 Amp. o. s. v. Denne Op-

skrift kan vi saa senere benytte, og naar vi er sikre paa, at der ikke er foregaaet nogen Forandring med vor Strømmaaler, kan vi da i alt Fald faa et omtrentligt Begreb om, hvor mange Ampère eller hvor stor en Del deraf, vi har at gøre med ved vore Forsøg.

Fig. 53 giver en Forestilling om, hvorledes man kan foretage Maalinger af Strømstyrke, Spændingsforskel og Modstand. I Ledningen AB er der ved C indskudt et Ampéremeter. Ledningen er her overskaaret, og hver Ende er forbundet med en af Ampèremetrets Klemskruer; mellem disse gaar Ampéremetrets Traad. Det vil ikke svække Strømmen nævneværdigt, at den tvinges gennem Ampèremetret, da Modstanden her er ringe. Viseren angiver, at Strømmen er 10 Amp. — Vil vi nu tillige finde Spændingsforskellen mellem to Punkter D og E af Ledningen, saa kan vi føre Traaden fra disse Punkter hen til de

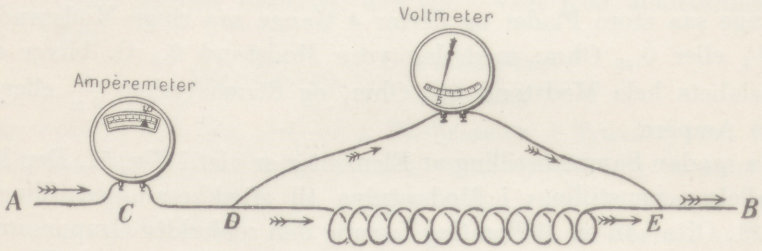


Fig. 53. Maaling af Strømstyrke, Spænding og Modstand.

to Klemskruer i et Apparat, som kaldes et Voltmeter. Det er ogsaa en Slags Strømmaaler, og det kan ofte udvendig se ud ganske som et Ampèremeter; men i Voltmetret dannes Forbindelsen mellem Klemskruerne af en i mange Vindinger oprullet meget tynd Traad, og Apparatet er indrettet saaledes, at en ganske svag Strøm frembringer en tydelig Bevægelse af Viserne. En saadan Strøm vil der gaa gennem Apparatet, naar vi forbinder dets Klemskruer med to Punkter som D og E med noget forskellig elektrisk Spænding. Jo større Spændingsforskellen er, des stærkere bliver Strømmen og dermed Viserens Udslag; og nu har man forud afsat Inddelingerne saaledes, at Viseren peger paa Mærket 1, naar Spændingsforskellen er 1 Volt, paa Mærket 2, naar den er 2 Volt o. s. v. I Fig. 53 peger Viseren paa Mærket 5, og Spændingsforskellen mellem D og E er altsaa 5 Volt. (Egentlig mellem Voltmetrets Klemskruer, men naar Traadene fra disse til D og E er tykke, har den Forskel ikke stort at sige.) — Naar Voltmetret forbindes med Ledningen ved D og E, deler Strømmen sig ved D, saaledes at en Del af Elektriciteten lægger Vejen om ad Voltmetret, medens Resten følger Hovedledningen; men naar Modstanden i Voltmetret

er meget stor, er det en saa ringe Del, der tager denne Vej, at vi uden nævneværdig Fejl kan regne Strømstyrken i Hovedledningen mellem *D* og *E* for ligesaa stor som i den øvrige Del af Ledningen *AB*, altsaa 10 Amp., som Ampéremetret viser. Vi kan da ogsaa finde Modstanden i Stykket *DE*, idet vi dividerer Spændingsforskellen 5 Volt mellem Enderne med Strømstyrken 10 Ampére; Modstanden er altsaa ½ Ohm.

III. ELEKTRISKE SIGNALER, SIKRINGSMIDLER OG URE

Husringeanlæg. — Galvaniske Elementer. — Ledninger. — Strømsluttere eller Kontaktindretninger. — Induktionsringning. — Togsikring. — Sikring mod Ildebrand. — Sikring mod Tyve. — Signal- eller Visertelegrafi. — Elektriske Ure.

Medens vi i de foregaaende Afsnit hovedsagelig har stræbt efter at vinde noget Kendskab til Elektricitetens Væsen og Egenskaber, skal vi nu til at beskæftige os med dens Anvendelser i det praktiske Liv. Vi vil imidlertid ikke straks gaa i Lag med de største Ting, Elektriciteten udretter i Verden. Vi gemmer til senere baade de stærke elektriske Strømme, som spreder Lys og Drivkraft over store Stæder, og de svage elektriske Strømme, som overvinder lange Afstande og bringer Bud mellem Landsdele, Lande og Verdensdele. I Stedet for vil vi i dette Afsnit betragte en hel Del Smaahverv, som man har sat Strømmen til at udføre. Men selv om ingen af dem er Storværker, saa kan de tilsammentagne give os et stærkt Indtryk af Strømmens Smidighed, dens Evne til at bøje sig efter vore Ønsker og passe saa at sige enhver Bestilling, vi kan finde paa at ville bruge den til.

Den kan ikke blot, naar vi selv sætter den i Gang, hidkalde et Menneske fra den anden Ende af Huset; men den kan ogsaa gøre Tjeneste som Nattevagt, varsko om en frembrydende Ildebrand og melde os, hvis Tyve vil bryde ind. Den kan ikke blot melde Jærnbanepersonalet Togs Ankomst og Afgang, men ogsaa hindre, at der gives urigtige Signaler. Den kan tænde eller slukke Lamper paa det Klokkeslet, vi forud har bestemt. Den kan passe et Varmeapparat og sørge for, at det netop giver Stuen den rette Varmegrad. Og saaledes kunde vi blive ved at regne op.

Husringeanlæg. Den mest udbredte af alle elektriske Indretninger er utvivlsomt det elektriske Husringeanlæg eller »Hustelegrafen«, der bestaar af Batteri, Ledning, Trykknap og Klokke. Saa at sige alle Mennesker, der ikke bor i afsides liggende Egne, har mangfoldige Gange haft Lejlighed til at sætte denne Slags Telegraf i Virksomhed ved Tryk paa »den elektriske Knap«.

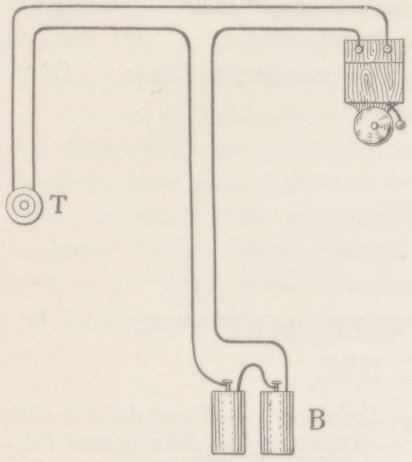


Fig. 54. Simpelt Husringeanlæg.

Men medens den egentlige Telegraf udtrykker en hvilkensomhelst Besked i Bogstaver, Ord og Sætninger, giver Hustelegrafen kun enkelte Signaler, hvis Betydning man forud maa kende. Tryk paa den elektriske Knap ved Gang- eller Gadedør kan i Reglen kun fortælle den ene Ting, at der er et Menneske, som vil ind. Ringning inde fra Stuen paa den elektriske Køkkenklokke betyder i Reglen kun en Anmodning til Pigen om at komme ind. Hustelegrafen kunde derfor kaldes en Signaltelegraf.

Da mange Mennesker uden for Elektrikernes og Mekanikernes Kreds giver sig af med at indlægge, udvide eller udbedre Ringeanlæg, vil vi her gaa lidt mere i Enkeltheder, end Bogens Plads og Plan ellers tillader.

Det simpleste Husringeanlæg med kun èn Trykknap og én Klokke er skematisk fremstillet i Fig. 54, hvor *B* er Batteriet, *T* Trykknappen og *K* Klokken. Naar man trykker paa Knappen, dannes der en sluttet Strømledning fra Batteriets ene Pol op til Knappen, gennem denne, derfra videre til Klokken, gennem denne, og endelig tilbage til Batteriet. Slippes Knappen, afbrydes Ledningen inde i den, og dermed ophører Strømmen.

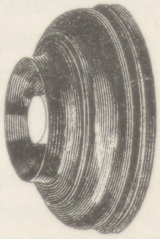

Fig. 55. Trykknap.

Fig. 55, 56 og 57 viser, hvorledes en Trykknap eller »Trykkontakt« som oftest er indrettet. Udvendig ser man en lille Benknap midt i et Træhylster, som f. Eks. kan være befæstet paa Dørkarmen. Hylsteret bestaar af to Dele, af hvilke den yderste kan skrues af. Knappen falder da ogsaa af, og tilbage bliver, hvad der er vist i Fig. 56, nemlig en Træplade med to krumme Metalstrimler, af hvilke mindst den ene, helst begge, er bøjet noget op fra Træpladen. De to Led-

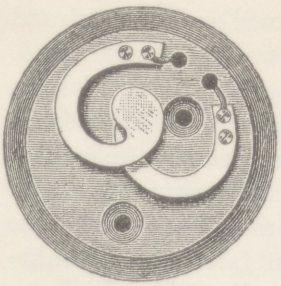


Fig. 56.
Underdelen af en Trykknap.

ningstraade, som fører til Knappen (se Fig. 54) er ført bagfra ind i Træpladen gennem de Huller, som ses foroven til højre i Fig. 56, de er forbundet med hver sin af de fjedrende Metalstrimler. Disse rører ikke ved hinanden, og Ledningen er altsaa afbrudt (Træ maa nemlig betragtes som en Ikke-Leder for Strømmen; men ved Tryk paa Benknappen trykker man dem mod hinanden og slutter derved Ledningen. Naar begge Strimlerne er bøjet ud fra Træpladen, kommer de under Nedtrykningen til at skure mod hinanden, hvorved Berøringsfladerne holdes rene.

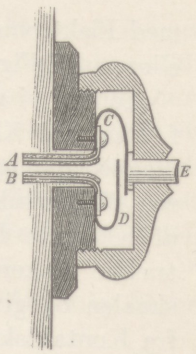


Fig. 57. En Trykknap set i Gennemsnit.

Fig. 57, der forestiller et Gennemsnit af en Trykknap (af lidt anden Bygning end den forrige), viser tydeligt Anbringelsen af Benknappen *E*, der holdes ude af Metalstrimlen *C*, samt Anbringelsen af Ledningstraadene *A* og *B*, der kun er blanke, hvor de er fastskruet til Metalstrimlerne (Kontaktfjedrene) *C* og *D*, men ellers omgivet med isolerende Stof.

Indretningen af den elektriske Klokke fremgaar af Fig. 58 eller Fig. 59. Den er anbragt paa et Bræt, som ophænges paa Væggen ved to Øskener. Øverst paa Brættet ses to Klemskruer *a* og *b*, til hvilke Ledningerne fra Batteriet er ført. Klemskruen *a* er forbundet med den ene Ende af en tynd silkeoverspunden Kobbertraad, der i mange Vindinger er viklet om en Elektromagnets Jærnkærner. Elektromagnettraadens anden Ende er forbundet med det Jærnstel, Elektromagneten sidder paa. Paa Jærnstellet er fastskruet en flad Staalfjeder, som bærer et langstrakt Jærnstykke, Ankeret; dette befinder sig tæt udenfor Elektromagnetens Poler, men holdes af Fjedren borte fra dem, naar de ikke er magnetiske. Ankerets nederste Ende bærer en Stang med en Hammer, der holdes i ringe Afstand fra en Metalskaal — Klokkeskaalen. Fjederen forlænger sig ned bag Ankeret og er her bøjet noget udad, saa at den rører ved Enden af en Skrue *c* (Kontaktskruen). Denne Skrue staar kun gennem Ankerfjederen i ledende Forbindelse

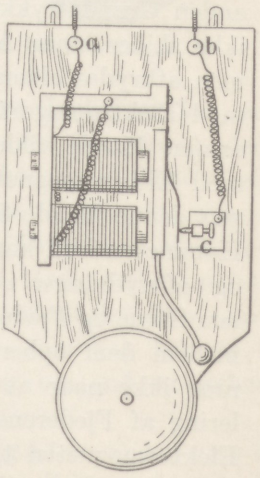


Fig. 58. Hovedtrækkene af en elektrisk Klokke.

med Elektromagnetens Jærnstel; Skruen er enten ved en Ledningstraad eller som i Fig. 59 ved en Metalstrimmel forbundet med Klemskruen *b*.

Sender vi nu ved at trykke paa Knappen en Strøm ind i Klokken f. Eks. ved Klemskruen *a*, saa gaar Strømmen fra *a* gennem Elektromagnetvindingerne til Jærnstellet, fra dette videre gennem Ankerfjedren til Kontaktskruen *c* og endelig fra denne til Klemskruen *b* og ud af Klokken. Idet Strømmen gør Jærnkærnerne magnetiske, vil disse trække Ankeret hen til sig, hvorved Hammeren farer mod Klokkeskaalen og giver den et lydeligt Slag. Men samtidig skilles Fjederen fra Kontaktskruen, Strømkredsen brydes altsaa paa dette Sted, Strømmen ophører, Jærnkærnerne bliver atter umagnetiske, og Fjederkraften kan da føre Ankeret tilbage i sin gamle Stilling. Herved sluttes Strømmen imidlertid paany ved Skruespidsen, Jærnkærnerne bliver igen magnetiske, og Klokkeskaalen faar et nyt Slag. Paa denne Maade bliver det ved, Skaalen faar Slag paa Slag, og Klokken bliver altsaa ved at ringe, saa længe der trykkes paa Knappen.

Paa Grund af de gentagne Strømbrydninger ved Ankerets Svingninger, kan man kalde en saadan Klokke en »Selvafbryderklokke«.

Hvis Ankeret kunde komme til at berøre Elektromagnetens Jærnkærner, vilde det blive let hængende ved dem, naar Strømmen afbrødes. For at hindre dette, kan Jærnkærnernes Ender f. Eks. være dækket af et Lag Papir; eller der kan i Jærnkærnernes Ender indbores en Stift, af umagnetisk Metal, som rager ubetydeligt frem fra Endefladerne.

Dersom Kontaktskruen er skruet for langt frem, eller Fjederen af anden Grund trykker for stærkt mod Skruen, kan det ske, at de slet ikke skilles, naar Ankeret trækkes ind mod Elektromagneten; Strømmen afbrydes altsaa ikke, og Ankeret bliver af denne Grund liggende mod Elektromagneten, saa at Klokken kun giver et eneste Slag. (Paa samme Maade vilde det gaa, om man forbandt Klemskruen *b* direkte med Elektromagnetens Jærnstel; i visse Tilfælde sætter man virkelig paa denne Maade Selvbrydningsmekanismen ud af Virksomhed, saa at Hammeren kun kan give gentagne Slag ved gentagne Strømslutninger og -afbrydninger i Ledningen udenfor Klokken.) — Er Trykket mellem Skrue og Fjeder tværtimod altfor svagt, kan det ske, at Berøringen mellem dem ophæves for hurtigt, saa at Elektromagnetens Tiltrækning ikke naar at give Hammerslaget tilstrækkelig Kraft. Til Regulering af Fjederens Tryk mod Skruen samt af Ankerets Afstand fra Elektromagneten tjener foruden Kontaktskruen en Skrue, som er anbragt paa Jærnstellet lidt under det Sted, hvor Fjederen er fastgjort; ved Drejning af denne kan Fjedren trykkes mer eller mindre udad.

Ved Strømafbrydningerne mellem Fjederen og Kontaktskruen dannes der smaa Gnister mellem dem (S. 70), og de bør derfor begge have lidt Platin paa Berøringsstedet; andre Metaller angribes (iltes) nemlig hurtigt ved Gnistdannelsen, hvorefter Strømmen møder betydelig Modstand paa Berøringsstedet eller endog helt standses. Har Klokken nedlagt Arbejdet af denne Grund, kan den bringes til at virke igen, naar man med en ganske fin flad Fil eller med Smergellærred renser Berøringsstederne.

Det egentlige Ringeværk — Elektromagnet, Fjeder, Anker og Skrue — holdes under Brugen skjult og beskyttet af en Trækasse. Undertiden er saavel dette Laag, som Klokkens Grundplade af Jærn, hvad der medfører enkelte Smaaændringer i Konstruktionen; tæt lukkede »Jærnklokker« egner sig særlig for fugtige Rum eller til Anbringelse i fri Luft. — Under saadanne Forhold maa man ogsaa anvende andre Trykknapper end de foran beskrevne. Man har forskellige Slags, der bl. a. anvendes i Porte og Gadedøre.

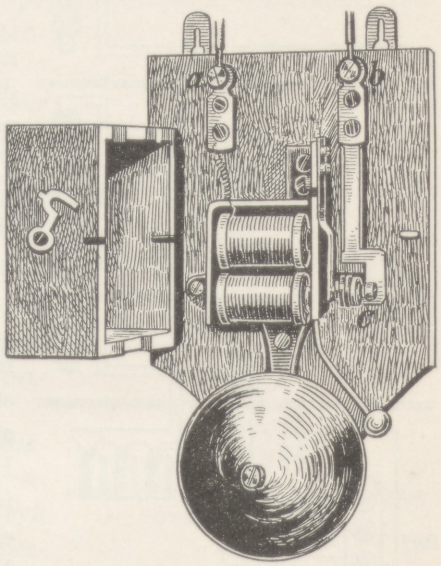


Fig. 59. Elektrisk Klokke.

For at faa Rede paa, hvorledes Ledningerne kan ordnes i et Ringeanlæg med flere Trykknapper og Klokker, der faar Strøm fra samme Batteri, kan vi betragte Fig. 60, der fremstiller Forholdene ved et almindeligt Ringeanlæg i et fleretages Hus, hvor hver Lejlighed har en Klokke med to tilhørende Trykknapper, den ene ved Gangdøren, den anden nede ved Porten eller Gadedøren. De sidste er samlede i en fælles Indfatning, som ses nederst til venstre paa Tegningen; denne er kun en skematisk Fremstilling af Ledningernes Ordning; i Virkeligheden er Klokkerne anbragte inde i Lejlighederne, Gadedørsknapperne udenfor paa Trappegangen. Ved Hjælp af Tegningen vil det ikke være svært at faa fat paa følgende almindelige Regel, som kan bringes i Anvendelse saa at sige ved ethvert Husringeanlæg, om end en anden Ordning undertiden maa foretrækkes:

Batteriets ene Pol (f. Eks. den negative) er sat i Ledningsforbindelse med den ene Klemskrue i hver af Anlæggets Klokker. Batteriets anden Pol

(altsaa den positive) er sat i Ledningsforbindelse med den ene Metalstrimmel i hver af Anlæggets Trykknapper. Den anden Metalstrimmel i hver Trykknap er sat i Ledningsforbindelse med den anden Klemskrue i den tilhørende Klokke. Naar man ved Tryk paa en eller anden Knap bringer dens Metalstrimler i Berøring med hinanden, gaar der da Strøm fra Batteriets positive Pol til Trykknappen, derfra til den tilhørende Klokke og fra denne tilbage til Batteriet, medens Vejen til de andre Klokker er spærret.

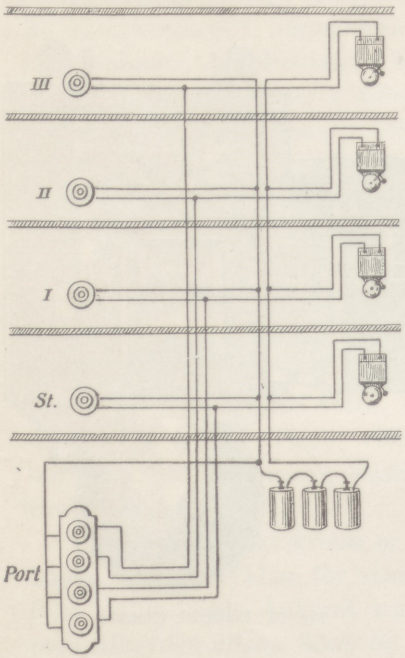


Fig. 60. Ringeanlæg i et fleretages Hus.

Ved Ledningernes Anbringelse søger man at spare Ledningstraad. Man fører derfor ikke en særskilt Traad fra den positive Pol til hver Knap; men fra hver Pol udgaar en eller flere Traadstammer med Grene (»Stikledninger«) til de forskellige Klokker eller Knapper. I Fig. 60 gaar f. Eks. en enkelt Traadstamme — »Klokketraaden« kan vi kalde den — op gennem alle Etager med Stikledninger til Klokkerne; den anden Traadstamme — »Knaptraaden« — afgiver allerede nede i Stuen eller Kælderen en Hovedgren til de 4 Knapper, som er forenet i en fælles Plade ved Porten eller Gadedøren, men gaar derefter til Vejrs og udsender Stikledninger til Gangdørsknapperne. Naar en Klokke skal kunne bringes til at ringe fra to (eller flere) Knapper, som det er Tilfældet i det tegnede Anlæg, bærer man sig naturligvis ad paa samme Maade med Ledningsforbindelsen mellem Klokker og Knapper; man fører i Reglen ikke en særskilt Traad ud fra Klokken til hver Knap, men saa langt som Vejen til Knapperne gaar nogenlunde i samme Retning, nøjes man med èn Traad, der forgrener sig, hvor Vejene til Knapperne skilles. (De sorte Prikker i Tegningen fremhæver de Steder, hvor Traade forgrenes; hvor to Traade paa Tegningen synes at krydse hinanden, men uden nogen sort Prik paa Krydsningsstedet, er der derimod ingen Forbindelse mellem de paagældende Traade.)

Naar forskellige Ledningstraade skal nogenlunde samme Vej, — som de, der i Tegningen skal nedenfra op til de højere Etager, —

lægger man dem helst jævnsides, selv om Vejen derved kan forlænges noget for nogle af dem; navnlig hvor Lofter eller Vægge skal gennembrydes, er det naturligvis fordelagtigt at føre flere Ledninger gennem samme Hul fremfor at lave et Hul til hver.

Under Anvendelse af disse Regler kan man let paa forskellig Maade føje Klokker og Trykknapper til det tegnede Anlæg. Vil man f. Eks. i en Lejlighed have en særlig Klokke i Køkkenet med tilhørende Trykknap i Spisestuen, saa fører man fra »Klokketraaden« (eller fra dens Stikledning til Gangdørsklokken) en Stikledning til Køkkenklokken og fra »Knaptraaden« en Stikledning til Spisestueknappen, der endelig ved en Ledningstraad forbindes med Køkkenklokken.

Hvis Familien paa tredje Sal ønsker at kunne give Ringesignal til en Portner, der bor i Kælderen, saa kan det ske paa den Maade, at der nede fra Batteriets negative Pol føres en Ledning til en Klokke hos Portneren og fra »Knaptraaden« oppe paa tredje Sal en Stikledning til en særlig Knap, hvorfra der saa maa føres en Traad ned til Klokken hos Portneren.

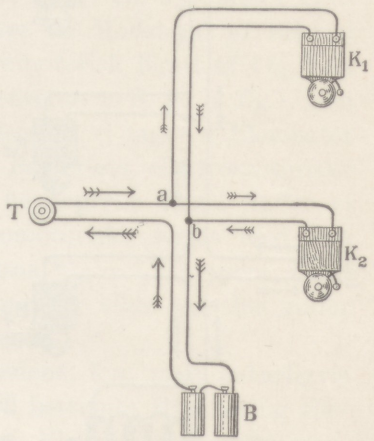


Fig. 61. To Klokker med fælles Trykknap (Parallelindskydning).

Hverken i Fig. 60 eller i de sidstnævnte Eksempler blev mere end èn Klokke bragt i Virksomhed ved Tryk paa en enkelt Knap. Dette kan imidlertid ofte være ønskeligt, f. Eks. i en Skolebygning, hvor det skal ringe samtidig i flere Etager eller Fløje ved en Skoletimes Begyndelse eller Ophør. Det kan opnaas ved to forskellige Fremgangsmaader, der benævnes Parallelindskydning og Rækkeindskydning.

Anvendes Parallelindskydning, sluttes to eller flere Klokker til samme Knap, ganske ligesom to eller flere Knapper sluttes til samme Klokke. I Fig. 61 sender saaledes Ledningen fra Trykknappen T til Klokken K_2 en Stikledning op til Klokken K_1; og idet begge Klokker staar i Forbindelse med Batteriets negative Pol, Knappen med den positive, kommer Strømmen, naar der trykkes paa Knappen, til at gaa, som Pilene viser. Den gaar fra Batteriet gennem T til a, hvor den deler sig i to Dele, der gaar gennem hver sin af Klokkerne og derefter løber sammen igen ved b. Er der 3 eller 4 Klokker, maa Ledningen fra T sende Grene til dem alle, og Strømmen maa dele sig mellem alle Grenene.

Den anden Fremgangsmaade, Rækkeindskydningen, er anvendt i Anlægget Fig. 62, hvor 3 Klokker sættes i Virksomhed fra samme Knap. Her deler Batteristrømmen sig ikke mellem Klokkerne, men passerer gennem den ene efter den anden.

Udenvidere at indskyde to eller flere almindelige elektriske Klokker i Række gaar dog ikke an, da de ikke godt kan forliges i samme Strømkreds. Hvis deres Ankre m. m. ikke er indrettet til at svinge aldeles nøjagtigt i samme Takt, vil det nemlig hvert Øjeblik ske, at den enes Anker afbryder Strømmen, netop som den anden Klokke har Brug for den. For at undgaa dette giver man en enkelt af Klokkerne Ledelsen, idet man sætter de andres Afbrydningsmekanisme ud af Virksomhed paa den S. 74 omtalte Maade. Hver Gang den ledende Klokke slutter eller afbryder Strømmen, vil da Elektromagneterne i alle Klokkerne henholdsvis tiltrække eller slippe deres Ankre, og alle Ankrene kommer saaledes til at svinge i samme Takt; dog bør alle Klokkerne være af samme Konstruktion, saa at Ankrene paa Forhaand er tilbøjelige til at udføre Svingninger nogenlunde i samme Takt. — Bedst er det forøvrigt, navnlig hvis mere end 2—3 Klokker skal indskydes i Række, at benytte en anden Slags Klokker, de saakaldte »Shuntklokker«, hvor Strømmen slet ikke afbrydes, men lokkes ud af Elektromagnetvindingerne derved, at det tiltrukne Anker slutter en Sideledning (»Shunt«), der byder Strømmen en meget kortere og bredere Vej end den lange, tynde Elektromagnettraad.

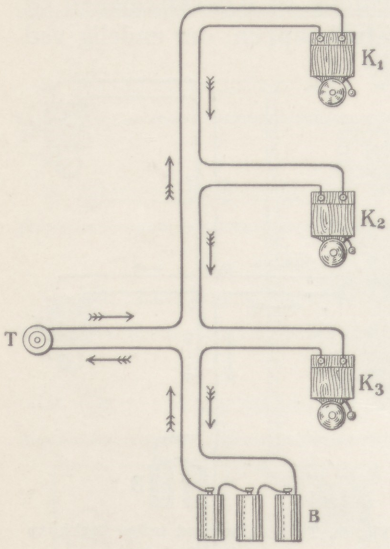


Fig. 62. Tre Klokker med fælles Trykknap (Rækkeindskydning).

Hvad der er at foretrække — Rækkeindskydning eller Parallelindskydning — beror paa Forholdene. Efterfølgende Bemærkninger kan tjene til Oplysning for dem, der ønsker lidt nærmere Rede paa Sagen.

Ved Rækkeindskydning af flere Klokker indføres en betydelig Modstand i Strømkredsen, idet Strømmen maa passere gennem de lange, tynde Elektromagnettraade i alle Klokkerne. En enkelt Klokke har i Reglen en Modstand af adskillige Ohm (f. Eks. 5—6), hvorved det maa erindres, at 1 Ohm er Modstanden i ca. 45 Meter (ca. 70 Alen) millimetertyk Kobbertraad (eller i ca. 28 M. af tyndere Ringeledning,

hvis Kobbertraad er $0,_8$ mm. i Tværmaal). Men naar blot man danner Batteriet af et tilstrækkelig stort Antal Elementer i Række efter hinanden, kan man let faa tilstrækkelig elektrisk Spænding til at overvinde Modstanden og fremkalde den svage Strøm, som Klokkerne kræver for at virke (i Reglen mellem $^1/_{10}$ og $^1/_5$ Ampère). Om Elementernes indre Modstand er noget større eller mindre, har ved et saadant Anlæg ikke meget at sige, da den dog bliver meget mindre end Klokkernes. — Hvormange Elementer der skal bruges, maa naturligvis afgøres efter Omstændighederne; men et lille Taleksempel kan antyde, hvorledes det omtrentlig kan skønnes. Lad os antage, at vi har 3 Klokker med Modstand 6 Ohm hver, at der ialt bliver ca. 100 Meter Ledning, som tages $0,_8$ mm. tyk, hvilket giver en Modstand af henved 4 Ohm, og at vore Elementer har en elektromotorisk Kraft af $1\frac{1}{4}$ Volt og en indre Modstand af 2 Ohm (om Elementerne se S. 84 o. flg.). Den hele Modstand i Strømkredsen bliver da, dersom vi tager 4 Elementer i Batteriet, $3 \cdot 6 + 4 + 4 \cdot 2 = 30$ Ohm; Batteriets elektromotoriske Kraft er $4 \cdot 1\frac{1}{4} = 5$ Volt. Efter den S. 68 angivne Regel finder vi Strømstyrken ved at dividere den elektromotoriske Kraft med den samlede Modstand; Strømstyrken bliver altsaa $^5/_{30} = ^1/_6$ Ampère, hvad der maa anses for tilstrækkeligt. Ved 3 Elementer vilde man faa under $^1/_7$ Amp., hvad der rimeligvis er vel knebent.

Et sikkert Skøn, om hvad der er fornødent, kan man naturligvis kun faa enten gennem praktisk Kendskab til bestemte Klokker og Elementer eller efter paalidelige Angivelser om Elementernes elektromotoriske Kraft og indre Modstand i ny Tilstand og efter længere Brug, samt om Klokkernes Modstand og den mindste Strøm, de kræver til at virke sikkert.

Ved Parallelindskydning stiller Forholdene sig helt anderledes og mindre simpelt. Da Batteristrømmen deler sig mellem Klokkerne, maa den være saa stærk, at der bliver nok til hver. Kræver en Klokke en Strøm af $0,_{15}$ Ampère, vil 3 Klokker altsaa forlange $0,_{45}$ eller omtrent ½ Ampère. Til Gengæld bliver Modstanden mindre og Batteristrømmen derved af sig selv noget stærkere. Hver ny Ledningsgren med Klokke, der indskydes mellem Trykknappen og »Klokketraaden« (eller fra *a* til *b* i Fig. 61), danner nemlig en ny Vej for Elektriciteten foruden de forrige, hvad der har samme Virkning, som om de gamle Veje var gjort bredere. Hvis f. Eks. Modstanden i en enkelt Klokke med dens Ledningsgren er 6 Ohm, vil de to Klokker i Fig. 61 tilsammen virke som en enkelt med Modstand 3 Ohm, 3 Klokker vilde give Modstanden 2 Ohm o. s. v. — Hvis der er stor Modstand i Ringeledningen og Elementerne, nytter det imidlertid kun lidt, at Klokkemodstanden

bliver ringe; vi kan dog ikke faa Strøm nok til Fordeling mellem Klokkerne; i det nys anførte Eksempel med Modstand 4 Ohm i Ledningerne, 8 Ohm i Batteriet og en elektromotorisk Kraft af 5 Volt kunde vi i det højeste — selv om Klokkemodstanden var for intet at regne — faa en Strømstyrke af $^5/_{12}$ Amp., hvad der er under de $0{,}_{45}$ Amp., som krævedes til 3 Klokker; tilmed vilde disse jo tilføje en Modstand paa et Par Ohm, saa at vi kun fik $^5/_{14}$ Amp. (Da de forskellige Klokkers Ledningsgrene i Reglen ikke udgaar fra samme Punkter og ikke er lige lange, vilde de nøjagtige Beregninger blive ret indviklede.) Under disse Omstændigheder vilde det hjælpe svært, om Modstanden i Elementerne og i Ledningerne blev formindsket; og det kan i det hele taget siges, at Parallelindskydning passer bedst, naar man har nogenlunde korte Ledninger af temmelig tyk Traad, og naar man bruger Elementer med ringe indre Modstand. Undertiden kan det være fordelagtigt at anvende Gruppesammenstilling (se S. 69) for at formindske Batteriets indre Modstand og tilvejebringe større Strømstyrke, end de enkelte Elementer kan give eller taale.

Skal et stort Antal Klokker indskydes parallelt, bør man anvende Klokker, som har mange flere Traadvindinger i Elektromagneterne end de almindelige Klokker, og som derfor har en meget større Modstand (f. Eks. 50 Ohm), men til Gengæld kan virke ved en meget svag Strøm (f. Eks. $^1/_{20}$ Amp.).

En Fordel, som i visse Tilfælde kan være meget stor, har Parallelindskydningen, nemlig den, at Ledningen kan faa Brud i eller ved en enkelt Klokke, uden at derfor hele Anlægget bliver uvirksomt, hvad der vil ske, naar Klokkerne er indskudt i Række.

Ret mange forskellige Meddelelser er det ikke let at give ved Klokkeringning. Det kan forud aftales, at 1, 2 eller 3 Ringninger paa en Klokke har hver sin Betydning, og flere Klokker kan gøre Tjeneste i samme Lokale, naar de har saa forskellig Klang, at de let og tydeligt skelnes fra hverandre; men der skal Øvelse til at skelne mere end ganske faa saadanne Ringninger fra hverandre, og saa er der desuden den Mangel ved alle Lydsignaler, at hvis der ikke i Øjeblikket er nogen til Stede, som hører dem, saa gaar de fuldstændig tabt. Anderledes med s y n l i g e T e g n; de kan ændres i det uendelige, og de kan holde sig, saa længe det skal være.

Det er først og fremmest ved Ringeanlæg i Hoteller o. desl., man har maattet bøde paa Ringesignalernes Ufuldkommenhed ved tillige at anvende synlige Tegn. Enhver af Gæsterne skal kunne kalde paa Tjenerpersonalet, og for at dette kan se, fra hvilket Værelse der kaldes, anvendes de saakaldte Tegnkasser, Nummertavler, »Indikatorer« eller

»Tableauer«, hvor det paagældende Værelses Nummer viser sig bag en lille Rude.

Inde i Tegnkassen findes for hvert Værelse et lille elektromagnetisk Apparat, som sættes i Virksomhed ved Strømmen fra Værelsets Trykknap. Dette Apparat er vist i Fig. 64. Her ses en Elektromagnet og foran denne et Anker, der dannes af den ene lodrette Arm af et vinkelbøjet Jærnstykke.

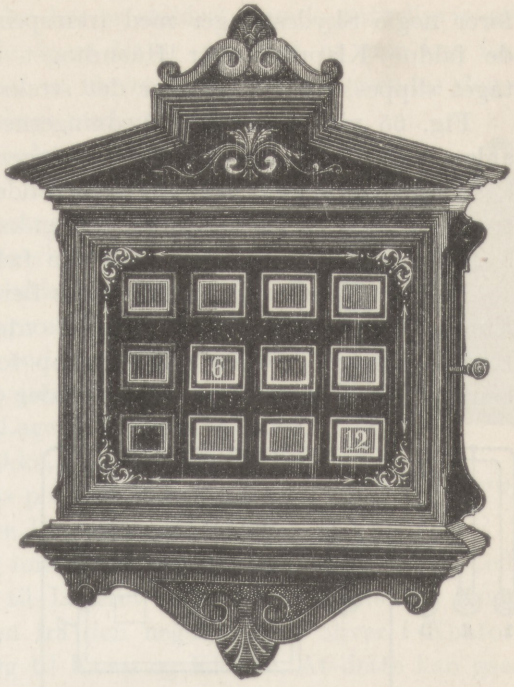


Fig. 63. Tegnkasse eller Nummertavle.

Naar en Strøm sendes gennem Elektromagnetens Vindinger, trækkes Ankeret lidt ind mod Elektromagneten, idet Jærnstykket nemlig kan dreje sig lidt om en Aksel inde paa den Grundplade, hvortil Elektromagneten er fæstet. I Øjeblikket er »Faldklappen« med Værelsets Nummer nede i den Stilling, hvor Nummeret viser sig bag Glasruden. Ved at trykke paa den korte, brede Stang, der ses forneden til højre i Figuren, kan man rejse Armen med Nummeret op foran Elektromagneten, hvor Armen da glider henover og derefter fastholdes af det lille Fremspring (Spærhage), der ses paa Ankeret. Naar derefter en Strøm drager Ankeret ind mod Elektromagneten, vil Spærhagen trækkes bort fra sit Indgreb i Faldklappen, og denne falder atter ned.

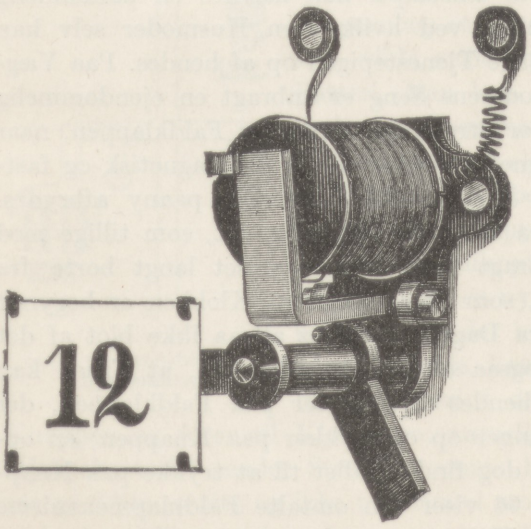


Fig. 64. Faldklapmekanisme.

Paa Fig. 63 ser man til højre et Haandtag; dette

fører nogle Skydestænger med fremspringende Stifter, der rejser alle de faldne Klapper, naar Haandtaget trykkes indad. Naar Haandtaget slippes, fører en Fjeder det straks ud igen.

Fig. 65 viser skematisk Ledningernes Ordning ved et lille Ringeanlæg med Tegnkasse. De tre Ledninger fra Trykknapperne til Tegnkassen er forbundet med den ene Ende af Traadvindingerne om de tre tilhørende Elektromagneter i Tegnkassen; den anden Ende af alle 3 Traadvindinger forbindes med den fælles Klokke.

I større Hoteller, hvor der findes flere Tegnkasser, f. Eks. 1 i hver Etage, anbringes der ofte i Hovedkontoret eller et lignende Sted et Kontrolapparat med en Nummerklap for hver af Etagetegnkasserne; benyttes en af disse af en Gæst, træder det til den paagældende Tegnkasse svarende Nummer frem i Kontrolapparatet, men det gaar bort igen, saa snart der trykkes paa Tegnkassens Haandtag. Man kan altsaa paa Kontoret let opdage, hvis Personalet i en af Etagerne overhører en Gæsts Kalden.

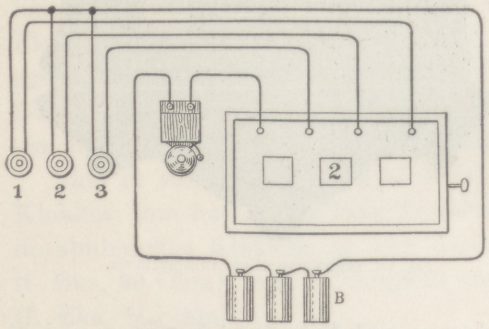


Fig. 65. Ringeanlæg med Tegnkasse.

Ogsaa paa talrige andre Maader kan den elektriske Strøm ved synlige Tegn gøre det muligt at kontrollere, hvad der foregaar andetsteds. Som Eksempel kan nævnes en ualmindelig ondskabsfuld Vækkerindretning, ved hvilken en Husmoder selv kan ligge magelig i sin Seng og jage Tjenestepigen op af hendes. Paa Væggen eller Bordet ved Husmoderens Seng er anbragt en ejendommelig lille Faldklapmekanisme, hvor Strømmen sluttes af Faldklappen, naar den løftes op til Elektromagneten; denne bliver da magnetisk og fastholder Klappen, der er af Jærn, indtil Strømmen paany afbrydes. Dette kan ske ved Tryk paa en Knap af særlig Art, som tillige med en elektrisk Klokke er anbragt inde i Pigeværelset langt borte fra Pigens Seng. Hvert Sekund, som Pigen, efter at Klokken er begyndt at ringe, endnu vil stjæle fra Dagen, forbitres altsaa ikke blot af det afskyelige Spektakel, men ogsaa af Bevidstheden om, at Fruen kan tælle disse Sekunder, idet hendes Øje vogter paa Faldklappen, der først falder, naar Pigen springer op og trykker paa Knappen; en opfindsom Pige kunde maaske dog finde Midler til at trykke paa Knappen henne fra Sengen. Fig. 66 viser den omtalte Faldklapmekanisme med Klappen nedhængende. Elektromagneten er skjult i Kassen.

En Indretning som den, der her er skildret, kunde naturligvis anvendes i mange andre Tilfælde, hvor det er ønskeligt, at man kan forvisse sig om, at et Ringesignal er blevet hørt. Oftest anvendes dog i dette Øjemed et »Svarringeanlæg« med en Klokke og en Knap paa hver af de to Steder — f. Eks. Kontor og Lagerbygning —, mellem hvilke Signalerne udveksles. Ved Tryk paa Kontorknappen ringer Lagerklokken, og et Tryk paa Lagerknappen fremkalder da Svarringning paa Kontorklokken. — Dette Anlæg kunde udføres efter Anvisningerne S. 76; men hertil kræves mere Ledningstraad end nødvendigt. Staar Batteriet f. Eks. i Kontorbygningen, fik man paa den Maade 4 Ledninger til Lagerbygningen, nemlig 1 fra Kontorknap til Lagerklokke, 1 fra Kontorklokke til Lagerknap, 1 fra Batteriets positive Pol til Lagerknappen og 1 fra den negative Pol til Lagerklokken.

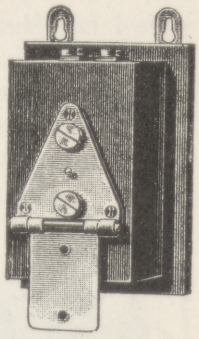


Fig. 66. Vækkekontrol.

Den sidste Ledning kan imidlertid spares, idet man lader Ledningen fra den positive Pol til Lageret forgrene sig baade til Knap og Klokke, medens Ledningen fra den negative Pol bliver i Kontorbygningen og her forgrener sig til Knap og Klokke. At dette kan gaa, vil enhver, der har Brug for det, let kunne indse ved at udføre en Tegning efter Anvisningen. (Tegn først Klokkerne, Knapperne og Batteriet, og anbring derefter Ledningerne som angivet.)

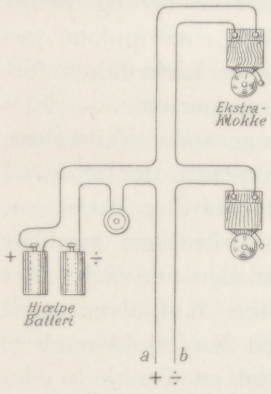


Fig. 67. Anvendelse af Hjælpebatteri.

Endnu skal blot tilføjes et Par Ord om det ofte forekommende Tilfælde, at man i et større Ringeanlæg et enkelt Sted ønsker en Udvidelse, som vilde stille for store Krav til det fælles Batteri. Man kan i saa Fald ofte i Stedet for at forøge Hovedbatteriet indføre et Hjælpebatteri af et eller flere Elementer. Udvidelsen kan f. Eks. bestaa i, at der til et af Anlæggets Trykknapper knyttes en Ekstraklokke, eller at der tilknyttes en ny Trykknap med 2 Klokker eller en ny Trykknap med Klokke langt borte, saa at der kræves lange Ledninger. I alle disse Tilfælde kan man indskyde et saadant Hjælpebatteri i den Ledning, der udgaar fra Knappen og fører til Klokkerne; naturligvis maa man sørge for, at Hjælpebatteriet sender Strøm i samme Retning som Hovedbatteriet, saa at dette støttes og ikke tværtimod modarbejdes. Lad os for at tage et bestemt Eksempel tænke os, at der til Lejligheden paa 3. Sal i det

Hus, hvis Ringeanlæg er fremstillet i Fig. 60, S. 76, hører et Pigeværelse paa Kvisten, og at her ønskes anbragt en Ekstraklokke, som ringer samtidig med Gangdørsklokken, for at Tjenestepigen oppe paa sit Værelse kan høre, om der kommer Besøg, naar ingen er hjemme nede i Lejligheden; kræves hertil et Hjælpebatteri, kan det anbringes som vist i Fig. 67, hvor *a* og *b* er »Knaptraaden« og »Klokketraaden« fra Fællesbatteriets positive og negative Poler.

Galvaniske Elementer for Ringeanlæg. Kromsyreelementerne (S. 50), der kunde være ganske bekvemme til flere elektriske Smaaforsøg, vilde slet ikke du til et Ringeanlæg, da Zinken jo efterhaanden fortæres, selv om Elementerne ingenting bestiller. Vel egnet til dette Brug er derimod et af Franskmanden Lèclanchè opfundet Element.

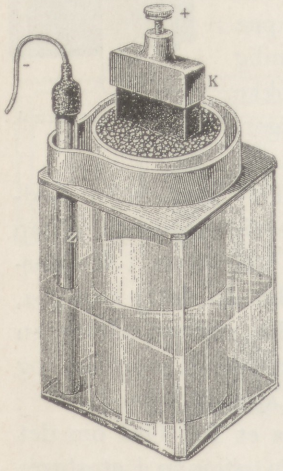


Fig. 68. Léclanché-Element.

Et Léclanché-Element kan være indrettet som vist i Fig. 68. Her findes inden i en porøs Lerkrukke en Kulstang eller Kulplade omgivet af smaa Stykker Brunsten blandet med Kokesstykker. Lerkrukken med Indhold er stillet ned i et Glaskar, hvori staar en Zinkstang (helst amalgameret); i Glaskarret er der hældt en Salmiakopløsning, som tillige gennemtrænger Lerkrukkens Porer og Brunstenen, saa at saavel Kullet som Zinken omgives af Salmiakken. Ofte er Lerkrukken foroven tilsmeltet med Beg for lettere at kunne transporteres. — Elementer af Léclanchétypen kan forøvrigt have mange andre Skikkelser. I Stedet for en Zinkstang anvendes ofte en Zinkplade, der er bøjet som en Cylinder uden om Lerkrukken; herved bliver den Modstand, Strømmen møder inde i Elementet, mindre. Da Lerkrukken kun har til Formaal at holde sammen paa Brunstenen, kan den undværes, idet Kullet omgives af to Klodser dannede af Brunsten, Kulpulver og et Bindemiddel; Zinkstangen bindes da i Reglen ved Kavtsjukbaand til Kullet og Brunstensklodserne, adskilt fra dem ved en Træklods eller Lerklods (se Fig. 69). Man har ogsaa »Poseelementer«, hvor Pulverblandingen holdes sammen om Kullet af en Tøjpose.

Elementet har positiv Pol ved Kullet, negativ ved Zinken, og naar Ledningen sluttes, gaar Strømmen altsaa inde i Elementet fra Zink gennem Væsken til Kullet. Under Strømmens Gang opløses der Zink, og derved frigøres Brint, som imidlertid vilde komme frem henne ved

Kullet (smlgn. S. 50); men her træffer den Brunstenen, der (ligesom Kromsyre) indeholder rigelig Ilt og let afgiver den til Brinten; idet Ilten med Brinten danner Vand, hindres saaledes Brintens skadelige Virkning paa Kullet (Polarisationen). Brunstenen kan blive ved at virke gennem lange Tider (til Dels fordi den kan optage Ilt fra Luften til Erstatning for det, den afgiver til Brinten); men Brunstenen er langsom til at udføre sit Arbejde; den kommer til kort, naar en blot nogenlunde stærk Strøm varer ret længe. Elementet svækkes da stærkt og kommer først til Kræfter igen, naar det har hvilet sig i nogen Tid; ret stærke Strømme tilføjer det let varig Skade.

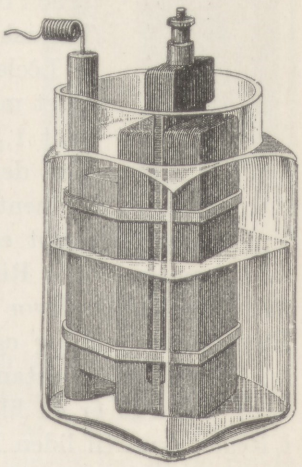


Fig. 69. Léclanché-Element uden Lerkrukke.

Ved almindelige Ringeanlæg, hvor Strømmen i Reglen er svag og kun varer kort Tid ad Gangen, vil dette ikke mærkes som en Ulempe. Og det er her en overmaade stor Fordel ved disse Elementer, at Zinken ikke fortæres, naar de staar uden Strøm. — Helt fri for skadelige Paavirkninger er de dog ikke i Hviletiden. Dels fordamper Vandet, saa at man af og til maa hælde noget Vand i dem. Dels »kryber« Krystaller af Salmiak let op ad Glasset og over dets Rand. Det hjælper at overtrække Glasset oven over Væsken med Tælle, Parafin, Oljefarver o. desl. Endvidere sætter man ofte vandsugende Stoffer (»Batterisalt«) til Væsken, og Elementet anbringes paa et køligt Sted.

Under Strømmens Gang fortæres der Zink; uden det kunde vi ligesaa lidt faa Strøm, som vi kan faa Varme fra en Kakkelovn, uden at Brændselet fortæres. Endvidere vil Salmiakken, der bestaar af Klor, Kvælstof og Brint, efterhaanden omdannes til en anden kemisk Forbindelse, der indeholder Zink i Stedet for en Del af Brinten. At tilsætte lidt frisk Salmiak kan undertiden være nyttigt; men derved slipper man jo ikke for det nye Stof, og det vil, naar der kommer meget af det, begynde at afsætte sig som Krystaller paa Zinken og Elementets øvrige faste Dele, hvorved Elementets Virkning svækkes stærkt. Efter længere Tids Forløb (f. Eks. et Aarstid, naar der ikke lægges stærkt Beslag paa Elementet) maa man derfor forny Væsken og rense det øvrige. Lerkrukken med Indhold kan f. Eks. stilles i varmt Vand med noget Soda, og Zinken kan renskrabes eller behandles med Sodaopløsning; men navnlig paa Zinken kan de omtalte Krystaller sidde saa fast, at de næsten ikke er til at faa af i en rimelig Tid hverken

ved kemiske eller mekaniske Midler. Man kan da undertiden nøjes med foreløbig at hælde Sodaopløsningen i Elementet og uden videre sætte det ind i Batteriet; her kan det godt gøre Tjeneste i denne Tilstand. Efter nogen Tids Forløb (f. Eks. en Maaned eller to) er Krystallerne omdannede til et løst, hvidt Pulver, og nu hældes Sodaopløsningen ud. Glas, Zink og Lerkrukke med Indhold skylles ud, den sidstnævnte med lidt svovlsyret Vand, hvorefter man hælder frisk Salmiakopløsning i. — Ved Rensningen af Elementerne bør ogsaa deres Forbindelse med Ledningen (Klemskruer o. lgn.) efterses.

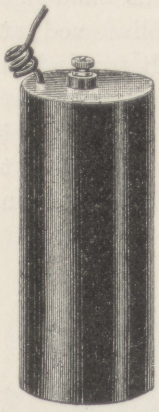


Fig. 70. Tørelement.

Lèclanchè-Elementernes elektromotoriske Kraft er noget mindre end Kromsyreelementets, nemlig kun omtrent $1{,}_5$ Volt, naar Elementerne er nye. Under Brugen gaar den nedad; hvor langt den kan gaa ned, inden Elementet bliver ubrugeligt, beror meget paa, hvor knapt eller rigeligt man har beregnet Batteriets Kraft til det paagældende Ringeanlæg. Det samme kan siges om Elementets indre Modstand. Hvor stor denne er, afhænger i allerhøjeste Grad af Elementets Bygning og Størrelse. Medens man i nogle Tilfælde maa regne med en Modstand af 2—3 Ohm eller mere, er der Elementer, hvor den kun er en lille Brøkdel af en Ohm. Det er ved Ringeanlæg i Reglen kun til liden Nytte at skaffe sig Elementer med meget ringe Modstand, da man dog som oftest maa regne med en Modstand paa en halv Snes Ohm eller deslige i en Klokkes Elektromagnetvindinger og dens Tilledninger tilsammen. Har man lange Ledninger eller flere Klokker i Række, kan Modstanden blive langt større endnu. Ved Parallelindskydning stiller Sagen sig, som foran anført, anderledes.

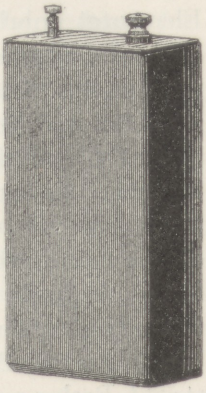


Fig. 71. Tørelement.

I Stedet for de ovenfor omtalte »vaade Elementer« anvendes i de senere Aar mere og mere de saakaldte T ø r e l e m e n t e r, der er bekvemmere at have med at gøre. De er i Hovedsagen af Lèclanchè-typen; men ved en eller anden Tilsætning er Elementvæsken bragt i en gelèagtig Tilstand. De kan lettere end de vaade Elementer bygges saaledes, at de faar ringe indre Modstand (en lille Brøkdel af en Ohm), og at Brunstenen hurtigt virker »afpolariserende« (ɔ: uskadeliggør Brinten); man kan nemlig her lettere bringe store Flader af Zink og af det afpolariserede Pulver tæt til hinanden uden at risikere, at de kommer

til at røre hinanden. Af disse Grunde fik de tidlig Fortrinsret, hvor der krævedes nogenlunde stærke Strømme (f. Eks. til kortvarig Belysning med smaa Glødelamper). Men almindelig Udbredelse som Ringeelementer havde de vanskeligt ved at faa, fordi de tabte sig med Tiden, selv om de henstod ubenyttede; og det var en saa meget større Ulempe, som man ikke kan opfriske et Tørelement og ikke se paa det, hvor gammelt det er, saa at man let kunde blive narret. Men efterhaanden er det lykkedes at lave Tørelementer, som kan holde sig godt adskillige Aar, naar de opbevares paa et nogenlunde køligt Sted. Dette gælder saaledes om det af Danskeren Hellesen konstruerede Tørelement, der i nyere forbedrede Typer har vundet en enestaaende Udbredelse rundt om i forskellige Lande, navnlig i Telefonvæsenets Tjeneste.

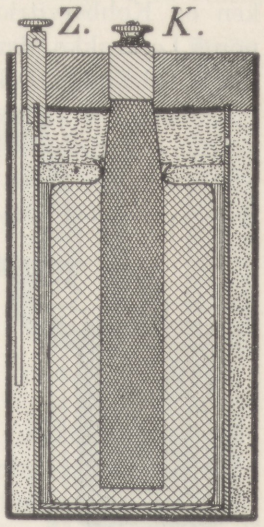


Fig. 72.
Det Indre af et Tørelement.

Tørelementernes ydre Former kan være meget forskellige; deres Tværsnit kan være en Cirkel, en Kvadrat, en aflang Firkant m. m. De firkantede Former passer særlig, naar flere Elementer skal stilles sammen i en Kasse. Tørelementernes ydre Hylster er i Reglen af Glas eller Pap.

Et Tørelements indre Indretning fremgaar af Fig. 72, der forestiller et lodret Gennemsnit af et Hellesensk Element (en af de runde Typer). Inderst findes et rundt Kulstykke omgivet af det afpolariserende Pulver, der ligesom i Poseelementerne holdes sammen af klart Tøj. Uden om dette findes Zinken, som danner en Cylinder med Bund, adskilt fra Tøjet, forneden ved Voks, langs Siderne ved den stivnede Elementvæske. Udenom Zinkcylinderen og i dens øvre Del findes der porøse Lag af Savsmuld eller Risskaller med mere. Det hele er tilsmeltet med Asfalt; et Glasrør, som er ført ned gennem Asfalten, og nogle Huller paa Siden af Zinkcylindrens øverste Stykke sætter Elementets indre Dele i Forbindelse med Luften.

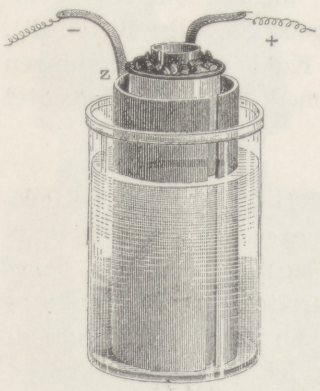


Fig. 73. Daniells Element.

I mange Tilfælde ønsker man at holde en svag Strøm i Gang i en Ledning Dag ud og Dag ind. Hertil egner Elementer af Lèclanchè-Typen sig ikke godt. Man bruger i Reglen Elementer med Zink og Kobber ligesom i Volta-

Elementerne, men med forskellige Væsker om Zinken og Kobberet. I Daniell's Element er Væskerne fortyndet Svovlsyre om Zinken og Kobbervitriol om Kobberet; Væskerne holdes adskilte af en porøs Lerkrukke, der indeholder Kobberet. Naar Strømmen sluttes, vil som altid Zinken opløses, og den Brint, som derved frigøres, føres med Strømmen fra Zink gennem Væsken mod Kobberet; men paa Vejen træffer den Kobbervitriolen; dennes Kobber føres ligesom Brinten med Strømmen (se S. 54), og idet Kobberet erstattes af Brint, omdannes Kobbervitriolen efterhaanden til Svovlsyre. Under Strømmens Gang vandrer de 3 Stoffer, Zink, Brint og Kobber, saa at sige efter hinanden i Strømretningen med Kobberet forrest, og saa længe der er Kobbervitriol i Lerkrukken, vil der sætte sig Kobber paa Kobberpladen i Stedet for den skadeligt virkende Brint. Dette kan navnlig blive ved længe, naar man lægger faste Kobbervitriolkrystaller inde i Lerkrukken.

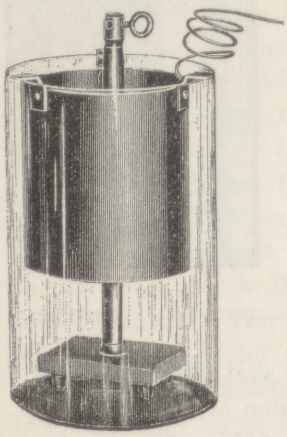


Fig. 74. Bittersalt-Element.

I Praksis anvendes sjældent det her beskrevne Daniells Element, men de dermed beslægtede Meidingers Bittersalt-Elementer. Et af de simpleste af disse er vist i Fig. 74. Ved nogle Fremspring er her en Zinkcylinder ophængt paa Randen af et Glas, i hvis Bund der ligger en Blyplade, som imidlertid, naar Elementet bruges, straks forkobres. I Bunden af Glasset skal der nemlig være en Opløsning af Kobbervitriol (og Krystaller af det), medens Zinken er omgivet af en Opløsning af svovlsur Magnesia (engelsk Salt eller Bittersalt).

Denne Bittersaltopløsning er lettere end Kobbervitriolopløsningen og kan staa ovenpaa den uden at blande sig med den, naar Elementet staar roligt.

Ledninger. Naar man ved Anbringelsen af Ledningerne i et Ringeanlæg skal sammenføje to Traade, fjærnes de voksgennemtrængte Bomuldstraade — eller hvad det nu er, Isolationslaget bestaar af — langs et passende Stykke af Traadenderne, som derefter skrabes blanke og lægges ved Siden af hinanden pegende hver sin Vej; derpaa snos de fast sammen (lettest med to Fladtænger), og det blottede Stykke beklædes atter med Isolationsstof, hvilket lettest kan ske derved, at et Stykke Gummislange, som man inden Sammenføjningen havde trukket ind over den ene Traad, nu trækkes hen, saa at det dækker Sammenføjningsstedet; denne Slange maa være saa snæver, at den slutter tæt

om den isolerede Ledningstraad. — Naar der fra et eller andet Sted paa en gennemgaaende Ledning skal føres en Stikledning ud til Siden, maa den gennemgaaende Ledning blottes paa en kortere Strækning, om hvilken Enden af Stikledningen derefter snos; de blottede Traadstykker kan isoleres ved Ombinding af opskaaret Gummislange. Endnu bedre er det at bruge Isolèrbaand, d. v. s. Bændler gennemtrængte af et isolerende Stof, f. Eks. »Chatterton-Kompound«. — Ved Anlæg, der skal kunne holde sig længe i god Stand, maa Traadenderne helst sammenloddes inden Beklædningen. I fugtige Rum bør Ringeledningens Kobbertraad være omgivet af Guttaperka og uden om dette asfalteret Bomuldstraad og maaske endda tjæret Hampebaand el. desl.

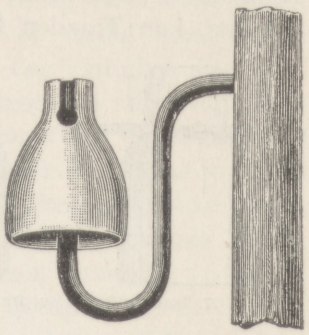


Fig. 75. Isolatorklokke.

Ved fortinnede Traadhager el. desl. fæstes Ledningerne til Væggen; man anbringer dem paa de mindst iøjnefaldende Steder og sørger tillige ved Valget af deres Farve for at gøre dem lidet synlige. Ofte anvendes Dobbeltledningstraad, hvor to isolerede Traade er indlagt i en fælles Overspinding.

Skal Ringeledninger føres lange Strækninger ude i det Fri, anvender man ligesom til Telegraf- og Telefonbrug oftest »blanke« Ledninger (ɔ: uden isolerende Lag) af Jærn, Kobber eller Bronce, ophængte paa Porcellænsklokker. En saadan Klokke er vist i Fig. 75; den er fastskruet paa en Jærnarm, der gaar fra neden op i Klokken. Da dennes Inderside er i Ly for Regnskyl, kan Regnvandet ikke let forvolde Afledning af Strømmen til Jærnarmen fra Ledningen, der lægges i Indskæringen øverst i Klokken; snarere kan Taage volde Skade paa denne Vis, idet den afsætter en Vandhinde baade inden i og uden paa Klokken. Den omtalte Indskæring i Klokkens Top har en lille Udvidelse forneden, saa at man, efter at Traaden er nedlagt, kan dreje Klokken en Smule og derved hindre Traaden i at gaa op af Indskæringen. Udvidelsen er forøvrigt oftest anbragt skævt, saa at Klokken kun kan drejes til den ene Side.

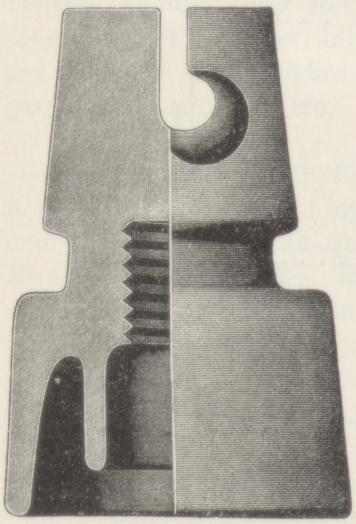


Fig. 76. Isolatorklokke.

Fig. 76 viser en Isolatorklokke af dansk Model, delvis opskaaret, saa at man ser dens indre Bygning. Foruden Topindskæringen har Klokken en Halsindsnævring. Ved Spændeindretninger, som fastgøres i denne, kan Traaden fæstes yderligere til Klokken; dette sker med visse Mellemrum, f. Eks. ved hver tiende Klokke. Ledningen kan imidlertid ogsaa lægges i Halsindsnævringen og bindes fast til den ved Metaltraad som vist i Fig. 77. Dette sker navnlig ved tyndere Ledninger til Telefonbrug.

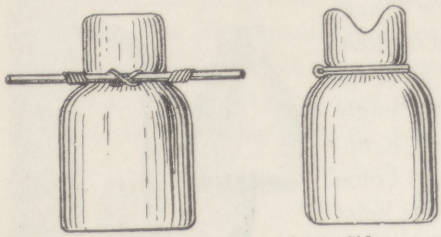


Fig. 77. Isolatorklokke set fra to Sider.

Ved lange Ledninger bliver Udgiften til selve Ledningstraaden og Isolatorklokkerne betydelige. Man kan imidlertid slippe for at anvende baade Frem -og Tilbageledning for Elektriciteten paa den lange Strækning, naar blot man forbinder Ledningens Ender med hver sin Metalplade, der er nedsænket i fugtige elektricitetsledende Jordlag. Begge Ledningens Ender faar derved samme elektriske Spænding som Jorden; og dette har samme Virkning paa Batteriet, som om Enderne var bragt til at have ens Spænding ved at føres sammen til Berøring. Man kan sige, at Batteriet drager Elektricitet op af Jorden gennem den ene Metalplade (»J o r d p l a d e«) og sender Elektricitet ned i Jorden gennem den anden Metalplade, saa at der paa denne Maade kan vedligeholdes en stadig Strøm gennem Ledningen. Fremgangsmaaden kaldes ofte E n k e l t l e d n i n g s s y s t e m e t til Forskel fra Dobbeltledningssystemet med baade Frem- og Tilbageledning.

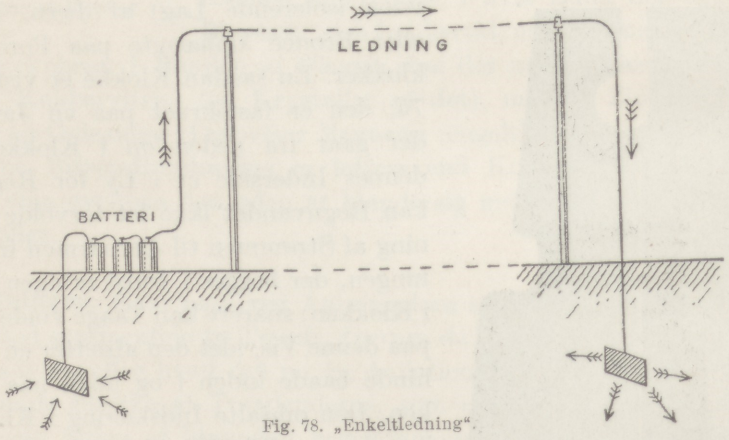


Fig. 78. „Enkeltledning".

Vi kunde sammenligne de to Jordplader med to Brønde, der laa

langt fra hinanden, men begge var ført ned i rigt vandførende Lag; hvis de to Brønde var forbundet ved et Vandrør med et indskudt Pumpeværk, saa vilde dette kunne drage Vand til sig fra den ene Brønd og sende det til den anden og saaledes holde en stadig Vandstrøm i Gang gennem Røret, naar blot de vandførende Lag kan give eller modtage Vandet hurtigt nok. Men hvis Pumpen driver saa stærk en Vandstrøm gennem Røret, at Vandet ikke kan tilføres den ene Brønd saa hurtigt, som det tages fra den, og ikke fordeles i Jordlagene om den anden saa hurtigt, som det kommer til den, vil Strømmen ikke kunne holdes i Gang ret længe med uforandret Styrke. Paa lignende Maade gaar det med de stærke elektriske Strømme, som anvendes ved store Lysanlæg o. desl.; her kan ikke godt bruges Jordplader i Stedet for Tilbageledning, da de store Elektricitetsmængder, her er Tale om, ikke kan strømme tilstrækkelig hurtigt fra Jorden til den ene Plade og ikke udbrede sig tilstrækkelig hurtigt i Jorden fra den anden Plade.

I Stedet for at føre den Ledning, hvorigennem Elektriciteten skal ledes til Jorden, ned til en Jordplade kan man i mange Tilfælde lodde eller fastklemme den til et blankskrabet Sted af et Vandrør; dette gaar jo selv ned i Jorden (Gasrør er mindre paalidelige, da der let kan være Isolation, hvor to Rørstykker er forbundet).

Ved Husringeanlæg anvender man som oftest Ledningstraad baade som Frem- og Tilbageledning for Elektriciteten, selv om man kunde benytte Vandrør; den Merudgift til Ledningstraad, som Dobbeltledningssystemet medfører, bliver nemlig her ikke ret stor, og man undgaar saa alle Vanskeligheder og Overvejelser, som den anden Fremgangsmaade kan medføre.

Strømsluttere eller Kontaktindretninger. Ordet Kontakt, der betyder Berøring, bruges ofte til at betegne en Indretning, ved hvilken man slutter en elektrisk Strøm, idet to Dele af en Ledning bringes i Berøring med hinanden. Den almindelige Trykkontakt, ved hvilken man plejer at fremkalde Strømslutning til en elektrisk Klokke, er omtalt S. 73. I Stedet for at anbringes fast paa Vægge eller Døre kan en saadan Trykknap fæstes paa et lille, bevægeligt Træstykke, der da oftest sammen med Knappen har en pærelignende Form; denne »P æ r e k o n t a k t« kan saa i en Snor, der indeholder de to Ledningstraade, hænge ned fra Loftet til et Spisebord, en Sygeseng el. lign.

Ofte kan Pærekontakten med dens Snor flyttes fra en Stue til en anden; Snorens to Ledningstraade kan da bringes i Forbindelse med de faste Ledningstraade i Stuen derved, at der paa Enden af Snoren er anbragt en Træbrik med to Metalpinde, som kan stikkes ned i to

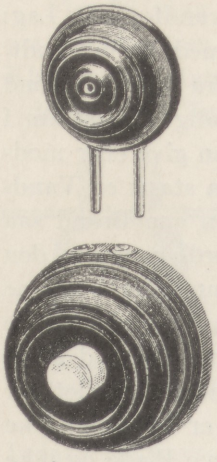


Fig. 79. Stikkontakt.

metalforede Huller i en fast Træbrik. Den faste Træbrik kan tillige indeholde en Trykknap, som det er Tilfældet i Fig. 79. — Indretningen kaldes en »S t i k k o n t a k t«. Vil man have en Dør (f. Eks. en Butiksdør) til at give et elektrisk Ringesignal, naar den bliver aabnet, anvender man en eller anden »D ø r k o n t a k t«, f. Eks. den, der er vist i Fig. 80. Den kan fæstes over Døren paa Dørkarmen, ragende ud fra den. Ledningerne fra et Batteri og en Klokke er ført til de to vandrette Metalstrimler, af hvilke den nederste bærer et nedadvendende afrundet Fremspring. Naar Døren lukkes op eller i, stryger dens Overkant imod dette og trykker derved den underste Strimmel op mod et lille Fremspring paa den øverste, saa at Strømmen sluttes og Klokken ringer. Man har ogsaa Dørkontakter, der kun virker enten ved Døraabning eller ved Dørlukning, og Kontakter, der bringer Klokken til at ringe, saa længe Døren staar aaben. En Dørkontakt af den sidstnævnte Slags er vist i Fig. 81; den bestaar af en i Dørfalsen indlagt Messingstrimmel og bag denne en Kontaktfjeder, som rører Messingstrimlen og derved holder Strømmen sluttet, naar Døren staar aaben, men trykkes bort fra Strimlen, naar Døren lukkes, idet Dørens Bagkant da trykker paa en paa Fjederen anbragt Knap.

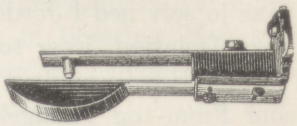


Fig. 80. Dørkontakt.

Skal en Ringeledning til Tider kunne sættes ud af Virksomhed, kan man paa passende Steder indskyde en P r o p k o n t a k t, bestaaende af to Metalstykker, som staar i Forbindelse med hver sin Del af Ledningen, men er adskilte ved et lille Mellemrum, i hvilket der kan indsættes en Metalprop. Saa længe Proppen er ude, er Ledningen afbrudt, og det kan ikke nytte, at man andetsteds i Ledningen trykker paa den Trykknap, der skulde bringe Klokken til at ringe; men naar Proppen er indsat, kan Ledningen gøre Tjeneste. — I Ringeanlægget Fig. 60 S. 76 er der ofte i de Ledninger, der fra Gadedørskontakterne er ført op i Lejlighederne, indskudt Propkontakter oppe i Lejlighederne, saa at man ved at udtage Proppen kan umuliggøre Ringning nedenfra, om Drenge skulde finde paa at more sig dermed.



Fig. 81. Dørkontakt.

I nogle Anlæg kan det være ønskeligt at skifte Ledningsforbindelser, saa at man f. Eks.

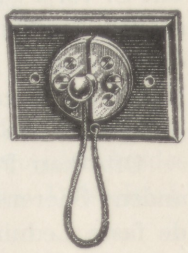


Fig. 82. Propkontakt.

ved en og samme Trykknap kan ringe snart paa èn, snart paa en anden Klokke. Hertil har man »L i n j e s k i f t e r e« (Omskiftere eller Strømskiftere), der bl. a. kan være indrettet som vist i Fig. 83. Her ses foroven 3 Metalstykker, der er i Forbindelse med Ledningstraade til hver sin Klokke. Trykknappen er forbundet med Akslen for en Metalarm, der ved et Haandtag kan drejes saaledes, at dens øverste Ende glider hen over de 3 Metalplader og bringes til at berøre hvilken af dem, man ønsker. At man ogsaa ved Propkontakter vil kunne foretage Linjeskiftning, er let at forstaa. Hvis der i Fig. 83 var dannet Plads til Indsætning af Propper mellem Metalstykkerne, vilde man jo ved Flytning af en saadan Prop kunne forbinde Midterstykket med det højre eller det venstre Stykke efter Behag, og dermed den midterste Ledningstraad foroven med den højre eller venstre Traad.

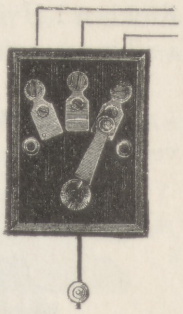


Fig. 83.
Linje- eller Strømskifter.

En Kontaktindretning af særlig Art er det saakaldte R e l æ, hvor èn elektrisk Strøm ved sin Slutning eller Afbrydning slutter en anden elektrisk Strøm. Skal f. Eks. en svag Strøm, der kommer langvejs fra, bringe en Klokke til at ringe, saa kan man i Stedet for at lede den gennem Klokken, lade den passere gennem Vindingerne i Elektromagneten *E* i Relæet Fig. 84. Naar Strømmen sluttes, tiltrækker *E* da sit Anker *A*; dettes Forlængelse *e* kommer derved til at berøre Spidsen af Kontaktskruen *S*, og dette har til Følge, at der sluttes en stærkere Strøm fra et i Nærheden anbragt Batteri (»Lokalbatteriet«) gennem Klokken; fra *c* er der nemlig Ledningsforbindelse gennem Batteriet og Klokken til *d*, og derfra altsaa efter Ankerets Tiltrækning gennem *A*, *e* og *S* tilbage til *c*. — Naar Relæet er fint indstillet, kan en overmaade svag Strøm bringe det til at virke.

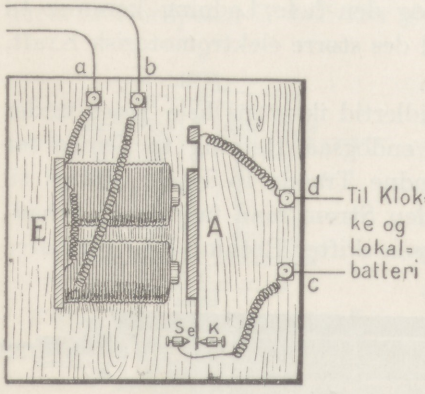


Fig. 84. Relæ.

Dersom vi i Stedet for at føre Ledningstraaden fra Klemskruen *c* til *S* fører den til *K*, mod hvilken Ankerets Forlængelse hviler, naar Elektromagneten er strømløs, saa vil aabenbart »Lokalstrømmen« være sluttet, og Klokken ringe, saa længe Strømmen i Ledningen *a* og *b* er afbrudt, medens Klokken tier, saa længe der gaar Strøm i disse Ledninger. Ved at holde en stadig Strøm i Gang i dem, holder man altsaa

Klokken i Hvile, og i Ringeanlæg af denne Art — »Hvilestrømsanlæg« — fremkalder man Ringningen ved at afbryde Strømmen.

Induktionsringning. Til Ringning paa lange Afstande — f. Eks. ved Telefonvæsenet og Banernes Signalvæsen — anvender man i mange Tilfælde slet ikke Batterier, men man bruger Induktionsstrømme, frembragt ved mekaniske Midler (S. 61).

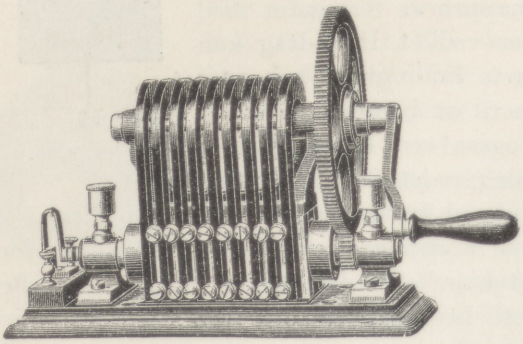


Fig. 85. Ringeinduktor.

Til Frembringelse af Induktionsstrømmen benytter man en saakaldt Magnetinduktor eller Ringeinduktor (Fig. 85). Mellem Polerne af en Række bøjede Staalmagneter ligger et langstrakt udskaaret Jærnstykke paa langs omvundet med isoleret Ledningstraad som vist i Fig. 86 eller i Fig. 87. Jærnstykket med Traadvindingerne kaldes Anker et, og det kan ved Hjælp af et Haandsving og Tandhjulsforbindelser drejes meget hurtigt om sin Længdeakse. Under Omdrejningen vil der da induceres Strøm i Traadvindingerne.

Hver enkelt Traadvinding kommer saa at sige til at virke som et galvanisk Element med en vis lille elektromotorisk Kraft, som er des større, jo hurtigere Ankeret drejes; og den hele Ledning kommer til at virke som et galvanisk Batteri med des større elektromotorisk Kraft, jo flere Vindinger der er.

Den elektromotoriske Kraft er imidlertid ikke ens hele Tiden under Ankerets Bevægelse, ja, den skifter endogsaa Retning to Gange for hver Omdrejning, saa at den omvundne Traads to Ender skiftes til at være positiv og negativ Pol. Da den Strøm man faar, naar Traadenderne forbindes ved en Ledning, altsaa skifter Retning for hver halve Omdrejning, kan Induktoren lignes ved et Pumpeværk, der driver Vandet i en Rørledning skiftevis til den ene og den anden Side. Naar Elektriciteten sættes saaledes i Bevægelse frem og tilbage i en elektrisk Ledning, siger man, at der gaar en Vekselstrøm gennem Ledningen. — Reglen for, hvornaar

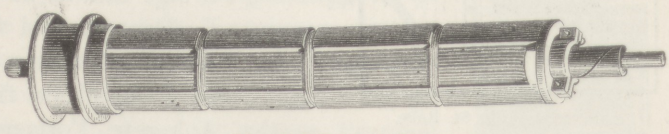


Fig. 86. Induktoranker.

Strømmen skifter Retning, skal vi ikke komme ind paa, da Sammenspillet mellem Magnetismen i Magneterne og i Ankerets Jærnkærne gør Sagen indviklet.

Forbindelsen mellem Traadvindingerne i det hurtigt roterende Anker og den ydre Ledning kan f. Eks. tilvejebringes derved, at en Del af Ankerets Aksel er sammensat af et ydre metallisk Hylster (*t* Fig. 87) og en indre Metalkærne (*s*), adskilte ved et isolerende Lag. Ankertraadens to Ender er forbundet med henholdsvis Hylstret og Kærnen, den ydre Lednings to Ender med to Fjedre, af hvilke den ene støtter mod Akselkærnen, der stikker lidt uden for Akselens ene frie Ende (se Fig. 85 og 87), medens den anden glider mod Hylstret. Den sidste: Fjeder kan imidlertid undværes, idet Strømmen fra Akslen kan gaa gennem Aksellejerne over i Magnetinduktorens faste Stel og derfra til den ydre Ledning.

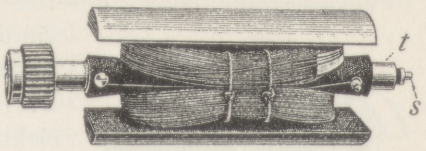


Fig. 87. Induktoranker.

Naar Vekselstrømme skal frembringe Ringning, maa man bruge Klokker af særlig Art.

Indretningen af en Vekselstrømklokke kan forstaas ved Hjælp af Fig. 88 og Fig. 89. I den førstnævnte skematiske Figur er *A* og *B* Traadruller med Jærnkærner, altsaa Elektromagneter. En bøjet Staalmagnet er stillet saaledes, at Sydpolen *S* befinder sig lige under Jærnstykket *C*, der forbinder Elektromagnetkærnernes nederste Ender, medens Nordpolen *N* befinder sig helt oppe over Jærnkærnerne. Disse bliver ved Staalmagnetens Indvirkning selv magnetiske med Nordpoler ned mod Staalmagnetens Sydpol og med Sydpoler opad. Et Anker *ab* kan om sit Midtpunkt vippe ned mod den ene eller den anden Jærnkærne og bringer derved en Stang *cd* til at slaa paa den ene eller den anden af de to Klokker *K*. Sendes der nu en Strøm ind gennem Traadvindingerne i en vis Retning, vil den f. Eks. ligesom Staalmagneten søge at frembringe en Sydpol foroven i Jærnkærnen til højre, medens den (i Modsætning til Staalmagneten) søger at danne en Nordpol foroven i Jærnkærnen til venstre; i den førstnævnte Jærnkærne vil Magnetismen da forstærkes; i den sidstnævnte svækkes, og Følgen heraf bliver, at den højre Ende af Ankeret *ab*

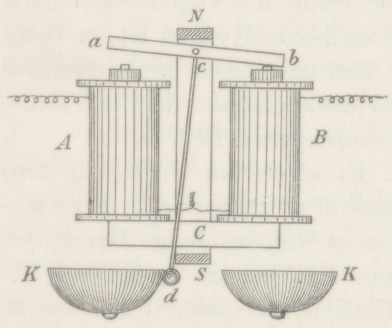


Fig. 88.
Grundtrækkene af en Vekselstrømklokke.

trækkes ned. Skifter Strømmen, gaar det omvendt med Magnetismen, og Ankeret vipper ned til venstre. Sendes der Vekselstrømme gennem Vindingerne, vil Klokkerne derfor vekselvis faa Slag i Takt med Strømmens Retningsvekslinger.

Vekselstrømklokker indrettes oftest med mange Elektromagnetvindinger, saa at de kan nøjes med en meget ringe Strøm (ofte kun $^1/_{100}$ Ampère). Da nu Magnetinduktorer kan give samme elektromotoriske Kraft som talrige (20—100 Lèclanchès Elementer, forstaar man, at Induktionsringning egner sig for meget lange Ledninger med Hundreder eller Tusinder Ohms Modstand.

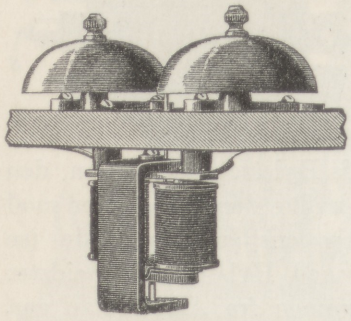


Fig. 89. Vekselstrømklokke.

En Magnetinduktor kan bringes til at give ensrettet Strøm i Stedet for Vekselstrøm ved Anvendelse af en saakaldet Kommutator eller Strømvender, der sørger for at omskifte Forbindelserne mellem Ankertraadens og den ydre Lednings Ender, hver Gang Strømmen skifter Retning i Ankertraaden. Men den ensartede Strøm, man paa denne Maade faar i den ydre Ledning, er rigtignok ikke jævn (ɔ: af ensartet Styrke), men sammensat af en Række »Strømstød«.

Elektrisk Togsikring. I stadig voksende Omfang og paa flere og flere forskellige Maader benytter Jærnbanevæsenet den elektriske Strøm til Sikring af Driften. Strømmen maa ile forud for Togene og berede dem Vejen; den maa bringe Bud tilbage og holde Ryggen fri for dem; og det er ikke nok, at den bringer Bud, den maa ogsaa holde Kontrol med, at Buddene bliver adlydt; den maa uskadeliggøre de Fejl, Banepersonalet kunde begaa, eller endogsaa umuliggøre Fejl.

Strømmen virker mest i det skjulte. Et af de faa Udslag af dens Virksomhed, som umiddelbart kan iagttages af de Rejsende, er Ringesignalerne fra de store Klokker, som er anbragt langs Banelinjen paa Ledvogterhuse eller i smaa fritstaaende Klokkehuse ved Ledvogterhusene. Naar Toget skal afgaa fra en Station, udsender denne fra en Ringeinduktor med Strømvender en ensrettet elektrisk Strøm gennem en Ledning, som gaar gennem alle Klokkemekanismerne paa Strækningen til den næste Station. Hvis nu denne Strøm selv skulde bevæge de store Klokkehamre, der frembringer de stærke Slag paa Klokkeskaalene, maatte Strømmen være meget stærk. I Virkeligheden er det et Urværk med Lodder (Løbeværk), som bevæger Klokkehamrene,

Strømmen udløser blot Urværket; den magnetiserer nemlig en Elektromagnet, og denne trækker da en Spærhage bort, som holdt Urværket standset; Lodderne kan da sætte Værket i Gang.

Fig. 90 viser et Klokkehus med Døren oplukket. Værket er tegnet aabent og noget simplificeret; til venstre ses Elektromagneten; Hamrene staar ved Traadtræk i Forbindelse med Vægtstænger, og disse sættes i Bevægelse af nogle Knaster paa et Hjul. Naar dette har drejet sig en halv Omgang, bringer en større Knast ved et Tryk paa en anden Vægtstang paany Spærhagen i Indgreb med Værket, saa at det standser. Hvis hver Hammervægtstang under Hjulets halve Omdrejning rammes 5 Gange af en Knast, vil en Strømslutning altsaa give 5 Dobbeltslag. I Reglen meldes Tog fra den ene Station ved 1 Strømslutning, Tog fra den anden Station ved 2 Strømslutninger (altsaa 2 Gange 5 Dobbeltslag).

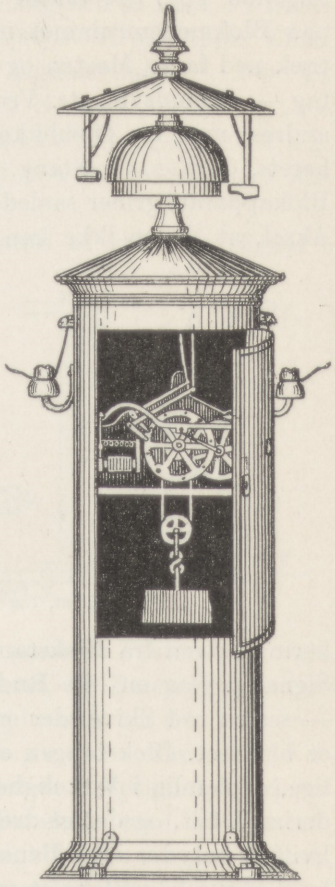


Fig. 90. Et Klokkehus.

Ofte anvendes Ledningen gennem Klokkehusene ogsaa til Telegrafering mellem Stationerne; den dertil anvendte Strøm er meget svagere end Induktorstrømmen, saa svag, at den ikke sætter Løbeværket i Gang.

Ved adskillige stærkt befærdede Baner ser man hist og her mellem Stationerne ved Siden af en af de kendte Signalmaster med to Signalarme eller »Vinger« en lille Bygning, til hvilken der fører flere Ledningstraade. Det er da en Blokpost, et Led i det saakaldte Bloksystem.

Efter Bloksystemet inddeles Banelinjen ved en Række Blokposter i Stykker — Blokmellemrum — af passende Længde. Mellem to Blokposter maa der aldrig befinde sig mere end et Tog paa et bestemt Spor. Overtrædelse af denne Regel forhindres ved en sindrig elektrisk Forbindelse mellem Mastesignalerne ved to paa hinanden følgende Blokposter. Hvorledes dette opnaas, forstaas lettest for en dobbeltsporet Bane, hvor der paa hvert Spor kun kører Tog i en bestemt Retning. Betragter vi endvidere kun det ene Spor og de dertil hørende Apparater — f. Eks. kun den ene Vinge paa Signalmasterne —, kan Hovedtrækkene

af Ordningen oplyses ved Fig. 91 og 92. I Fig. 91 er et Tog (antydet ved et Lokomotiv) paa Vej mellem Blokposterne *A* og *B*, i Fig. 92 har det passeret Post *B*.

I Fig. 91 staar Vingen paa Signalmasten ved *A* vandret, hvilket er dens normale Stilling. Den siger da »Stop« eller »Holdt« til efterfølgende Tog, der altsaa ikke uden at trodse Signalet kan køre ind paa Blokmellemrummet mellem *A* og *B*. Fra Vingen gaar et Traadtræk ned langs Masten og ind i Blokhuset til en Aksel med et Haandtag — »Signalsvinget«. Ved Drejning af dette kan Vingens Stilling forandres; men for Øjeblikket er Signalet ved Post *A* aflaaset eller »blokeret«, d. v. s. en Stang, Blokstangen, der gaar ned fra det egentlige Blokapparat, griber saaledes ind i et Hak i en Skive paa Signalsvingets Aksel, at denne ikke kan drejes. Banevogteren kan ikke frigøre Blo-

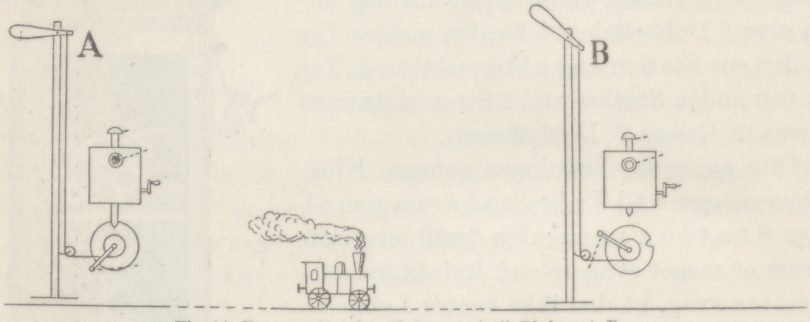


Fig. 91. Tog paa Vej fra Blokpost *A* til Blokpost *B*.

keringsskiven fra Blokstangen; han er altsaa ikke i Stand til at ændre Signalet. Bag en lille Rude i Blokapparatet — det saakaldte Blokøje — ses en rød Skive, der er det ydre synlige Tegn paa, at Signalsvinget er blokeret. Blokstangen og Blokeringsskiven, der paa Figuren er synlige, er nemlig i Virkeligheden skjulte. — Paa Post *B* er Signalsvinget derimod frit, og det er drejet saaledes, at Vingen er løftet skraat opad, hvilket betyder »Fri Bane«; Toget kan altsaa frit passere Posten. En hvid Skive bag Blokøjet er det ydre synlige Tegn paa, at Signalsvinget er frit

Naar hele Toget har passeret Post *B*, drejer Banevogteren her Signalsvinget saaledes, at Vingen bliver vandret og altsaa giver Stopsignal til efterfølgende Tog; samtidig kommer Blokeringsskivens Hak til at staa lige under Blokstangen. Derefter drejer Banevogteren Haandsvinget paa en Magnetinduktor, som findes i Blokapparatet, 10—12 Gange rundt og trykker samtidig et Haandtag, den saakaldte Blokknap, ned; ved Trykket gaar Blokstangen ned i Skivens Hak (inden Signalsvingets Drejning kunde dette ikke ske). En Fjeder vil søge at

føre den nedtrykkede Blokstang til Vejrs igen, men Vekselstrømmen fra Induktoren bevæger en elektromagnetisk Mekanisme, som spærrer Blokstangen Vejen tilbage; den bliver altsaa siddende dernede og holder Signalsvinget blokeret. Den omtalte Mekanisme fører tillige en rød Skive hen bag Blokøjet i Stedet for den hvide. — Men Vekselstrømmen fra Induktoren gaar desuden gennem en Ledning hen til Post *A*'s Blokapparat, hvor den paa samme Tid gør Blokøjet hvidt og slipper Blokstangen løs, saa at den gaar til Vejrs og giver Signalsvinget fri. Først nu er Banevogteren paa Post *A* i Stand til at give Signalet »Fri Bane« til et mulig efterfølgende Tog. — Signalernes og Blokapparaternes Tilstand paa de to Stationer angives nu ved Fig. 92.

Dersom Banevogteren ved Post *B* forsømte at stille sit Signal i

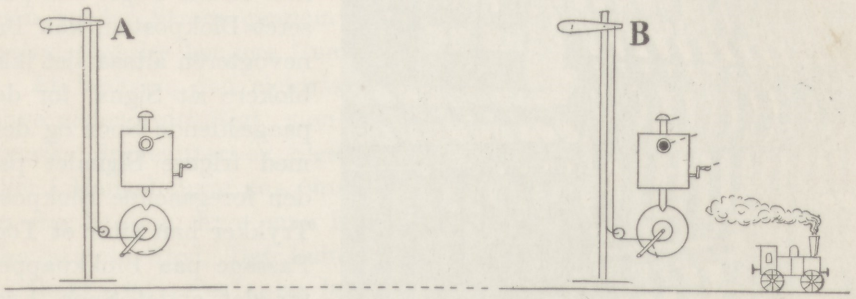


Fig. 92. Toget har passeret Blokpost *B*.

Stopstillingen og blokere det, naar Toget var passeret Posten, saa vilde Signalet paa Post *A* blive ved at være blokeret, og Banevogteren her kunde ikke give Signalet »Fri Bane«. Fejlen kunde altsaa volde Forsinkelse, men ikke noget Sammenstød. Toget vil i alt Fald have Ryggen dækket ved et Stopsignal, og dette gælder for ethvert Tog, der kører paa en Banelinje med Blokposter.

Banevogteren ved en Blokpost kan forøvrigt frigøre sit eget Signalsving, naar Forholdene kræver det (f. Eks. naar det vides, at Naboposten har forsømt at gøre det), men han maa da først fjerne en Blyplombe ved sit Blokapparat.

Ikke blot Størrelsesforholdene, men ogsaa Apparaternes indbyrdes Stilling og Enkelthederne ved deres Indretning er en Del anderledes i Virkeligheden end paa Fig. 91 og 92. Endvidere er der paa en Blokpost to Signalsving med tilhørende Vinger og Blokeringsmekanismer. Hertil kommer saa to elektriske Klokker (»Vækkere«) til Modtagelse af Melding fra Naboposterne og to »Vækkerknapper« til Afsendelse af Ringesignalerne til Naboposterne.

Det kunde ske, at Banevogteren efter et Togs Forbifart nedtrykkede den forkerte Blokknap, den, der hører til det andet Spor. Herved kunde i visse Tilfælde voldes Ulykker, og man søger derfor ved særlige Forholdsregler at udelukke denne Mulighed. Fuldstændigst kan dette ske ved Anvendelsen af Skinnekontakter. Et lille Stykke forbi Blokposten er en af de Skinner, Toget kører henover, anbragt saaledes, at Togets Tryk bringer dem til at slutte en elektrisk Strøm fra et Lokalbatteri. Denne Strøm gaar hen til det til Sporet hørende Blokapparat og frigør Blokknappen, der indtil da var saaledes fastholdt af en Spærreindretning, at den slet ikke kunde nedtrykkes. Inden Toget har passeret Blokposten, kan Banevogteren altsaa slet ikke blokere sit Signal for det paagældende Spor og dermed frigøre Signalet paa den foregaaende Blokpost. Trykker han efter et Togs Passage paa Blokknappen for det andet Spor, hvor intet Tog var passeret Posten, vil han straks ved Knappens Modstand underrettes om, at han tager fejl; Knappen ved bedre Besked.

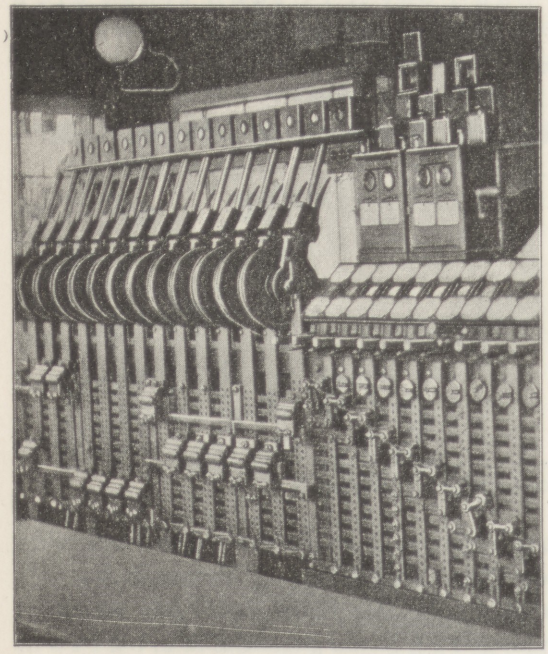


Fig. 93. »Kommandopost« med Blokapparater.

Naar Bloksystemet anvendes paa en længere Banestrækning med flere Stationer, kan disse i simpleste Tilfælde gaa ind i Systemet paa den Maade, at Strækningen mellem Ind- og Udkørselssignalerne ved begge Ender af Stationsterrænet danner et Blokmellemrum. Paa Stationer, hvor et Persontog skal kunne køre udenom (»overhale«) et Godstog el. lign., findes der imidlertid en særlig »Overhalingsknap«; ved Tryk paa den kan et Signal frigøres udenfor Bloksystemets Regler, naar Togoverhalingen skal finde Sted.

Paa store Stationer med mange Spor bliver Forholdene meget indviklede. Fig. 93 er et Billede af en saakaldt Kommandopost paa Københavns Hovedstation. Her ser man til højre to dobbelte Blokapparater

med Induktorsving, Blokøjne, Blokknapper samt lidt højere oppe Vækkerknapper og Vækkere. Til venstre i Billedet ses endvidere en Række store Haandtag og Skiver. Fra dem og andre, som ikke er vist, fører lange Traadtræk eller Stangtræk ud i Terrænet til Sporskifter og Signalvinger, som omstilles ved Hjælp af Haandtagene. I Stedet for at dvæle ved denne mekaniske Centralbetjening af Sporskifter og Signaler, vil vi imidlertid straks gaa over til den nyere og fuldkomnere Fremgangsmaade, nemlig den elektriske Centralbetjening; den er indført paa det nye Baneterræn i København, som foreløbig kun har tjent til Godstrafikken, men som nu ogsaa skal tage mod Persontrafikken.

Ved den elektriske Centralbetjening bevæges Signalarme saa vel som Sporskiftetunger af smaa Elektromotorer, det vil sige Apparater, der kan dreje en Aksel rundt og udføre et Arbejde, naar man sender Strøm gennem dem; hvorledes Elektromotorer kan indrettes, omtales længere fremme.

At beskrive den elektriske Centralbetjening i Enkelthederne vilde blive altfor vidtløftigt; men lad os dog kaste et Blik ind i det Lokale, hvorfra Sporskifter og Signaler styres ved Elektricitetens Hjælp, — eller i Mangel deraf paa omstaaende Billede af et saadant Lokale paa en stor Station, hvor man har samlet flere elektriske Centralapparater paa samme Sted. Det kunde ved en flygtig Betragtning minde om en Række Klaverer; men den, der spiller paa disse Instrumenter, vilde have Hundreder af Menneskers Liv og Død i sin Haand, om han kunde spille efter eget Behag. Det gik ikke an, at her blev spillet forkert, og derfor har man indrettet Instrumenterne saaledes, at det er umuligt at slaa falske Akkorder an.

Øverst paa Apparatets Forside ser vi en Mængde smaa Haandtag. De 5, der ses forrest i Billedet, tjener til Omstilling af 5 Sporskifter. I Øjeblikket staar de alle skraat opad til højre; omlægges en af dem til den tilsvarende Stilling skraat til venstre, sendes der en elektrisk Strøm til en Elektromotor, der er anbragt henne ved det paagældende Sporskifte; dette omstilles da af Strømmen. Lægges Haandtaget tilbage, føres Sporskiftet ogsaa tilbage til den oprindelige Stilling. — Andre Haandtag tjener til Omstilling af Signaler; ved Omlægning af et Signalhaandtag sendes en Strøm ud til en Signalmast, hvor en Elektromotor da løfter Signalvingen skraat opad og derved giver Signalet »Fri Bane«, eller omvendt lader Vingen gaa tilbage til den normale vandrette Stopstilling. — Endelig er der de saakaldte Togvejshaandtag, ved hvis Drejning lange vandrette Stænger inde i Apparatet skydes til den ene eller anden Side. Disse Stænger gør visse Signalhaandtag og

Sporskiftehaandtag afhængige af hverandre saaledes, at man slet ikke kan give Signalet »Fri Bane« til et Tog, inden alle Sporskifter paa Stationsterrænet langs den Sporstrækning (Stationstogvej), Toget skal befare, er stillet rigtigt. — I de nyeste Centralapparater findes ofte Knapper i Stedet for Haandtag.

Den mekaniske Afhængighed mellem Haandtagene inde paa Centralapparatet vilde imidlertid ikke være tilstrækkelig betryggende, om

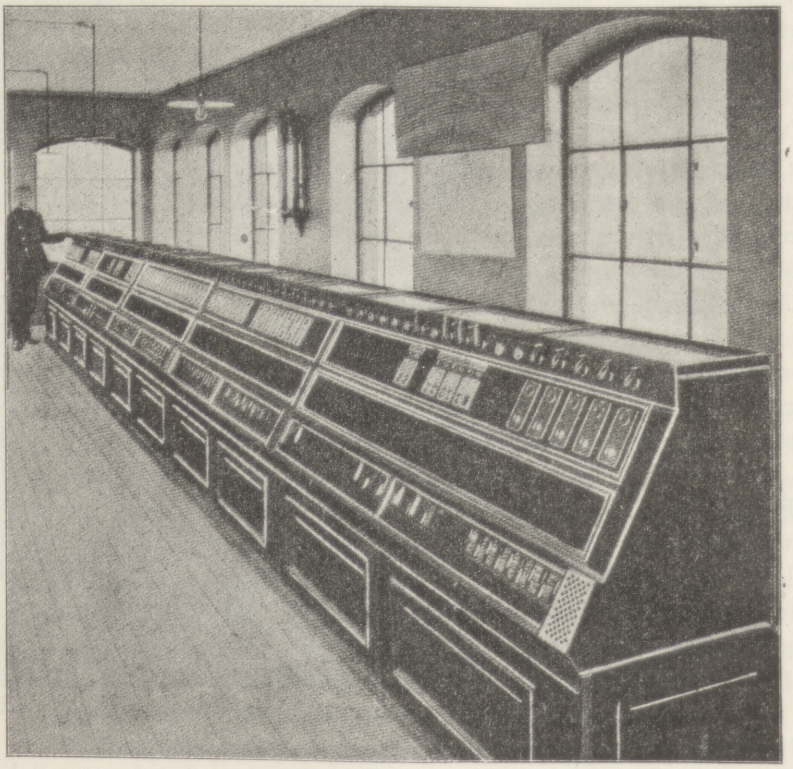


Fig. 94. Elektriske Centralapparater.

man ikke var ganske sikker paa, at Sporskifterne og Vingerne ude i Terrænet virkelig havde lystret Haandtagene. Derfor er der ført Ledninger for »Kontrolstrømme« ude fra Sporskifter, Signalmaster og andre vigtige Punkter ind til Elektromagneter inde i Centralapparatet. Naar der gaar Strøm gennem en saadan Elektromagnet, fastholder den en hvid eller en rød Plade bag en lille rund Rude; paa vort Billede ses mange saadanne Ruder (under Haandtagene). Afbrydes Strømmen, gaar Pladen bort, og Ruden bliver sort eller viser en anden Farve.

Disse Kontrolstrømme kan nu fortælle mange Ting. — Saa længe

et Sporskifte er under Omstilling, er Kontrolstrømmen derude fra afbrudt, den tilhørende Rude er sort, og desuden ringer en elektrisk Klokke inde i Betjeningslokalet. Dersom nu f. Eks. en Sten hindrer Elektromotoren i at føre Sporskiftetungen helt hen til Skinnen, saa bliver Kontrolstrømmen ikke sluttet, Ruden bliver ved at være sort, og Klokken bliver ved at ringe og forlange Stenen fjærnet. — Andre Kontrolstrømme giver Betjeningsmandskabet Besked om et Togs Bevægelse hen over Sporene; hver Gang Toget passerer et Sporskifte, skifter en Rude paa Centralapparatet Farve, og det bliver tillige umuligt at dreje det paagældende Sporskiftehaandtag, før Toget er passeret. Herved udelukkes altsaa Ulykker som den, der i Oktober 1905 skete ved Eskildstrup, hvor to Mennesker blev dræbt, fordi et Sporskifte omstilledes, inden hele Toget var kørt hen over det.

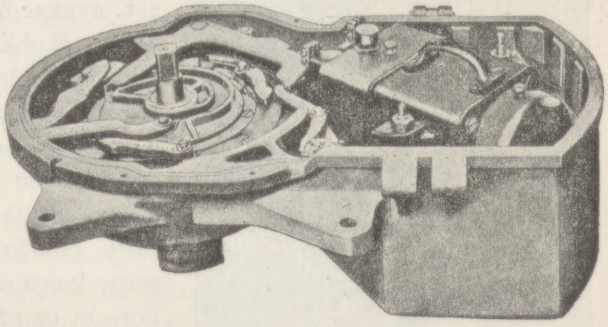


Fig. 95. Elektromotor og Mekanik til Sporskiftning (anbringes i Jorden ved Sporskiftet).

Det interessanteste ved det hele Anlæg, det der saa at sige sætter Kronen paa Værket og tilvejebringer en næsten absolut Sikkerhed mod falske Indkørselssignaler, er dog de saakaldte Koblingselektromagneter eller Signalelektromagneter. De er ikke anbragt i Centralapparatet, men derimod ude ved Signalmasten, — èn for hver Vinge. Det er umuligt at stille en Vinge paa »Fri Bane«, med mindre der gaar Strøm gennem den tilhørende Signalelektromagnet, og dette kan der kun gøre, naar hele den paagældende Stationstogvej er i Orden. Selv om man, forinden Togvejen var bragt i Orden, kunde sende Strøm til Signalmastens Elektromotor, kunde den altsaa ikke stille Vingen paa »Fri Bane«. Ja, ikke nok med det. Hvis et af Sporskifterne blev omstillet eller brudt, efter at Vingen var stillet paa »Fri Bane«, saa vilde derved Strømmen gennem Signal-Elektromagneten afbrydes; Magneten lader da øjeblikkelig Vingen synke ned til den vandrette Stilling og raaber saaledes »Stop« til Toget. Under normale Forhold, hvor Toget faar Lov at køre ind, vil Elektromagneten miste sin Strøm og lade Vingen falde, naar Toget har naaet et bestemt Punkt paa Banen; Elektromagneten dækker altsaa nu Togets Ryg ved et Stopsignal. Alt dette passer Elektromagneten uden menneskelig Hjælp.

I vedføjede Billede ses den nederste Del af en Signalmast med et

aabent Skab, som indeholder Signalstillingsmekanismen. Øverst i Skabet findes Elektromagneterne. Omtrent i Midten ses Elektromotoren. Denne staar ved forskellige Tandhjul, Stænger o. lign. i Forbindelse med Stangtrækket til Signalvingen, men kun saa længe Elektromagneten faar Strøm og holder sit Anker tiltrukket; er dette ikke Tilfældet, løses Forbindelsen mellem Stangtrækket og Elektromotoren, saaledes at denne ikke kan føre Vingen til Vejrs. Først naar Elektromagneten faar Strøm, »sammenkobles« Elektromotoren og Stangtrækket; afbrydes »Koblingsstrømmen«, medens Vingen er løftet, synker Vingen ned ved sin egen Vægt. Koblingsstrømmen gaar gennem Centralapparatet, hvor den sluttes eller afbrydes ved Drejning af et Togvejshaandtag, og hvor den tillige passerer en Række Kontakter, der holdes sluttede ved de tidligere omtalte Kontrolstrømme fra Sporskifterne langs den paagældende Togvej; dersom et af Sporskifterne ikke er i Orden, vil altsaa ikke blot Kontrolstrømmen derfra, men ogsaa Koblingsstrømmen til Signalet være afbrudt, saa at Vingen kun kan vise »Stop«. — At Vingen falder ved Togets Passage over et bestemt Sted, skyldes en Skinnekontakt, ved hvis Slutning Signalelektromagneten mister sin Strøm.

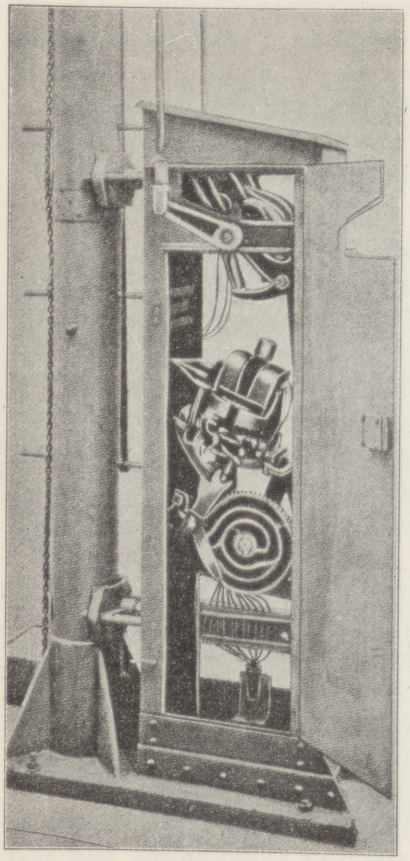


Fig. 96. Signalstillingsmekanisme.

Skønt det ikke er stærke Strømme, der kræves til den elektriske Centralbetjening, vilde det dog være upraktisk at tage den fra galvaniske Batterier. Ved de store Stationer, her er Tale om, vil der i Reglen være et elektrisk Lysanlæg, hvorfra Strømmen kan tages; den tages dog ikke direkte fra Anlæggets Ledninger, men fra Akkumulatorer, der lades fra Anlægget (Akkumulatorer omtales i næste Afsnit).

Ved den elektriske Centralbetjening er det fysiske Arbejde, som kræves af Betjeningspersonalet, svundet ind til næsten intet, og Arbejdet kan gaa overordentlig hurtigt fra Haanden; en Sammenligning

mellem Fig. 93 med de store, svære Haandtag og Fig. 94 med de ganske smaa Haandtag giver en Forestilling om Forskellen mellem Mekanikken og Elektrikken i denne Henseende. En Togvej med en Snes Sporskifter, der skal omstilles, kan, om det skal være, gøres rede i en Snes Sekunder, naar det sker elektrisk. Man sparer derfor Mandskab. Endvidere sparer man Plads og kan udnytte Terrænet bedre, fordi elektriske Centralapparater fylder mindre end mekaniske, og fordi de talrige Traad- og Stangtræk erstattes af elektriske Ledninger, der kan anbringes, hvor det passer bedst. Hvad Trygheden for Liv og Gods angaar, kan den ganske vist blive meget stor ved mekanisk Centralbetjening, idet man ogsaa her tilvejebringer en mekanisk Afhængighed mellem Signalhaandtag og de tilhørende Sporskiftehaandtag; og det kan f. Eks. anføres, at et Tog ad rent mekanisk Vej kan umuliggøre Sporskiftning, medens det passerer Sporskiftet; desuden benyttes ogsaa ved mekanisk Centralbetjening den elektriske Strøm som Kontrol- og Sikringsmiddel. Men hvor alt gaar ved Elektricitet, føjer talrige og mangeartede elektriske Sikringsmidler sig dog simplest og naturligst ind i Systemet.

Vi saa Side 104 et Eksempel paa, at et Tog selv fremkaldte et Stoppesignal bag sig. En saadan avtomatisk Signalafgivning, hvor Toget saa at sige selv udfører en Banevogters Arbejde, kunde føres langt videre, hvor Forholdene gjorde det ønskeligt. I Amerika skal avtomatisk Signalændring ved elektriske Strømme være meget anvendt; men ogsaa i Evropa træffer vi den — som vi senere skal se — meget i Brug ved elektriske Sporveje eller andre elektriske Baner.

Sikring mod Ildebrand. Der er Fart i Kampen mod Ilden i Nutidens Storbyer. Brandmandskabet skal ikke kaldes sammen fra alle Kanter af Byen ved Kirkeklokken eller Brandtrommen; øvede Brandfolk er bestandig rede til at køre af Sted i fuld Galop med Sprøjterne. Men den Fart, hvormed disse iler til Brandstedet, overgaas dog langt af den Fart, hvormed Meldingen om Branden kan naa ind til Brandstationen. I København f. Eks. behøver den, der opdager Branden, i Reglen aldrig at tilbagelægge mere end et Par Minutters Vej (400 Alen), inden han kan overdrage den elektriske Strøm at bringe Meldingen i et Nu Resten af Vejen ind til Stationen.

Offentlige B r a n d a l a r m e r eller »Brandskabe«, hvorfra der kan sendes elektrisk Melding til den nærmeste Station, er nemlig i et Antal af noget over 100 fordelt saaledes over Byen, at ovennævnte Maal i Hovedtrækkene naas. Endvidere har man ved Anbringelsen af de mindre Brandstationer — Vagtstationerne — rundt om i Byen sat sig

som Maal, at Sprøjten skal kunne naa Brandstedet i det seneste 8 Minutter efter Alarmeringen — altsaa 10 Minutter efter Ildens Opdagelse.

Gadebrandalarmerne er fordelt mellem de enkelte Vagtstationer samt Hovedbrandstationen. Fra hver Station udgaar mindst én Ledning, som er ført gennem en Del Brandalarmer og derefter tilbage til Stationen, saa at den danner en lukket Kreds. Fra nogle Stationer udgaar flere Ledningskredse. Der gaar stadig en svag Strøm gennem disse Ledningskredse; naar en Brandalarm benyttes, sker der en Afbrydelse af Strømmen, og herved indtræder Alarmeringen, idet et Relæ inde paa Vagtstationen slutter en Strøm fra et særligt Batteri til en elektrisk Klokke; det er altsaa et Hvilestrømsanlæg (se S. 94).

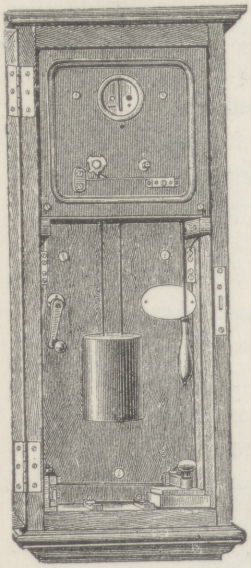


Fig. 97. »Brandskab«.

Da der er indskudt flere Brandalarmer i hver Ledningskreds, vilde en enkelt Strømafbrydning ikke fortælle, hvorfra der alarmeredes. For at Stationen kan vide dette, maa Brandalarmerne indrettes paa en ejendommelig Maade. — Ligesom i Banernes Klokkehuse (S. 97) findes der inde i Brandalarmen et Løbeværk. I det i Fig. 97 fremstillede Brandskab udløses Løbeværket ved Træk i et Haandtag, men i mange Gadebrandalarmer foregaar Udløsningen ved Tryk paa en Knap, der findes bag en Rude; denne maa altsaa først ituslaas. Trykket paa Knappen frembringer ikke umiddelbart nogen Strømafbrydning; det besørger Løbeværket. Dette bevæger nemlig et Hjul med større og mindre Tænder, som under Hjulets Omdrejning skubber til en Kontaktfjeder og derved gentagne Gange frembringer en Afbrydelse af Strømmen — længere eller kortere efter Tændernes Størrelse. Inde paa Stationen sættes ved Strømafbrydningen ikke blot en Klokke i Virksomhed, men tillige et elektromagnetisk Skriveapparat (Morseapparat), hvis Indretning vil blive omtalt senere (under Telegrafi); det frembringer paa en bevæget Papirstrimmel Streger eller Prikker efter Strømafbrydningens Varighed, Naar nu de strømbrydende tandede Hjul er forskellige i de forskellige Brandalarmer, bliver Rækkefølgen af Streger og Prikker paa Papirstrimlen ogsaa forskellig; hver Brandalarm faar saaledes sit særlige let kendelige Mærke.

I mange nyere Brandalarmer er Trykknappen bag Ruden erstattet af et frit Haandtag, paa hvilket man skal dreje, til det standser. Først naar dette sker, udløses Løbeværket og afsendes Meldingen; men i

Mellemtiden bringer Haandtagets Drejning ad rent mekanisk Vej en fri Klokke oven paa Brandalarmen til at ringe stærkt. — Den ondartede Kaadhed at give falsk Brandalarm bliver derved ret risikabel for Udøveren, da Ringningen kan tiltrække en Politibetjent eller andre, der vil haandhæve Ordenen.

Foruden Gadebrandalarmerne findes der lignende Brandalarmer i mange Bygninger f. Eks. i Teatre, Hospitaler og nogle Fabrikker.

Saa snart der ringes fra en Brandalarm, alarmeres Mandskabet avtomatisk, og Lyset tændes i alle Lokaler.

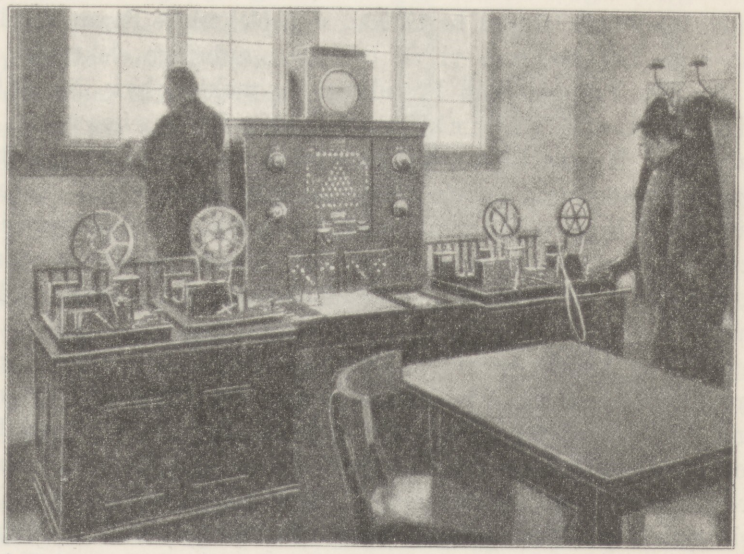


Fig. 98. Telegraflokalet paa en københavnsk Brandstation.

I hver Brandalarm findes en Telefon, der kan indskydes i Ledningen, saa at der under en Brand kan føres Samtale med Stationen fra den Brandstedet nærmeste Alarm. Endvidere kan der telefoneres mellem Vagtstationerne og Hovedstationen, og ved en Ledningskreds gennem alle Stationerne staar de i Telegrafforbindelse indbyrdes.

Mange Steder tages Elektriciteten ogsaa paa andre Maader i Brandvæsenets Tjeneste. I nogle Byer er en Del af Brandvognene elektriske Motorvogne, og undertiden drives selve Sprøjten ved elektrisk Drivkraft (fra Sporvejsledningerne) i Stedet for ved Damp. — Paa mange Brandstationer tænder den vagthavende ved Drejning af et Haandtag Lamper rundt om i Stalde, Vognskur o. s. v., samtidig med at han alarmerer Mandskabet; dette kan gøres, hvad enten der bruges elektrisk Lys eller Gas med elektrisk Tænding. — Paa Chikagos Hoved-

brandstation viser Tegnkasser el. desl., hver Gang en Sprøjte kører ud fra eller vender hjem til en af Byens Stationer, saa at det altid kan ses, hvor mange Sprøjter der haves til Raadighed.

At Brandvæsenet kan være paa Pletten 10 Minutter efter, at en Ildebrand opdages, er en fortræffelig Ting, men ikke mindre vigtigt er det, at Opdagelsen sker hurtigt efter Antændelsen; hurtig Opdagelse kan ofte overflødiggøre Brandvæsenets Hidkaldelse, sildig Opdagelse kan gøre dets Arbejde unyttigt. Til en fuldstændig Ordning af Forsvaret mod Ildens Angreb hører der foruden de foran nævnte Foranstaltninger tillige Forholdsregler til hurtig Opdagelse af enhver opstaaende Ildebrand. Ogsaa hertil kan den elektriske Strøm hjælpe os. Vi kan i de Lokaler, som vi vil betrygge, anbringe elektriske Apparater, der gør Tjeneste som Brandvagt og melder, hvis der udbryder Brand. Saadanne selvvirkende Brandalarmer kan enten blot alarmere Husets Folk eller umiddelbart sende Meldingen til den nærmeste Brandstation; dette sidste er ikke ualmindeligt i England og Amerika. I Belgien har man endog forsøgsvis ved traadløs Telegrafi indrettet det saaledes, at en elektrisk Brandvagt i et Hus uden nogensomhelst Ledningsforbindelse med Brandstationen kunde tilkalde Brandvæsenet.

Det er i og for sig en meget let Sag at tilvejebringe en »Temperaturkontakt«, d. v. s. en eller anden Indretning, som ved Temperaturstigning kan slutte eller afbryde en elektrisk Strøm og derved f. Eks. bringe en elektrisk Klokke til at lyde, og der er i Virkeligheden konstrueret mangfoldige selvvirkende elektriske Brandalarmer. Men i Praksis maa der stilles mange strænge Fordringer til en selvvirkende Brandalarm. Den maa virke sikkert, og den maa alarmere i Tide. Den maa kontrollere sig selv og melde, hvis der kommer noget i Vejen med Apparaterne. Og den maa paa den anden Side ikke være for villig til at alarmere; den skulde f. Eks. gærne kunne kende Forskel paa Kakkelovnsild og Skadeild.

Videst i Retning af at forlige disse til Dels indbyrdes modstridende Fordringer naar vistnok en dansk Brandalarm — den saakaldte Autopyrofon —, der er opfundet af C. Hilkier og senere udviklet videre af Firmaet Tvermoes & Abrahamson. Den har allerede vundet Udbredelse uden for Landets Grænser, og den vakte megen Opmærksomhed paa en elektrisk Udstilling i London 1905.

En simpel Form af Avtopyrofonen er vist skematisk i Fig. 99. — Øverst ses den egentlige »Brandvagt«, den saakaldte Detektor, der bestaar af 2 Temperaturkontakter *I* og *II*, der begge er bøjede Glasrør med Kviksølv. Fra Batteriet *B* sendes en stadig Strøm (Hvilestrøm)

gennem Kviksølvet i begge Rør, idet Kviksølvet forbindes med de ydre Ledninger ved Platintraade, der er indsmeltet i Glasset ved *M*, *N*, *P* og *R*. Strømmen gaar endvidere gennem Elektromagneten *E*, der altsaa er magnetisk og holder Ankeret *A* tiltrukket. Saa snart Hvilestrømmen afbrydes af en eller anden Grund, falder Ankeret ned og slutter derved en Strøm gennem Klokken *K* fra det samme Batteri. Elektromagneten og Ankeret danner altsaa et Slags Relæ.

Betragter vi Glasrøret *I*, ser vi, at den ene lodrette Gren er aaben, den anden lukket, og i den sidstnævnte er der oven over Kviksølvet lidt flygtig (let fordampende) Væske, som i de nyere Konstruktioner helt udfylder Rummet op til Glasset. Stiger Temperaturen til en vis bestemt Værdi (omtrent Væskens Kogepunkt), udvikler Væsken Damp, som trykker Kviksølvet ned under Platintraaden; derved brydes Hvilestrømmen, og Klokken ringer. — Temperaturkontakten *I* skulde altsaa kende Skadeild fra Kakkelovnsild eller anden uskadelig Varme derpaa, at Skadeilden giver højere Temperatur.

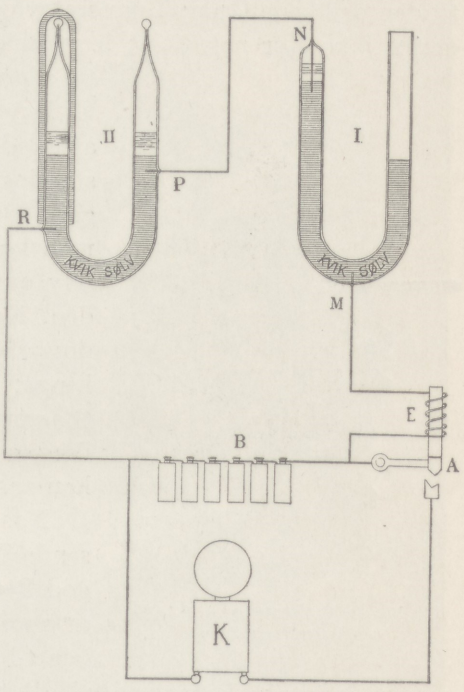


Fig. 99. Selvvirkende Brandalarm.

Glasrøret *II* er lukket i begge Ender, og i begge Grene findes der en flygtig Væske over Kviksølvet; over Væsken findes kun dens egen Damp. Naar begge Grene er lige varme, trykker Dampen lige stærkt begge Steder, og Kviksølvet staar derfor lige højt i de to Grene, hvad enten Temperaturen er høj eller lav. Uden om den venstre Rørgren er der imidlertid anbragt et Hylster af et Stof, der leder Varmen daarligt, f. Eks. en Gummislange, saa at denne Rørgren er vanskeligere at varme op end den anden; og dersom den udækkede Rørgren blot bliver en lille Smule — f. Eks. et Par Grader — varmere end den dækkede, vil Damptrykket i den udækkede Gren faa saa stærkt et Overtag, at Kviksølvet drives ned under Platintraaden, og Strømmen brydes. Tænker vi os nu, at Glasrøret er anbragt nær Loftet i en kold Stue, og at her af en eller anden Grund bryder Ild i noget

Papir eller andre hurtigt opblussende Sager, saa kan den varme Luft, som stiger til Vejrs, naa at opvarme den udækkede Gren et Par Grader, inden der er trængt nævneværdig Varme ind til Væsken i den dækkede Gren, og en saadan hurtigt opblussende Ild kan derfor fremkalde Strømafbrydning og Ringesignal, længe inden Stuen naar den Varmegrad, en Kakkelovn vilde give den. Ikke desmindre alarmerer Apparatet ikke, fordi der fyres i Kakkelovnen; thi herved stiger Temperaturen saa langsomt, at Varmen faar Tid til ogsaa at trænge ind til den dækkede Gren; Temperaturforskellen mellem de to Grene bliver derfor ikke stor nok til at fremkalde Strømbrydning. — Temperaturkontakten *II* skulde altsaa navnlig kende Skadeild fra Kakkelovnsild paa, at Skadeilden giver hurtigere Temperaturstigning. Jo langsommere Stigningen foregaar, des senere indtræder Alarmeringen; man kan godt indrette Røret saaledes, at selv om Stigningen ikke er hurtigere end den, Kakkelovnsild kan give, saa vil det dog alarmere, hvis Stigningen fortsættes længe; men forøvrigt sørger jo det andet Glasrør for, at Temperaturen i hvert Fald ikke, selv med en langsomt ulmende Ild, kan naa ubemærket op over en vis Grænse.

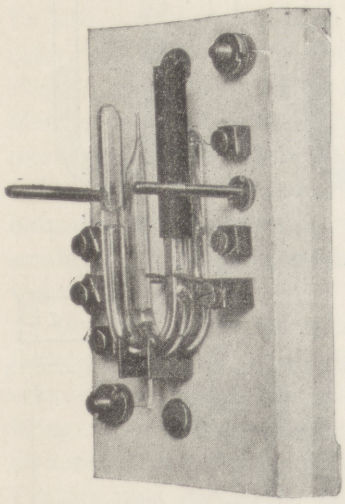


Fig. 100. De to Glasrør samlede paa en Porcellænsplade.

Naar de to Glasrør indrettes paa passende Maade, kan de tilsammen give en god Betryggelse uden dog at være lette til at gøre falsk Alarm, og Apparatet er tillige til Dels selvkontrollerende, forsaavidt som et Brud paa Rørene eller Hvilestrømledningerne vil afbryde Strømmen og foranledige Ringesignal. Men Systemet er udvidet saaledes, at Avtopyrofonen ikke blot fortæller, at der er noget i Vejen, men ogsaa hvad der er i Vejen. Ved en af de fuldkomneste Ordninger er Detektoren forbundet med en Tegnkasse med en Række Faldklapper, af hvilke den ene giver et indledende Faresignal, den anden derefter, hvis Temperaturstigningen fortsættes, det egentlige Brandsignal, den tredje, der bærer Indskriften »Fejl«, bringer Bud om et pludseligt Brud paa Glasrørene, Overskæring eller Overbrænding af Ledningen el. desl., den fjerde med Indskriften »Jord« melder, at Ledningernes Isolation er blevet ødelagt, saa at der er opstaaet Afledning til Jorden, den femte endelig underretter om, at Batteriet er blevet for svagt og bør fornyes. — Fig. 101 viser det Indre af et saadant Meldeapparat, hvor vi ser

en Del Elektromagneter og mange Faldklapper, som naar de slippes af deres Elektormagnet, viser sig foran smaa Ruder i Meldeapparatets Dør; nogle Faldklapper bærer selv Indskrift, andre har den over den tilsvarende Rude. Af de 4 nederste Elektromagneter giver den ene Signal om Batterisvækkelse; de 3 andre tjener til at vise, hvor Branden er. Det afbildede Meldeapparat er nemlig indrettet for en Bygning med talrige Detektorer samlede i 3 Grupper, f. Eks. 1 i hver Etage. Til Trods for at Tegnkassen kan give alle de nævnte forskellige Meddelelser gaar der dog fra Tegnkassen kun 4 Ledningstraade op til Detektorerne, nemlig 1 Fremledning for hver Gruppe samt 1 fælles Tilbageledning for Elektriciteten.

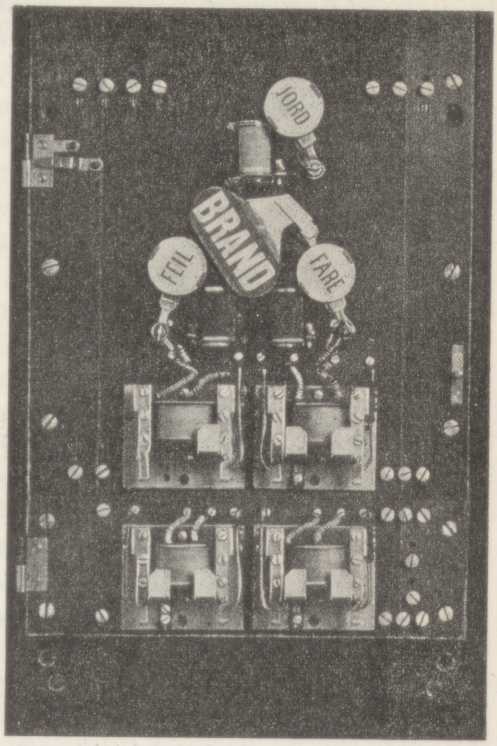


Fig. 101. Meldeapparat for selvvirkende Brandalarm.

At beskrive hele den smukke og sindrige Indretning, hvorved Meldeapparatet gøres saa veltalende, vilde tage for megen Plads. Det skal blot nævnes, at Detektorernes Glasrør er forbundet ved to Ledningstraade med Platintraade indsmeltet i forskellig Højde; en ringe Temperaturstigning afbryder den øverste Ledning, og da den anden har stor Ledningsmodstand, svækkes Strømmen stærkt, hvorved vedkommende Detektorgruppes Elektromagnet taber et Anker; dethar atter til Følge, at Fareklappen falder. Naar derefter ogsaa den anden Ledning afbrydes, saa at Strømmen forsvinder helt, taber Gruppeelektromagneten endnu et Anker, og herved bringes Brandklappen til Fald. Men ved pludseligt Ledningsbrud uden forudgaaende Svækkelse taber Gruppeelektromagneten paa en Gang begge Ankre, hvilket fremkalder andre Ledningsforbindelser, der faar Fejlklappen til at falde i Stedet for Fare- og Brandklapperne.

Samtidig med at en Klap falder, ringer én af de to Klokker; den ene er forbeholdt det egentlige Brandsignal, og denne Brandklokke

kan være anbragt uden paa Huset, saa at den høres af Forbigaaende.

Temperaturkontakter, der ligesom Glasrørene i Fig. 100 slutter eller afbryder en elektrisk Strøm, naar Temperaturen naar en vis bestemt Højde, kan forøvrigt benyttes til andre Formaal end Brandalarmering. Anbragt i et Kornlager kan de f. Eks. melde, hvis Gæring i Kornmasserne frembringer Temperaturstigning. Ja, de kan endogsaa bruges til at holde Varmegraden i et Rum indenfor visse Grænser, idet den elektriske Strøm, som Temperaturkontakten slutter eller afbryder, lukker op eller i for Varmeledninger. Da der hertil i Reglen kræves en ikke helt ringe Kraft, og en Temperaturkontakt ikke ret godt umiddelbart kan slutte og afbryde stærke Strømme, maa de have et Mellemled. Dette kan være stærkere Strømme, hvor de haves til Raadighed. Men hvor der findes Vandledninger, kan man lade den svage Strøm tage Vandkraften i sin Tjeneste. Dette Middel har Professor K. Prytz anvendt til Varmeregulering, og et Anlæg af denne Art har i mange Aar været i Virksomhed paa hans Laboratorium paa Polyteknisk Læreanstalt, hvor der findes Dampopvarmning. — Naar der er lukket op for Hanen paa Damprøret til Værelsets Varmeovn, og Temperaturen er steget til — lad os sige 18° C., saa sluttes en elektrisk Strøm, som ved Vandtrykkets Hjælp lukker Damphanen og samtidig ved et Snoretræk aabner et Spjæld i en Lufttilførselskanal, saa at der strømmer nogen kold Luft ind. Saa snart Temperaturen derved er sunket f. Eks. $^1/_{10}$ Grad, afbrydes Strømmen, Spjældet for kold Luft lukkes, og Damphanen aabnes atter. — Hvorledes den elektriske Strøm bærer sig ad med at sætte Vandtrykket i Virksomhed, skal ikke nærmere beskrives; det skal blot nævnes, at det sker ved et lille elektromagnetisk Apparat, som vist kunde finde Anvendelse paa adskillige andre Omraader.

Beslægtede med de elektriske Brandsignaler er andre elektriske Nødsignaler, som anvendes til Sikring mod Farer af forskellig Art i Fabrikker og paa Skibe m. m. I store Passagerdampere findes der ofte rundt om i Skibet Allarmklokker, som kan sættes i Virksomhed fra Kommandobroen og kalde Mandskab eller Passagerer op paa Dækket under Fare for Sammenstød, Ildebrand o. desl. I mange Fabrikker kan der fra de forskellige Arbejdssale under indtrædende Ulykkestilfælde gives Ringesignal til Maskinrummet som Tegn til, at Maskinen øjeblikkelig skal standses. Ja, man har endogsaa indrettet det saaledes, at enhver Arbejder ved Tryk paa en elektrisk Knap uden Maskinmesterens Mellemkomst kan standse enten Dampmaskinen eller den enkelte Arbejdsmaskine, hvorved der er noget galt.

Elektrisk Sikring mod Tyve. I de talrige Tilfælde, hvor en Tyv lukker sig ind gennem Indgangsdøren efter at have oplukket eller opbrudt Laasen paa en eller anden Maade, vilde Indbruddet hidkalde Folk, naar en Dørkontakt (f. Eks. som Fig. 81 S. 92) ved Dørens Aabning sluttede en elektrisk Strøm og derved bragte en Klokke til at ringe et Sted, hvor der var Folk til Stede. I Stedet for en Dørkontakt anvendes undertiden en »Maattekontakt«, som slutter Strømmen, naar Tyven træder paa en Maatte, der er anbragt ved Døren. Paa Tider, hvor man ikke frygter Tyvebesøg, kan saadanne Kontakter let sættes ud af Virksomhed, idet man et Sted afbryder en af deres Ledninger (f. Eks. ved at udtage en Prop af en Propkontakt).

Ved Bygning af nye Huse i de velhavende Bykvarterer, hvor der gøres saa meget andet for Lejernes Bekvemmelighed, vilde det næppe volde forholdsvis stor Bekostning sammen med det øvrige Ringeanlæg at indlægge Ledninger fra Trykknapper og Dørkontakter i de enkelte Lejligheder ned til en Klokke og Tegnkasse med Nummerklapper i Portnerboligen. Ved Trykknapperne kunde Beboerne da hidkalde Hjælp ved Ildebrand, Tyveindtrængen o. desl. eller give andre aftalte Signaler til Portneren; og Dørkontakterne kunde forbindes med Portnerklokken under særlige Forhold, f. Eks. under Beboernes Bortrejse.

Naturligvis er Dørkontakter ikke betryggende alle Vegne; Tyve har jo ofte den Uvane at krybe ind ad Vinduer. Men under mange Forhold er Tyven dog praktisk talt alene henvist til Indgangsdøren, f. Eks. naar han vil hjemsøge en sommertom Lejlighed i en af de øvre Etager i et forøvrigt beboet Hus; ogsaa Kvistkamre og Loftlagre er oftest kun tilgængelige gennem Døren.

Ledningerne til Alarmklokken maa naturligvis ikke gærne anbringes udvendig, saa at Tyven let kan opdage dem og overskære dem. Men overfor en Tyv, som forstaar sin Kunst, og som ved, at Døren har elektrisk Beskyttelse, kan en almindelig Dørkontakt dog ikke yde Sikkerhed, selv om den vil forøge Vanskelighederne og rimeligvis bevirke, at mindre drevne Tyve skræmmes fra at bryde ind. Ved særlige Kontaktindretninger kan man opnaa større Sikkerhed. Men hvor det er nødvendigt at beskytte ikke blot en Dør, men ogsaa Vinduer m. m., bliver en fuldt betryggende elektrisk Sikring som oftest saa vanskelig og bekostelig at tilvejebringe, at det kun kan betale sig, hvis betydelige og fristende Værdier skal sikres.

Der er opfundet mange forskellige Fremgangsmaader. — Man kan, ligesom det sker i Musefælder, udspænde Traade, som Tyven maa sønderrive, inden han naar sit Maal. Idet Traaden sønderrives eller skydes til Side, glider et Metalstykke, der af Traaden holdes i en be-

stemt Stilling, hen i en ny Stilling, hvor det slutter en Strøm. — I Fig. 102 er *a* Enden af en saadan udspændt Sytraad, som fastholder den drejelige Metaltunge *b* midt imellem de to Grene af det ⌊⌋-formede Metalstykke *c*, der er befæstet til Metalstrimlen *d*, men isoleret fra den. Hvis nu Traaden *a* brister, fører en Fjeder, der er anbragt oppe ved *b*'s Omdrejningspunkt straks *b* ud til den ydre Gren af *c*, hvorved der dannes en ledende Forbindelse mellem Enderne af Ledningstraadene *m* og *n*. Men ogsaa hvis Traaden *a* ikke sønderrives, men blot strammes stærkere, sluttes Strømmen, idet Tungen i dette Tilfælde trækkes hen til Berøring med *c*'s indre Gren. — Saadanne Traade kan udspændes bag Vinduer og Døre i det Lokale, som skal sikres.

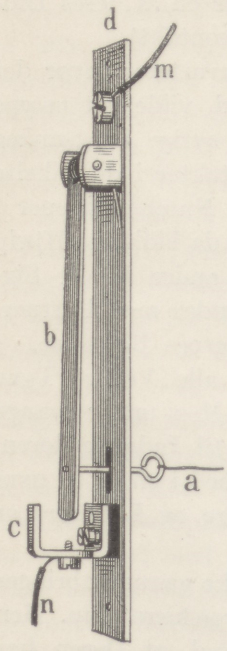


Fig. 102. Traadkontakt.

Lettere er det at sikre enkelte Genstande som Smykkeskrin og Pengeskabe eller enkelte Skuffer i et Møbel. I et Pengeskab kan der f. Eks. ophænges et Pendul, som kommer i Svingning ud fra sin Ligevægtsstilling og derved slutter en Strøm, saa snart man begynder at tumle med Skabet.

Ved de fleste Tyvealarmeringsanlæg er det imidlertid ligesom ved de selvvirkende Brandalarmer tryggest at benytte Hvilestrøm, altsaa lade en stadig Strøm gaa gennem Ledningerne og indrette det saaledes, at det er Strømmens Afbrydning, som fremkalder Alarmsignalet. Pendulet i Pengeskabet f. Eks. maa da i sin Ligevægtsstilling holde Strømmen sluttet, men afbryde den, naar Skabet rystes. Hvis nu Tyven, inden han giver sig i Lag med Skabet, opsøger Ledningerne til det og klipper dem over i den Tro, at han gør noget særlig snedigt, vil han blive slemt skuffet, idet han ved Overklipningen tværtimod kalder Folk til. Vidste han dette, havde han den Udvej at skrabe Isolationsbeklædningen af begge Ledningerne et eller andet Sted og forbinde dem her, saa at Strømmen forblev sluttet, selv om Kontakten brødes inde i Skabet. Selv den bedst underrettede Tyv kan man dog bringe i Knibe paa flere Maader, f. Eks. ved at man i et og samme Kabel til Pengeskabet (eller hvad det nu er, der skal sikres) indlægger og sammenslynger 2 eller flere Par isolerede Ledningstraade, af hvilke nogle alarmerer ved Strømafbrydning, andre ved Strømslutning. — Tyven har da næppe anden Udvej end først at gøre Indbrud der, hvor Alarmklokken og dens Batteri er anbragt, og uskadeliggøre dem; men her skulde jo gærne være Folk til Stede.

— Men fornuftig Planlægning fra Begyndelsen, stadig Vedligeholdelse og hyppig Prøve er ufravigelige Betingelser for, at Tyvealarmeringsanlæg kan yde fuld Sikkerhed.

Ogsaa ganske utilsigtet kan Hvilestrømsledninger undertiden virke som Tyvefælder. Det skete saaledes en Gang, at en Tyv, der om Natten vilde stjæle Telefontraade fra Hustagene, under dette Arbejde overklippede en af Brandvæsenets Hvilestrøms ledninger, og medens Tyven intetanende fortsatte sin Beskæftigelse, rykkede Brandvæsenet ud, og Følgen blev, at den ufrivillige Anstifter af Brandalarm indfangedes.

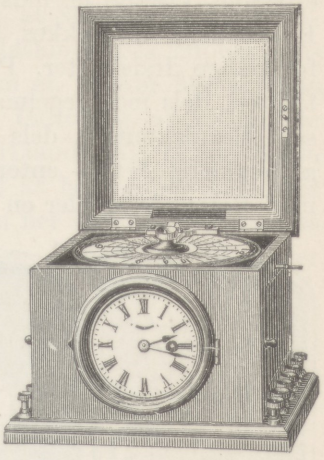


Fig. 103. Vægterkontrolur.

Man har — i det mindste paa Papiret — konstrueret mange »Tyvesikringer«, hvor den elektriske Strøm ikke nøjes med at kalde Folk til, men ogsaa paa egen Haand træffer passende Forholdsregler, f. Eks. griber Tyven og holder ham fast, affyrer Pistoler mod ham, fremkalder giftige Dampe, der bedøver eller kvæler ham o. s. v. — Slige Midler passer dog maaske bedre i Amerika end hos os.

Endvidere kan det nævnes, at man har lavet forskellige Laase, som gøres dirkefri ved Elektricitetens Hjælp. Naar Riglen gaar ind i Slutstykket, kan f. Eks. en Spærhage falde ned i et Hak i Riglen og holde den fast, indtil Spærhagen løftes op af Hakket ved Hjælp af en Elektromagnet, som ligger gemt inde i Væggen. Saa længe Ledningen til Elektromagneten er afbrudt, kan Laasen altsaa ikke lukkes op.

Den bedste Betryggelse mod natlige Indbrudstyverier ydes maaske af en Nattevagt, vel at mærke, hvis man tør stole paa, at han virkelig udfører sine pligtmæssige Runder. Men til at sikre os det kan vi atter benytte den elektriske Strøm. I dette Øjemed anbringes paa passende Steder et lille Kontrolapparat, i hvilket Vægteren under sine Runder skal stikke en Slags Nøgle ind. Herved slutter han en elektrisk Strøm, som gaar hen til et »Vægterkontrolur«, og Strømmen afsætter her et Mærke paa en Skive, som drejes rundt af Uret. Af Mærkerne paa Skiven kan man se, hvornaar Vægteren under sin Nattevandring har været ved de omtalte Apparater.

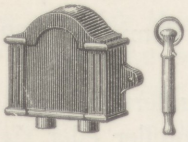


Fig. 104. Kontaktapparat og Nøgle.

Til Borgernes Betryggelse saa vel mod Tyve som mod Voldsmænd eller andre Forbrydere har man allerede i mange Aar i talrige amerikanske Byer haft Politialarmeringsindretninger i Lighed med de offent-

lige Brandalarmer. Fig. 105 viser en saadan Gadepolitialarm aaben. Enhver Gadebetjent kan aabne Døren og ved at nedtrykke et Haandtag sende Signal til den nærmeste Politistation. En Viser i Apparatet kan flyttes hen over forskellige Rubrikker med hver sin Indskrift, og eftersom Viserne er indstillet paa den ene eller anden Rubrik, naar Haandtaget nedtrykkes, gives der forskellige Signaler svarende til de forskellige Indskrifter. Paa denne Maade bliver det muligt for Betjenten, dels med regelmæssige Mellemrum at give Signaler, der tjener som Rundekontrol, dels i paakommende Tilfælde at hidkalde Hjælp af forskellig Art — enten en »Patruljevogn« med Mandskab til Hjælp mod Forbrydere, eller en Ambulancevogn til Hjælp for Tilskadekomne.

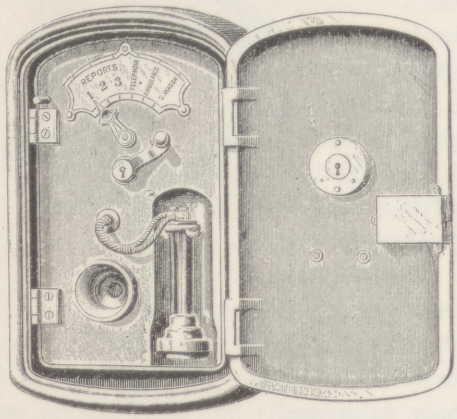


Fig. 105. Gadepolitialarm.

— Omvendt kan Stationen sætte sig i Forbindelse med Betjentene; en Strøm, som udsendes til alle Gadealarmer, fremkalder her et synligt Tegn, som betyder, at Betjentene skal sætte sig i telefonisk Forbindelse med Stationen. Paa denne Maade kan f. Eks. en Forbryders Signalement meget hurtigt spredes til alle Byens Betjente. — I mange Byer kan paalidelige Borgere faa udleveret en Nøgle, som passer i et Nøglehul (»Borgernes Nøglehul«) i den nærmeste Politialarm; ved Indsætning og Omdrejning af Nøglen sendes et Signal til Politistationen, og Patruljevognen kommer da ilende til med samme Fart som en Brandvogn. Da hver Nøgle har et bestemt Nummer, og den bliver fanget og fastholdt ved Omdrejningen, er Faren for Misbrug ringe.

I Kristiania indførtes et Politialarmeringssystem af denne Art 1899 i Grønland-Kvarteret, hvor det har gjort stor Nytte.

Foruden Gadepolitialarmer anvendes i Amerika undertiden ogsaa private Politialarmer, ved hvilket f. Eks. Banker, Hoteller eller rige Privatmænd naarsomhelst kan hidkalde Politiet; en Mand, der har sikret sig paa denne Maade, kan da ligge rolig i sin Seng og blot ved Tryk paa en Knap nedkalde Fordærvelse over Tyve, som er i Færd med at bryde ind.

Endnu skal der blot mindes om, at den elektriske Strøm iler forud for flygtende Forbrydere til fremmede Byer, Lande og Verdensdele og bringer Arrestordre og Signalement til disse Steder. Ja, selv hans

Billede er det nu muligt at sende gennem Ledningstraaden, og det er ikke urimeligt, at ogsaa denne Billedtelegrafi vil faa praktisk Betydning ved Forbryderforfølgelser.

Signal- eller Visertelegrafi. Ønsket om, at Skibschefer fra Kommandobroen skulde kunne give Ordrer til Maskinen paa en bekvemmere og sikrere Maade end ved Raab gennem et Talerør har allerede for mange Aar tilbage givet Anledning til Indførelse af mekaniske Maskintelegrafer; naar Kaptajnen drejede et Haandsving, bragte Kæde eller Traadtræk en Viser i Maskinrummet til at bevæge sig hen over en Skive med paaskrevne Kommandoord. Men her som overalt trænges Mekanikken efterhaanden tilbage af Elektrikken. Dennes Fordele bliver

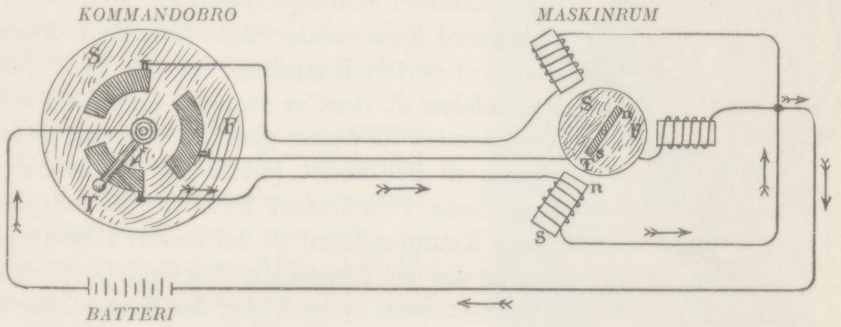


Fig. 106. Skematisk Fremstilling af en Maskintelegraf.

navnlig overvældende i store Skibe, der i Forvejen har elektrisk Anlæg til Belysning o. lign., fremfor alt i Krigsskibe, hvor der skal sendes Ordrer til mange forskellige Steder af Skibet.

Hvis det kun drejede sig om at overføre de tre Signaler »Frem« *(F)*, »Stop« *(S)*, og »Tilbage« *(T)* fra Kommandobroen til Maskinen, kunde en elektrisk Maskintelegraf indrettes efter det Skema, der er angivet i Fig. 106. Her ses i Maskinrummet 3 Elektromagneter ordnede om en Skive, hvorover en Magnetstang kan dreje sig og pege paa de 3 Kommandoer *F*, *S* og *T*. Paa Kommandobroen findes paa en Skive anbragt 3 fra hverandre isolerede Metalstykker ud for hver sin af de samme 3 Indskrifter; en Metalarm kan ved et Haandtag føres hen over Skiven og derved bringes i Berøring med det ene eller andet Metalstykke. Ved Betragtning af de paa Figuren angivne Ledningsforbindelser ser vi let, at naar Metalarmen som vist berører Metalstykket *T*, kan Strømmen fra et galvanisk Batteri eller bedre fra Skibets Lysledninger passere gennem Metalarmen, Metalstykket *T* og Elektromagneten ud for Mærket *T* i Maskinrummet; denne Elektromagnet bliver altsaa mag-

netisk, tiltrækker Magnetstangen og bringer den til at pege paa T; der kommanderes med andre Ord »Tilbage«. — »Stop« eller »Frem« signaliseres paa samme Maade, idet Haandtaget føres hen over et af de andre Metalstykker.

I Virkeligheden skal der jo kunne telegraferes adskilligt flere end 3 Kommandoord. Skulde man nu have en Elektromagnet med særskilt Ledning for hver Kommando, krævedes der altfor mange Ledninger. Man kan imidlertid, selv om der skal kunne gives mange forskellige Ordrer, indrette den elektriske Forbindelse ligesom i Fig. 106 med en Metalstang og 3 Metalstykker i Afsenderapparatet, og 3 Elektromagneter og en drejelig Magnetstang i Modtagerapparatet. Men over en Skive med Kommandoordene føres nu i »Afsenderen« et særligt Haandtag, der ved Tandhjulsforbindelser el. desl. er saaledes forbundet med Metalarmen, at denne gaar fra det ene Metalstykke til det andet (altsaa $^1/_3$ Omdrejning), hver Gang Haandtaget føres det lille Stykke fra et Kommandoord til det næste. I Modtageren er der en tilsvarende Forbindelse mellem Magnetstangen og en Viser, der flyttes over en Skive fra et Kommandoord til et næste, hver Gang Magnetstangen gaar fra en Elektromagnet til den næste. Haandtag og Viser maa da stadig følges ad, naar blot de begynder ved samme Stilling; for at man kan sikre sig dette, er de ikke helt omdrejelige, men har Yderstillinger, til hvilke de naarsomhelst kan føres tilbage. Endvidere anbringes der paa Kommandobroen baade Afsender og Modtager (med fælles Signalskive) og ligesaa i Maskinrummet, og naar Kaptajnen har ført sit Haandtag og dermed Maskinrummets Viser hen paa en Ordre, saa skal Maskinmesteren kvittere for Ordren ved at føre sit Haandtag og dermed Kommandobroens Viser hen paa samme Ordre; en mulig Uoverensstemmelse vil da straks opdages. Tillige anbringes der i Maskinrum og paa Kommandobro elektriske Klokker, der begge ringer, hver Gang der signaliseres; skulde Strømmen en Gang udeblive, udebliver ogsaa Ringningen.

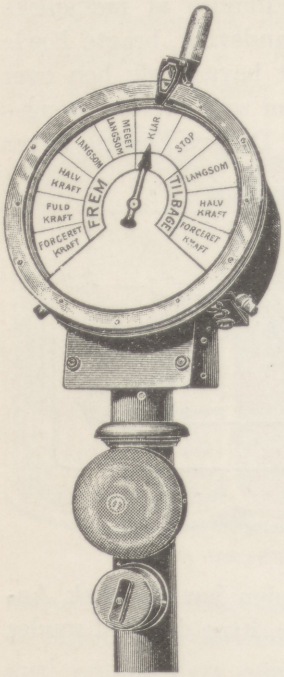


Fig. 107.
Maskintelegraf (Kommandobroen).

I Praksis indrettes det magnetiske Modtagerapparat noget anderledes, saa at den drejende Kraft bliver stor; bl. a. anvendes i Stedet for de 3 Enkeltmagneter i Fig. 106 3 Dobbeltmagneter.

Den her beskrevne »Visertelegraf«, som skyldes det store tyske Firma Siemens & Halske, anvendes bl. a. i den tyske Flaade baade som Maskintelegraf, Kedeltelegraf og til meget andet. Men forøvrigt kan man paa mange andre Maader indrette elektriske Visertelegrafer, hvor en Viser af Strømmen føres hen over en Skive et Sted derved, at et Haandtag drejes et helt andet Sted. Naar der i Stedet for bestemte Ord, som skal signaliseres, anbringes Bogstaver paa Skiven, kan man ved at lade Viseren pege paa det ene Bogstav efter det andet stave hvilkesomhelst Ord og Sætninger. Da denne Telegraferingsmaade er let at anvende uden særlig Uddannelse, har den vundet Indgang paa mange Omraader f. Eks. indenfor Brandvæsenet; bl. a. er Visertelegrafi indtil de seneste Aar benyttet af det københavnske Brandvæsen, der imidlertid nu er gaaet over til almindelig Morsetelegrafi.

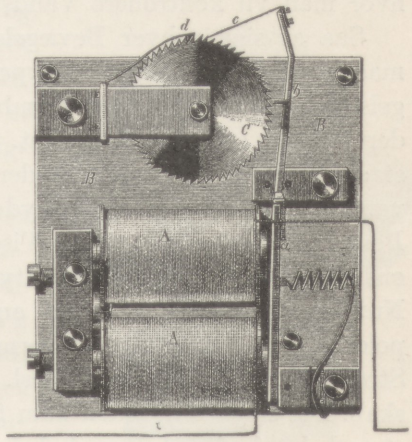


Fig. 108. Medføringsværk.

Ved Visertelegrafen S. 117 krævede de 3 Elektromagneter jo 3 Fremledninger foruden den fælles Tilbageledning. Paa Skibe gør dette ikke saa meget, men paa længere Afstand skulde man gærne kunne nøjes med en enkelt Strømkreds — med 2 Traade eller 1 Traad og Jorden som Tilbageledning. Man kan da anvende Visertelegrafer, hvor Modtagerens Viser bevæges af et »Medføringsværk« af lignende Art som det Fig. 108 viser. Hver Gang Afsenderens Haadntag flyttes et bestemt lille Stykke over sin Skive, sendes der en Strøm til Modtageren, hvor Strømmen gør en Elektromagnet *A* magnetisk, saa at den tiltrækker sit Anker *a*. Dettes Forlængelse *b* bærer yderst ude en Pind *c*, som skubber et Tandhjul med skraat skaarne Tænder en Tand frem, hver Gang Ankeret tiltrækkes; herved flyttes Viseren et Stykke frem over sin Skive, saa at den ligesom ved Maskintelegrafen stadig kommer til at følges med Afsenderens Haandtag naar de begynder ved samme Udgangspunkt. Modhagen *d* hindrer Hjulet i at gaa den forkerte Vej. — Denne Ordning kan dog ikke — i hvert Fald ikke uden betydelige Udvidelser — anvendes, naar Haandtag og Viser skal følges ad i begge Omdrejningsretninger.

Vi har i det foregaaende forudsat, at Visertelegrafers Afsendere havde et Haandtag, som bevægedes af et Menneske; men i talrige Tilfælde anvendes selvvirkende Visertelegrafer, hvor en

Viser angiver, hvorledes en eller anden Mekanisme langt borte bevæger sig. Til at vise Rorets Stilling kan man f. Eks. i Skibe indrette elektriske »Rorvisere« efter ganske samme Princip som Maskintelegrafer, — blot er det her Rorakslen og ikke Kaptajnens Haand, der drejer Afsendermekanismen.

Meget almindeligt anvendes elektriske »Vandstandsvisere«, der angiver Vandets Stigen og Falden i en Sø, Brønd eller anden Vandbeholder, idet en »Svømmer« ved en Kæde og et Tandhjul bevæger en Visertelegrafs Afsender og derved f. Eks. for hver Centimeters eller Tommes Stigen eller Falden sender en Strøm hen til en Modtager dér, hvor man vil kontrollere Vandstanden.

Saa at sige enhver Bevægelse kan ved Visertelegrafi kontrolleres, maales, eller optegnes paa Apparater i lang Afstand, naar blot Bevægelsen er stærk nok til at frembringe en Række Strømslutninger uden derved selv at blive forstyrret. Men ved meget svage Bevægelser opstaar der særlige Vanskeligheder. En Kompasnaal kunde man f. Eks. vanskelig lade slutte og afbryde Strømmen uden at formindske dens Bevægelighed, og dog vilde Visertelegrafi netop her være i høj Grad ønskelig; thi de almindelige Styrekompasser har desværre i mange af Nutidens Skibe faaet meget andet at interessere sig for end Nordpolen; ikke blot Skibets Jærnmasser, men ogsaa stærke elektriske Strømme til Belysning o. desl. frister Sømandens Vejviser til Utroskab. For nogle Aar siden kom f. Eks. et stort Skib ud af sin Kurs og strandede, fordi et Strømkabel under en Reparation var blevet lagt hen over noget Jærn i Kompassets Nærhed og havde magnetiseret dette Jærn — det var forøvrigt en Jærnkugle, som netop var anbragt ved Kompasset for at ophæve Virkningen af Skibets Jærnmasser. Man sørger i mange Skibe for at faa et paalideligt Kompas, hvormed Skibets Styrekompas og andre Kompasser af og til kan sammenlignes, idet man anbringer dette Normalkompas eller Hovedkompas paa et særlig gunstigt Sted fjærnet fra større Jærnmasser, i Reglen højt til Vejrs. Kunde man nu faa Hovedkompasset til umiddelbart ved Visertelegrafi at angive sin Stilling paa Modtagerapparater rundt om i Skibet, kunde disse træde i Stedet for de andre mindre paalidelige Kompasser.

Som et smukt Forsøg paa at løse denne Opgave skal her nævnes en af det Siemenske Firma konstrueret Kompastelegraf. Over Midten af Kompasskiven (»Rosen«), der i Skibskompasser er fast forbundet med Magneten, anbringes en elektrisk Glødelampe; gennem et hornformet Udsnit i en stanniolbelagt Glimmerskive paa Rosen falder et Bundt Straaler fra Lampen ned og træffer nogle fine Metaltraade, som findes under Rosen. Straalerne opvarmer disse Traade, og derved for-

andres deres Ledningsmodstand for Elektriciteten og altsaa ogsaa Styrken af Strømme, som gaar gennem dem. Idet Kompasrosen drejer sig i Forhold til Kompassets faste Dele (egentlig er det jo disse, der drejer sig med Skibet, medens Kompasmagneten med Rosen bevarer sin Stilling), vil Straalerne snart træffe nogle af Traadene, snart andre af dem, og de deraf følgende Strømforandringer udnyttes til Visertelegrafi paa en eller anden Maade. Rundt om i Skibet anbringes Modtagerapparater, der kaldes Kompasser og ser ud som Kompasser, idet de fremviser en Kompasrose; men denne Rose styres ikke af Jordmagnetismen, men af elektriske Strømme, som tvinger den til stadig at vise nøjagtigt som Hovedkompassets Rose, og det til Trods for, at denne har bevaret sin Bevægelighed fuldstændig ubeskaaret. — Forsøg med denne Kompastelegraf i et tysk Krigsskib skal have givet gunstige Resultater.

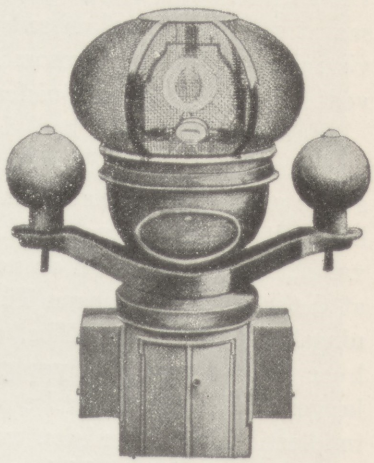


Fig. 109. Elektrisk Hovedkompas.

Den Omstændighed, at Metaltraades Modstand forandrer sig med deres Varmegrad kan ogsaa paa forskellig Maade benyttes til Temperaturmaaling dels til Temperaturmaaling paa Afstand, f. Eks. dybt nede i Havet, dels til meget fine Maalinger. Det er ad denne Vej muligt at maale Temperaturstigninger langt under en Milliontedel Grad, hvorved man f. Eks. kan mærke Varmestraalingen fra de større Fiksstjærner, skønt en Stjærne som Vega i Lyren ikke sender os mere Varme, end vi vilde faa fra et Stearinlys i 2—3 Mils Afstand, om Luften ikke standsede Straalerne.

Elektriske Ure. Ved at tage Elektriciteten i sin Tjeneste har Urmagerkunsten i de senere Aar gjort en Række Fremskridt, som maa ligestilles med nogle af de største i Urenes Historie.

»Selvoptrækkende« Ure, som kan holde sig i Gang i Aarevis, kan ved elektriske Midler laves uden store, tunge Mekanismer. — At bringe Ure til at give Signaler eller at sætte en eller anden Virksomhed i Gang paa bestemte Tider bliver en let Sag, naar den elektriske Strøm tjener som Mellemled. — Den vanskelige Opgave at gøre store Taarnure til nøjagtige og paalidelige Tidsvisere løser Elektriciteten paa en simpel og tilfredsstillende Maade. — Og den tidligere rent uløselige Opgave, at faa mange vidt adskilte Ure til stadig at følges ad, kan den elek-

triske Strøm løse ikke blot for 10 eller 100 Ure, men for over 1000 Ure, spredte over en hel By. — Den mest ligefremme Maade, paa hvilken flere Ure kan bringes til at følges ad, bestaar deri, at et Ur — Hoveduret eller Centraluret — med visse Mellemrum (f. Eks. hvert Sekund eller hvert Minut) slutter en elektrisk Strøm, som fører Viserne paa de andre Ure — Biurene — et Stykke frem; hvis dette sker en Gang hvert Minut, kaldes Urene »Minutspringere«.

Dette er jo i Virkeligheden, hvad vi i forrige Stykke kaldte Visertelegrafi, og det i Fig. 108 S. 119 fremstillede Værk kan uden videre benyttes som Minutspringerværk; da Tandhjulet netop har 60 Tænder, vil det ved Strømslutning hvert Minut gaa 1 Gang rundt i en Time, saa at man ligefrem kan anbringe Minutviseren paa dets Aksel. Timeviserakslen forbindes ligesom i et almindeligt Ur med Minutviserakslen ved en passende Tandhjulsforbindelse.

Fuldt betryggende kan den her skildrede Ordning dog ikke siges at være. Hvis enten Strømmen eller Minutspringermekanismen skulde svigte af en eller anden Grund, gaar det paagældende Biur i Staa; ophører Standsningsaarsagen atter, gaar Urviserne videre, som om intet var hændt, og Uret kan da narre Folk, der stoler paa det, og ikke aner, at det har staaet i nogen Tid. Naar alle Biurene er samlede i et Bygningskompleks som f. Eks. en stor Banegaard eller et Fabriksanlæg, hvor en Opsynsmand hyppig kan efterse dem alle, og naar tillige Anlæggets tekniske Udførelse er god, bliver Faren for slige Skuffelser imidlertid ringe. Fordelen ved det elektriske System skulde nærmest være den, at det er billigere at bruge Biure, der jo kun er elektrisk drevne Viserværker, rundt om i talrige Lokaler end at forsyne alle disse Lokaler med selvstændige, gode Ure, hvis Pasning (Optrækning og Regulering) tilmed vilde kræve en hel Del Arbejde.

For Ure spredte over en hel By er den mest praktiske Fremgangsmaade vistnok den, der anvendes i København, hvor et Centralur holder henimod 2000 Ure til at gaa rigtigt.

Disse Ure, som ses rundt om i Byen, kendelige ved Indskriften »Dansk Normaltid«, kan vi kalde Abonnenturene; de er hver for sig fuldstændige Ure med deres egen (elektriske) Drivkraft, og de staar ikke til Stadighed under Centralurets Ledelse, men de stilles derinde fra hver fjerde Time, og hvis et Ur i Mellemtiden er naaet at komme mere end 1 Minut bagefter eller foran, vil man inde paa Urcentralen mærke, at der er noget galt paa Færde.

Vi skal nu se, hvorledes dette opnaas.

Paa omstaaende Billede fra Urcentralen, der ligger i Vestergade, ses til venstre et Kontrolapparat, til højre Centraluret. Dette drives

ved Lodder; men det er tillige i elektrisk Forbindelse med et nøjagtigtgaaende og stadig kontrolleret Ur paa astronomisk Observatorium. Observatorieurets Pendul slutter hvertandet Sekund, nemlig ved hvert Udsving til højre, en elektrisk Strøm gennem en Ledning, som er ført hen til Centraluret. Her gaar Strømmen gennem en Rulle Ledningstraad (Traadspole), som bæres af Pendulet og altsaa svinger med det. Traadrullen omfatter en fast Magnetstang; baade Stangen og Rullen er, som Billedet viser, saa meget buede, at Rullens Svingninger ikke hindres af Stangen. Naar Rullen faar Strøm, opstaar der en Tiltrækning mellem Rullen og den nærmeste Magnetpol, og disse Tiltrækninger tvinger Centralurspendulet til at svinge i Takt med Observatorieurets Pendul, saa at de to Ure stadig maa følges ad. (Hvis Centralurets Pendul gaar lidt for langsomt, saa at Traadrullen ikke er naaet helt hen til Magnetpolen i det Øjeblik, da Strømmen sluttes, vil Tiltrækningen fremskynde det; gaar det for hurtigt, saa at Traadrullen allerede er begyndt at gaa tilbage, naar Strømmen sluttes, vil Tiltrækningen hæmme Bevægelsen.)

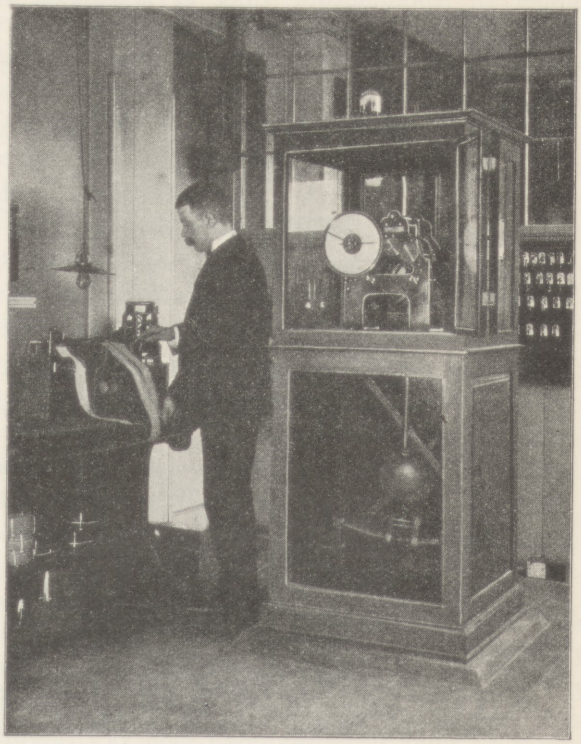


Fig. 110. Fra Urcentralen.

Fra Urcentralen er der ført over 50 Hovedledninger ud i Byen, og fra hver Hovedledning gaar der Stikledninger hen til de til denne Hovedledning hørende Abonnenture. Saavel Hovedledningen inde paa Centralen som Abonnenturenes Stikledninger er ført ned til Metalplader i Jorden (Jordplader), eller paa anden Maade afledede til Jorden, saa at man ikke behøver baade Frem- og Tilbageledning for den elektriske Strøm. Som Strømkilde benyttedes tidligere et Batteri af galvaniske Elementer, men dette er nu erstattet af et Akkumulatorbatteri.

Centraluret slutter med korte Mellemrum en Strøm fra Strømkilden til alle Hovedledninger; men ved hver saadan Strømslutning gaar der kun Strøm gennem ét Ur ved hver Hovedledning; dette ene Ur stilles da af Strømmen, medens de andre ikke mærker noget til den.

Hvorledes dette kan lade sig gøre, bliver forstaaeligt ved den skematiske Tegning Fig. 111.

Her ses en enkelt Hovedledning og nogle af de tilhørende Stikledninger til Abonnenture; disse er betegnede ved Numre, Ledningerne ved punkterede Linjer; *J* er Jordpladerne. Af Centraluret ses kun den egentlige Strømslutningsmekanisme, der for Simpelheds Skyld er tegnet

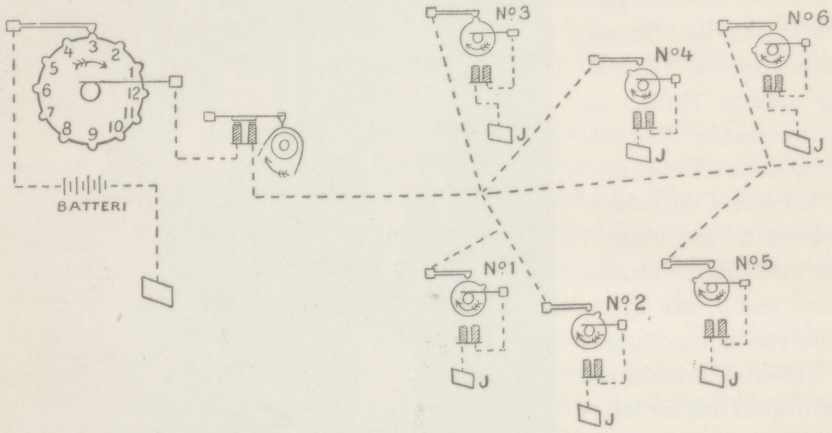


Fig. 111. Ledningsforbindelse mellem Centralur og Abonnenture.

som en Skive med en Række Knaster med hver sit Nummer. Idet Uret drejer Skiven rundt, kommer den ene Knast efter den anden til at røre ved et Fremspring paa en Metalstang. Hver Gang dette sker, sluttes en Strøm, som gaar fra Strømkilden til Metalstangen, gennem denne og Skiven, der ogsaa er af Metal, til en flad Metalfjeder, som glider mod Skivens Aksel og fra Fjederen videre gennem Hovedledningen ud i Byen. Forinden passerer Strømmen dog en Elektromagnet i et Kontrolapparat; idet Elektromagneten faar Strøm og bliver magnetisk, tiltrækker den sit Anker, som er anbragt paa en fjedrende Stang med en Spids paa Enden; derved føres Spidsen ind mod en Papirstrimmel, som af et Urværk stadig bevæges forbi Spidsen; paa denne Strimmel ridser Spidsen da en lille Prik for hver Strømslutning. — Følger vi nu Hovedledningen og Stikledningerne ud til de enkelte Abonnenture, ser vi her en lignende Strømslutningsmekanisme som inde ved Centraluret, men Skiverne har kun hver én Knast, og kun naar denne staar i en ganske bestemt Stilling — nemlig som

for Øjeblikket i Ur Nr. 3 — kan Strømmen gennem Uret sluttes; inde i Uret passerer Strømmen en paa Figuren antydet Elektromagnet, som ved sin Tiltrækning paa et Anker sørger for at stille Viserne rigtigt. Lidt efter at Knast 3 i Centraluret har sluttet Ledningen, kommer Knast 4 hen paa dens Plads, og nu er det Abonnentur 4, der er rede til at modtage Strøm; derefter kommer Turen til Knast 5 og det tilsvarende Abonnentur o. s. v. Drejes Skiverne en Gang rundt i 4 Timer, kan hvert Ur faa Strøm og derved blive stillet hver fjerde Time

I det Øjeblik, som er fæstnet i Tegningen, var det jo Ur Nr. 3, der fik Strøm. Men hvis der var Brud paa Stikledningen til Uret, eller dersom det gik saa meget for sagte eller for stærkt, at dets Knast ikke naaede at slutte Ledningen, medens den var sluttet inde i Centraluret, vilde Strømmen ikke komme i Gang, og Prikken paa Kontrolapparatets Papirstrimmel vilde udeblive; den Mand, der inde paa Urcentralen tilser Strimlerne, vil da kunne se, ikke blot, at der er noget galt paa Færde, men ogsaa hvilket Ur, det er galt med, saa at han kan træffe Forholdsregler til at rette Fejlen. — Medens Knasten paa Centralurets Skive kun holder Ledningen sluttet et lille Øjeblik (10 Sekunder), holder Knasterne paa Abonnenturene Ledningen sluttet i 2 Minutter, saa at Uret ved den Tid, da Stillingen skal finde Sted, kan være forsinket 1 Minut, eller være 1 Minut foran, uden at Strømslutningen udebliver. (I Virkeligheden anvendes i Stedet for en Skive med Knaster andre Midler til Ledningens Slutning.)

Findes der 50 Hovedledninger, kan der ved hver Strømslutning stilles højst 50 Ure, nemlig 1 hørende til hver Hovedledning. Sluttes Strømmen i alle Ledninger, frembringer 50 Elektromagneter 50 Prikker i Kontrolapparatet tværs over nogle brede Papirstrimler. Da Centraluret er saaledes indrettet, at det slutter Strømmen hver $2\frac{1}{2}$ Minut, kunde det naa at stille 96 Ure paa samme Hovedledning i de 4 Timer, indtil det skal begynde forfra. Var hele Ledningsnettet fuldt belastet, kunde der altsaa besørges 50 + 96 eller henimod 5000 Ure. I Praksis anvender man imidlertid kun hveranden Strømslutning for at kunne raade over 5 Minutter til Ledningsprøve, saa at der ikke gerne maa være mere end 48 Ure knyttet til en Hovedledning. For Tiden er ca. 1800 Ure knyttet til Københavns Urcentral; da hvert Ur kun faar en svag Strøm 10 Sekunder 6 Gange i Døgnet, bliver Udgifterne til selve Strømfrembringelsen ved denne store Virksomhed meget ringe.

Hvorledes Urenes Indstilling udføres af Strømmen fra Centralen, er det ikke saa let at beskrive i Enkelthederne; her skal kun gives en Antydning deraf. — Lad os f. Eks. vælge et Ur, der gør sig rede til at modtage Strøm i de 2 Minutter fra Kl. 1_{19} til 1_{21} efter Urets egen

Tid. 10 Sekunder før Kl. 1^{20} efter Centralurets Tid sender dette en Strøm gennem Abonnenturets Elektromagnet, som nu udretter to Ting. For det første udløser den Viserværket saaledes fra det øvrige Urværk, at Viserne ikke tvinges til at følge med dette. For det andet bringer den en gaffeldelt Stang el. lign. til at skubbe et Fremspring, der er i fast Forbindelse med Minutviseren, hen i en ganske bestemt Stilling; derved gaar Minutviseren nøjagtigt hen i Stillingen »20 Minutter over hél« og trækker Timeviseren med sig til den tilsvarende Stilling. Viserne fastholdes her, indtil Strømmen nøjagtig Kl. 1^{20} atter afbrydes, hvorved Viserne bringes i Forbindelse med det øvrige Urværk og føres videre af dette, indtil næste Indstilling Kl. 5^{20}.

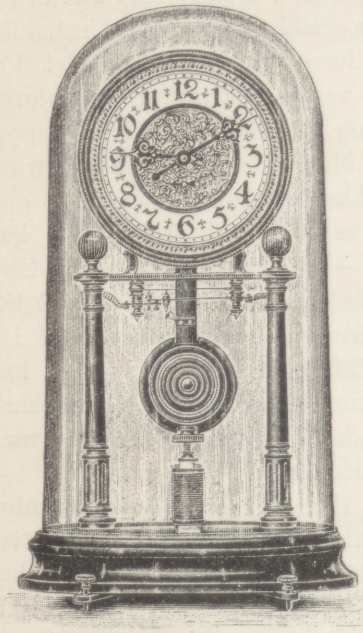


Fig. 112. Ur med elektrisk Drivkraft.

Abonnenturene har som tidligere nævnt elektrisk Drivkraft, eller, som man ogsaa kunde udtrykke det, elektrisk Optrækning. Uret drives ved et lille Lod, der imidlertid ikke som Loddet eller Drivfjederen i et almindeligt Ur virker paa en meget langsomt gaaende Aksel, men derimod paa den, der gaar en Gang rundt i Timen. Til Gengæld bliver Uret »trukket op« — d. v. s. Loddet løftet — meget hyppigt. Uret slutter nemlig omtrent hvert femte Minut en elektrisk Strøm fra et i Urkassen anbragt Tørelement; denne Strøm gaar gennem en Optrækningselektromagnet, der da løfter Loddet. Elementet kan holde Uret i Gang Aar igennem, ja, det angives, at et Element endog har virket i 6 Aar.

Ure med elektrisk Drivkraft kan naturligvis anvendes hvorsomhelst uden nogen Tilknytning til et Centralur, og de kan indrettes paa mange forskellige Maader. Urværket kan saaledes drives af et Pendul, hvis Svingninger vedligeholdes ved elektromagnetiske Tiltrækninger, idet Pendulet selv sørger for at slutte Strømmen i rette Øjeblik. Fig. 112 viser et saadant Ur, hvis nærmere Indretning vi dog ikke vil gaa ind paa.

Elektrisk Drift af Taarnure frembyder overordentlig store Fordele overfor den gamle mekaniske Drift. Ved de store Taarnure maatte Lodder af mange Centners eller endog flere Tons Vægt

ophænges oppe i Taarnet over Lofter, som de kunde knuse fuldstændig ved et Fald; disse vældige Lodder og det kolossale Hjulværk m. m. optog stor Plads i Taarnet og krævede stærke bærende Dele; og at faa et saadant Værk nøjagtigt reguleret ved Hjælp af et Pendul var i højeste Grad vanskeligt, tilmed da Pendulet, hvis det ophængtes højt oppe i Taarnet, i mange Tilfælde kunde forstyrres af Taarnets Svingninger under Storme. Ved den elektriske Drift slipper man for det første for Lodderne. I Stedet for dem anbringes noget under Urskiven en Elektromotor, som ved faa og simple Mellemled (»Skruer uden Ende« og Tandhjul) kan sætte Viserne i Bevægelse. Og nede paa et bestemt Sted i Bygningen stilles et nøjagtigt gaaende Ur — L e d e u r e t — der slutter og afbryder den elektriske Strøm til Elektromotoren; idet denne Strøm tages fra et Elektricitetsværks Ledninger, kan den sagtens blive stærk nok til at overvinde enhver Hindring, som Vind, Snelæg o. s. v. kan sætte mod Visernes Bevægelser.

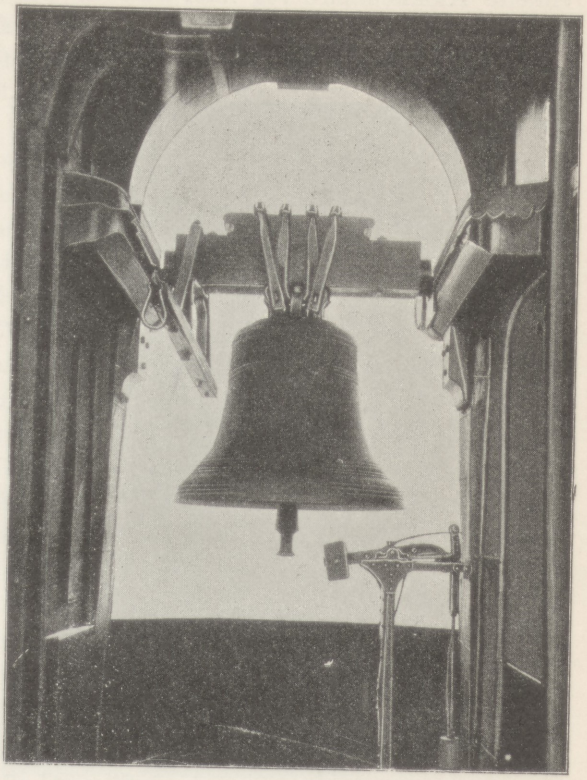


Fig. 113. Fra Raadhustaarnets elektriske Klokkespil.

I Reglen indrettes det saaledes, at Ledeuret hvert Minut slutter en forholdsvis svag, kortvarig Strøm gennem en Elektromagnet, som er anbragt oppe ved Elektromotoren. Denne Elektromagnet slutter saa en stærkere Strøm gennem Elektromotoren, der da sætter Viserne i Bevægelse. Strømmen gennem Elektromotoren vedvarer, indtil Minutviseren netop er flyttet en Minutstrækning frem; naar dette er sket, afbryder Mekanismen selv Strømmen, der først atter kommer i Gang ved næste Strømslutning fra Ledeuret.

Det betydeligste elektriske Taarnursanlæg, som hidtil er udført, er

maaske det, der findes i Københavns nye Raadhus. Dets elektriske Del er planlagt og bragt i Udførelse af Firmaet Kemp & Lauritzen, som her til Dels har maattet løse helt nye Opgaver, navnlig ved Slagværket med dets Klokkespil. I Stedet for at lade en Elektromotor virke paa et mekanisk Slagværk med Trækstænger el. lign. op til de enkelte Klokkehamre tog man Skridtet henimod elektrisk Drift fuldt ud, og gjorde selve Klokkehamrene til »elektriske Hamre«, d. v. s. Hamre som umiddelbart bevæges ved elektromagnetisk Tiltrækningskraft.

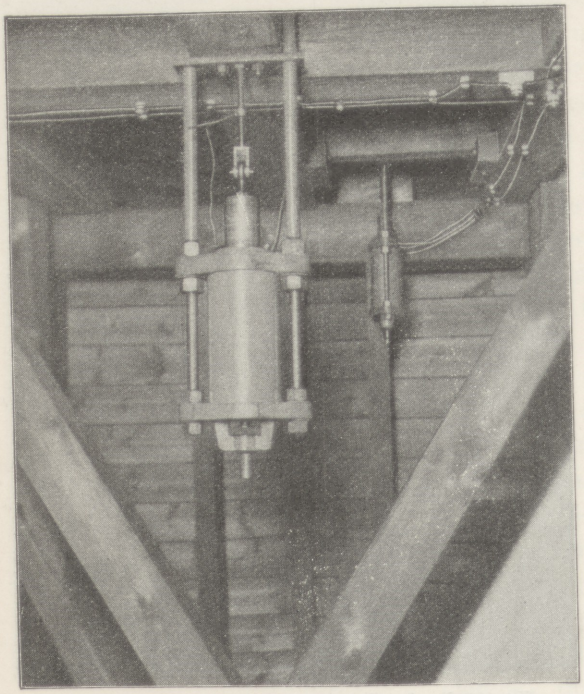


Fig. 114. Det elektromagnetiske Hammertræk.

Der findes 1 større Klokke til Timeslag og 4 mindre, som hver af Timens Kvarterer spiller en bestemt Melodi og tillige Kl. 6 og Kl. 12 udfører et Efterspil. Fig. 113 viser en af de mindre Klokker, og under denne ses Hammeren. Den dannes af en Vægtstang med Hammerhovedet yderst til venstre; lidt til højre for Vægtstangens Omdrejningspunkt er fastgjort et Staaltraadstov, som over en Trisse er ført ned til en Stang i den hule Opstander, der bærer Hammervægtstangen; den nævnte Stang gaar ned gennem Loftet i Lokalet under Klokkerne og bærer her en langstrakt Jærnklods, som passer ind i Hulheden i en i Loftet fastgjort Traadspole. Naar der sendes en elektrisk Strøm gennem denne Traadspole, trækkes Jærnklodsen ned i den (smlgn. S. 60), og ved det beskrevne Stang- og Traadtræk drejes Hammervægtstangen da saaledes, at Hammerhovedet slaar mod Klokkens Inderside, Et Øjeblik inden Hammerhovedet naar Klokken, afbrydes Strømmen, saa at Hovedet kun naar op til Klokken paa Grund af den Fart, det har faaet, og straks efter falder tilbage igen. Hvad der i Fig. 113 ses ved den højre Ende af Hammervægtstangen, er en lille Mekanisme, der tjener til at bringe Hammeren hurtigt i Ro efter Slaget. Fig. 114 viser en Del af Lokalet

under Klokkerne; i Midten af Billedet ses den faste Traadspole og den ophængte Jærnklods til den store Klokke; til højre for den ses en af de mindre Klokkers Traadrulle og Jærnklods.

Da Klokkerne hænger 30 Meter (96 Fod) over Urskivernes Midte og mere end 90 Meter over Raadhuspladsen, er det en stor Fordel, at man her oppe kan nøjes med at have Klokkehamrene med de tilhørende Traadruller og Jærnkærner og forøvrigt undgaar alle mekaniske Forbindelsesled med Værker længere nede.

Strømmen sendes til Traadrullerne fra et »Kontaktværk«, som drives af en Elektromotor og er anbragt nede under Urskiverne i samme Lokale som den Elektromotor, der bevæger Viserne. Kontaktværket bestaar af 3 Valser med fremspringende Metalstykker (Kontaktstykker), der under Valsens Omdrejning træffer paa Kontaktfjedre og derved slutter Strømme til Traadrullerne.

De talrige elektriske Forbindelser mellem Klokkernes Traadruller, Kontaktvalserne, disses Elektromotor, Viserværkets Elektromotor, Ledeuret m. m. bevirker, at det hele Anlæg er meget indviklet og sammensat. Desuden staar Ledeuret ikke blot i Forbindelse med Taarnuret, men ogsaa med Kontorure rundt om i Raadhuset; disse faar Strøm fra Ledeuret hvert Minut. Selve Ledeuret, der er anbragt i Raadhusets Oplysningskontor, har elektrisk Drivkraft.

Vil man have et Ur til at give Signaler paa Afstand el. desl. paa bestemt Klokkeslet, forsyner man det med en eller anden Kontaktindretning, som kan indstilles til paa det ønskede Klokkeslet at slutte (eller afbryde) en elektrisk Strøm, der saa besørger det videre fornødne. Kontaktindretningen kan laves paa mangfoldige Maader. Værket kan f. Eks. indeholde en Skive med Huller langs Omkredsen; i disse Huller kan man indsætte Stifter, som idet Skiven drejes rundt af Urværket, træffer paa et eller andet Fremspring og derved slutter en Strøm. Man kan ogsaa lade Viserne selv under deres Vandring slutte Strømmen, idet de træffer paa Metalstykker eller Metalfjedre. Selv et Lommeur kan uden store Ændringer indrettes til Signalur — f. Eks. paa den af en dansk Urmager Andersen angivne Maade, der er fremstillet i Fig. 116. Her er en Metalskive *a* anbragt paa Timeviserens Aksel, saa at den følger med under Viserens Bevægelse; i Glasset er indsat en fjedrende Metalpind *d*, hvis ene Ende netop kan naa at berøre en lille Knast *b*, som sidder paa den omtalte Metalskive; Pindens anden Ende stikker ud gennem Glasset og ender her i en Metalknop *c*. Naar nu Enderne af en elektrisk Ledning, der fører gennem et Batteri og en elektrisk Klokke, forbindes med henholdsvis Urhanken og Metalknoppen, saa vil der i det Øjeblik, Knasten naar hen til Berøring

af Metalpinden, sluttes en Strøm gennem Urhanken, Urets indre Metaldele, den lille Metalskive, Knasten, Pinden, Knoppen, Ledningstraaden, Batteriet og Klokken, der altsaa ringer. Metalskiven er forsynet med Tal og kan drejes om Timeviserens Aksel, saa at Uret kan indstilles til at fremkalde Ringning, naar det ønskes. Paa denne Maade kunde f. Eks. Husbondens Lommeur, der hænger over hans Seng i Sovekammeret, vække Tjenestefolkene.

At lade et Urs bevægede Dele umiddelbart slutte eller afbryde en stærk Strøm gaar paa Grund af den stærke Gnistdannelse ikke godt an; men man kan i dette Tilfælde f. Eks. lade en Stift, som føres af Urværket ved Tryk mod et Fremspring, sætte en særlig Strømslutter eller -afbryder iVirksomhed; eller Uret kunde umiddelbart slutte en svag Strøm, som saa benyttes til at slutte den stærke Strøm; paa denne Maade bliver det f. Eks. muligt at lade et Ur tænde eller slukke elektriske Gadelygter langt borte fra Uret, uden at Lampernes Stærkstrømsledninger behøver at være ført hen til Uret.

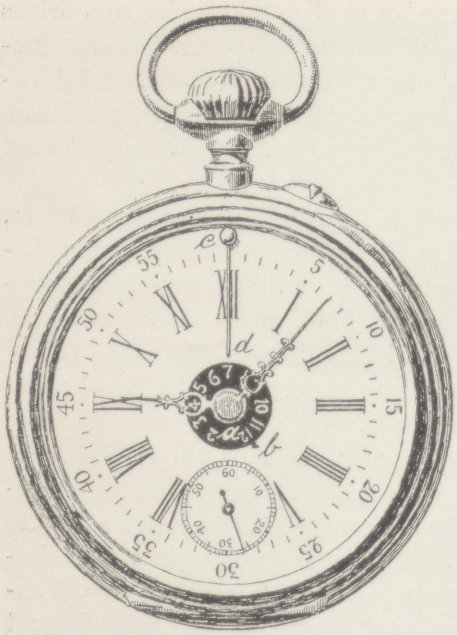


Fig. 115. Lommeur med paasat Strømslutter.

Men bortset fra Forskellen mellem stærk og svag Strøm kan man sige, at det ikke kommer et Ur ved, hvad den Strøm, det slutter, skal bruges til. Den kan kalde Børnene i en Skole ind til Timen, vække en Gæst i et Hotelværelse, tænde eller slukke Lamper paa Trappegange og i Udstillingsvinduer paa de Tider, Ejeren ønsker, sætte Motorer i Gang, gøre et Sikringsanlæg mod Tyve eller Brand rede til at virke om Natten fra et bestemt Klokkeslet, prøve et saadant Anlæg hver Dag, bringe en Mine eller en Bombe til Sprængning (»Helvedesmaskiner«) o. s. fr.

I mange Søstæder lader man et nøjagtigtgaaende Ur paa et bestemt Klokkeslet give et Tidssignal, som kan ses fra Havnen, hvor de Søfarende da kan stille deres Kronometre efter det. I København hejses lidt før Kl. 1 en Kugle af Kurvefletning op paa en Stang paa Silopakhuset i Frihavnen, og en Spærremekanisme hindrer den fra at falde ned igen. Præcis Kl. 1 slutter et Ur paa astronomisk Observa-

torium en Strøm, der gennem en Ledning gaar hen til en Elektromagnet i Spærremekanismen; derved udløses denne, saa at Kuglen falder. Den samme Strøm bringer en Klokke til at ringe paa Hovedtelegrafstationen. Her har Telegrafisterne lidt forud (paa et andet Klokkesignal) nedtrykket deres »Nøgler«, og naar Klokken lyder Kl. 1, slipper de Nøglerne; dette mærkes rundt om i Landet paa Telegrafstationer, som altsaa paa denne Maade faar Tidssignal. — Som Tidssignal for Søfarende anvendes undertiden et Skud; dette er f. Eks. Tilfældet i flere engelske Havnestæder, hvor saadanne Signalskud fremkaldes ved en elektrisk Strøm, som har sin Oprindelse i Greenwich. Vi kan sige, at Observatoriet her affyrer Skud rundt om ved Englands Kyster.

IV. ELEKTRICITETSVÆRKER OG LEDNINGSNET FOR JÆVNSTRØM

Indledning. — Arbejdskraft eller Energi. — Dynamoer. — Strømmens Fordeling til Lamper og Motorer. — Forbrugsmaalere. — Akkumulatorer. — Forbindelse mellem Dynamo, Batteri og Ledningsnet. — Et københavnsk Jævnstrømsanlæg. — Mindre Centralanlæg. — Vindelektricitetsværker. — Farer og Sikringsmidler.

Indledning. Det 18. Aarhundrede bragte Løsningen af den Opgave at drage Stenkullets slumrende Arbejdskraft frem i Dagen og gøre den rede til at drive Maskiner. Det var Englænderen James Watt, der ved at konstruere sin Stempeldampmaskine løste den vigtigste og vanskeligste Del af denne Opgave paa en praktisk Maade, og denne Daad har faaet langt større historisk Betydning end alle Napoleons Krige tilsammen. I den Grad satte Watts Gerning sit Præg paa den kommende Tid, at man med god Ret kunde give det 19. Aarhundrede Navnet Dampmaskinens Aarhundrede.

Det 19. Aarhundrede har imidlertid bragt Løsningen af en anden Opgave, som betegner et mægtigt Skridt fremad i samme Retning. Det var den Opgave at tvinge Arbejdskraft fra Naturens Kraftkilder — Vandfald saa vel som Stenkulslejer — ind i en Metaltraad, føre den med Traaden milevidt gennem Luften eller Jorden, sprede den ud i alle Traadens Forgreninger og gøre den rede til atter at træde ud af Traaden og gøre Nytte, i hvad Form det forlanges — som Drivkraft

for Maskiner, som Lys, som Varme eller som kemisk Virksomhed. Denne nye Kunst kan vi med en enkelt Betegnelse kalde den elektriske S t æ r k s t r ø m s t e k n i k. Ved den er Arbejdskraften blevet Menneskets lydige Tjener i en ganske anden Grad, end Watt kunde ane, da han tvang Kraften fra Kullet ind i sin Dampmaskines Cylinder.

Det Grundlag, hvorpaa Stærkstrømsteknikken er bygget op, blev lagt af M i c h a e l F a r a d a y (farradæ), da han i 1830 opdagede, at man kunde frembringe elektrisk Strøm ved mekanisk Arbejde (se S. 60).

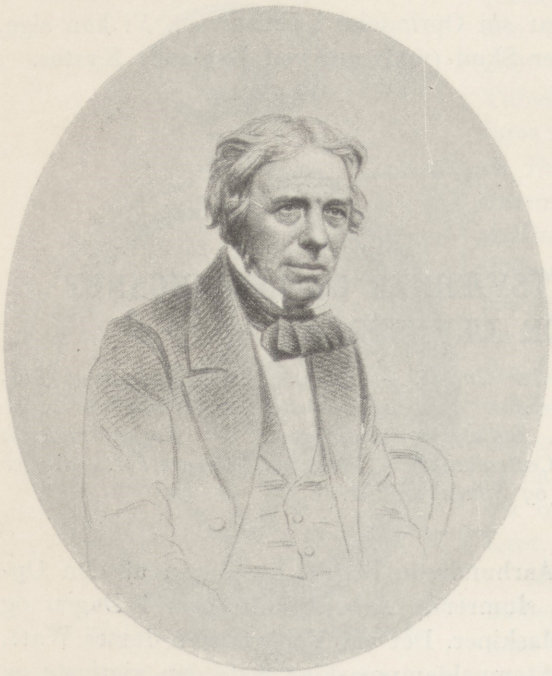


Fig. 116. Michael Faraday.

Derefter har en stadig voksende Hærskare af Videnskabsmænd og Teknikere arbejdet paa at føre Faraday's Opdagelse videre og gøre den anvendelig i stor Stil paa det praktiske Livs forskellige Omraader. Som den, der satte Kronen paa Værket og afsluttede Stærkstrømsteknikkens Barndomstid, maa vi nævne Amerikaneren T h o m a s A l v a E d i s o n.

Det er interessant at sammenstille disse to Stormænd, — Videnskabsmanden og Opdageren Faraday, Teknikeren og Opfinderen Edison. Begge har kæmpet sig frem fra fattige Forhold. Faraday maatte tidlig tjene sit Brød som Lærling i en Boghandel, og Edison endnu tidligere som Avisdreng; og ud over den nødtørftige Skoleundervisning har ingen af dem faaet nogensomhelst regelmæssig Uddannelse; de var i allerhøjeste Grad selvlærte Mænd. Begge var utrættelige Arbejdsmennesker, der med Iver undersøgte og prøvede alt, hvad de fik at gøre med.

Men Maalet for deres Undersøgen og Prøven var forskelligt.

Alt hvad Faraday hørte og læste om Naturens Kræfter, prøvede han for at se, om det var rigtigt, og for at vinde en dybere Forstaaelse af Sagen. Og hans Forsken førte ham efterhaanden til en større Fortrolighed med Naturkræfterne og deres Sammenhæng, end noget

andet Menneske havde naaet. Saa dybt gik han til Bunds, at hans Samtid ikke kunde følge med. Hans Opdagelser skaffede ham vel høj Anseelse blandt Fysikerne; men han kom hele sit Liv til at høre til de Mennesker, som er mere, end de synes. Først Eftertiden har fuldt ud forstaaet hans Storhed. Skønt han selv udelukkende var Videnskabsmand, kan Nutidens Elektroteknikere let enes med de videnskabelige Elektrikere om, at Faradays Navn er det største af alle dem, der er knyttede til Elektricitetens Historie. Foruden at opdage Induktionsstrømmene, der nu anvendes paa de fleste af Elektroteknikkens Omraader, har han fundet de i teoretisk og praktisk Henseende lige vig-



Fig. 117. Thomas Alva Edison.

tige Grundlove for den elektriske Strøms kemiske Virksomhed. Endvidere havde Opdagelsen af de elektriske Bølger og dermed Opfindelsen af den traadløse Telegraf paa flere Maader Faradays Forskning til Udgangspunkt. Og endelig kan det nævnes, at Anvendelsen af Netlynafflederne, der nu vinder mere og mere Udbredelse, i Grunden kun er en Udførelse i større Maalestok af et af Faradays Forsøg.

Med Edison var det anderledes. Han søgte ikke at udgrunde Tingenes Natur og finde den indre Sammenhæng i Naturkræfternes Virken, men vendte tværtimod Blikket udad mod det praktiske Liv. Hvad han fik at vide om Naturkræfterne, prøvede han for at se, hvad det kunde bruges til. Da han som halvvoksen Dreng fik lidt Besked om den elektriske Telegraf, prøvede han straks at sætte Byen, hvor han boede, i telegrafisk Forbindelse med dens noget afsides liggende Jærnbanestation ved en Jærntraad, som han befæstede til et Plankeværk

ved Søm; i tørt Vejr kunde denne Telegraflinie virkelig bruges. Og overalt hvor han senere færdedes, tumlede hans Hjærne med Opfindelser, som han straks søgte at sætte i Værk med de Midler, han havde til Raadighed. Idéer, som andre har haft, men ikke rigtig kunnet faa noget ud af, har han ofte taget op og søgt at gennemføre paa en mere praktisk Maade, og derfor er det ikke altid let at sige, hvad der skyldes Edison, og hvad andre bør have Æren for. Naar nu hertil kommer, at Edisons Landsmænd, efter at han først var blevet berømt, var meget tilbøjelige til at tilskrive ham alle mulige Opfindelser, saa kan man forstaa, at den stærke Glans, der staar om hans Navn, undertiden i nogles Øjne kan faa et humbugsagtigt Skær. Men selv om det maa indrømmes, at Edison i Modsætning til Faraday ofte har syntes Mængden større, end han var, saa er dog det, han virkelig har udrettet, fuldt tilstrækkeligt til at sikre ham en fremtrædende Plads blandt Elektricitetens Stormænd. Og navnlig kan det ikke betvivles, at hans Virksomhed har haft banebrydende Betydning for Stærkstrømsteknikken.

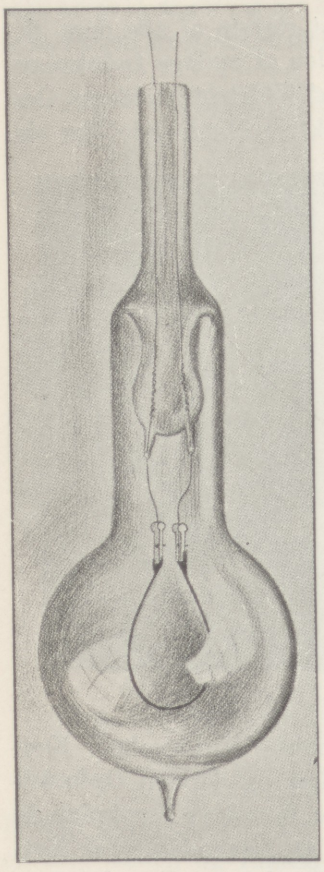


Fig. 118.
En af Edisons første Glødelamper.

Den Gang da Edison traadte til, var man naaet et godt Stykke frem paa dette Omraade. Man kunde tilvejebringe meget stærke Strømme ved en Dampmaskine, idet denne drejede en strømfrembringende elektromagnetisk Maskine — D y n a m o e n vil vi kalde den. Ved at lede Strømmen ind i en anden elektromagnetisk Maskine — E l e k t r o m o t o r e n — kunde man faa denne til at afgive Drivkraft til en Drejebænk, et Hejseværk el. desl.; gennem Mellemleddene, Dynamo, elektrisk Ledning og Elektromotor fik man saaledes Arbejdskraften overført fra Kraftmaskine til Arbejdsmaskine*), rigtignok foreløbig kun med saa store Kraftab, at Metoden ikke havde nævneværdig praktisk Betydning. End-

*) Ved »Kraftmaskiner« forstaar man Maskiner, som modtager Arbejdskraften fra de naturlige Kraftkilder — som Dampmaskinen fra Kullet, Vandhjulet fra Floden, Møllevingerne fra Vinden —, medens de Maskiner, som udnytter Arbejdskraften til forskellige Formaal — f. Eks. Spinding, Høvling, Drejning, Kornmaling, Ladning, Losning o. s. v. — kaldes Arbejdsmaskiner.

videre kunde man benytte Strømmen til Frembringelse af elektrisk Lys, idet man havde forbedret Buelyset (se S. 48) saa meget, at det kunde anvendes i Praksis. Men dette stærke Lys egnede sig kun for Fyrtaarne, aabne Pladser eller meget store Lokaler, og der kunde ikke være Tale om, at det elektriske Lys kunde vinde almindelig Udbredelse, før man havde tilvejebragt en lille elektrisk Lampe, der tilfredsstillede Hjemmets og Forretningsverdenens Krav. Dette var altsaa Maalet, og det blev naaet i 1879 ved Edisons Glødelampe, hvor Strømmen ledes gennem en i en luftfyldt Glasbeholder anbragt tynd Kultraad og bringer den i Glød.

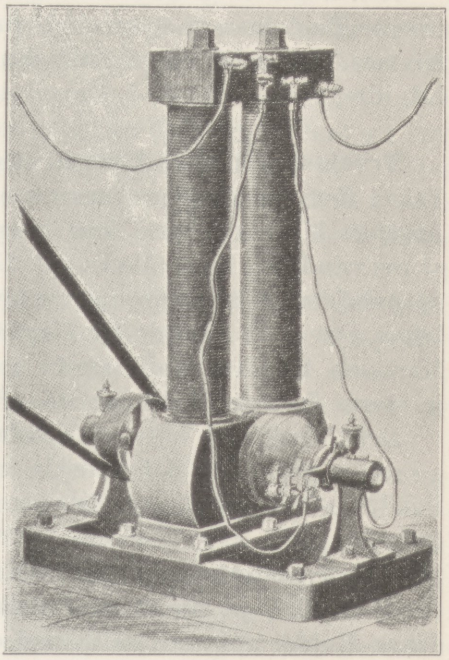


Fig. 119. En af Edisons første Dynamoer (fra 1880).

Kultraadsglødelampen er vel at mærke ikke opfundet af Edison; men hvad saa mange andre forgæves havde forsøgt — at danne en tilstrækkelig holdbar Kultraad og faa den anbragt i Beholderen — det lykkedes endelig for hans Snille og utrættelige Energi. — Og han gjorde ogsaa det næste afgørende Skridt fremad. I 1881 og 1882 udførte han i et af New-Yorks Kvarterer et stort Lysanlæg, hvor 6 Dampmaskiner, hver paa 125 Hestes Kraft, anbragte i en Centralstation, drev hver sin Dynamo, der sendte Strøm ud til elektriske Lamper hos talrige Forbrugere i Stationens Nærhed. Skønt Udførelsen af dette Anlæg stillede Edison og hans Medhjælpere mange nye og vanskelige Opgaver, blev Resultatet saa godt, at Edisons Anlæg i Hovedsagen blev Forbilledet for de Lysanlæg, som derefter voksede frem i Amerikas og Evropas Byer.

»Lysanlæg« kaldte man dem, fordi Strømmen til at begynde med udelukkende eller næsten udelukkende brugtes til Lys. Men da man nu i stort Omfang anvender den til Drift af Elektromotorer, er denne Betegnelse uheldig. Stærkstrømsanlæg er et mere passende Navn. Imidlertid findes der i vore Dage flere Arter af Stærkstrømsanlæg. Der er elektriske Centralanlæg, hvor Strømmen fra et »Elektricitetsværk« (Centralstation) fordeles til Forbrugere i den nær-

meste Omegn ligesom i Edisons Anlæg; og der er elektriske Kraftoverføringsanlæg, hvor den elektriske Strøm fører Arbejdskraften fra en stor Kraftkilde — f. Eks. et Vandfald — til langt bortliggende Steder. Desuden er der mange Overgangsformer mellem eller Sammenblandinger af disse to Hovedarter af Stærkstrømsanlæg, af hvilke vi her i dette Afsnit væsentlig kun vil beskæftige os med den første Slags — de egentlige Centralanlæg, og tillige holde os til de Anlæg, der benytter stadig ensrettet Strøm (Jævnstrømsanlæg).

Men inden vi gaar over til nærmere at betragte et Centralanlægs enkelte Dele, maa vi se at vinde fuld Klarhed over, hvad der egentlig forstaas ved Arbejdskraft; thi det er om dennes Forvandlinger, det hele drejer sig.

Arbejdskraft eller Energi. Ordet Arbejde bruges i daglig Tale i flere Betydninger; man taler baade om legemligt og aandeligt Arbejde. Men her vil vi kun bruge Ordet i dets fysiske Betydning: at overvinde en fysisk Modstand. Det er et Arbejde at løfte en Byrde, og Arbejdet er des større, jo tungere Byrden er, og jo højere den skal løftes. Det er et Arbejde for Plovhestene at drage en Plovfure over en Mark, og Arbejdet er des større, jo længere Vejen over Marken er, og jo større Jordens Modstand mod Ploven er.

Det Arbejde at løfte et Kilogramlod en Meter kaldes en Kilogrammeter, og det Arbejde at løfte et Pund en Fod kaldes en Pundfod. Størrelsen af et Arbejde kan man udtrykke ved en af disse Enheder.

Naar en Mand, der vejer 75 Kilogram (150 Pund), gaar 10 Meter (32 Fod) til Vejrs op ad en Trappe og altsaa løfter sin egen Vægt til denne Højde, udfører han derved et Arbejde af $75 \times 10 = 750$ Kilogrammeter eller $150 \times 32 = 4800$ Pundfod.

Vil man finde Størrelsen af det Arbejde, som udføres af et Par Heste, der trækker en Plov, maa man maale Hestenes Træk i Ploven. Dette kan f. Eks. ske derved, at der anvendes en saakaldet Krafthammel med en Fjeder, som spændes mere eller mindre ved Hestenes Træk, samt en med Fjederen forbundet Viser, der angiver Trækket i Kilogram eller Pund. Er Hestenes Træk under Pløjningen gennemsnitlig f Eks. 150 Kilogram, kræver Tilvejebringelsen af en Plovfure af 50 Meters Længde et Arbejde, hvis Størrelse er $150 \times 50 = 7500$ Kilogrammeter.

Med Hensyn til Bedømmelsen af en Arbejdshests Værdi er det aabenbart af Vigtighed at vide, hvor meget Arbejde den kan udføre i Løbet af en bestemt Tid, eller med andre Ord, hvor hurtigt

d e n k a n a r b e j d e. Dersom Plovhestene i det nys anførte Eksempel trækker Ploven 1 Meter frem i Sekundet (svarende til omtrent ½ Mil i Timen), udfører de begge tilsammen Arbejdet 150 Kilogrammeter, hver af dem altsaa 75 Kilogrammeter, i Sekundet. Man siger da, at hver Hests »Arbejdshastighed« er 1 »Maskinhestekraft«. Denne Betegnelse skriver sig fra James Watt, der vilde gøre det lettere for Folk at danne sig en Forestilling om, hvormeget hans Dampmaskiner kunde udrette, og derfor angav deres Ydeevne i Hestekræfter, idet han regnede 1 H e s t e k r a f t til noget lignende som 75 Kilogrammeter i Sekundet. Betegnelsen Hestekraft er i Virkeligheden anskuelig og ret træffende. Forsøg har vist, at en nogenlunde stor Hest (af Vægt 500 Kg. el. 1000 Pund) kan yde 1 Hestekraft 8 Timer igennem i Løbet af en Dag, naar den arbejder under gunstige Forhold, hvilket vil sige Træk paa lige Bane med en Bevægelseshastighed af lidt over 1 Meter i Sekundet, — altsaa omtrent som i det anførte Eksempel. I en Hestegang udnyttes Hestens Arbejdsevne mindre godt, navnlig hvis Bommen er kort.

I samme Betydning som Arbejdshastighed vil vi i det følgende, hvor det ikke kan misforstaas, i Reglen bruge Ordene Arbejdsydelse el er Arbejdsforbrug — efter Omstændighederne. Vi siger altsaa, at hver Plovhests Arbejdsydelse i vort Eksempel var 1 Hestekraft, og Plovens Arbejdsforbrug 2 Hestekræfter.

Med en Arbejdshastighed af 1 Hestekraft vil en Hest eller en Dampmaskine i Løbet af en Time udføre et Arbejde af 270 000 Kilogrammeter (nemlig 75 i hver af Timens 3600 Sekunder). Dette Arbejde kaldes 1 H e s t e k r a f t t i m e (selv om det just ikke tager en Time), og denne Størrelse bruges meget almindelig som Enhed for Arbejde i Stedet for en Kilogrammeter, der er ubekvemt lille at regne med, hvor det drejer sig om Dampmaskiners og Dynamoers Virksomhed eller deslige.

I Elektroteknikken anvendes i Stedet for Hestekraft i Almindelighed en lidt større Enhed, der kaldes en K i l o w a t t og er godt $1^1/_3$ Hestekraft (nøjagtigere $1{,}_{36}$); en »Kilowatt-time« er altsaa $1^1/_3$ Hestekrafttime.

Da Mennesker og Dyr kan udrette Arbejde, siger man, at de har A r b e j d s k r a f t, Arbejdsevne eller E n e r g i, som Fysikerne plejer at kalde det. Men ogsaa livløse Ting kan være i Stand til at udføre Arbejde og altsaa besidde Energi. En spændt Fjeder har Energi; i vore Lommeure besørges jo det Arbejde at drive Værket et Døgn eller mere af en Staalfjeder, som er blevet spændt ved »Optrækningen«. Et Vægtlod, der løftes til Vejrs, faar ved Løftningen Arbejdskraft eller Energi; lukker Lokomotivføreren for Dampen, saa at Maskinen ikke længere arbejder, saa løber Toget dog et langt Stykke videre; det kan

altsaa selv gennem et langt Stykke Vej udføre det Arbejde at overvinde Gnidningsmodstanden mod Bevægelsen.

Man siger, at Jærnbanetoget eller en anden Genstand, som er i Fart, har Bevægelsesenergi, medens det løftede Lod eller den spændte Fjeder har Plads- eller Stillingsenergi, idet Energien i disse Tilfælde skyldes Loddets Plads eller Stilling højt til Vejrs og den tvungne Stilling Fjederens forskellige Dele indtager i Forhold til hverandre. Bevægelsesenergi og Pladsenergi er forskellige »Energiformer«.

Et Vægtlod paa 3 Kilogram, der er anbragt saa højt oppe, at det kan komme til at synke 2 Meter, besidder i Kraft af denne Stilling en Pladsenergi af $3 \times 2 = 6$ Kilogrammeter, d. v. s. saa meget Arbejde kan det udføre ved at synke. Dette forstaar man lettest, hvis Loddet er ophængt i en Snor, som er ført over en Trisse og i sin anden Ende bærer et ligesaa tungt Lod, der holder det første Lod i Ligevægt. Giver man nu dette et lille Tryk, saa at det kommer i Bevægelse nedad, saa vil det andet hæves; og er Snoren meget tynd og Trissen meget letløbende, vil Bevægelsen af sig selv fortsættes med næsten uforandret Fart. Naar det første Lod er naaet de 2 Meter ned, er det andet samtidig løftet 2 Meter. Det første Lod har altsaa udført et Arbejde af 6 Kilogrammeter. Det har herunder mistet sin Pladsenergi, men det andet har samtidig faaet en ligesaa stor Pladsenergi.

Her har vi saaledes et Eksempel paa, at Arbejdskraft eller Energi gaar over fra en Genstand til en anden. Energi kan ogsaa gaa over fra en Form til en anden.

Naar en Cyklist staar højt oppe paa en Bakkeskraaning, har han Pladsenergi. Anbringer han sig nu paa Cyklen (der antages at have Frihjul), kan han uden at bruge Pedalerne trille ned ad Bakken og faar derunder stærkere og stærkere Fart paa. Han mister Pladsenergi men faar Bevægelsesenergi i Stedet. Hvis der ved Bakkefoden begynder en ny Bakke farer han videre op ad denne og mister nu Bevægelsesenergi, men faar atter Pladsenergi. Dersom der hverken var Luftmodstand eller andre Modstande mod Bevægelsen, vilde han paa den anden Bakke naa netop samme Højde som den, han gik ud fra paa den første, og den Pladsenergi, han begyndte med, var da blot blevet forvandlet først til Bevægelsesenergi, saa paany til Pladsenergi paa et andet Sted, men den var ikke formindsket under disse Forvandlinger. — I Virkeligheden naar man ikke saa højt op; en Del af Energien synes altsaa at være forsvundet; og havde Vejen nedenfor den første Bakke fortsat sig lige ud, vilde al Energien tilsyneladende være gaaet tabt, naar Cyklen standsede.

Noget er der dog kommet i Stedet for den tabte Energi. For det

første er Luften blevet sat i Bevægelse, den har altsaa overtaget en Del af Cyklistens Bevægelsesenergi. For det andet er der opstaaet Varme, hvor Hjulene trykkede mod Vejen, og hvor Cyklens enkelte Dele gled mod hinanden. Den udviklede Varme er her for ringe og spredt paa for mange Steder til, at man kan mærke den; men dersom en Jærnbanevogn i stærk Fart standses hurtigt ved, at der trykkes Bremseklodser mod Hjulene, saa bliver Klodserne (og Hjulene), som ved deres Gnidning skal opsuge Vognens store Bevægelsesenergi, meget varme.

Varmen er imidlertid selv en Form for Energi; thi Varme kan udføre Arbejde; det sker f. Eks. i en Dampmaskine, der netop henter sin Arbejdskraft fra Varmen i Ildstedet. Naar en Jærnbanevogn standses ved Bremsning, bliver Vognens Bevægelsesenergi altsaa ikke til intet; den forvandles blot til Varmeenergi. Paa samme Maade gaar det, naar et Lod eller en Fjeder driver et Urværk, Loddets eller Fjederens Energi bliver til Varme ved Hjulenes Gnidning. Varmen fra Bremserne eller Urværket breder sig ud til Omgivelserne; vi kan ikke faa den opsamlet og udnyttet i en Dampmaskine el. desl. I disse som i mangfoldige andre Tilfælde gaar der altsaa praktisk talt — d. v. s. for os Mennesker — Energi tabt; men for Naturen sker det aldrig. Der gælder den Lov — Fysikkens Grundlov kan man kalde den —, at under alle Energiens Forvandlinger bliver Energimængden i Naturen uforandret.

Hvis man lod en Dampmaskines Aksel gaa ind i en Vandbeholder og herinde ved sin Omdrejning bringe to Plader til at gnide stærkt mod hinanden, saa vilde Maskinens Arbejde blive til Varme, og for hver Hestekrafttime, Akslen afgiver, opstaar der henved 650 Varmeenheder, d. v. s. saa megen Varme, som kunde opvarme 650 Kilogram Vand 1 Grad Celsius eller 6½ Kg. fra 0^0 til 100^0 C. eller forvandle lidt over 1 Kilogram koldt Vand til Damp af 100 Graders Varme. Tænker vi os nu, at den omtalte Vandbeholder var selve Dampmaskinens Kedel, saa vilde den frembragte Damp jo blive anvendt til at drive Maskinen, og dersom al den udviklede Varme førtes med Dampen hen til Maskincylinderen, og al Varmen her kunde forvandles til Arbejde, saa vilde vi atter faa 1 Hestekrafttime for hver 650 Varmeenheder; saafremt Maskinen slet ikke havde anden Modstand at overvinde end Gnidningen mellem Pladerne, kunde den altsaa blive ved at holde sig selv i Gang, selv om Ilden under Kedlen slukkedes.

I Virkeligheden kan dette naturligvis ikke lade sig gøre. En ikke ringe Del af Dampens Varme ledes bort gennem Kedelens, Damprørenes og Cylinderens Vægge, og det kan slet ikke undgaas, at den brugte

Damp, der forlader Cylinderen, tager Størstedelen af Varmen med sig og afgiver den til Luften eller til Fortætningsvandet, hvis Dampen føres ind i en Fortætter. Vi kan derfor kun faa en lille Del af Varmen omdannet til mekanisk Arbejde, medens det derimod er let nok at faa alt Maskinens mekaniske Arbejde omdannet til Varme.

Dampmaskinen har jo Varmen fra Kullene, der brænder under Ildstedet; fra dem kommer altsaa Arbejdskraften. Kullene bestaar for største Delen af Grundstoffet »Kulstof«, og under Forbrændingen forener dette sig under Varmeudvikling med Luftens Ilt til en kemisk Forbindelse, nemlig Luftarten Kulsyre. Man siger, at Kullene havde »k e m i s k E n e r g i«, der ved Forbrændingen omdannes til Varme. Det retteste var dog at sige, at Kullet og Ilten tilsammen havde den kemiske Energi, da det ene Stof er ligesaa nødvendigt som det andet; men da det kun er Kullene, der skal bringes til Dampmaskinen, medens Ilten er til Stede overalt, nævnes Ilten i Reglen ikke.

Det blev før nævnt, at et Arbejde af en Hestekrafttime kunde frembringe ca. 650 Varmeenheder. Da nu et Kilogram Stenkul ved sin Forbrænding giver 7—8000 Varmeenheder, indeholder det altsaa en Energi af 10—12 Hestekrafttimer; saa meget Arbejde skulde det kunne udrette, om al Varmen kunde blive til Arbejde. Selv i store, gode Dampmaskiner faar man imidlertid næppe stort mere end 1 Hestekratftime — i enkelte meget gunstige Tilfælde $1\frac{1}{2}$ — for 1 Kilogram Kul. Da vi altsaa ikke let kan faa stort mere end en Tiendedel af Kullets Energi udnyttet i en Dampmaskine, er den aabenbart meget langt fra Idealet af en Varmemaskine. Bedre udnyttes Energien i de saakaldte Eksplosionsmotorer, hvor et Stempel drives frem i en Cylinder ved Antænding og Eksplosion af Gas eller Petroleumsdamp, som tilligemed Luft er bragt ind i Cylindren bag Stemplet; ved den fuldkomneste Petroleumsmotor, Dieselmotoren, har man endog i visse Tilfælde været i Stand til at udnytte omtrent $^1/_3$ af Petroleummens kemiske Energi.

Langt fuldkomnere Midler til Udnyttelsen af kemisk Energi har vi i de galvaniske Elementer. Lad os f. Eks. betragte et simpelt Voltaelement bestaaende af et Glas med Svovlsyre, en Zinkplade og en Kobberplade. Det indeholder kemisk Energi; thi ved Zinkens Opløsning i Syren opstaar der Varme ligesom ved Kuls Forbrænding paa et Ildsted. Er Zinken godt amalgameret, opløses den først, naar Zinkpladen og Kobberpladen forbindes med hinanden ved en elektrisk Ledning. Der opstaar da en elektrisk Strøm, og man kan sige, at Elementets kemiske Energi bliver til e l e k t r i s k E n e r g i. Denne bliver dog — naar Strømmen ikke frembringer kemiske eller mekaniske Virkninger — med det samme til Varme. Inde i Elementet og ude i den

ydre Ledning tilsammen fremkommer der ved hvert Gram Zinks Opløsning netop ligesaa megen Varme, som et Gram Zink vilde give, naar det lagdes ned i Svovlsyre og opløstes i den. Det, Strømmen gør, er altsaa i Grunden blot at flytte en Del af Zinkens Opløsningsvarme ud i den ydre Ledning. Hvor meget af Varmen der kommer i Elementet og hvor meget i Ledningen, det afhænger af den elektriske Ledningsmodstand de forskellige Steder. Har Elementet store Plader tæt ved hinanden, altsaa ringe indre Modstand, medens Modstanden i Ledningen er stor, saa faar vi flyttet næsten al Varmen ud i Ledningen; er den ydre Modstand 99 Gange den indre, skulde egentlig $^{99}/_{100}$ af Varmen gaa ud i Ledningen; dette slaar dog i Praksis ikke helt til.

Paa lignende Maade gaar det med andre Slags Elementer eller Batterier. Næsten al den Energi, som frigøres ved den kemiske Virksomhed i Batteriet, kan af Strømmen flyttes ud i Ledningen. Herude kan Energien godt blive til andet end Varme. Ledes Strømmen f. Eks. gennem en Elektromotor, kan den udføre mekanisk Arbejde, og den allerstørste Del af et Batteris kemiske Energi kan paa denne Maade blive til Arbejde.

Men skønt et galvanisk Batteri fysisk set er nærved at være Idealet af en »Energiforvandler«, saa kan det dog ikke anvendes i Praksis, hvor det er store Mængder af Arbejdskraft, der er Brug for, og det af den simple Grund, at Zinken, hvis Opløsning frigør Energien, er altfor kostbar. Til Frembringelse af stadige, stærke Strømme betaler det sig derfor at brænde Kul under en Dampkedel i Stedet for at »brænde« Zink i et Batteri, skønt Dampmaskine og Dynamo tilsammen forøder mindst $^{9}/_{10}$ af Kullets Energi, Batteriet kun lidt af Zinkens. Kunde man opfinde et Element, der brugte Kul i Stedet for Zink, uden at dette medførte andre særlige Udgifter eller Ulemper, da havde man naaet et Maal af allerstørste Betydning. Desværre har de Forsøg, som er gjort i denne Retning, ikke været meget opmuntrende. Hermed er det dog ikke sagt, at vi aldrig vil naa til at frembringe elektrisk Strøm direkte af Kul; men foreløbig maa vi benytte en Dampmaskine og Dynamo som Mellemled.

Fordelen ved at omdanne Kullenes, Vandløbenes eller Vindens Energi til elektrisk Energi er, som det allerede er fremhævet, at den elektriske Energi kan vi fuldstændig beherske — sende den gennem Ledninger, hvorhen vi vil, og forvandle den til hvilken anden Slags Energi, vi ønsker. Til en vis Grad kan dette ogsaa opnaas paa anden Maade. Drejer det sig blot om at sende og fordele mekanisk Arbejdskraft fra en Kraftmaskine til Arbejdsmaskiner, har vi mange Midler dertil. Ved Hjælp af lange Aksler, Remskiver og Drivremme kan Arbejdskraften

fra en Dampmaskine i en Fabrik fordeles til Fabrikkens Arbejdsmaskiner. Paa ret lange Afstande kan saadanne mekaniske Transmissioner ikke godt anvendes; men her kunde en Vandstrøm gøre Tjeneste paa lignende Maade som en elektrisk Strøm, idet man lader en Kraftmaskine drive ikke en Dynamo, men en Pumpe, som sender Vand under stærkt Tryk gennem en Rørledning; gennem denne kan Vandstrømmen føres til en eller flere Vandkraftsmotorer, hvor Vandtrykket drejer en Aksel rundt, saa at Vandstrømmen ved Hjælp af Vandkraftsmotoren kan afgive Arbejdskraft til en Arbejdsmaskine, ligesom den elektriske Strøm kan gøre det ved Hjælp af en Elektromotor. Men det er kun i faa Tilfælde, at en saadan Kraftoverføring ved en Vandstrøm kan være at foretrække for den elektriske Kraftoverføring; og medens Vandstrømmens Energi kun kan blive til mekanisk Drivkraft, kan den elektriske Strøms Energi ogsaa forvandles til Lys.

I denne Henseende ligner Energioverføring ved Gas derimod den elektriske Energioverføring. Af Stenkullene kan vi frembringe Gas, som indeholder en større eller mindre Del af Kullenes kemiske Energi; og Gassen kan ledes gennem lange Rør til Forbrugssteder, hvor dens Energi kan blive saa vel til Varme og Lys som til Drivkraft i Gasmotorer. Gassen er da ogsaa Elektricitetens farligste Medbejler; men Elektriciteten har dog et langt videre Virkefelt og langt rigere Fremtidsmuligheder.

Dynamoer. Naar vi vil lære Indretningen af Stærkstrømsanlæg at kende, er det rimeligt, at vi begynder med D y n a m o e n, der frembringer Strømmen. Vi har jo allerede S. 94 haft at gøre med en Maskine, der kunde omsætte mekanisk Arbejde til elektrisk Strøm, nemlig den saakaldte Magnetinduktor. Den gav imidlertid Vekselstrøm, d. v. s. Strøm, som stadig skiftede Retning, eller i alt Fald — selv om Strømmen ved en Kommutator eller Strømvender gjordes ensrettet — ujævn Strøm. Nu kan Vekselstrøm ganske vist godt anvendes i Stærkstrømsteknikken; den var endog eneraadende i den første Tid, og er maaske atter ved at erobre Herredømmet. Men ved Edisons Centralanlæg benyttedes »J æ v n s t r ø m« eller »L i g e s t r ø m«, d. v. s. Strøm, som ikke uden særlig Foranledning forandrer Retning eller Styrke; og ved almindelige Centralanlæg, der spreder elektrisk Energi i en ikke altfor vid Omkreds, anvendes som oftest Jævnstrøm. Det er saadanne Anlæg, vi i dette Afsnit vil holde os til; Omtalen af Vekselstrøm udsætter vi derfor til næste Afsnit, hvor vi faar at gøre med mere vidtstrakte Anlæg.

En praktisk anvendelig Maskine, der kunde give ensrettet Strøm

af næsten uforandret Styrke, blev først konstrueret af Belgieren Zenobe Gramme, der som Haandværksvend i Liège paa en Aftenskole havde erhvervet sig Kundskaber i Fysik og Maskintegning og derefter kom til et elektroteknisk Firma i Paris, hvor han i Slutningen af Tresserne gjorde sin store Opfindelse.

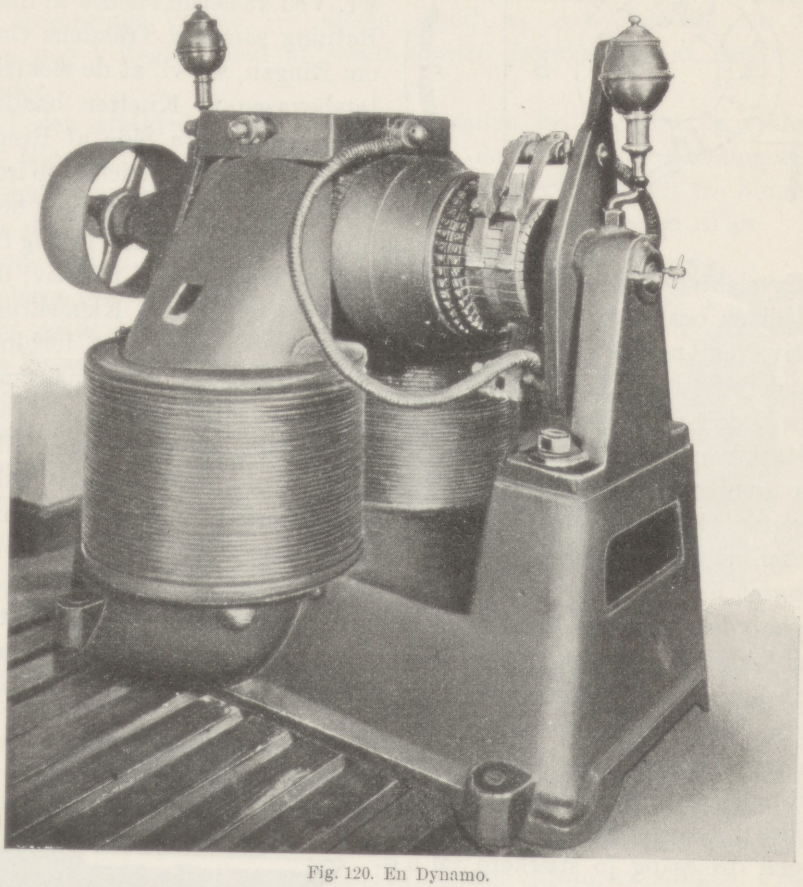


Fig. 120. En Dynamo.

Hovedtrækkene af hans Maskine er vist i Fig. 121. I Rummet mellem to stærke Magneter *N* og *S* kan en Jærnring drejes rundt. Omkring Ringen er viklet en i sig selv tilbageløbende Kobbertraad. Traadens enkelte Vindinger maa være isolerede fra hverandre indbyrdes og fra Jærnet, men Traaden er blank paa den udadvendende Side, og her slæber to Kobberfjedre paa de Vindinger, der er øverst og nederst paa Figuren. Ringen med dens Traadbevikling kaldes Ankeret.

Naar Ankeret drejes, opstaar der i Traadvindingerne Kræfter, som søger at fremkalde Strøm, ligesom det sker i Vindingerne af en Traad-

rulle, der nærmes til eller fjærnes fra en Magnetpol (se S. 61). Foregaar Drejningen i den Retning, som angives ved den krummede Pil inden i Ringen, saa vil Retningen af de elektricitetsbevægende Kræfter i de enkelte Vindinger være angivet ved de paategnede Pilespidser. Ved at lægge Mærke til disses Retning samt til Traadens Gang om Ringen, ser vi, at de elektricitetsbevægende Kræfter baade i højre og venstre Side af Ringen søger at sende Elektricitet op imod den øverste Vinding. Følgen heraf bliver, at den øverste Vinding faar positiv elektrisk Spænding, den nederste Vinding derimod negativ; derved bliver ogsaa den øverste Fjeder og den tilhørende Klemskrue *a* positiv, den nederste Fjeder og Klemskruen *b* negativ, og forbinder man dem ved en Ledning *acb*, saa vil Elektriciteten gennemstrømme denne i den ved Pilene angivne Retning, saa længe Ringen drejes.

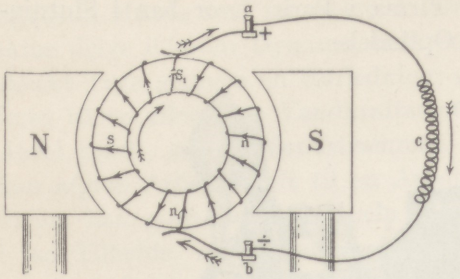
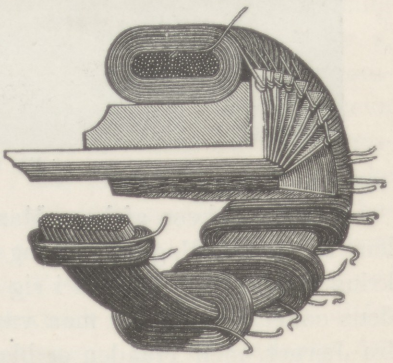


Fig. 121. Grammes Maskine.

Maskinen kommer med andre Ord under Ringens Omdrejning til at virke som et galvanisk Batteri med positiv Pol ved *a*, negativ ved *b*; betragter vi de enkelte Vindinger som Batteriets enkelte Elementer, saa kan vi sige, at disse er sammenstillede paa lignende Maade som i Batteriet Fig. 52 S. 69, idet Vindingerne om den højre og den venstre Ringhalvdel, svarer til hver sin af de to Elementgrupper i dette Batteri. Naar Ledningen mellem Klemmerne *a* og *b* er afbrudt, er Polspændingen, d. v. s. Klemmernes Spændingsforskel, Summen af de Spændinger eller elektromotoriske Kræfter, som frembringes i alle Vindingerne i en Ringhalvdel. Den bliver des større, jo flere Vindinger der er, jo hurtigere Ringen drejes og jo stærkere »Magnetfeltet« er, d. v. s. jo større Magnetkraften er dèr, hvor Kobbertraadene bevæger sig. — Sluttes Ledningen mellem *a* og *b*, vil Polspændingen forandres, ikke blot fordi Strømbevægelsen i og for sig søger at udjævne Spændingsforskellen, men ogsaa fordi Strømmen ved sine magnetiserende Virkninger forandrer Magnetfeltet.


Fig. 122. Stykke af en Grammes Ring.

Spændingen opstaar især i de Traadstykker, der føres tæt forbi

Magnetpolerne. Det gælder altsaa om at lade dem udgøre en forholdsvis stor Del af Traaden, og derfor gør man Ringens Tværsnit smalt i Retning ind mod Aksen, langstrakt i Retning parallelt med Aksen, som vist i Fig. 122. Ringens Jærnkærne har man her sammensat af indbyrdes isolerede Jærntraade for at modvirke Dannelsen af Induktionsstrømme, som ellers vilde gaa rundt i Jærnringens Tværsnit og frembringe Varme — altsaa Spild af Arbejdskraft; nu nøjes man dog i Reglen med at sammensætte Jærnkærnen af ringformede Plader.

I den afbildede Ring er Kobbertraaden helt isoleret og viklet op om Ringen i mange Vindinger, der er delt i enkelte Afdelinger eller Spoler, som paa Ringens nederste Del er vist vidt adskilt fra hinanden. Paa den øverste færdiglavede Del af Ringen er Spolerne rykket tæt sammen, og de enkelte Spolers Traadender saaledes forbundet, at Traaden kommer til at danne et sammenhængende Hele. Men paa hvert Forbindelsessted mellem to Spoler er Traaden bøjet lidt ud fra Spolerne og loddet til en Kobberstrimmel eller Kobberskinne, der først gaar ind imod Akslen og dernæst er bøjet hen langs denne, saa at i det færdige Anker et Stykke af Akslen er omgivet af en Række Kobberskinner, som er forbundet med Ringens Beviklingstraad (»Ankervindingerne«) paa en Række Punkter, men ellers isoleret fra hverandre indbyrdes saa vel som fra Akslen. Naar nu to Kobberfjedre under Ankerets Omdrejning slæber paa Kobberskinnerne, vil de virke som Fjedrene i Fig. 121 og tage Strøm fra Ringen. I Stedet for Fjedre bruges imidlertid saakaldte »Børster« eller »K o s t e«, som tidligere dannedes af Kobbertraad, men nu i Reglen er af Kul.

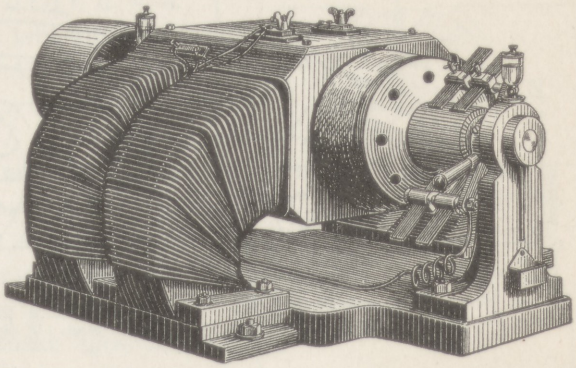


Fig. 123. Ældre dansk Dynamo.

Kobberskinnerne og de strømaftagende Koste kaldes tilsammen enten Kollektoren (Samleren), fordi Kostene samler Strømmene fra alle Spolerne, eller K o m m u t a t o r e n (Strømvenderen), fordi den sørger for, at Strømmen stadig gaar i en og samme Retning ud i den ydre Ledning, skønt den i de enkelte Ankervindinger skifter Retning for hver halve Omdrejning. I Fig. 123 ses tydeligt Kommutatoren med dens Skinner og Koste, som her er dobbelte; Figuren viser en Dynamo

af en Type, som i 1881 konstrueredes af Danskerne Lorenz og Jürgensen; den er dog nu fortrængt af andre Typer.

I Fig. 121 aftoges Strømmen fra de Traadvindinger, der er længst fra Magnetpolerne; her antoges det, at Strømmen fra højre og venstre Ringhalvdel mødtes. I Virkeligheden maa Kostene af forskellige Grunde forskydes noget i Omdrejningsretningen (se f. Eks. Fig. 125); bl. a. kan man herved undgaa en Gnistdannelse, som ellers indtræder, hver Gang Kostene slipper en Kobberstrimmel.

Man kunde fristes til at tro, at man ved en Grammes Maskine kunde faa den elektriske Strøm uden nævneværdigt Arbejde, da Ringens Bevægelse ikke møder andre mekaniske Modstande end nogen Gnidning ved Akslen og ved Kostene, og den stadig bevarer samme Stilling til

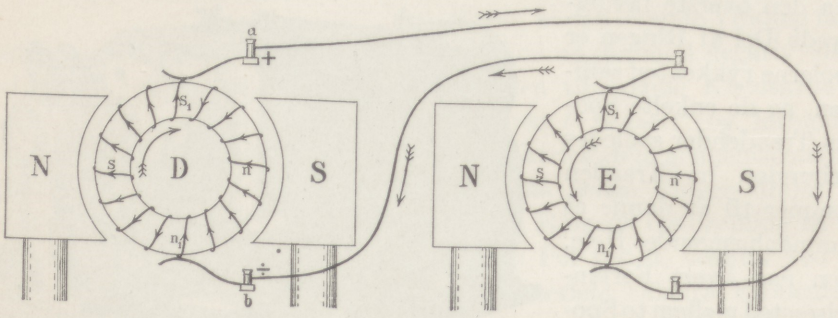


Fig. 124. Grammes Maskine som Dynamo (*D*) og Elektromotor (*E*).

Magnetpolerne. Men denne Tro kunde man faa grundigt udryddet allerede ved en lille Haandkraftmaskine; saa længe Kostene ikke er forbundet ved en Ledning, og Strømmen altsaa ikke kan komme i Gang, er det let nok at dreje Maskinen; men har man nu sat Ringen i hurtig Omdrejning, og forbindes derefter Kostene ved en tyk Ledningstraad, saa vil man pludselig mærke en betydelig Modstand, som om Ringen blev bremset stærkt.

Hvorledes denne Modstand opstaar, skal her blot antydes. Magnetpolerne *N* og *S* i Fig. 121 eller den venstre Del af Fig. 124 vil magnetisere Jærnringen, give den en Sydpol ved *s* og en Nordpol ved *n*. Da Ringen er af blødt Jærn, hvis Magnetisering let forandres, vil disse Poler under Ringens Omdrejning blive ved at holde sig ud for *N* og *S*, skønt de derved forandrer Plads i selve Jærnet. Men dette gælder kun saa længe Ledningen er afbrudt. Saa snart der kommer en Strøm i Gang, vil denne som før nævnt magnetisere Jærnringen; den højre Halvdel og den venstre Halvdel danner hver for sig en Elektromagnet, og de vil begge faa Nordpol forneden i Følge Reglen S. 56 (højre Haand omfatter Jærnet, Fingrene peger i Strømmens Retning — Nordpol til

Tommelfingersiden). Strømmen vil altsaa søge at give Ringen Nordpol ved n_1, Sydpol ved s_1. Resultatet af den store Magnets og Strømmens forenede Magnetiseringsbestræbelser bliver, at Ringen et Sted mellem s og s_1 faar en Sydpol, som tiltrækkes af N, og et Sted mellem n og n_1 en Nordpol, som tiltrækkes af S, og disse Tiltrækninger modsætter sig aabenbart Ringens Drejning. Ogsaa paa selve Kobbertraadene om Ringen vil der, naar de gennemløbes af Strømmen i Pilenes Retning, virke Kræfter, der modsætter sig Drejningen. Jo stærkere Strømmen er, des stærkere bliver Modstanden mod Bevægelsen, og des større Arbejde koster Drejningen.

Af hvad der er sagt ovenfor, vil vi nu let kunne indse, at Grammes Maskine ogsaa kan bruges som Elektromotor, d. v. s. Ringen vil give sig til at løbe rundt og kan derunder udføre et Arbejde, naar man sender Strøm igennem dens Vindinger. I Fig. 124 forestiller D en Gramme-Maskine, hvis Anker af en eller anden Drivkraft, f. Eks. en Dampmaskine, drives rundt og giver Strøm. Denne Strøm ledes hen til en anden Grammemaskine E af samme Bygning og gennemløber Ankervindingerne her ganske ligesom i D, som det fremgaar af Figuren. Strømmen om Ringen i Maskinen E vil da ligesom i D søge at frembringe en Sydpol foroven og en Nordpol forneden i Ringen, og Tiltrækningen mellem den store Magnets Poler og Ringens Poler vil dreje Ringen rundt i den Retning, Pilen viser, altsaa modsat D's Ring. Ringens Aksel kan nu under sin Omdrejning udføre et eller andet Arbejde, f. Eks. drive en Maskinsav. Vi har altsaa her et Eksempel paa en elektrisk Kraftoverføring fra Dampmaskinen til Maskinsaven ved Hjælp af de to Gramme-Maskiner, — den strømfrembringende D (Dynamoen) og den arbejdsudførende E (Elektromotoren).

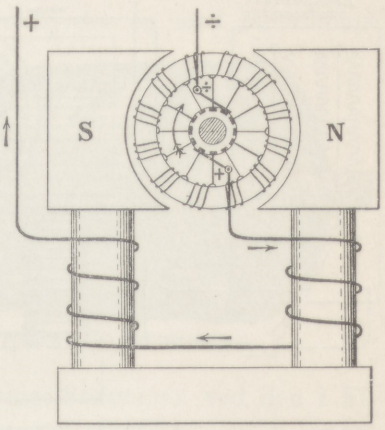


Fig. 125. Seriedynamo (eller Serieelektromotor).

Vi har i det foregaaende slet ikke omtalt, hvad Slags Magneter man brugte i Grammes Maskine. Det kan være Staalmagneter, men for at faa kraftige Virkninger af nogenlunde smaa Maskiner maa man bruge Elektromagneter, der jo kan blive meget stærkere. Til Magnetisering af Elektromagneterne — »Feltmagneterne« kalder man dem — kan man benytte selve den Strøm, Maskinen giver. Fig. 125 viser, hvorledes dette kan ordnes. Strømmen gennemløber, inden den træder ud

i den ydre Ledning, Elektromagneternes Traadvindinger. Hvis Elektromagneternes Jærnkærner til at begynde med var fuldstændig umagnetiske, vilde man slet ikke faa nogen Strøm ved at dreje Ankeret. Men naar de blot har været magnetiseret en Gang, vil der altid være lidt Magnetisme tilbage i Jærnet, saa at der til at begynde med kan opstaa en svag Strøm; denne forøger Jærnets Magnetisme, hvorved Strømstyrken atter vokser; og saaledes arbejder Maskinen hurtig sig selv op til at give stærk Strøm.

Det er kun en Del af Feltmagneternes Jærn, der er beviklet med Ledningstraad; fra de beviklede Jærnkærner udgaar saa Jærnklodser — de saakaldte Polsko —, der omslutter Ankeret som vist i Fig. 125 og andre Billeder.

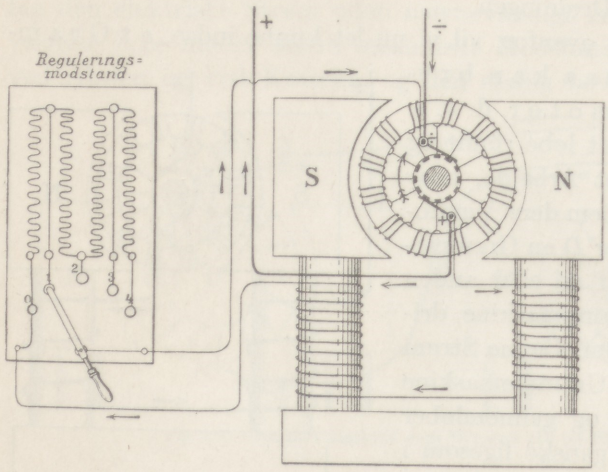


Fig. 126. Shuntdynamo.

At anvende Maskinens egen Strøm til Magnetisering af Feltmagneterne blev allerede i 1854 foreslaaet af Danskeren Søren Hjort; men det var Tyskeren Werner Siemens — Grundlæggeren af det store Siemenske Firma —, der i Praksis indførte dette Princip (1866). Maskiner, hvor dette skete, kaldte man til at begynde med »dynamo-elektriske«, og deraf er saa for Stærkstrømteknikken strømfrembringende Maskiner opstaaet Navnet Dynamo, som ofte anvendes, selv om de ikke magnetiserer sig selv; dette gør Jævnstrømsmaskiner dog altid.

I Dynamoen Fig. 125 gaar jo al den Elektricitet, Ankeret udsender, gennem Elektromagnetbeviklingen; der kræves under disse Omstændigheder kun faa Vindinger til at frembringe stærk Magnetisering, og naar de tillige er af tyk Traad, svækker det ikke Strømmen synderligt, at den maa tjene som Magnetiseringsstrøm. En Dynamo af denne Art kaldes en Seriedynamo eller Hovedstrømsdynamo; den egner sig imidlertid kun til altid at udrette samme Arbejde, f. Eks. give Strøm til et bestemt Antal Lamper, der altid brænder samtidig.

En Dynamo kan langt bedre rette sig efter de forskellige Krav, der stilles til den, naar den har den Ledningsordning, Fig. 126 viser.

Her er der fra Ankerfjedrenes Klemskruer ført en Sideledning eller Biledning (»Shunt«) af tynd Traad i mange Vindinger om Elektromagneternes Jærnkærner; gennem denne Ledning gaar en lille Brøkdel af Strømmen fra Ankeret, medens Resten (Hovedstrømmen) gaar ud gennem den ydre Ledning med dens Lamper og Motorer. En saadan Dynamo kaldes en S h u n t d y n a m o (sjunt) eller Sideledningsdynamo.

Ved en Shuntdynamo kan man svække eller forstærke Magnetiseringsstrømmen og derved regulere Dynamoens Virksomhed, idet man i Sideledningen indskyder en saakaldet R e g u l e r i n g s m o d s t a n d, der bl. a. kan dannes paa den i Fig. 126 viste Maade af en Række Spiraler af Metaltraad uden Isolationsbeklædning, men befæstede paa isolerende Underlag. Spiralerne forbindes indbyrdes og med Metalknapperne *0*, *1*, *2*, *3* og *4* som vist i Figuren. Ved et Haandtag kan en Metalarm (Kontaktarm) bringes til at glide hen over disse Metalknapper. Idet nu Dynamoens Elektromagnetbevikling er forbundet dels med Kontaktarmens Aksel, dels med Metalknappen *0*, saa vil Magnetiserings-Strømmen ved den i Figuren viste Stilling af Armen passere gennem Modstandsspiralen længst til venstre. Drejes Armen til højre, faar Strømmen flere Spiraler at passere, den svækkes altsaa. Drejes Armen derimod hen paa Knappen Nul, møder Strømmen ingen nævneværdig Modstand i Apparatet.

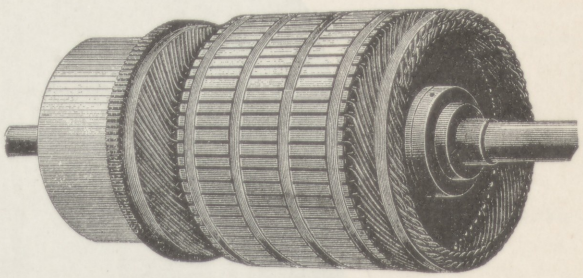


Fig. 127. Tromle- eller Cylinderanker.

I de saakaldte »K o m p o u n d d y n a m o e r« anvendes en Forening af Serie- og Shuntdynamoens Ledningsordning. Her ligger der om Elektromagneternes Jærnkærner baade nogle faa Vindinger af tyk Traad, hvorigennem Hovedstrømmen passerer, og en Sideledning med mange Vindinger af tynd Traad.

I Grammes Ring er det væsentlig i Traadstykkerne paa Ringens Yderside, at der opstaar elektricitetsbevægende Kræfter. Traadstykkerne paa Ringens Inderside faar kun ringe Betydning, fordi der kun er en svag Magnetkraft inden i Ringen. Af denne Grund anvendes i nyere Dynamoer oftest i Stedet for Grammes Ringanker det saakaldte T r o m l e- eller C y l i n d e r a n k e r, dannet af en (massiv eller hul) Jærncylinder, udenom hvilken Traaden er viklet paa langs paa en særlig Maade. Naar Traadene paa rette Maade forbindes indbyrdes og med Kommutatorens Kobberskinner, virker dette Anker ligesom Ring-

ankeret. Her er kun de Traadstykker, der gaar hen over Tromlens Ender, uvirksomme, og de kan være forholdsvis korte. Dynamoen — Fig. 120 har Tromleanker.

Tromleankerets Bevikling med Traad kan udføres paa flere Maader. Fig. 127 viser et saakaldet Notanker, hvor Ankertraaden er indlagt i Render (»Noter«) paa langs af Ankeret; dette er ombundet med Metalbaand, som forhindrer, at Traadene under Ankerets Omdrejning slynges ud af »Centrifugalkraften«. Til venstre ses Kommutatoren.

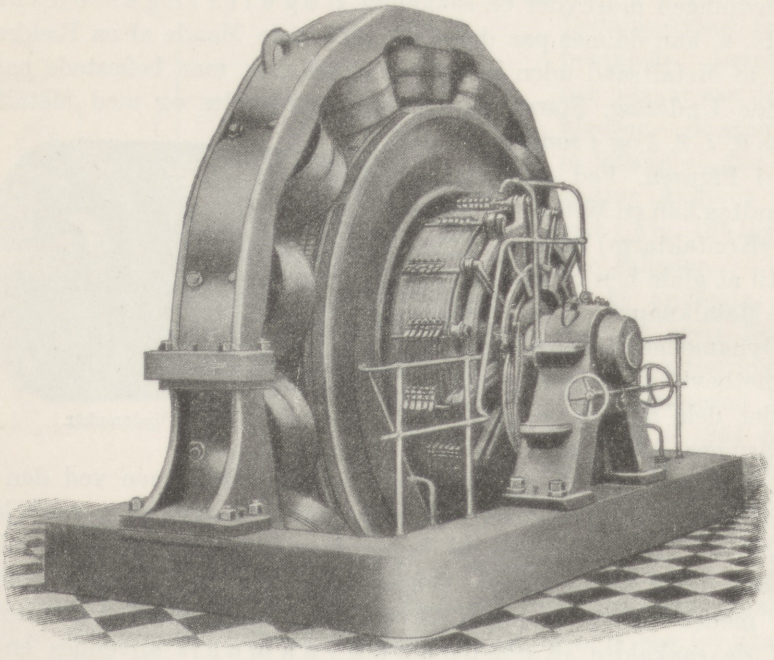


Fig. 128. Dynamo, der bruger 2—3000 Hestekræfter.

Store Dynamoer er altid »flerpolede«, d. v. s. de har flere end to Magnetpoler. Disse er anbragt saaledes, at Ankerets Vindinger under Omdrejningen skiftevis passerer forbi en Nordpol og en Sydpol. I en 12-polet Dynamo findes der 6 Sæt positive og 6 Sæt negative Koste svarende til de 6 Par Magnetpoler. I Reglen forbindes alle de positive Koste indbyrdes, hvorved man faar sammenlagt Strømstyrkerne fra dem alle til den 6-dobbelte Strømstyrke i den ydre Ledning. Men man kunde ogsaa forbinde en positiv Kost med den følgende negative, denne med den næste positive o. s. v., hvorved man faar den 6-dobbelte Spænding, ligesom naar 6 Elementer sammenstilles i Række til et Batteri.

Nyere topolede Dynamoer er oftest af en anden, mere sammen-

trængt og samtidig mindre aaben og overskuelig Bygning end Fig. 120 og 123.

Kommutatoren er Dynamoens svage Punkt, da det er vanskeligt at undgaa Gnistdannelse og de dermed forbundne skadelige Virkninger. I de sidste Aar anbringes paa de fleste større og mange mindre Dynamoer og Elektromotorer mellem de store Magnetpoler mindre Poler, de saakaldte Hjælpepoler eller Vendepoler, som hjælper udmærket til Forhindring af Gnistdannelse. Alligevel maa Kommutatoren holdes omhyggelig rent, navnlig bør der ikke komme Smøreolje til den.

Strømmens Fordeling til Lamper og Motorer. Skal flere Lamper bringes til at lyse ved Strøm fra én Dynamo, kunde man ligefrem lede Strømmen gennem den ene Lampe efter den anden som vist i Fig. 129. En saadan R æ k k e i n d s k y d n i n g (smlgn. S. 69) af mange Lamper i samme Strømkreds har imidlertid store Ulemper; navnlig er det vanskeligt at faa Lamperne gjort uafhængige af hverandre, saa at man kan tænde flere eller færre efter Behag. Fremgangsmaaden, der giver det ringest mulige Forbrug af Ledningstraad, anvendes dog i enkelte Tilfælde, især til Buelampebelysning; i Amerika har man undertiden indskudt over 100 Buelamper i Række i en Strømkreds.

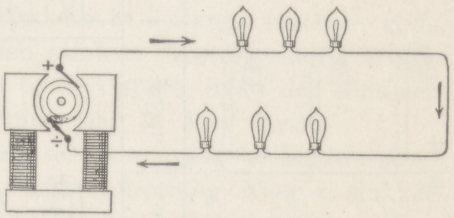


Fig. 129. Dynamo med Glødelamper »i Række«.

Men ved almindelige Centralanlæg, hvor Hundreder af Glødelamper, Buelamper eller Elektromotorer skal kunne sættes i Virksomhed uafhængig af hverandre, maa man benytte P a r a l l e l i n d s k y d n i n g, der allerede anvendtes ved Edisons første Anlæg. Princippet for denne Ordning er vist i Fig. 130. Her udgaar fra hver af Dynamoens Poler en tyk Ledningstraad; den fra den positive Pol kalder vi P l u s l e d e r e n, den anden M i n u s l e d e r e n. Mellem disse to Ledningstraade indskydes Lamperne paa den i Figuren viste Maade, saa at Strømmen fra Dynamoen deler sig mellem de enkelte Lamper. — Strømretningen i Plus- og Minuslederne er angivet ved Pilene.

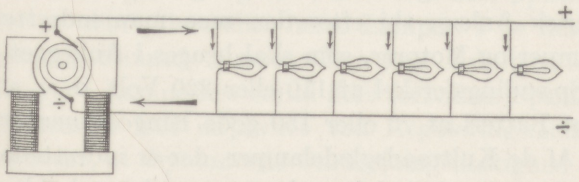


Fig. 130. Dynamo med Glødelamper indskudt »parallelt«.

Naar Lamperne findes spredt rundt omkring, maa saavel Plus- som

Minuslederen forgrene sig som antydet i Fig. 134, hvor de to sorte Prikker forneden kan forestille Dynamoens 2 Poler. Det ses, at hver Lampe er indskudt mellem 2 Forgreninger af henholdsvis Plus- og Minusleder, idet de til den enkelte Lampe hørende to Ledningstraade er sluttet til hver sin af disse Forgreninger. I et Centralanlæg med mange Forbrugere bliver Ledningsnettet naturligvis langt mere forgrenet.

En Lampe »tændes« eller »slukkes«, idet man henholdsvis slutter eller afbryder den ene eller begge Ledningstraadene til den et eller andet Sted. — Da det i den elektriske Glødelampe ikke er et forbrændende Stof, men kun en stadigt glødende Traad, der udsender Lyset, saa er det egentlig urigtigt at tale om at tænde og slukke Lampen eller om »en brændende Lampe«; men disse fra de ældre Belysningsmidler hentede Betegnelser kan dog næppe volde Misforstaaelse.

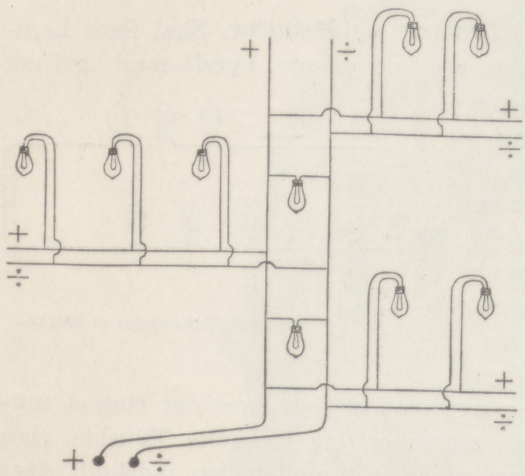


Fig. 131. Ledningsforgreninger.

Hvis Plus- og Minusledernе er saa tykke, at deres elektriske Ledningsmodstand er ganske ubetydelig, kan vi regne, at hver af dem overalt har næsten samme elektriske Spænding som den tilsvarende Dynamopol. Dynamoens Virksomhed reguleres nu saaledes, at der altid er en bestemt Spændingsforskel imellem Plus- og Minuslederen. Denne Spændingsforskel maa vælges en Gang for alle for et bestemt elektrisk Anlæg; thi efter den maa man indrette alle de elektriske Glødelamper og Motorer, som skal bruges i Anlægget. Hyppigt vælger man en Spændingsforskel af 110 eller 220 Volt, d. v. s. saa stor Spænding, som et Batteri af 75 eller 150 gode Ringeelementer i det højeste kunde give. Af de Kultraadsglødelamper, der er indrettede for 110 Volts Spænding, faar de almindeligst brugte — de saakaldte 16-Lys Lamper — en Strøm af henimod ½ Ampère igennem sig, naar de indskydes mellem Ledninger med ovennævnte Spændingsforskel; indskød man en saadan Lampe mellem Plus- og Minuslederen i et 220 Volts Anlæg, vilde den faa den dobbelte Strøm, men derved vilde Kultraaden straks blive saa hed, at den fordampede eller »brændte over«, som man kalder det. Selv blot nogle faa Procent højere Spænding end

den, Lampen er indrettet for, vil forkorte dens Levetid meget, medens paa den anden Side nogle Procent for ringe Spænding formindsker dens Lysstyrke betydeligt.

Naar blot man sørger for at vedligeholde den rette Spændingsforskel mellem Plus- og Minusleder, kan man indskyde flere eller færre Glødelamper (eller Elektromotorer) mellem dem, uden at den ene generer den anden. Men jo flere der er, des stærkere maa den elektriske Strøm fra Dynamoen være. I Fig. 130 var der anbragt 6 Glødelamper; kræver hver af dem ½ Ampère, maa Hovedstrømmen være 3 Amp. Slukkes nu 4 af Lamperne, idet deres Ledningsgrene afbrydes et eller andet Sted, faar Strømmen kun 2 Veje mellem Plus- og Minuslederen i Stedet for 6; dette svarer til, at Modstanden i Ledningsnettet tiltager i Forholdet 2 til 6 eller med andre Ord bliver 3 Gange saa stor. Hvis Spændingen holdes uforandret, vil den samlede Strømstyrke da aftage i samme Forhold, altsaa blive fra 3 til 1 Ampère, hvad der stemmer med, at de 2 endnu brændende Lamper faar ½ Amp. hver.

Man kunde spørge, om Dynamoen selv kan passe at holde Spændingen uforandret. Dette afhænger af dens Indretning. Naar vi slukker nogle Lamper og derved forøger Modstanden i Ledningsnettet og formindsker Hovedstrømmen, saa vil Dynamoens Magneter blive svagere, hvis det er en Seriedynamo; thi her er det jo selve Hovedstrømmen, der magnetiserer dem. Følgen af Magneternes Svækkelse bliver en Nedgang i Spændingen. Har vi derimod en Shuntdynamo, vil der, naar Modstanden ude i Ledningsnettet forøges ved Lampers Slukning, gaa noget mere Strøm om ad Sideledningen omkring Magneterne; de bliver derfor stærkere, og vi faar en Forøgelse af Spændingen. Man kan heraf forstaa, at Kompounddynamoen, der har baade Serie- og Shuntvindinger om Magneten, kan indrettes saaledes, at den indenfor visse Grænser regulerer sig selv, d. v. s. holder Spændingen uforandret, enten der er tændt flere eller færre Lamper. I de fleste elektriske Anlæg bruges dog Shuntdynamoen. Den kan indrettes saaledes, at mindre Ændringer i Lampernes Antal ikke forandrer Spændingen synderligt; større Ændringer kan udjævnes ved Reguleringsmodstanden. — Vi har her forudsat, at Dynamoens Omdrejningshastighed holdes uforandret; dette kan nogenlunde opnaas ved Regulering af Dampmaskinen. Kan Dampmaskinens Kraftydelse ikke forøges, vil Ankeret løbe langsommere, naar der tændes flere Lamper og altsaa bruges mere Strøm; thi da kræver dets Omdrejning mere Arbejde.

Enhver af Forbrugerne i et elektrisk Centralanlæg faar gennem de elektriske Ledninger tilført en lille Del af den Arbejdskraft, Centralstationens Dampmaskine udvikler. Den elektriske Strøm er Mellem-

ledet, men Arbejdskraften eller Energien er den egentlige Vare, som Forbrugeren køber og i Reglen maa betale efter den Mængde, han faar af den Ligesom en Mand maa betale en vis Sum for at leje en Hests Arbejdskraft i en Time, maa han betale en vis Sum for hver Gang han af de elektriske Ledninger uddrager en »Hestekraft« i en Time eller med andre Ord en »Hestekrafttime«.

Idet man, som nævnt S. 137, i Elektroteknikken oftest bruger Enheden Kilowatt i Stedet for Hestekraft, sættes som Grundlag for Betalingsberegninger en bestemt Sum for en K i l o w a t t - T i m e, som er den Energimængde, Forbrugeren modtager ved en elektrisk Arbejdsydelse af 1 Kilowatt ($1^1/_3$ Hestekraft) en Time igennem eller ½ Kilowatt i 2 Timer eller 6 Kilowatt i 10 Minutter o. s. v.

Enhederne Kilowatt og Kilowatt-Time er afledede af den mindre Enhed W a t t (opkaldt efter James Watt), idet 1 Kilowatt = 1000 Watt. Watt-Timen er imidlertid en vel lille Enhed at bruge for Strømmens Arbejde. Derimod regner man mange Steder med en Hektowatt-Time, som er 100 Watt-Timer eller med andre Ord Tiendedelen af en Kilowatttime; men for Motordrift passer den større Enhed, Kilowatttimen, bedst, og for Belysningen kan den ogsaa være meget passende, da en 16-Lys Kultraadslampes Energiforbrug i ca. et Par Timer er en Hektowatttime og altsaa i en Snes Timer løber op til en Kilowatttime. Vi vil derfor i Reglen holde os til Kilowatttimen.

For at faa Klarhed over, hvorledes den elektriske Strøms Arbejdsydelse afhænger af Strømstyrke og Spænding, vil vi ty til vor sædvanlige Sammenligning mellem Elektricitetsbevægelse og Vandbevægelse.

Stærkstrømsanlæggets Plus- og Minusleder, mellem hvilke Elektricitetsværkets Maskiner stadig vedligeholder en bestemt Spændingsforskel, maa da sammenlignes med to lukkede, vide Rørledninger, i hvilke en Pumpestation frembringer ulige stærkt Vandtryk paa en saadan Maade, at der stadig vedligeholdes en bestemt Trykforskel mellem dem. Elektromotorerne (eller Lamperne) i Stærkstrømsanlægget svarer da til Vandtryksmotorer, der paa forskellige Steder er indskudt mellem de to Rørledninger og arbejder, naar der strømmer Vand igennem dem fra Rørledningen med størst til den med mindst Vandtryk.

Ved en bestemt Trykforskel vokser det Antal Hestekræfter, Vandstrømmen kan udvikle i en Motor, i samme Forhold som Vandføringen (d. v. s. Mængden af gennemstrømmet Vand pr. Sekund). Men fordobles Trykforskellen, kan samme Vandmængde udføre det dobbelte Arbejde. Paa samme Maade vokser den elektriske Strøms Arbejdsydelse saa vel med Strømstyrken (d. v. s. gennemstrømmet Elektricitetsmængde pr. Sekund) som med Spændingsforskellen.

Regner vi med Enhederne Ampère, Volt og Watt, gælder følgende simple Regel:

Den elektriske Strøms Arbejdsydelse i en bestemt Ledningsdel faar man udtrykt i Watt, naar man ganger Strømstyrken (Ampère-Tallet) i Ledningen med Spændingsforskellen (Volt-Tallet) mellem dens Endepunkter (Spændingsfaldet).

Reglen kan oplyses ved Eksempler fra Fig. 132, hvor E_1, E_2 og E_3 skal forestille 3 Elektromotorer, der faar Strøm fra en Dynamo. De er paa samme Maade som Lamperne i Fig. 130 indskudt imellem Plus- og Minusledereren, hvis Spændingsforskel her for Simpelheds Skyld antages at være 100 Volt.

Gennem E_1 gaar der en Strøm paa 10 Ampère, og da Spændingsforskellen mellem Endepunkterne af dens Ledningsgren er 100 Volt, bliver Dynamoens Arbejdsydelse til Motoren eller med andre Ord dennes Arbejdsforbrug $10 \times 100 = 1000$ Watt eller 1 Kilowatt. Regner vi, at en Fjerdedel heraf gaar tabt til Opvarmning af Elektromotorens Ledninger, Overvindelse af Gnidningsmodstand m. m., vil Elektromotorens Aksel aflevere $^3/_4$ Kilowatt eller med andre Ord 1 Hestekraft til den Maskine (Drejebænk, Boremaskine el. a.), som drives af Motoren. Man siger da, at Elektromotorens praktiske Virkningsgrad er $^3/_4$. Ved smaa Motorer kan det passe meget godt, at de kræver 1 Kilowatt for at give 1 Hkr., naar de udfører deres normale Arbejde. Store Motorer kan have meget større Nyttevirkning.

Motorerne E_2 og E_3 faar hver en Strøm af 5 Ampère og bruger altsaa hver 5×100 Watt eller $^1/_2$ Kilowatt, og det hele Arbejdsforbrug, naar alle 3 Elektromotorer er i Virksomhed, bliver altsaa 2 Kw. Dette skal ydes af Dampmaskinen, der driver Dynamoen; den maa altsaa i det mindste anvende 2 Kw. eller $2^2/_3$ Hkr. til at dreje Dynamoens Anker, i Virkeligheden naturligvis adskilligt mere, fordi der tabes Arbejdskraft i Dynamoen og desuden noget i de to Hovedledninger. I Praksis kunde det nogenlunde passe, at Dampmaskinen maatte yde henved 4 Hkr., for at Elektromotorerne kunde give ialt 2 Hkr. til deres Maskiners Aksler. De samlede Arbejdstab ved Kraftoverføringen vilde altsaa være henved 50 pCt. Men ved større Dynamoer og Elektromotorer kan det blive langt ringere, 20 pCt. eller endnu mindre.

Lampers Energiforbrug bestemmes paa ganske samme Maade. I et 110 Volts Anlæg vil en Lampe, der faar en Strøm af $^1/_2$ Amp., bruge $110 \times ^1/_2 = 55$ Watt eller omtrent $^1/_{18}$ Kilowatt.

I Fig. 133 er vist et Anlæg, der ligner det i Fig. 132, men med den Forskel, at vi nu har en Spænding af 500 Volt, og at Strømstyrken gennem de tre Motorer E_1, E_2 og E_3 nu er henholdsvis 2, 1 og 1 Ampère, Hovedstrømmen altsaa 4 Amp. i Stedet for 20. Idet Spændingen er femdoblet, menStrøm styrkerne formindsket til en Femtedel, bliver Produkterne af dem uforandret, og Elektromotorernes Arbejdsforbrug altsaa ligesom før henholdsvis 1, ½ og ½ Kilowatt. For at passe for den højere Spænding og lavere Strømstyrke maa Motorerne være anderledes bygget (bl. a. med flere Ankervindinger), men de udretter det samme Arbejde. Vi har altsaa ved begge Anlæg naaet det samme Maal — at overføre 2 Kilowatt fra en Dynamo til 3 Elektromotorer.

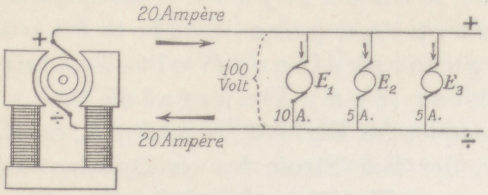


Fig. 132. Kraftoverføring ved 100 Volt.

Hvad er nu bedst? At anvende lav Spænding og stor Strømstyrke eller høj Spænding og ringe Strømstyrke til Kraftoverføringen?

Naar Elektromotorerne er langt fra Dynamoen, medfører den sidstnævnte Ordning, hvor Strømstyrken er ringe, den overordentlig store Fordel, at man kan nøjes med tyndere Ledninger. Det er atter her som ved Kraftoverføring ved Vandstrøm. Man kunde jo indrette Vandtryksmotorer til at arbejde enten ved stærkt Vandtryk og ringe Vandmængde eller med ringe Vandtryk og stort Vandforbrug; men i sidste Tilfælde maa man have videre Vandledninger, for at de store Vandmængder kan strømme fra Pumpestationen ud til Motorerne, uden at en uforholdsmæssig stor Del af det Tryk, Pumpen har frembragt, skal medgaa til at overvinde Modstanden i Rørene.

Vi havde jo rigtignok til at begynde med forudsat, at de fra Dynamoen udgaaende Ledninger var saa tykke, at Spændingen i hver af dem overalt var den samme som i den tilsvarende Dynamopol. Men denne Betingelse kan naturligvis kun tilnærmelsesvis være opfyldt, og des vanskeligere jo længere Ledningerne er, og jo stærkere Strøm der skal drives igennem dem. I Virkeligheden vil en Del af den frembragte Spænding altid medgaa til at drive Elektriciteten gennem Plus- og Minusleder. Spændingsforskellen mellem disse er derfor mindre langt fra Elektricitetsværket end

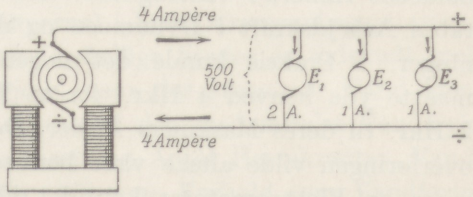


Fig. 133. Kraftoverføring ved 500 Volt.

nær ved det; Strømmen lider med andre Ord et »Spændingstab« undervejs. Særlig i et Centralanlæg for elektrisk Belysning er det nødvendigt, at dette Spændingstab, som ændrer sig med Strømforbruget, holdes indenfor snævre Grænser, da Lamperne jo stadig kræver samme Spænding. Men ogsaa under andre Forhold er Spændingstabet af det onde, da det er uadskilleligt forbundet med et Tab af elektrisk Energi, som bliver til unyttig eller skadelig Varme i Ledningerne.

Skal man kunne føre en betydelig Arbejdskraft langt ud fra Elektricitetsværket uden stort Spændingstab, maa man enten anvende tykke Kobberledninger, som kun byder Strømmen ringe Modstand, eller indrette Dynamoen til at give saa høj Spænding, at man kan nøjes med ringe Strømstyrke i Ledningerne. Jo længere Vej Kraften skal sendes, des nødvendigere bliver det at anvende den sidste Fremgangsmaade, for at Ledningerne ikke skal blive urimelig kostbare.

Til nærmere Belysning af Forholdene tjener nedenstaaende Taleksempler, som maaske ved et flygtigt Øjekast kan se noget indviklede ud, men i Virkeligheden er meget simple. Vi vil knytte Eksemplerne til Fig. 134 og Fig. 135. Her antyder de punkterede Stykker af Plus- og Minusleder, at der er en lang Strækning — vi vil antage $^1/_4$ Fjerdingvej eller godt 450 Meter — fra Dynamoen ud til Elektromotorerne; disse er forøvrigt de samme som i Fig. 132 og Fig. 133, og de 3 Elektromotorer bruger altsaa tilsammen 2 Kilowatt.

I Fig. 134 er Spændingsforskellen mellem Plus- og Minusleder ude ved Elektromotorerne 100 Volt ligesom i Fig. 132; de bruger altsaa tilsammen en Strøm af 20 Ampère. Dersom nu Ledningen dannedes af millimetertyk Kobbertraad, saa vilde Modstanden i 450 Meter være 10 Ohm (se S. 67). Da vi endvidere lærte Side 68, at Spændingsfaldet langs en Ledning, der gennemstrømmes af 1 Ampère, er 1 Volt for hver Ohms Modstand, saa vilde vi langs det 450 Meter lange Stykke *ab*, hvor Strømstyrken ikke er 1, men 20 Ampère, Modstanden ikke 1, men 10 Ohm, faa et Spændingsfald af $20 \times 10 = 200$ Volt. Dette gaar slet ikke an; vi maa altsaa bruge meget tykkere Ledning. Vi vil antage, at der i Stedet for millimetertyk Kobbertraad er brugt Kobbertov sammensnoet af 100 saadanne Traade; derved har vi faaet Modstanden nedsat fra 10 til $^1/_{10}$ Ohm, Spændingsfaldet fra 200 til 2 Volt langs hver af de to Ledere. Spændingen er altsaa 2 Volt større ved *a* end ved *b*, 100 Volt større ved *b* end ved *c* og 2 Volt større ved *c* end ved *d*, saa at Forskellen mellem *a* og *b* bliver 104 Volt som angivet. Man siger da, at Ledningstraadene fra Dynamo til Elektromotorer giver et Spændingstab af 4 Volt. Dynamoen maa altsaa i dette Tilfælde tilvejebringe 4 pCt. højere Spænding, end Elektromotorerne

bruger. Den maa da udsende ogsaa 4 pCt. mere elektrisk Energi, end Elektromotorerne bruger, hvilket Overskud bliver til Varme i Ledningstraadene *ab* og *cd*. Efter Reglen S. 155 er Strømmens Arbejdsydelse i *ab* jo 2 × 20 Watt (Spændingsfald × Strømstyrke), og i *cd* ligesaa 40 Watt, altsaa tilsammen 80 Watt, hvilket er 4 pCt. af de 2 Kilowatt 2000 Watt), Elektromotorerne mod-ta ger.

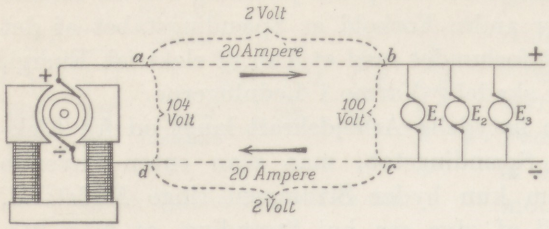


Fig. 134. »Spændingstab« i et 100 Volts Anlæg.

De to Kobbertove vilde tilsammen veje over 600 Kilogram (12 Centner), og med en Kobberpris af 2 Kr. pr. Kg., vilde Kobberet alene altsaa koste langt over 1000 Kr., og vilde man i Stedet for 2 Kilowatt sende for Eksempel 60 Kilowatt (80 Hestekræfter), krævedes ogsaa den 30-dobbelte Kobbermængde for at indskrænke Spændingstabet til de 4 Procent.

Nu kan man ganske vist i mange Tilfælde i Praksis godt lade adskilligt flere Procent af Spændingen — og dermed af Energien — gaa tabt og derfor nøjes med tyndere Ledninger; men elektrisk Energioverføring paa Afstande som ½ Kilometer bliver dog temmelig kostbar ved en Spænding af 100 Volt el. desl.

Ganske anderledes gunstigt stiller Sagen sig, hvis vi som i Fig. 135 bruger 5 Gange saa høj Spænding (500 Volt) og 5 Gange saa ringe Strømstyrke (4 Amp. i Stedet for 20). I det 450 Meter lange Stykke *ab*, vilde millimetertyk Traad da ikke give et Spændingsfald af 200 Volt, men kun Femtedelen deraf, 40 Volt. Tager vi en Traad med det 4-dobbelte Tværsnits Areal (d. v. s. 2 mm. i Tværmaal) eller med andre Ord et Tov sammensnoet af 4 millimetertykke Traade (i Stedet for af 100 som før), saa bliver Spændingsfaldet i *ab* kun 10 Volt som angivet paa Fig. 135, det hele Spændingsfald i *ab* og *cd* tilsammen altsaa 20 Volt. Dette er imidlertid — ligesom de 4 Volt før — 4 pCt. af den Spænding, Elektromotorerne har Brug for, og det er det procentvise Spændingstab, det kommer an paa, bl. a. fordi det er derpaa, Energitabet i Ledningen beror. Regningen viser ogsaa, at Ledningsstykket *ab* med Strømstyrken 4 Am-

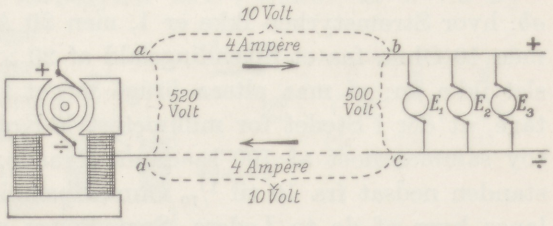


Fig. 135. »Spændingstab« i et 500 Volts Anlæg.

père og Spændingsfaldet 10 Volt sluger en Energimængde af 10 × 4 = 40 Watt ligesom før.

I det vi forøgede Spændingen til det 5-dobbelte, kunde vi altsaa formindske Kobbermængden til en Femogtyvendedel uden at faa større Arbejdstab eller procentvist Spændingstab. I al Almindelighed gælder den Regel, at for hver Gang Spændingen fordobles, kan Kobbermængden divideres med 4.

Kun ved at anvende Spændinger paa Tusinder af Volt bliver det praktisk muligt at sende Kraften fra et Vandfald milevidt gennem elektriske Ledninger. Men ved de almindelige elektriske Centralanlæg, som vi foreløbig vil beskæftige os med, maa man holde sig til temmelig lave Spændinger, tildels fordi det volder Vanskeligheder at isolere »højspændt Strøm«, men navnlig fordi man ikke godt kan lave Glødelamper af de sædvanlige Lysstyrker for stort højere Spænding end 220 Volt; der gik endda lang Tid, inden man naaede saa vidt, og 220 Volts-Glødelamper er fremdeles noget mindre økonomiske end 110-Volts Lamper. For Buelamper er de høje Spændinger endnu ugunstigere; hvis man ikke benytter særlige Lampekonstruktioner, maa man allerede ved 110 Volts Spænding indskyde to Buelamper i Række mellem Plus- og Minuslederen, som antydet i Fig. 136, hvor *a*, *b*, *c* og *d* er de to Par Kulstykker, hvorimellem Lysbuen dannes (se S. 48). Vel kunde man i Stedet for den ene Lampe indskyde en Ledningstraad med stor Modstand; men denne »Modstand« vilde saa opsluge al den elektriske Energi, Lampen ellers havde brugt, og forvandle den til unyttig Varme.

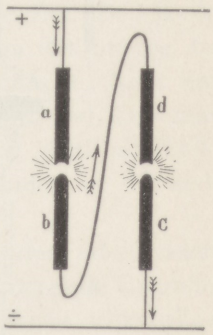


Fig. 136.
To Buelamper i Række.

Forbrugsmaalere. Hvad et Elektricitetsværk sælger til Forbrugerne rundt om i Byen, er i og for sig ikke Elektricitet (Elektricitetsstof). Elektriciteten strømmer jo blot gennem Ledningerne, og der kan ikke komme en Smule mere Elektricitet ind i et Hus gennem den positive Ledning, end der samtidig gaar ud gennem den negative; det er derimod som tidligere fremhævet den Arbejdskraft eller Energi, Strømmen fører med sig, der er Salgsvaren, og det gælder om at faa at vide, hvor stor en Energi — maalt i Watttimer, Hektowatttimer eller Kilowatttimer — Forbrugeren har lagt Beslag paa. Ikke des mindre kaldes de Maaleapparater, hvormed Størrelsen af dette Energiforbrug bestemmes, som oftest »Elektricitetsmaalere«, og

man taler om »Elektricitetsprisen«. »Elektricitetsforbruget« o. s. v. i Betydning af Energipris, Energiforbrug o. s. v.

Den simpleste Slags Elektricitetsmaalere er de, som grunder sig paa Strømmens kemiske Virkning (Elektrolyse). Hvis Strømmen paa sin Vej ind til Forbrugsstedet (eller ud fra det) passerer gennem et Glas med Kobbervitriol mellem to Kobberplader, vil der som omtalt S. 54 føres Kobber fra den ene Plade til den anden i Strømmens Retning. 1 Ampère fører i 1 Time $1{,}_2$ Gram Kobber fra den ene Plade til den anden. Finder man nu (f. Eks. ved Vejning), at der er overført 12 Gram Kobber, saa kan man slutte, at der gennem Ledningen er passeret 10 »Ampèretimer«, d. v. s. 10 Amp. i 1 Time eller 1 Ampère i 10 Timer eller 2 Amp. i 5 Timer o. s. v. Er endvidere Ledningsnettets Spænding 100 Volt, saa har Elektriciteten inde hos Forbrugeren paa sin Vej fra Plus- til Minuslederen afgivet en Energi af 100 × 10 Watttimer eller med andre Ord en Kilowatttime.

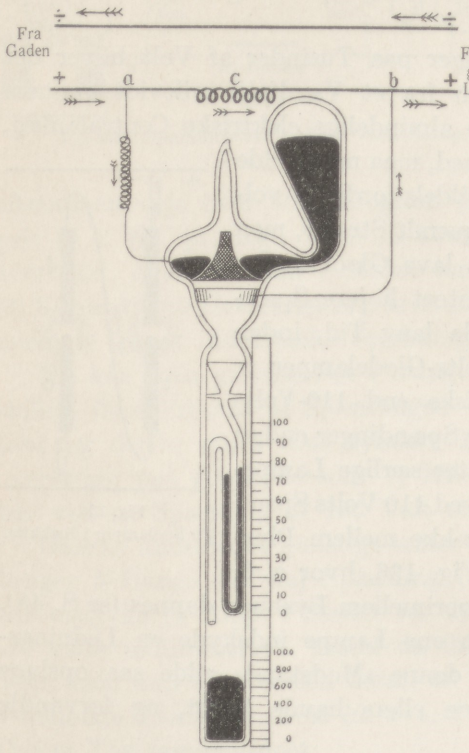


Fig. 137. Elektrolytisk Maaler.

Elektricitetsmaalere af denne Art — elektrolytiske Maalere — indførte Edison ved sit første Anlæg. — Fig. 137 viser en elektrolytisk Maaler, som er opfundet af Arthur Wright. Her er det ikke Kobber, men Kviksølv, Strømmen fører med sig, idet Strømmen nemlig ledes gennem en Kviksølvopløsning, som tillige med noget Kviksølv helt udfylder en langstrakt fuldstændig lukket (tilsmeltet) Glasbeholder. Man lader ikke hele Strømmen til Forbrugeren — »Forbrugsstrømmen« vil vi kalde den —, men kun en ganske ringe Brøkdel deraf passere gennem Maaleren; i Fig. 137 deler Strømmen sig ved *a* i to Grene, og dersom Ledningsmodstanden i Maalerens Ledningsgren er f. Eks. 99 Gange saa stor som i Ledningsstykket *acb*, saa vil $^{99}/_{100}$ af Strømmen gaa ad den sidstnævnte Vej, kun $^{1}/_{100}$ om ad Maaleren.

Gennem den Traad, som ses til venstre paa Fig. 137, og som er indsmeltet i Glasset, føres Strømmen ind til en Kviksølvmasse, som hviler paa et Platintraadsnet med saa fine Masker, at Kviksølvet ikke kan falde igennem dem. Herfra gaar Strømmen gennem Væsken ned til en Platinring lidt under Kviksølvet og ledes fra Ringen atter ud af Apparatet gennem en i Glasset indsmeltet Traad, Strømmen fører nu stadig Kviksølv med sig ned til Ringen, hvor der efterhaanden samler sig Draaber, som glider gennem en Tragt ned i et snævert Rør. Paa en Skala, som er anbragt udenfor Beholderen, men jævnsides med det nævnte Rør, kan man aflæse Kviksølvets Stigning i dette og deraf slutte, hvor mange Ampèretimer der har passeret Apparatet.

Naar det snæver Rørs midterste Gren er fyldt, udtømmer Røret sig (ved en »Hævertvirkning«) i Beholderens nederste Del. Det Kviksølv, der hviler paa Nettet, fornyes, efterhaanden som det bruges, fra en større Beholdning, med hvilken det staar i Forbindelse. Naar næsten alt Kviksølvet er kommet ned i Beholderens nedre Del, kan man efter at have aflæst Apparatet, vende det paa Hovedet, indtil alt Kviksølvet er løbet tilbage; naar det derefter atter retvendes, er det rede til at begynde forfra.

Skalaen kunde afpasses saaledes, at Tallene paa den uden videre angav Elektricitetsforbruget i Kilowatttimer ved den normale Gennemsnitsspænding i Anlægget. Men Tallene kan ogsaa være vilkaarlige, idet man saa ved et Forsøg en Gang for alle finder, hvilket Tal man skal multiplicere dem med; dette Tal maatte for samme Maaler være dobbelt saa stort i et 220 Volts Anlæg som i et 110 Volts, da samme Strøm udretter dobbelt saa meget Arbejde ved 220 Volt som ved 110 Volt.

Den her beskrevne Maaler er overordentlig simpel og bekvem at have at gøre med, og det er i høj Grad ønskeligt, at det maa lykkes at overvinde dens Mangler, saa at den kan træde i Stedet for de sammensatte Mekanismer — Urmaalere og Motormaalere, der nu almindeligt anvendes.

Arons Urmaaler bestaar af to Pendulurværker samt et Tælleværk. Den Aksel, der umiddelbart driver Tælleværket, er saaledes forbundet med Urene, at den staar stille, hvis begge Ure gaar ens, men drejer sig, hvis det ene gaar hurtigere end det andet. Det ene Pendul ender med en Magnet, som svinger over eller inden i en Traadspole af tyk Ledningstraad, der passeres af Forbrugsstrømmen; naar Strømmen sættes i Gang, vil Traadspolen ved sin Tiltrækning paa Magneten bringe Pendulet til at svinge hurtigere, saa at Tælleværkets Visere bevæger sig, og det des hurtigere, jo stærkere Strømmen er.

I nogle Aron-Maalere (Fig. 138) er Magneten erstattet af en Traadspole af meget fin Traad, hvis Ender gennem Pendulets Ophængning er sat i Forbindelse med henholdsvis Plus- og Minuslederen til Forbrugsstedet. Denne Traadspole gennemløbes altsaa stadig af en svag Strøm og virker derfor ganske som en Magnet. Hvis Spændingsforskellen mellem Plus- og Minusleder stiger, saa vil denne Strøm og dermed Tiltrækningen mellem de to Spoler ogsaa vokse, saa at Tælleværket nu for samme Styrke af Forbrugsstrømmen gaar hurtigere. I en saadan Maaler retter Tælleværkets Angivelse sig altsaa ligesom det virkelige Energiforbrug efter saa vel Spænding som Strømstyrke; den kan derfor selv ved vekslende Spænding give et rigtigt Udtryk for Wattforbruget, og den kaldes af den Grund en Watttime-Maaler i Modsætning til den først omtalte Aron-Maaler og Wrights Maaler, der kaldes Ampèretime-Maalere. Da Spændingen imidlertid ved almindelige Stærkstrømsanlæg altid holdes tæt ved en bestemt Gennemsnitsværdi, har det praktisk talt ringe Betydning, om Maalernes Angivelse retter sig efter Spændingsændringerne.

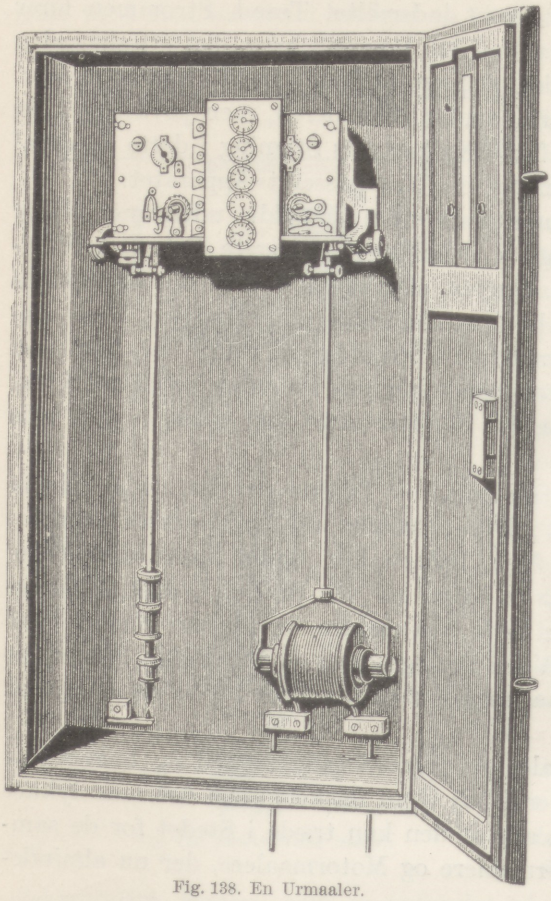


Fig. 138. En Urmaaler.

I nyere Aron Maalere er der truffet forskellige Foranstaltninger til at sikre en fuldt paalidelig Gang; bl. a. er Maaleren gjort selvoptrækkende og selvregulerende.

Motormaalerne kan laves enten som Ampèretime- eller Watttime-Maalere. De bestaar i Hovedsagen af en Slags Elektromotor, der besørger det Arbejde at dreje en Kobberskive mellem Magnetpoler. Herved opstaar der i Skiven Induktionsstrømme, hvis Frembringelse kræver

des mere Arbejde, jo hurtigere Skiven løber. I Ampèretime-Maalerne er Elektromotorens Magnet en Staalmagnet, medens Ankeret alene er dannet af Traadvindinger, gennem hvilke man leder Forbrugsstrømmen eller en bestemt Brøkdel af den. Motorakslens Omløbshastighed vil da tiltage og aftage i samme Forhold som Forbrugsstrømmens Styrke, og det til Motorakslen knyttede Tælleværk vil optælle et Antal Omløb, som staar i ligefremt Forhold til den hele Elektricitetsmængde (det hele Antal Ampèretimer), som i det paagældende Tidsrum er strømmet gennem Forbrugsledningen. Naar Spændingen er ens hele Tiden, kan Apparatet indrettes saaledes, at Tælleværket umiddelbart angiver Antallet af forbrugte Kilowatttimer. Men for at gøre det til en virkelig Watttime-Maaler maa man ogsaa lade Spændingsforandringerne indvirke paa Gangen. Dette er i Maaleren Fig. 139 opnaaet ved, at Elektromotorankeret er dannet af meget fine Traadvindinger, som er indskudt mellem Plus- og Minusleder, medens to, af Forbrugsstrømmen gennemløbne Ruller af tyk Traad er traadt i Stedet for Ampèretimemaalerens Magnet.

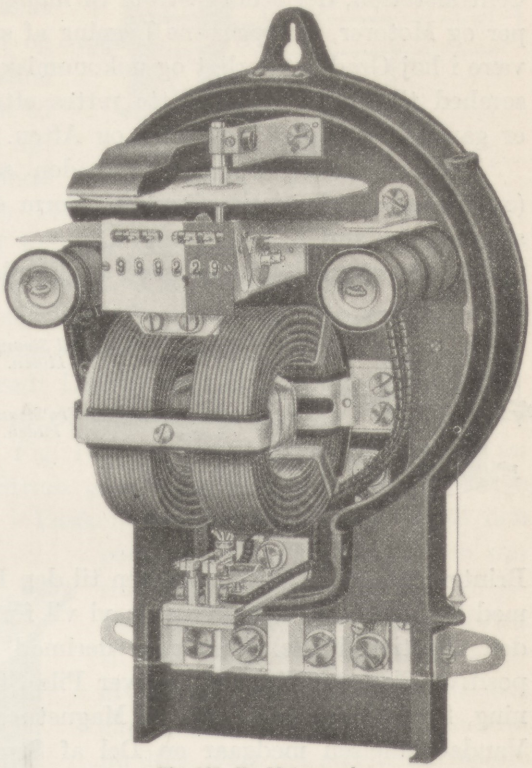


Fig. 139. En Motormaaler.

Skønt Strømmen i Watttime-Maalernes tynde Spændingstraade kun er ringe, kan Energiforbruget hertil dog løbe op, fordi Strømmen altid er i Gang. I København gik der i 1909 antagelig over 100 000 Kilowatttimer tabt paa denne Maade, skønt ikke stort mere end en Femtedel af de ca. 24 000 Maalere var Watttime-Maalere.

Akkumulatorer eller Opsamlere. Der er én vigtig Opgave for Stærkstrømsteknikken, som endnu slet ikke er omtalt. Det er at opsamle den elektriske Energi og gemme den hen, til

man ønsker at bruge den. Denne Opgaves Løsning er fremfor alt paakrævet, naar det drejer sig om at anvende den ujævne Vindkraft til Kraftkilde for et Elektricitetsværk, eller naar man vil drive Baade eller Køretøjer ved elektrisk Energi fra et Elektricitetsværk uden Ledningsforbindelse med det. Men ogsaa for en almindelig dampdreven Centralstation, der sender Strøm til mange indbyrdes uafhængige Lamper og Motorer, er Opgavens Løsning af stor Vigtighed, fordi det vilde være i høj Grad besværligt og uøkonomisk, om Dampmaskinernes Virksomhed til enhver Tid maatte rettes efter Elektricitetsforbruget, der er ganske forskelligt Nat, Dag og Aften.

I Praksis løses Opgaven ved den saakaldte Akkumulator (ɔ: Opsamler), der i sin simpleste Form er et Glas med Blyplader og svovlsyret Vand.

Har vi et saadant Glas med to Blyplader og sender Strøm fra en eller anden Strømkilde (f. Eks. en lille Dynamo eller et Batteri af to Kromsyreelementer) gennem Væsken fra Plade til Plade, vil Strømmen adskille Vandet i dets Bestanddele, Luftarterne Ilt og Brint (se S. 40).

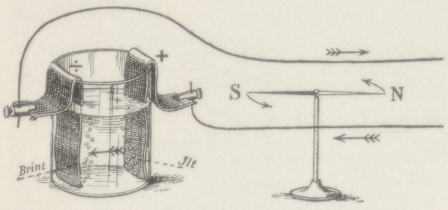


Fig. 140. Vandadskillelse.

Brinten føres med Strømmen hen til den Plade, der staar i Forbindelse med Strømkildens negative Pol; vi vil for Simpelheds Skyld kalde det den negative Plade. Ilten gaar derimod mod Strømretningen til den positive Plade. I Fig. 140 angiver Pile Strømretningen samt den Retning, Strømmen vilde dreje en Magnetnaal (smlgn. Fig. 36 S. 52). Til Vandadskillelsen medgaar en Del af Strømmens Energi, som derved forvandles til kemisk Energi; Størstedelen af denne findes i den Ilt og Brint, der bobler op ved Blypladerne, og den gaar altsaa tabt for os, idet Ilten og Brinten udbreder sig i Luften. Man kunde ganske vist opsamle Luftboblerne i store Beholdere, og naar man senere vilde udnytte Energien, kunde man f. Eks. lede hver Luftart for sig gennem Rør hen under en Dampmaskines Kedel, lade den strømme ud sammen her og antænde den; de vilde da forene sig til Vand under Frembringelse af Varme, som kunde drive Dampmaskinen; naar denne drev en Dynamo, kunde man altsaa atter faa frembragt Strøm; men ved alle disse Omdannelser vilde rigtignok den allerstørste Del af Energien være gaaet tabt. Denne Fremgangsmaade dur aabenbart slet ikke.

Det er imidlertid ikke al Ilten og Brinten, der bobler til Vejrs; en lille Del og dermed ogsaa lidt Energi bliver nede i Akkumulatoren.

Da Bly ikke holder sig blankt i Luften, men overtrækkes med et tyndt graat Lag, som er en kemisk Forbindelse af Bly og Luftens Ilt (Blyilte), kan vi gaa ud fra, at Blypladerne til at begynde med havde et saadant Overtræk, og den første Brint, som kommer til den negative Plade, vil da i Stedet for at boble op tage Ilt fra Pladen og sammen med denne Ilt danne Vand, medens Pladen »afiltes« til rent Bly. Den positive Plade optager derimod lidt af den første Ilt; den bliver stærkere »iltet«. De to Plader bliver derved kemisk forskellige, og som Følge deraf kommer Akkumulatoren til at forholde sig som et galvanisk Element, dannet af to Plader af forskelligt Metal i fortyndet Svovlsyre. Man siger, at Strømmen har ladet Akkumulatoren og gjort den til et »sekundært« Element.

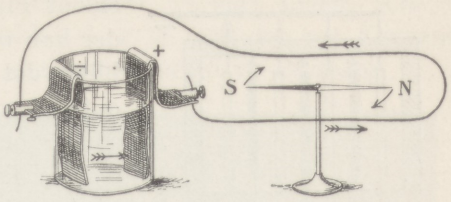
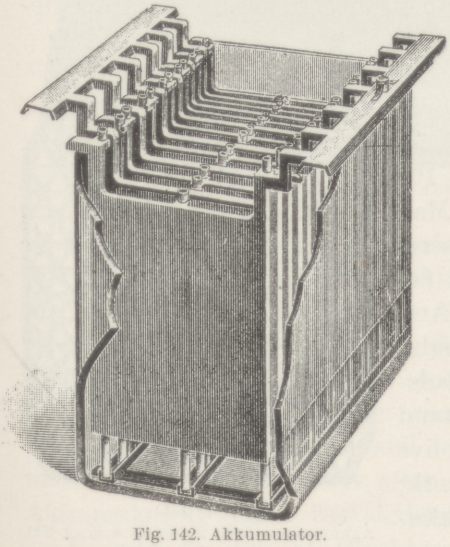


Fig. 141. Den »sekundære« Strøm.

Hvis vi efter at have afbrudt Ledningerne fra den oprindelige (»primære«) Strømkilde sætter de to Blyplader i Forbindelse med hinanden ved en Ledning, som vist i Fig. 141, vil der gennem denne gaa en Strøm. Denne »sekundære« Strøm gaar i Ledningen fra den positive Plade til den negative, inde i Væsken fra den negative Plade til den positive, d. v. s. modsat den oprindelige (primære) Strøm. Den sekundære Strøm fører derfor Brint til den positive Plade, som da afgiver noget af sin Ilt, medens der gaar Ilt til den negative Plade, som nu iltes. Naar det paa denne Maade er opnaaet, at de to Plader atter har lige megen Ilt (er lige stærkt iltede), ophører den sekundære Strøm; man siger, at den nu har »udladet« Akkumulatoren.


Fig. 142. Akkumulator.

Men skal Ladningen og Udladningen kunne vare mere end et Øjeblik ved en nævneværdigStrømstyrke, saa maa man anvende meget store Blyplader eller mange af dem anbragte som i Fig. 142, hvor Glaskarret, der indeholder Pladerne, er delvis ituslaaet for at det Indre bedre skal ses. En Mængde Plader er nedsat Side om Side og forbundet skiftevis med den ene og

den anden af to Blystænger, saaledes som Figuren viser, og som det yderligere oplyses ved Fig. 143; Glaspinde hindrer Pladerne i at berøre hinanden. De to Pladesæt kommer da til at virke hver som en enkelt Plade med en meget stor Overflade, der kan optage ikke saa lidt Ilt. Ret meget bliver det dog ikke, hvis Ilten kun kan blive optaget af Blyets yderste Overfladelag; det gælder om at faa den til at trænge ind til dybere liggende Dele. I denne Henseende hjælper det at sende Strøm Dage eller Uger igennem skiftevis i den ene og den anden Retning mellem Pladerne. Herved bliver Blyet noget porøst eller svampet, saa at Iltningen kan trænge temmelig dybt ind i det. Man anvender dog ogsaa — navnlig ved de negative Plader — det Kunstgreb at presse Blyilte, Blypulver el. desl. fast i Fordybninger i Pladen; ofte tildannes disse som et Net af Bly med Fyldmasse i Maskerne. — Til meget store Akkumulatorer bruger man et blyforet Trækar i Stedet for et Glaskar.

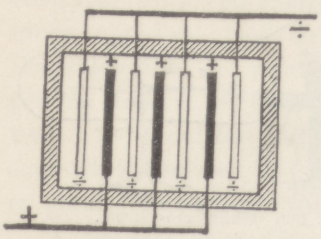


Fig. 143. Pladernes Anbringelse i en Akkumulator.

Man kan naa til, at en Akkumulator, hvis Blyplader tilsammen kunde dække en Kvadratmeter eller ca. 10 Kvadratfod, kan modtage en Strøm af 100 Ampères Styrke eller endnu mere 3 Timer i Træk, inden den er fuldt ladet; at dette er Tilfældet, kendes paa, at der opstaar en stærk Luftudvikling ved Pladerne, idet de nu er »mætte« og ikke kan modtage mere Ilt og Brint. Hvis der slet ikke var noget Tab, kunde Akkumulatoren atter under Udladningen afgive 100 Amp. i 3 Timer eller 50 i 6 Timer. Man siger, at dens »Kapacitet« er 300 Ampèretimer — Det vilde være let nok at faa en langt stærkere Strøm end de 100 Ampère fra Akkumulatoren, thi dennes indre Modstand er paa Grund af de to Pladesæts store Overflade og ringe Afstand ganske ubetydelig; men Pladerne vil blive ødelagte, hvis Strømmen gøres for stærk; mange af de almindeligt anvendte Akkumulatorer maa ikke faa eller give stærkere Strøm end den, der svarer til Ladning eller Udladning i 3 Timer.



Fig. 144.
Akkumulatorplade tildannet som et Net.

Under Udladning virker en Akkumulator som et galvanisk Element, hvis elektromotoriske Kraft til at begynde med er lidt over 2 Volt,

men efterhaanden synker noget, saa at den kun er $1{,}_8$ Volt ved Udladningens Afslutning. Ved et Stærkstrømsanlæg med 110 Volts Spænding maa man derfor anvende et Akkumulatorbatteri dannet af mindst tredsindstyve enkelte Akkumulatorelementer — eller Celler, som de ogsaa kaldes — sat sammen i Række, d. v. s. med det ene Elements positive Blystang forbundet med det næstes negative Blystang.

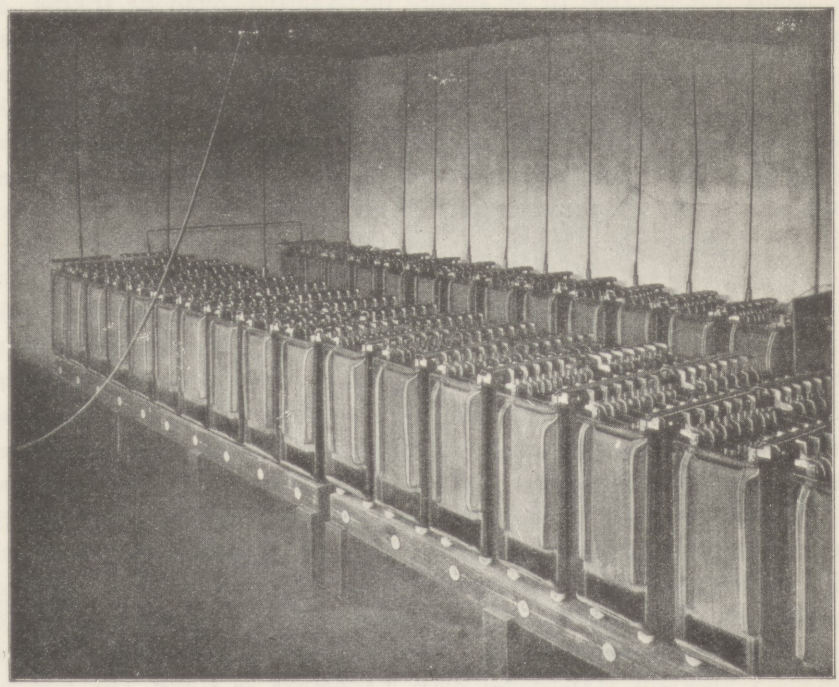


Fig. 145. Akkumulatorbatteri.

Et Batteri, der med gennemsnitlig 120 Volts Polspænding kunde yde 100 Ampère i 3 Timer, vilde derved afgive en Energi af $120 \times 100 \times 3 = 36\,000$ Watttimer = 36 Kilowatttimer eller henimod 50 Hestekrafttimer. Til at lade det vilde der medgaa en noget større Energi, men Forskellen er ikke meget stor. Under gunstige Forhold kan Batteriet afgive 80—90 pCt. eller mere af den Energi, det har modtaget fra Dynamoerne, om man end i Praksis ikke kan gøre Regning paa mere end 70—80 pCt. Selv efter Henstand i Uger eller Maaneder kan Akkumulatorer afgive Størstedelen af den modtagne Energi.

Vi maa da sige, at Blyakkumulatoren paa en fortræffelig Maade løser den Opgave, som blev fremsat i Begyndelsen af dette Stykke. Uden bevægelige Dele eller andre besværlige Mellemled tager den mod elektrisk Energi fra en Dynamo, gemmer den hen i Form af kemisk

Energi og afleverer den atter, naar det ønskes, uden ret stort Afdrag ligesaa let og simpelt i Form af elektrisk Energi, der kan anvendes i Lamper eller Motorer. — Men desværre er selve Akkumulatorbatteriet et forholdsvis stort og kostbart Apparat, der bl. a. egner sig daarlig til at transporteres. Nogle Ulemper voldes ogsaa af den Luftudvikling, som optræder ved Pladerne, navnlig ved Ladningens Slutning; den faar smaa Syredraaber til at sprøjte ud, angribe, hvad de træffer, og fremkalde ubehagelig Lugt i Akkumulatorrummet; her kan desuden opstaa Eksplosioner, hvis Rummet ikke ventileres godt, og man kommer der med Tændstikker eller bruger andre Slags Lamper end elektriske Glødelamper; thi Ilten og Brinten danner en Blanding, den saakaldte Knaldluft, som, selv naar den er ikke saa lidt fortyndet med almindelig Luft, eksploderer ved Antænding, idet Ilten og Brinten pludselig forener sig.

Forbindelse mellem Dynamo, Batteri og Ledningsnet. Et Akkumulatorbatteris Forbindelse med Dynamo og Lamper kan ordnes paa flere Maader, bl. a. som vist skematisk i Fig. 146 og 147. Hver Celle i Batteriet er her fremstillet ved en lang og en kort Streg, af hvilke den korte kan forestille den negative Blystang, den lange den positive. Batteriets negative Pol er umiddelbart forbundet med saa vel Dynamoens negative Pol som med Minuslederen, der fører ud til Ledningsnettet med dets Lamper og Motorer. Men ved Batteriets positive Ende er der truffet en særlig Ordning. Her er der fra den positive Blystang i en Række af de yderste Celler, de saakaldte Reguleringsceller, ført Ledninger hen til to Sæt Metalstykker (»Kontakter«) ordnede i hver sin Halvkreds; disse Ledninger er i Fig. 145 ført op langs Væggen. To drejelige Metalarme kan sætte de forskellige Kontakter i de to Sæt i Forbindelse henholdsvis med den positive Dynamopol og med Ledningsnettets Plusleder; hver af Metalarmene med de tilhørende Kontakter kaldes en »Celleskifter«. — Ved et 110-Volts Anlæg maa der ikke blot af Celler i det hele taget, men ogsaa af Reguleringsceller og tilhørende Kontakter være langt flere end Tegningerne viser (3—4 Gange saa mange).

Betragter vi nu blot Batteriets Forbindelse med Ledningsnettet, saa er det let at forstaa, at man ved Drejning af Celleskifteren *C*'s Arm (den saakaldte Udladearm) kan regulere Spændingsforskellen mellem Plus- og Minusleder — »Ledningsnettets Spænding« —; thi jo længere Armen drejes til højre, des flere af Batteriets Elementer faar vi indskudt mellem de to Ledere, og for hver ny Celle, der føjes til Batteriet, forøges dets elektromotoriske Kraft med ca. 2 Volt.

Ved *S* findes en »Strømskifter«, bestaaende af en Metalarm, der kan bringes i Berøring med det ene eller andet af de to Metalstykker *a* og *b* eller som vist i Fig. 146 staa midt imellem dem; i dette sidste Tilfælde er Dynamoen sat ud af Spillet. Batteriet maa altsaa alene levere Strøm til Ledningsnettet; Batteriet udlades da og Batteristrømmens Retning er som angivet ved Pilen i Fig. 146. Under Udladningen synker de enkelte Elementers elektromotoriske Kraft lidt efter lidt, og for at holde Netspændingen uforandret maa man af og til indskyde en ny Celle. Et Voltmeter (se S. 70), hvis Klemskruer er forbundet med henholdsvis Plus- og Minusleder, viser os disses Spændingsforskel; skal denne holdes paa mindst 110 Volt, maa vi, hver Gang den er gaaet ned til denne Værdi, dreje Udladearmen en Kontakt til højre, hvorved Spændingen stiger til 112 Volt.

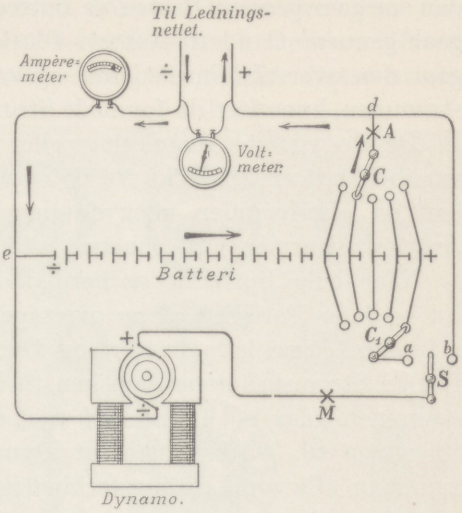


Fig. 146. Ledningsordning under Batteriets Udladning.

Naar Udladearmen er kommet ud til den yderste Kontakt, kan Batteriet ikke længere klare Sagen alene. Dynamoen maa træde til og dels sende Strøm til Ledningsnettet, dels lade Batteriet paany. Naar Dynamoen er sat i Gang og bragt op paa en tilstrækkelig stor Spænding, føres Strømskifterens Arm *S* hen til Metalstykket *a*, og der vil nu gaa en Ladestrøm gennem Batteriet i den Retning, som angives ved Pilen i Fig. 147. Men da Elementernes elektromotoriske Kraft stiger under Ladningen (til Slut naar den endog op til $2\frac{1}{2}$ Volt), maa vi nu efterhaanden føre Udladearmen til venstre for at holde Netspændingen nede paa 110—112 Volt. Ved den i Fig. 147 viste Stilling

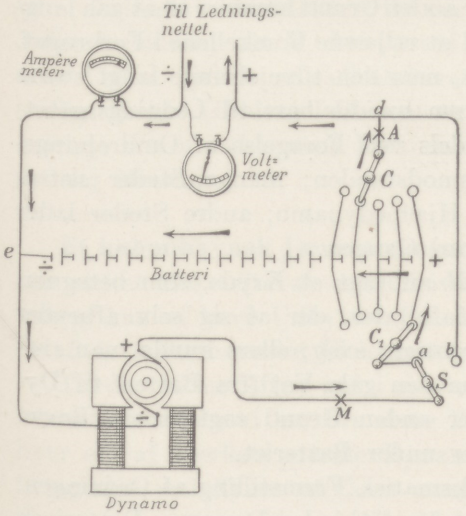


Fig. 147. Ledningsordning under Batteriets Ladning.

af C og C_1, gaar Strømmen fra Dynamoen over a og C_1 til Batteriet og gennem dettes yderste Celler; men saa deler den sig i to Dele, hvoraf den ene gaar gennem Resten af Batteriet og lader det, medens den anden gaar gennem C ud til Nettets Plusleder; gennem Lamper og Motorer gaar den over til Minuslederen, og ved e samles den atter med Batteristrømmen, hvorefter de forenede Strømme vender tilbage til Dynamoen.

Da de yderste Reguleringsceller under Batteriets Udladning kun var indskudt en kort Tid, vil de ogsaa hurtigt blive ladet igen, og man kan da efterhaanden udskyde dem ved at dreje Celleskifteren C_1's Arm (»Ladearmen«) til venstre.

Naar hele Batteriet er færdigladet, kan man spænde Dynamoen fra og lade Batteriet alene overtage Arbejdet som i Fig. 146, men man kan ogsaa lade Batteri og Dynamo hjælpes ad. Man fører da i Reglen Strømskifterens Arm hen til Metalstykket b, hvorved Dynamostrømmen gaar ad Vejen *Sbd* til Ledningsnettet; i d støder Batteristrømmen til Ønsker man, at Dynamoen alene skal forsyne Nettet, kan man afbryde Ledningsforbindelsen med Batteriet ved en »Strømafbryder«, der er anbragt ved A; men som oftest lader man stadig Batteriet være inde og kan saa dels ved Drejning af Udladearmen, dels ved Dynamoens Reguleringsmodstand (se S. 148) samtidig opnaa, at Batteristrømmen holder sig omkring Nul, og at Ledningsnettet faar den rette Spænding. At Batteriet er inde, har den Fordel, at det straks træder til, hvis Dynamoen af en eller anden Grund kommer til at gaa langsommere, og at det tillige hjælper til at udjævne Forskellene i Forbruget.

Naar Dynamoen lader Batteriet, maa den tilvejebringe langt større Spænding, end naar den giver Strøm umiddelbart til Ledningsnettet; den højere Spænding kan opnaas dels ved Forøgelse af Omdrejningshastigheden, dels ved Reguleringsmodstanden; mange Steder sættes Spændingen imidlertid op ved en Hjælpedynamo; andre Steder lader man kun en Halvdel af Batteriet ad Gangen.

I Fig. 146 og 147 er der ved M anbragt et Kryds, som betegner, at her findes en saaka dt Minimalafbryder, der af sig selv afbryder Dynamostrømmen, naar den bliver meget svag; ellers kunde man risikere, at Strømmen kom til at gaa den gale Vej (fra Batteri til Dynamo), naar Dynamoen af en eller anden Grund sagtner sin Bevægelse, saa at dens Spænding synker under Batteriet.

Fig. 146 og 147 giver kun en skematisk Fremstilling af Ordningen. I Virkeligheden føres de Ledninger, der forbinder Dynamo, Batteri og Ledningsnet, hen til en Marmortavle, der kaldes F o r d e l i n g s t a v l e n, Reguleringstavlen, Strømtavlen eller Apparattavlen; paa denne er de forskellige Hjælpeapparater — Strømskiftere, Afbrydere,

Celleskiftere m. m. — anbragt. De to Celleskiftere C og C_1 er her forenede til et eneste Apparat (»Dobbeltcelleskifter«) med kun et Sæt Kontakter, men med to fra hinanden isolerede Metalarme. Paa Fordelingstavlen Fig. 148 ses denne Dobbeltcelleskifter forneden i Midten; til højre for den sidder Minimalafbryderen, til venstre Batteristrømmens »Afbryder« (A Fig. 146) og længere til venstre Strømskifteren. Højere oppe ses et Voltmeter og to Ampèremetre samt endnu et Par Smaaapparater.

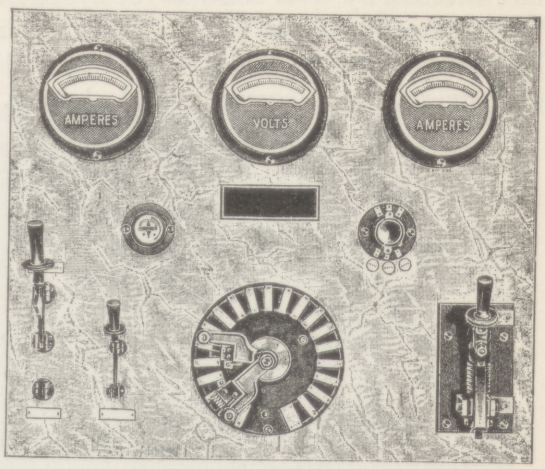


Fig. 148. Fordelingstavle.

Hverken ved en Celleskifter eller ved en Reguleringsmodstand maa Strømmen afbrydes, idet Metalarmen glider fra en Kontakt til den næste (hvilket de skematiske Figurer S. 148 og 169 kunde give Indtryk af).

Ved Celleskifteren gaar det imidlertid heller ikke an, at Armen uden videre gøres bred nok til at forbinde to Kontakter; thi derved vilde den mellemliggende Celles Poler forbindes, saa at der opstod en ødelæggende stærk Strøm gennem Cellen. Derfor er Celleskifterarmene i Fig. 148 indrettet paa en særlig Maade (Enderne af dem er delt i to Dele, som kun staar i ledende Forbindelse med hinanden gennem en Metaltraad med betydelig Modstand.

Et københavnsk Jævnstrømsanlæg. Efter at vi i det foregaaende har stiftet Bekendtskab med Hoveddelene af elektriske Stærkstrømsanlæg, kan vi have Udbytte af et Besøg i en Storstadscentral, f. Eks. et af de københavnske Elektricitetsværker.

Træder vi en Aften ind i den nye Maskinhal i Gotersgades Elektricitetsværk, ser vi her fire store Dampmaskiner i Færd med at drive hver sin af Værkets største Dynamoer. — Der er noget umiddelbart betagende ved Synet af dette mægtige Maskineri. Selve Maskinernes Former, de talrige blanke Metaldele, de ustandseligt roterende tunge Svinghjul og Dynamoankre m. m. fremkalder et stærkt Indtryk af Kraft og Harmoni. Men langt stærkere virker det altsammen dog paa den, der fatter disse Kunstværkers Tanke og har Øjet aabent for den

Sum af Menneskevilje og Menneskesnille, som er nedlagt i dem. Ingen Prometheus-Skikkelse, skabt af en enkelt Kunstners Hænder, kan paa mere levende Maade symbolisere Menneskets Magt over Ilden end disse Metalkæmper, som drager en Arbejdskraft større end tusinde Hestes Kraft frem af et Ildsteds Flammer og sender den gennem Kobbertraade ud i den store By, hvor den maa yde Lys og Drivkraft efter enhvers Behov.

Vi behøver ikke at frygte for, at det Indtryk, Maskinernes Virken har fremkaldt, skal blive forstyrret og ødelagt, om vi fra Maskinhallen gaar over i det tilhørende K e d e l r u m. Vi vil ikke som i Damp-

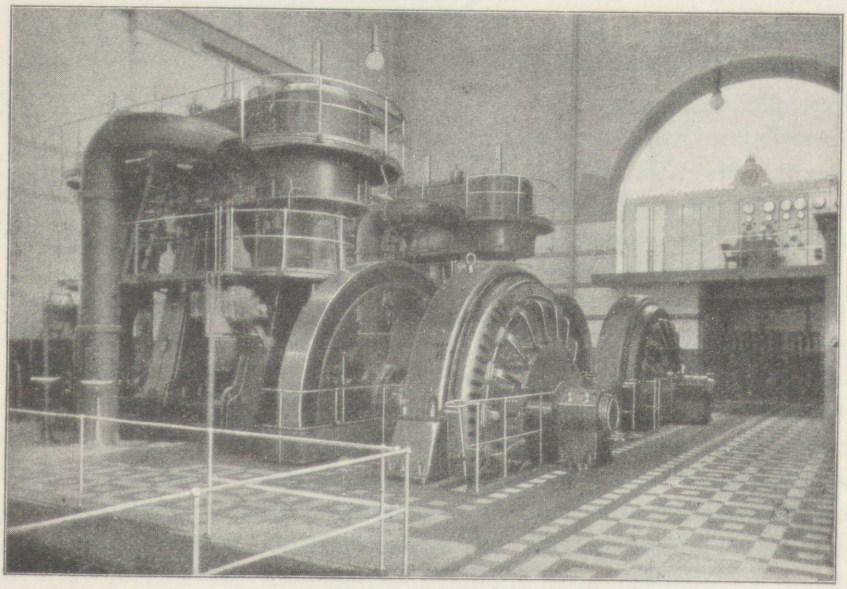


Fig. 149. Maskinhal i Gotersgadeværket.

skibenes Fyrrum træffe Folk, der maa trælle i en ulidelig Hede for at fylde Ildstedernes graadige Gab. Den, der kommer med disse Forestillinger om et Fyrrum, vil blive glædelig overrasket og fyldt af Beundring for, hvad der er naaet. Det er elektriske og mekaniske Fyrbødere og Kulhentere, der udfører næsten hele Arbejdet. Paa Grund af Elektricitetsværkets Beliggenhed inde i Byen maa Kullene køres til det; men fra Vognene aflæsses de i en Skakt, hvorfra dels et Hejseværk, dels et vandret Transportbaand — begge drevne ved Elektromotorer — fører dem til Kulbeholderne, som er anbragt over Kedelrummet og udmunder under dets Loft. Naar en af Beholdernes Mundinger aabnes, løber Kullene gennem et skraat Rør ned foran et af Ildstederne og befordres videre ind i dette af et Indfyringsapparat med elektrisk Drivkraft. Et selvvirkende Vejeapparat sørger for, at der, hver Gang Be-

holderen aabnes, kun løber en ganske bestemt Mængde Kul ned i Røret.

Helt uden menneskelig Indgriben foregaar Fyringen ikke; den ledes af en Mand, som bl. a. aabner for Beholderne. Men man har forøvrigt i enkelte Værker Indfyringsapparater, som selv lukker op og skaffer sig en ny Portion Kul, hver Gang Ilden har fortæret den forrige; da Maskineriet desuden selv sørger for at optegne, hvor meget Kul Ildstedet efterhaanden modtager, kan dets Virksomhed let kontrolleres. — Vi er ikke langt fra det Maal, at Elektricitetsværkers mægtige og

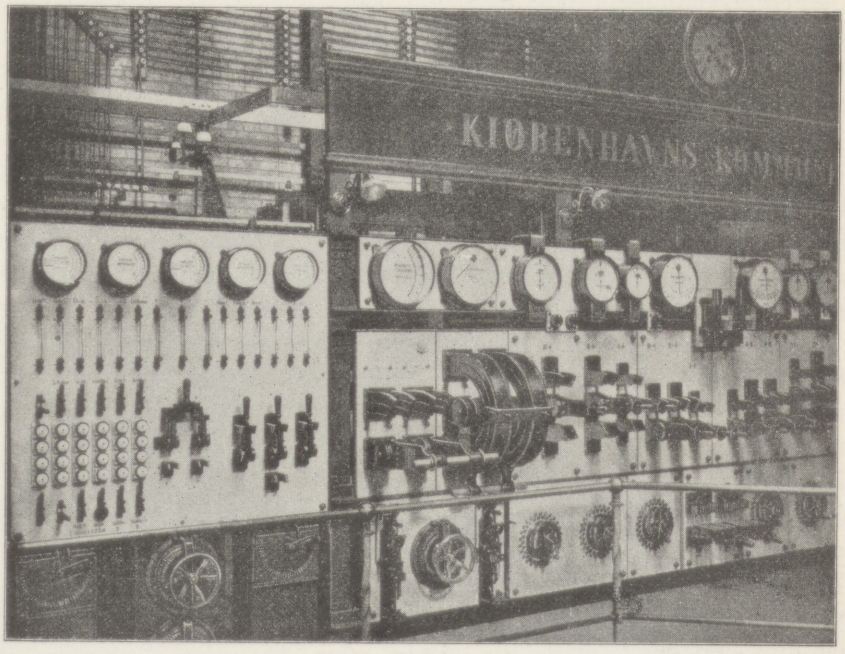


Fig. 150. Fordelingstavle.

sammensatte Virksomhed foregaar ganske avtomatisk, blot under Tilsyn fra et Rum, hvor elektriske Kontrolapparater optegner alt, hvad der sker, og hvorfra man, naar det kræves, kan gribe ind i de forskellige Deles Virken blot ved Tryk paa elektriske Knapper eller Drejning af Haandtag. Enkelte Steder, særlig paa Vandkraftsværker, er Maalet saa at sige naaet.

Foruden de elektriske Transport- og Indfyringsapparater er der til Gothersgadeværkets Dampkraftanlæg ogsaa knyttet andre Hjælpeapparater med elektrisk Drift, bl. a. to Centrifugalpumper, der henter Kølevand til Fortætning af den brugte Damp op fra en Brønd med Tilløb fra Havnen.

Lad os imidlertid vende tilbage til Maskinhallen. Her findes som

nævnt for Tiden (i 1910) 4 store Dynamoer. Hver af disse er dannet af en udvendig Jærnring med 16 indadvendende Magnetpoler, indenfor hvilke Ankeret drejes rundt; men et ringformet Hylster skjuler saa temmelig det meste af Dynamoen med Undtagelse af Kommutatoren med de strømaftagende Koste. Hver Dynamo er »direkte koblet« til sin Dampmaskine, d. v. s. en Forlængelse af Dampmaskinens Aksel er tillige Aksel for Dynamoankeret. Akslen gør ca. 100 Omdrejninger i Minuttet, og et stort Svinghjul sørger for, at Bevægelsen bliver jævn.

Hver Dynamo formaar at sende noget over 1500 Hestekræfter — eller i elektrisk Maal ca. 1200 Kilowatt — ud i Ledningerne i Form af elektrisk Energi. Hvis al Energien blev anvendt til Belysning i Kultraadsglødelamper paa 16 Normallys, vilde der være nok til en Snes Tusind saadanne Lamper. De 4 Dynamoer tilsammen kunde altsaa give Strøm til ca. 80 000 Lamper. Omtrent den halve Ydeevne har Dynamoerne i Elektricitetsværkets ældre Afdeling, der med sine Dynamoer, Dampmaskiner og Kedler i Grunden danner et Elektricitetsværk for sig. Endvidere kunde Værkets Akkumulatorbatteri nære henimod en Snes Tusind Lamper.

Desuden findes der i Hovedstaden 3 andre store Værker, nemlig Østre-, Vestre- og Frederiksberg Elektricitetsværker, som imidlertid for en meget væsentlig Del leverer Strøm til Sporvejsdriften. Efter at Elektricitetsprisen i 1905 blev betydeligt nedsat, voksede Tilslutningen af private Forbrugere saa stærkt, at man i 1907 maatte skride til at forøge Maskinanlægget i Gotersgadeværket med de sidste to af de 4 Maskinsæt, hvortil der var Plads i den ny Afdeling.

For Enden af den nye Maskinhal i Gotersgade ses den til Værkets nye Del hørende Fordelingstavle (til højre paa Fig. 149, hvor dog kun den ene Halvdel er udfyldt, da Fotografiet er taget inden Udvidelsen i 1907). Den ældre Afdelings Fordelingstavle, hvis venstre Side er vist i Fig. 150, ser nok saa interessant ud med sine talrige Afbrydere, Strømskiftere, Maaleapparater m. m.; men den større Simpelhed ved den nye Tavle er naturligvis i Virkeligheden et Udtryk for, at det nye Værk i teknisk Henseende staar højere end det gamle, som med sine mange forskellige Maskiner næstendels kan betragtes som et Musæum, der illustrerer den elektriske Udvikling i København.

Forøvrigt bliver det Indtryk af Simpelhed, man faar af den nye Tavle, dog noget formindsket, naar man i Stedet for blot at betragte Marmortavlen forfra gaar gennem en Døraabning til venstre i Tavlen (se Fig. 149) ind i Rummet bag den (Fig. 151). Her findes bl. a. til venstre 4 store Kasser; i disse er anbragt de til de to Dynamoer hørende Reguleringsmodstande, som ved 4 Aksler tværs over Rummet

samt Tandhjul og Kædetræk staar i Forbindelse med Haandtag paa Tavlens Forside; Kasserne har gennemhullede Vægge, for at Modstandstraadene kan blive afkølet af Luften. Til højre umiddelbart bag Fordelingstavlen ses endelig en broget Samling af mangt og meget. Særlig værd at lægge Mærke til er nogle flade rød- og hvidmalede Skinner (de røde falder paa Billedet mest i Øjnene, baade fordi de er i For-

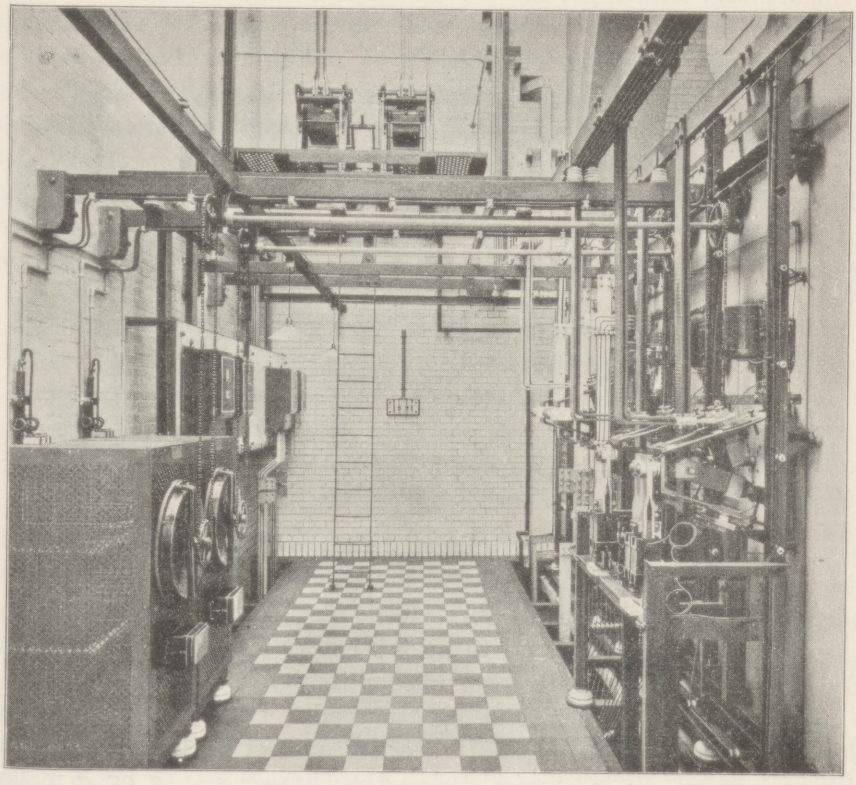


Fig. 151. Bag den ny Fordelingstavle.

grunden, og fordi de er mørkere). Nogle af disse Skinner, der er af Kobber, gaar op til to vandrette Bjælker, samlede af flere Skinner; disse Bjælker er de saakaldte Samleskinner for Strømmene fra de to Dynamoer; den røde (»Plusskinnen«) er forbundet med begge Dynamoers positive Poler, den hvide («Minusskinnen«) med de negative Poler. Polernes og altsaa ogsaa Skinnernes Spændingsforskel er mindst 440 Volt. I det hele taget er de røde og hvide Skinner, som man ser her og andetsteds i Værket, henholdsvis Plus- og Minusledere med den angivne Spændingsforskel. Men desforuden findes der forskellige Steder sortmalede Kobberskinner. Disse Skinner, der kaldes

»Nulskinner«, udgør et tredje Sæt Ledere, hvis Spænding ligger midt imellem Plus- og Minuslederens.

I København anvendes nemlig det saakaldte T r e l e d e r s y s t e m, der paa en snild Maade forener Fordelene ved høj Spænding (440 Volt) og lav Spænding (220 Volt), som Lamperne kræver. Treledersystemet indførtes først ved Edisons Anlæg og derefter næsten ved alle større Centralanlæg. Princippet for det fremgaar af Fig. 152.

Inde paa Elektricitetsværket findes en Dynamo, der tilvejebringer en Spænding af mindst 440 Volt, og et Akkumulatorbatteri med saa mange Celler, at Spændingsforskellen mellem dets Poler ligeledes kan holdes paa 440 Volt eller mere. Fra Værket udgaar 3 Ledere, af hvilke den ene N, der kaldes Nullederen, er sat i Forbindelse med Batteriets Midte og i Reglen tillige med Jorden, saa at den faar Spændingen Nul; de to andre, Plusleder en P og Minuslederen M, faar da Spændingen $+ 220$ og $\div 220$ Volt, idet disse »Yderledere« staar i Forbindelse med

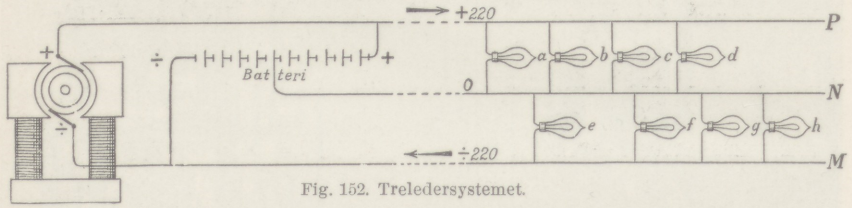


Fig. 152. Treledersystemet.

hver sin af Batteriets og Dynamoens Poler; ved begge Ender af Batteriet maa der være Reguleringsceller og Celleskiftere, som imidlertid er udeladt i Fig 152. Vi vil for Simpelheds Skyld antage, at de 3 Ledere uden Forgreninger er ført ud til nogle Lamper langt borte fra Værket. Hvis der mellem Plusleder og Nulleder indskydes de 4 Lamper a, b, c og d, men ingen mellem Nul- og Minusleder, vil der gaa en elektrisk Strøm ud fra Værket gennem P, dele sig mellem de 4 Lamper og gaa tilbage gennem N; indskydes derimod 4 Lamper e, f, g og h mellem N og M, men ingen mellem P og N, gaar der en elektrisk Strøm af samme Styrke som før ud fra Værket gennem N, der deler sig mellem Lamperne og gaar tilbage gennem M. Antager vi nu, at alle 8 Lamper er tændt samtidig, vil den Elektricitet, der kommer fra Plusleder en, gennem Lamperne a, b, c og d til Nullederen — i Stedet for først at løbe ind til Værket og derfra ud igen — straks gaa ad den korteste Vej over til Lamperne e, f, g og h og tilbage til Stationen gennem Minusleder en. I dette Tilfælde og i det hele taget, naar der er ligesaa mange Lamper mellem N og M som mellem P og N, gaar der altsaa kun Strøm i N's yderste Del, som sætter Lamperne a, b, c og d i Forbindelse med Lamperne e, f, g og h; paa den lange Strækning fra Lam-

perne ind til Værket er Nullederen strømløs. Men er der flere Lamper mellem P og N end mellem N og M, vil en Del af Strømmen fra P gaa tilbage gennem N; hvis der derimod er flest Lamper mellem N og M, kan de ikke faa Strøm nok fra P, men Nullederen N bringer dem saa det manglende inde fra Værket.

I Praksis sørger man nu for at fordele de til Ledningsnettet knyttede Lamper saaledes, at der gennemsnitlig kommer paa det nærmeste ligesaa mange Lamper mellem en Bydels eller en Gades Plus- og Nulleder som mellem Nul- og Minusleder. Forskellen mellem Antallet af t æ n d t e Lamper i de to Lampesæt vil da heller ikke blive ret stor under almindelige Forhold, naar Fordelingen er sket paa en heldig Maade. Der vil derfor aldrig komme til at gaa ret stærk Strøm frem eller tilbage gennem Nullederen; Hovedmængden af Elektriciteten vil altid gaa ud gennem Pluslederen og tilbage gennem Minuslederen. Vi opnaar altsaa i Hovedsagen at kunne befordre den elektriske Energi til den paagældende Bydel gennem Ledninger med 440 Volts Spændingsforskel, samtidig med, at Forbrugerne derude kan benytte 220-Volts Glødelamper og tænde og slukke dem enkeltvis efter Forgodtbefindende, og i Følge det, der blev sagt S. 199, kunde man ved 440 Volts Spænding nøjes med 4 Gange saa lidt Kobber i Ledningerne, som ved 220 Volt, uden at Energitabet og det procentvise Spændingstab blev større. Treledersystemet medfører saa ganske vist Bekostning af en 3dje Leder, Nullederen, men den kan være betydelig tyndere end Yderlederne, da den skal føre meget mindre Strøm.

Nullederens Tykkelse maa nærme sig mere til Yderledernes i Ledningsnettets sidste Forgreninger, end i de store Stammer, som fører Strøm til Hundreder af Lamper; thi ved et stort Antal Lamper kan det lettere komme til at passe, at de samtidig brændende Lamper er temmelig ligelig fordelt mellem Plus- og Minuslederne — eller som man siger: at Ledningsnettets Plus- og Minusside er lige stærkt belastet —, idet tilfældige Afvigelser i den ene eller den anden Retning hos de forskellige Forbrugere ophæver hinanden; jo færre Lamper der forsynes, des vanskeligere undgaar man »skæv Belastning«. I de enkelte Huse behøver man, hvis der ikke er mange Lamper, kun at indføre to Ledere, idet nogle Huse faar Plus- og Nulleder, andre Minus- og Nulleder; i disse sidste Forgreninger har Nullederen naturligvis samme Tykkelse som Yderlederne. Naar alle 3 Ledere er indført hos en Forbruger, har han jo til sin Raadighed en Spænding af 440 Volt, og det vil være praktisk at benytte den til Drift af større Elektromotorer, som altsaa indskydes mellem Plus- og Minusleder; ellers vilde en saadan Motors Igangsætning frembringe for stærk Skævhed i Belastningen.

Til Forskel fra Treledersystemet bruger man Betegnelsen »T o l e d e r s y s t e m e t« om den simplere Fremgangsmaade med Plus- og Minusleder uden Nulleder.

Ved den i Fig. 152 viste Ordning var det Akkumulatorbatteriet, der fordelte Dynamoens 440 Volt ligeligt mellem Ledningsnettets Plus- og Minusside. Man kunde imidlertid i Stedet for en 440 Volts Dynamo anvende 2 220 Volts, af hvilke den enes Poler sættes i Forbindelse med Plus- og Nulleder, den anden med Nul- og Minusleder, saa at Batteriet ikke udkræves til Spændingsdelingen. I Gotersgadeværket kan anvendes begge Fremgangsmaader, forsaavidt som der i den gamle Maskinhal findes 220 Volts Dynamoer, i den nye 440 Volts. — Det bemærkes, at disse Tal angiver den mindste Spænding, som benyttes; under Batteriets Ladning sættes den meget højere op (se S. 170).

A k k u m u l a t o r b a t t e r i e t i Gotersgade er et meget stort og kostbart Apparat, bestaaende af 272 enkelte Elementer; alene Halvdelen af det fylder et mægtigt Rum, omtrent en Snes Meter paa hver Led, under hele Elektricitetsværkets Gaard. Hvert Element vejer gennemsnitligt ca. 1600 Kilogram eller over 30 Centner. Ikke des mindre er den Arbejdskraft, som i det højeste kan opspares i dette Kæmpebatteri, ikke mere end den, der ligger gemt i 2—3 Tønder Stenkul; og selv om vi tager i Betragtning, at højst en Tiendedel af Kullets Arbejdskraft kan omformes til elektrisk Energi gennem Dampmaskine og Dynamo, saa vil Batteriets Energi dog kun svare til, hvad man kan faa af et Vognlæs Kul, der vejer mindre end en Hundredede del af Batteriet.

Foruden at dele Spændingen ligeligt mellem Ledningsnettets Plus- og Minusside og at udjævne Skævhed i Belastningen, har Batteriet den Opgave at gøre Maskinerne (Dampmaskiner og Dynamoer) mindre afhængige af Forbrugets Fordeling over Døgnet. Om Natten, naar Forbruget er meget ringe, kan man helt undlade at holde nogen Maskine i Gang, idet Batteriet overtager Arbejdet; i de travleste Aftentimer, naar alle Lamper brænder, kan Batteriet, naar det gøres nødigt, hjælpe Maskinerne med Forsyningen; og Batteriets Ladning kan udføres paa de Tider, der er mest praktisk for Driften. Det bedste Udbytte saa vel af Kullene som af den i Maskinerne nedlagte Kapital vilde man faa, hvis Maskinerne kunde arbejde jævnt hele Døgnet igennem; men en saadan fuldstændig Udjævning af Forskellen mellem Dagstidernes Forbrug vilde kræve et meget større Batteri; og i hvert Fald kan man ikke faa udjævnet Forskellen mellem Sommer- og Vinterforbruget, da det er ganske uoverkommeligt at hengemme Arbejde, som Maskinerne udfører om Sommeren, til den travle Vintertid. Forskellen mellem

Vinter- og Sommerforbruget bliver navnlig stor ved elektriske Lysanlæg i nordiske Lande, hvor Vinternatten er meget længere end Sommernatten; New-York eller Neapel er saaledes adskilligt gunstigere stillede end København, og København atter end Trondhjem. Et godt Begreb om Forholdene ved Gotersgadeværket faar man ved følgende Tal: Den værste Aften i Aaret 1909 (lige før Jul) naaede Strømstyrken i Yderlederne Kl. 4½ om Eftermiddagen op over 20 000 Ampère og gik saa ned til 6—700 Amp. Kl. 3 om Natten. Men en Sommersøndag

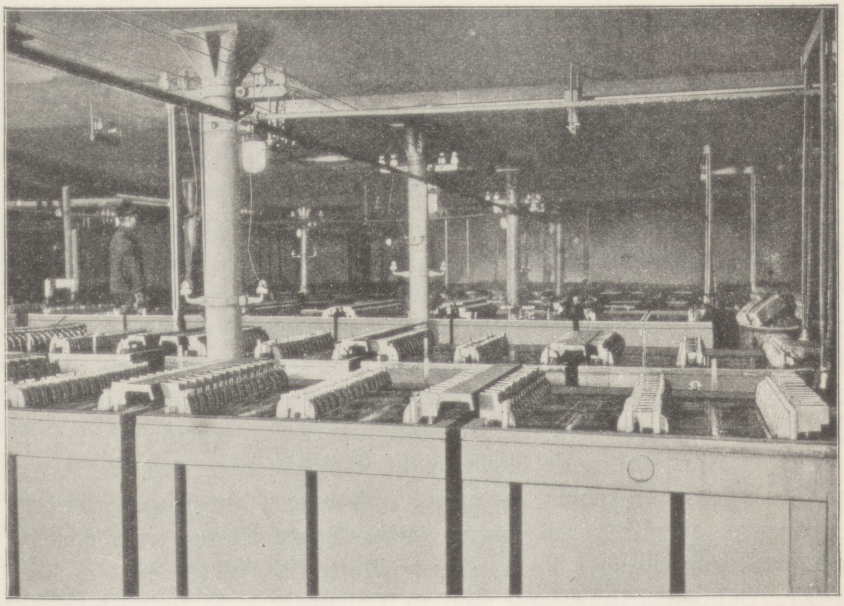


Fig. 153. Akkumulatorkælderen.

samme Aar naaede man ned til 2000 Amp. da Forbruget var stærkest (Kl. 10 Aften) og ca. 200, da det var svagest.

Det yderst ujævne Forbrug bevirker, at man meget vanskeligt kan naa til lave Elektricitetspriser, hvor Strømmen væsentlig bruges til Belysning. Maskiner, Batteri, Ledninger — kort sagt hele Anlægget — maa indrettes efter det største Antal Kilowatt, der kan blive Brug for (Maksimalbelastningen); men da Forbruget den allerstørste Tid er langt ringere, faar man let en uforholdsmæssig stor Anlægskapital at forrente og afdrage, saa at Udgifterne hertil bliver større end de egentlige Driftsudgifter; disse bliver forøvrigt ogsaa selv forholdsvis meget større end ved ensartet Forbrug.

For faa Aar siden var hele den elektriske Energi, som Gotersgadeværket i Løbet af et Aar sendte ud i Ledningerne, langt under en

Tiendedel af, hvad Maskinerne kunde have ydet, om de havde arbejdet uafbrudt Dag og Nat. Udnyttelsen er meget bedre ved de Værker, der forsyner Sporvognene med Strøm, men ogsaa ved Gotersgadeværket har Forholdene forbedret sig til Dels paa Grund af Tilknytning til Elektromotorer. Disses Forbrug er nemlig langt jævnere fordelt over Aaret og Dagen end Lampernes, og tillige er den hele aarlige Benyttelsestid i Reglen meget større for Motorerne end for Lamperne. Selv om vi her alene betragter Sagen fra Værkernes Side — ikke fra Forbrugernes — er der altsaa god Mening i, at Værkerne leverer Strøm til Motorbrug til lavere Pris end Strøm til Belysning. Prisen i København var i 1892, da Gotersgades Elektricitetsværk toges i Brug, 80 Øre pr. Kilowatttime til Lys, 30 Øre til Motorer; Lysprisen gik saa efterhaanden ned til 60, 50 og endelig i 1905 til 35 Øre, Motorprisen til 20 og derefter til 15 Øre, som den endnu er. Paa Frederiksberg blev den i 1906 nedsat til 10 Øre.

I Aarets mørkeste Tid falder det stærkeste Forbrug til Lys inden Kl. 5, altsaa medens Motorerne paa Værksteder og andetsteds endnu er i fuld Virksomhed; Værkerne maa derfor indrettes til at bestride det stærkeste Lysforbrug og det fulde Motorforbrug samtidig. Det vilde aabenbart være meget fordelagtigt for Værkernes Drift, om man paa den Tid, da Lysforbruget er størst, kunde faa Folk til at indskrænke eller standse alt andet Forbrug. Man har derfor i nogle Byer indført en »Dobbelttarif« efter det Princip, at Elektricitetsprisen om Aftenen, naar Lamperne er tændt, er meget højere end om Dagen; Motorforbrugerne o. a. vil derved faa en stærk Spore til saa vidt gørligt at undgaa Strømforbrug i Værkernes travleste Tid; dette System kræver særlige »Dobbelttarifmaalere« med to Tælleværker, af hvilke Strømmen sætter det ene i Gang i de dyre Timer, det andet i de billige; Apparatet kan i de forskellige Maaneder indstilles til at udføre Omskiftningen paa forskelligt Klokkeslet.

Reguleringen af Ledningsnettets Spænding foregaar paa Gotersgadeværket inde fra den nye Fordelingstavle ved Hjælp af Trykknapper, som er anbragt her, og ved hvilke man styrer en stor og indviklet Celleskiftermekanisme, som er anbragt et helt andet Sted. Saa snart man trykker paa den ene eller anden Knap, vil en Elektromotor nede ved Celleskifteren besørge Ind- eller Udskydning af Celler og derved regulere Spændingen ude i Byen.

Ved Reguleringen retter man sig efter 2 Voltmetre, som angiver Spændingen henholdsvis paa Plus- og Minussiden; men for nærmere at forstaa, hvad det egentlig er, disse Voltmetre viser, maa vi kende Hovedtrækkene af Ledningsnettets Ordning.

Herom giver Fig. 154 et Begreb. Fra Centralen udgaar til forskellige Sider Hovedledninger eller Fødeledninger *(H)* til Fødepunkter *(K)* paa passende Steder. Disse Fødepunkter tjener saa som Udgangspunkter for et Net af Fordelings- eller Forsyningsledninger *(F)*, fra hvilke der er ført Stikledninger ind i Husene. Forestillede Fig. 154 et Tolederanlæg, vilde alle Ledninger bestaa af to Ledere, Plus- og Minusleder; men ved de københavnske Anlæg er Forsyningsledningerne og de fleste Fødeledninger 3-dobbelte, idet de indeholder Plusleder, Minusleder og Nulleder. Derimod er der i Husene undertiden kun indført Dobbeltledning med 220 Volts Spændingsforskel mellem de to Ledere.

Forsyningsledningerne er valgt saa tykke, at det Spændingstab, Strømmen lider paa sin Vej fra et Fødepunkt ud til de Stikledninger, der er fjærnest fra det paagældende Fødepunkt, selv ved det stærkeste Strømforbrug ikke kan overstige 3 Procent, altsaa 6—7 Volt mellem Plus- og Nulleder eller mellem Nul- og Minusleder. Spændingstabet i Husledningerne, regnet fra Stikledningens Udgangspunkt til Lamperne, begrænses i Reglen til ca. 1 Procent eller med andre Ord tl godt 2 Volt. — Sørger man nu for, at Spændingen i Fødepunkterne under det stærkeste Forbrug omtrent er + 225, 0 og ÷ 225 i henholdsvis Plus-, Nul- og Minusleder, saa vil selv de allerfjærneste Lamper ikke faa under 215 Volt, medens de nærmeste faar nær ved 225; Afvigelserne fra de 220 Volt, Lamperne helst skulde have, bliver altsaa højst 2—3 Procent. — Er Forbruget og dermed Spændingstabene kun ringe, kan man nedsætte Fødepunktsspændingen til 2 × 222 Volt.

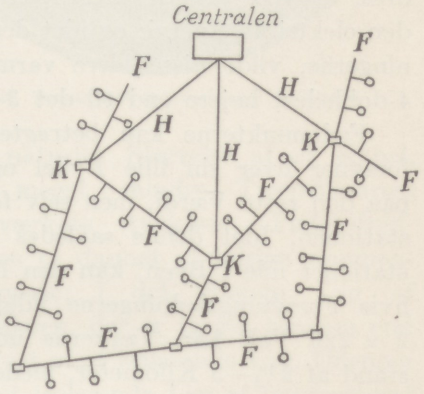


Fig. 154.
Hovedtrækkene af et Centralanlægs Ledningsnet.

Kan man blot holde Fødepunkternes Spænding paa 225—222 Volt som angivet, kan det ikke skade Lamperne, om Spændingen inde paa Centralen er meget større; i Fødeledningerne, til hvilke der ikke direkte er knyttet Lamper, kan der med andre Ord godt tillades et ret betydeligt Spændingstab, og dette er en stor Fordel; thi da Fødeledningerne tilsammen skal føre Tusinder af Ampère, maatte de gøres urimelig tykke og sluge vældige Kobbermængder, om de ikke skulde give nævneværdigt Spændingstab.

I den første halve Snes Aar anvendtes i de københavnske Anlæg

Treledersystem med kun 2 × 110 Volt, hvad der til at begynde med ogsaa var nødvendigt, da man den Gang ikke kunde lave gode 220-Volts Glødelamper; først i 1904 gjordes Overgangen til 2 × 220 Volt for Gotersgadeværkets Vedkommende, og den Gang var Ledningsnettet saa stærkt belastet, at Spændingstabet i Fødeledningerne kunde naa op til 14 Volt i hver Yderleder eller med andre Ord 12—13 pCt. af de 110 Volt; men ved Overgangen til 2 × 220 Volt sank den til samme Lampetal svarende Strømstyrke til det halve, Spændingstabet derfor ogsaa fra 14 til 7 Volt, hvilket kun var godt 3 pCt. af de 220 Volt. Ledningsnettet fik altsaa uden nogen Udvidelse pludselig Evne til at forsyne det 4-dobbelte Lampetal, hvis det blot var det procentvise Spændingstab, det kom an paa. Det maa imidlertid erindres, at ved 12—13 pCt. Spændingstab tabes ogsaa 12—13 pCt. af den elektriske Energi; og idet den tabte Energi bliver til Varme i Ledningerne, vilde disse blive varmere end tilladeligt, hvis Lampetallet 4-dobledes; højere end til det 3-dobbelte kunde man ikke gaa.

Fødepunkterne kan betragtes som en Slags Understationer, der forsyner hver sin lille Bydel og holder Spændingen indenfor denne paa den rette Værdi, men selv faar deres Elektricitet inde fra Hovedstationen. Idet denne saaledes har en Kreds af fremskudte Understationer ude i Byen, kan den beherske et langt større Omraade, end hvis Forsyningsledningerne udgik direkte fra den. Ved Spændingen 2 × 220 Volt kan Værkerne udstrække deres Virkekreds til en Afstand af 2½—3 Kilometer, medens Grænsen ved 2 × 110 Volt maatte sættes omtrent ved 1 Kilometer (½ Fjerdingvej).

Tilbage staar endnu det Spørgsmaal, hvorledes det skal lade sig gøre stadig at holde Fødepunkternes Spænding paa den rette Værdi?

I dette Øjemed er der langs Fødeledningerne lagt isolerede Traade — Maaletraade — som fra Fødepunkterne er ført ind til de Voltmetre, paa hvilke man inde paa Centralen aflæser »Ledningsnettets Spænding«, hvilket i Virkeligheden vil sige Spændingsforskellen mellem dels Plusleder og Nulleder, dels Nulleder og Minusleder i det Fødepunkt, hvis Maaletraade staar i Forbindelse med Voltmetrene. Der er dog ikke to Voltmetre for hvert Fødepunkt, men de samme to Voltmetre kan forbindes med hvilket Fødepunkt man ønsker. Det skulde imidlertid gerne vise sig, at Resultatet bliver nogenlunde det samme for alle Fødepunkterne, saa at det ikke har stort at sige, om Centralens Spændingsregulering rettes efter det ene eller det andet Fødepunkt. De forskellige Fødeledningers Tykkelse er nemlig saaledes beregnet, at Spændingstabet vil blive omtrent ens for dem alle. Til Udjævning af Spændingsforskellen mellem de enkelte Fødepunkter bidrager det ogsaa

i høj Grad, at Forsyningsledningerne fra de forskellige Fødepunkter staar i Forbindelse med hverandre og danner et sammenhængende Net, som vist i Fig. 154.

Saa vel Føde- som Forsyningsledninger er lagt underjordisk, og de maa følge Gaderne. Hver af de 3 Ledere, som tilsammen betegnes som en Ledning, er omgivet af et særskilt isolerende Hylster; Kobberkærnen med dens Hylster kaldes et »Kabel«. Hvor en Maaletraad følger Lederen, er denne Traad indlagt i Kabelet. Fig. 155 er Tværsnit i naturlig Størrelse af et Kabel, hvis Kobberkærne ikke har ret meget mindre Tværsnitsareal end Gotersgadeværkets tykkeste Fødeledninger. Kobberkærnen er dannet af talrige sammensnoede Kobbertraade; i det yderste Lag af disse ses Maaletraaden, der er meget tyndere end de andre og omgivet af et isolerende Lag. Udenom Kobberet findes et isolerende Lag af imprægneret Jute, Papir eller Gummi, dernæst et Blyrør, der holder Fugtighed ude, endvidere Papir, Jute, Staalbaand og atter Jute el. desl. Fig. 156 fremstiller et delvis afskrællet Stykke af et noget tyndere Kabel af lignende Art.

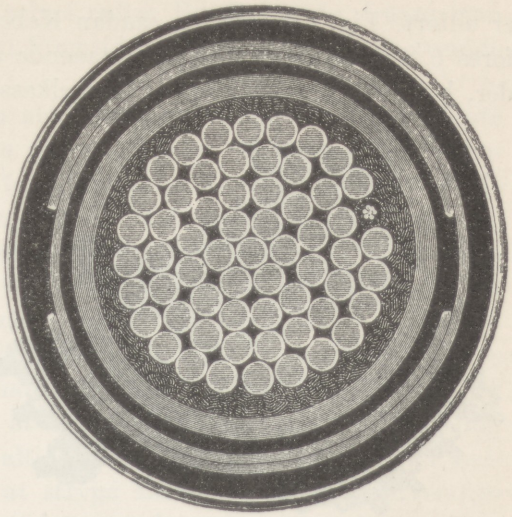


Fig. 155. Tværsnit af et Kabel med Maaletraad.

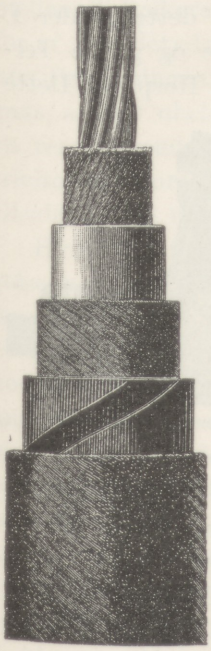


Fig. 156.
Stykke af et Kabel.

Saadanne Kabler nedlægges umiddelbart i Jorden, blot dækkede med et Lag Mursten, der beskytter mod Vold ovenfra ved Opgravninger. I nogle Bydele findes imidlertid Kabler, der hverken har Blyrør eller Staalbaand, men blot et Isolationslag af saakaldet vulkaniseret Bitumen m. m. De nedlægges i Trætruge, der udstøbes med isolerende Stof og overdækkes med Mursten.

Ved Fødepunkter og andre Steder, hvor flere Ledninger udgaar fra samme Punkt, anvendes lukkede K a b e l k a s s e r, i hvis Indre Forbindelserne

er udført. Fig. 157 viser en saadan Kabelkasse, i hvilken der kan indføres 6 Sæt Ledninger, hver bestaaende af Plus-, Minus- og Nulkabel; dér, hvor Kablerne sluttes til Kabelkassen, ses Støbejærnsmuffer.

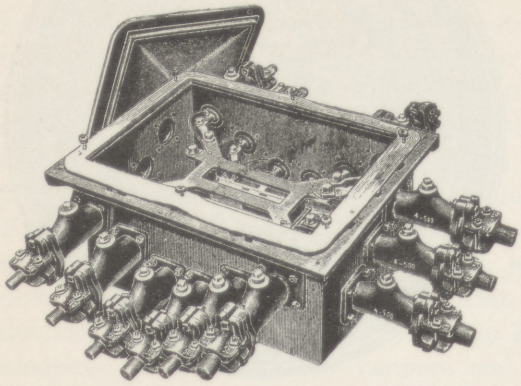


Fig. 157. Kabelkasse.

Naar 2 Kabelender forbindes, eller et Kabel udsender en Forgrening, og Forbindelsen ikke sker i en for flere Kabler fælles Kabelkasse, anvendes en Støbejærnsmuffe, der bestaar af to Dele; Fig. 158 viser den nederste Del og Kabelforbindelsen. Naar denne er udført, lægges den anden Del af Muffen paa som Laag og fastskrues, hvorefter Muffen gennem et Hul i Laaget udstøbes med isolerende Stof (»Kompound«). Kablet har Maaletraad.

Foruden de tidligere nævnte Elektricitetsværker, der sælger Elektricitet til Privatfolk, findes der i København flere andre, som mer eller mindre direkte virker i Almenhedens Tjeneste; dette gælder f. Eks. om Elektricitetsværkerne paa Statsbanernes nye og gamle Terræn, i Frihavnen og paa Frederiksbergs Kommunes Hospital. Dette sidste har særlig Interesse derved, at her forvandles Snavs til elektrisk Lys, idet nemlig Husenes Affald — »Dagrenovationen« — brændes under Kedler, som giver Damp dels til Hospitalets Opvarmning, dels til Drift af de elektriske Maskiner. Hertil kommer endvidere mange private Værker i Fabrikker og store Forretninger, som ser deres Fordel ved at lave deres Elektricitet selv fremfor at købe den af Kommunen. — Anvendelsen af Vekselstrøm i københavnske Anlæg omtales i næste Afsnit.

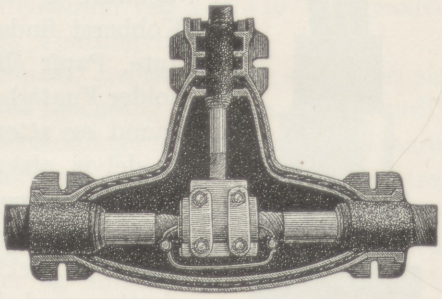


Fig. 158. Forgreningsmuffe.

Mindre Centralanlæg for Lys og Motordrift. Den Tid er forbi, da det elektriske Lys var en Luksus, som kun hørte hjemme i Storbyernes fornemme Kvarterer, og naar man ser, hvorledes elektriske Centralanlæg i de sidste Aar er vokset frem rundt om i Købstæder,

Landsbyer, Andelsmejerier, ja selv i enlige Bøndergaarde, fristes man til at tro, at det i en ikke fjærn Fremtid vil blive Lyset for de tusinde Hjem i By og paa Land.

Skal dette Maal naaes, maa man imidlertid sørge for paa fyldigste og bedste Maade at udnytte de mangfoldige og mangeartede Muligheder, der frembyder sig saa vel for Strømmens Anvendelse til Drivkraft som for Anlæggenes Indretning og for Udnyttelsen af de hjemlige Kraftkilder — Vandkraft i Norge, Tørv og Vind i Danmark. I dette Stykke vil vi imidlertid holde os til smaa Jævnstrømsanlæg, hvor det indførte Brændsel — Stenkul eller Petroleum — yder Drivkraften.

Mindre Centralanlæg kan lige saa vel som Storstadsanlæg indrettes efter de tidligere angivne Grundregler. Ved et lille Anlæg bliver der imidlertid mange nye Hensyn at tage. Hvad der kan svare Regning under store Forhold, kan ikke altid betale sig under smaa, og det gælder da om paa den ene Side at stryge alle ikke strængt nødvendige Udgifter, men paa den anden Side at undgaa den Slags Besparelser, som i Længden bliver til Fordyrelser. Men desuden er der ved smaa Anlæg baade større Nødvendighed og større Mulighed for at tage Forholdsregler til Fremme af en fornuftig og økonomisk Benyttelse af Elektriciteten saa vel til Lys som til Motordrift. Et godt Samarbejde mellem Teknikere og Folk, der nøje kender de stedlige Forhold, er derfor af stor Betydning. Og jo mere Forstaaelse og Interesse Sagen møder hos Befolkningen, des større Udsigt er der til, at Skuffelser vil undgaas, at selv uheldige Erfaringer i Stedet for blot at skræmme vil blive en rentebærende Lærepenge, og at de mange, rige Muligheder, Elektriciteten rummer, vil udfolde sig paa en sund Maade til Gavn og til Glæde for de mange.

Hvad den tekniske Udførelse angaar, danner Ledningernes Anbringelse vel den mest karakteristiske Forskel mellem Storstadsanlæg og landlige Anlæg. I tæt bebyggede Bykvarterer, hvor alene en enkelt Gade har Brug for Strøm til mange hundrede Lamper er det temmelig nødvendigt og maaske ogsaa i Længden mest økonomisk at anvende underjordiske Ledninger; men hvor Bebyggelsen er mere spredt, kan man nøjes med de langt billigere »Luftledninger«, der uden Isolationsbeklædning ophænges paa Master ved Hjælp af Porcellænsklokker ligesom Telegraf- og Telefonledninger. Ikke blot ude paa Landet, men ogsaa i mange Købstæder har Luftledningerne fundet Anvendelse.

Fig. 159 viser en Del af Luftledningsnettet i Ringsted. Ledningerne er de fleste Steder her ophængt paa Træmaster i en Højde af mindst 7 Alen (4,5 Meter) over Gaden. Oven over Stærkstrømsledningerne er der overalt anbragt Jærntraade, som er i ledende Forbindelse med

Jorden. De skal tjene til Beskyttelse for nedfaldende Telefon- eller Telegraftraade. Hvis disse umiddelbart traf Stærkstrømsledningerne, kunde de herfra faa Strømme, der vilde ødelægge Telefonapparater el. desl.; men naar de først træffer de jordforbundne Beskyttelsestraade og derefter lægger sig mod Stærkstrømsledningerne, vil Strømme fra disse afledes til Jorden gennem Beskyttelsestraadene; Strømmen skulde gærne smelte Telefontraaden over og saaledes hurtigt selv afbryde den dannede Traadbro. I Trelederanlæg anvender man ofte Nullederen som Beskyttelsestraad, idet man anbringer den ovenover Yderlederne.

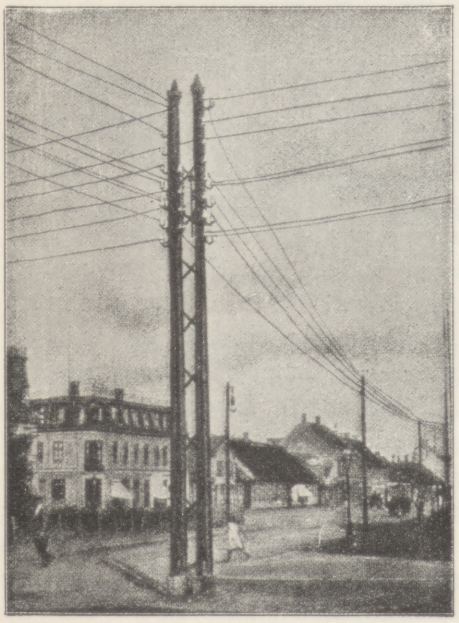


Fig. 159. Luftledninger i en dansk Provinsby.

I mindre som i større Anlæg føres Elektriciteten fra Elektricitetsværket gennem Fødeledninger ud til Fødepunkter, der tjener som Udgangspunkter for et Net af Forsynings- eller Fordelingsledninger med Stikledninger til de enkelte Huse. Fig. 159 viser netop et saadant Fødepunkt; her er i Stedet for en enkelt Træmast anvendt en dobbelt Jærnmast.

I mange Smaabyer, der danner en Mellemting mellem Købstad og Landsby — som det navnlig er Tilfældet med de fremblomstrende Stationsbyer — har det Spørgsmaal været fremme, om man skulde anlægge et Gasværk eller et Elektricitetsværk. Naar Elektriciteten under saadanne halvt landlige Forhold i de fleste Tilfælde er gaaet af med Sejren, er en af Grundene dertil den, at elektriske Luftledninger billigere end underjordiske Gasledninger kan føres ud til Forbrugere, der bor i temmelig lang Afstand fra Værket. Men forøvrigt har Kampen mellem Gas og Elektricitet i de fleste egentlige Byer artet sig saaledes, at Gasværk og Elektricitetsværk trives Side om Side. Gasbelysningen og det elektriske Lys har hver sine Fordele, og udenfor Belysningsomraadet yder Gassen billig og bekvem Varme til Madlavning i Hjemmene, Elektriciteten billig og bekvem Drivkraft til Værksteder og Forretninger.

Enkelte Steder har de to Konkurrenter Gas og Elektricitet endog-

saa indgaaet et nøje Forbund. Dette er f. Eks. Tilfældet i Ringsted. Anledningen til Opførelsen af Elektricitetsværket var her den, at Gasværket ikke uden en kostbar Udvidelse kunde opfylde de stærke Krav, der stilledes til det ved Juletid. Naar man nu i Stedet for at udvide Gasværket anlagde et Elektricitetsværk, fik Byen baade Del i Gassens og Elektricitetens Fortrin. Borgerne kunde faa Gas til Kogning og Stegning og elektrisk Drivkraft til smaa Maskiner, og de kunde frit vælge mellem Gasbelysning og elektrisk Lys. Det blev da bestemt at knytte et elektrisk Anlæg til Gasværket paa den Maade, at Elektricitetsværket byggedes tæt ved Gasværket og om Somren benyttede Gas fra dette som Kraftkilde, idet der anvendtes Gasmaskiner eller -motorer til Drift af Dynamoerne. Om Vinteren, naar der ude i Byen var god Brug for Gassen, skulde Gasmotorerne fødes med den saakaldte Vandgas, som kan fremstilles billigt i særlige Apparater, der ikke kræver megen Plads. Paa denne Maade blev Gasværkets Produktion langt jævnere fordelt over Aaret, og dets Drift blev derfor mere økonomisk.

Anvendelsen af Gasmotorer drevne ved Vandgas er meget udbredt ved smaa Elektricitetsværker. Almindelig Gas fremkommer ved Ophedning af Stenkul, idet noget Brint, som Kullet indeholder, dels ligefrem uddrives, dels forener sig med en Del af Kulstoffet til Luftarter (»Kulbrinter«), der ligesom Brinten er brændbare; men til Fremstilling af Vandgas skal netop bruges »gasfrit« Kul — enten Kokes, som er det, der bliver tilbage, naar Gassen uddrives af almindeligt Stenkul, eller Antracit, der af Naturen er næsten rent Kulstof. Idet en Blanding af atmosfærisk Luft og Vanddamp strømmer gennem glødende Antracitkul, danner Luften, Vandet og Kulstof fra Antracitten ved forskellige kemiske Processer en Blanding, som efter passende Rensning føres ind i en Gasmotors Cylinder, hvor den ved sine Eksplosioner driver Stemplet frem. Vandgassen kan fremstilles paa særlig simpel og bekvem Maade ved de saakaldte Sugegasværker, der ikke kræver nogen Gasbeholder, men laver Gassen efterhaanden som Maskinen har Brug for den. Det er nemlig her Gasmaskinen selv, der suger Luft- og Vanddamp gennem Kullet, og naar Kulovnen omgives med en Vandkappe, kan Vanddampen udvikles ved Spildevarmen fra Ovnen.

Sugegasværkernes Brændsel er meget dyrere end almindeligt Stenkul, ikke blot naar vi regner med Prisen pr. Ton eller Kilogram, men ogsaa, naar det tages i Betragtning, at Antracit indeholder betydeligt mere Varme end samme Vægt Stenkul. Til Gengæld udnytter en lille Dampmaskine Varmen langt daarligere end en Gasmaskine, i alt Fald, naar denne arbejder med fuld Kraft; endvidere gaar der om Sommeren,

naar Maskinerne kun bruges kort Tid, mere Varme tabt ved Dampmaskinen end ved Sugegasværket, hvis Ovn kan staa med glødende Kul fra den ene Dag til den anden uden urimelig store Varmetab. Derfor bliver Resultatet vistnok i de fleste Tilfælde, at Brændselsøkonomien ved mindre Værker bliver bedre ved Gas end ved Damp. Hertil kommer saa, at man ved et Sugeværk slipper for at bygge en Dampskorsten, samt den Omstændighed, at Gasværket, naar det først er sat i Virksomhed, kan passe sig selv i lang Tid, medens der stadig skal fyres under en Dampkedel.

Fig. 160 og 161 giver os et Indblik i et ganske lille Elektricitets-

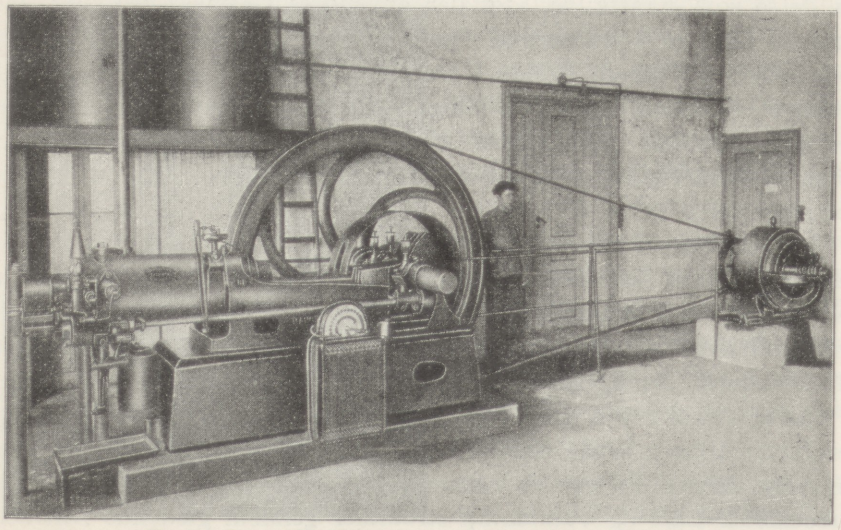


Fig. 160. Fra et lille Elektricitetsværk. Gasmaskine og Dynamo.

værk med Sugegas. Paa Billedet ser vi til højre Dynamoen, til venstre Gasmaskinen, der imidlertid selv er forsynet med et Par elektriske Indretninger. Allerlængst til venstre findes der saaledes et lille elektromagnetisk Apparat, der frembringer Gnister til Tænding af Gassen i Motorcylinderen. Omtrent midt paa Gasmaskinen ses en anden elektrisk Indretning (med et Haandtag m. m.); den anvendes, naar Maskinen skal sættes i Gang. Dette er nemlig en vanskelig Sag ved en nogenlunde stor Gasmotor, og man lader derfor Dynamoen besørge Arbejdet, idet Dynamoen til at begynde med faar Strøm fra Elektricitetsværkets Akkumulatorbatteri og derved bringes til at virke som en Elektromotor, der drejer Gasmotorens Aksel; til at lede Akkumulatorstrømmen gradvis ind i Dynamoen tjener den nævnte elektriske Indretning, der er en saakaldt Igangsætningsmodstand.

Øverst til venstre paa Billedet ses den nederste Del af et Par store

Beholdere; det er Svaleapparater for Vand, som afkøler Motorcylinderen og føres i et stadigt Kredsløb fra en Kølekappe om Cylinderen op til Svaleapparaterne og tilbage igen.

Selve Sugegasværket befinder sig i et andet Rum. Værkets Akkumulatorbatteri er ligeledes anbragt i et Rum for sig selv. Derimod findes foruden Gasmotor og Dynamo i Maskinhallen Fordelingstavlen (Fig. 161), som her er meget simpel, da Ledningsnettet er indrettet efter Toledersystemet (med 220 Volts Spænding), og da der kun findes en eneste Dynamo. Denne sidste Omstændighed har forøvrigt den

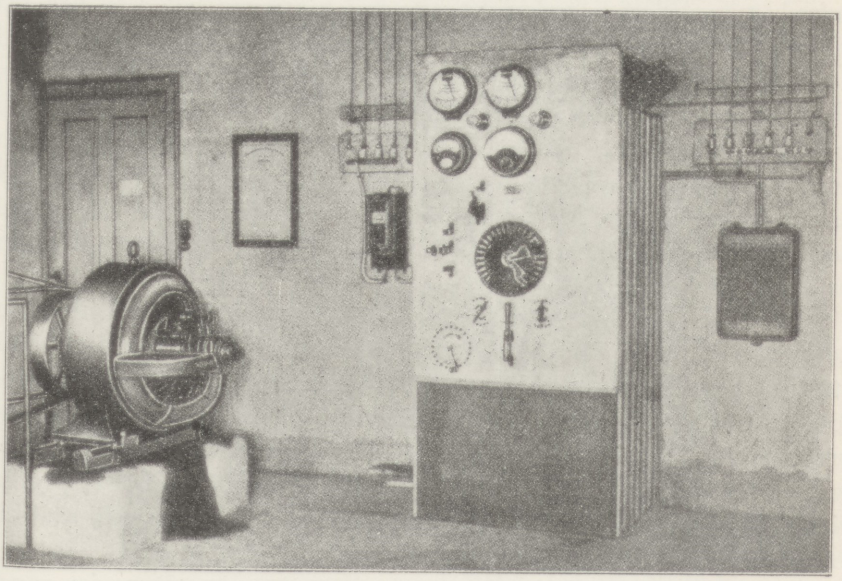


Fig. 161. Fra et lille Elektricitetsværk. Dynamo og Fordelingstavle.

Ulempe, at en Fejl ved Dynamo (eller Gasmaskine) helt kan standse Strømforsyningen til Ledningsnettet.

Paa Fordelingstavlen vil man finde de samme Apparater, som er nævnt S. 168—171 og vist paa Tavlen Fig. 148. Foroven ses Volt- og Ampèremetre; midt under dem er anbragt en Minimalafbryder, forneden til højre for den findes en Dobbeltcelleskifter. Til venstre for Celleskifteren ses en Strømskifter, hvor Kontaktarmen staar midt mellem de to Kontakter, ligesom *S* paa Fig. 146 staar midt mellem *a* og *b*, saa at Dynamoen altsaa i Øjeblikket hverken sender Strøm til Ledningsnettet eller Batteriet. Lige under Celleskifteren ses en Afbryder for Batteristrømmen (svarende til *A* Fig. 146). Nederst til venstre paa Tavlen sidder Haandsving og Kontakter til Dynamoens Reguleringsmodstand, der selv er anbragt under og bag ved Tavlen. Endvidere

ses foroven paa Tavlen to Glødelamper, der paa en Maade, som det vilde føre for vidt at beskrive, kan anvendes til at kontrollere, om Ledningerne nogetsteds ude i Byen har faaet Afledning til Jorden. Endelig ses under Celleskifteren nogle Indretninger, ved hvilke man bl. a. kan sætte et af Voltmetrene i Forbindelse med Maaletraadene fra det ene eller andet af Ledningsnettets 3 Fødepunkter (se S 182).

Paa Væggen findes til Siderne for Fordelingstavlen Elektricitetsværkets Samleskinner (Plus- og Minusskinnen), fra hvilke bl. a. udgaar Fødeledningerne til 3 Fødepunkter. Da det ene af disse ved det paagældende Anlæg ligger meget nær ved Stationen, vilde en lige Ledning ud til det enten blive saa tynd, at den vilde opvarmes for stærkt af Strømmen eller ogsaa, naar den gjordes tykkere, give mindre Spændingstab end de andre Fødeledninger. Da nu alle Fødepunkter skal have omtrent samme Spænding (se S. 182), lader man Strømmen til det paagældende Fødepunkt passere gennem en lang spiralrullet Ledningstraad inde paa Stationen; det er denne indskudte »Modstand«, man ser under Samleskinnen til højre. — Under Skinnen til venstre ses en Elektricitetsmaaler.

I de sidste Aar har Dieselmotorerne — en særlig Slags Petroleumsmotorer, der bruger Raapetroleum som Brændsel — fundet Anvendelse i talrige mellemstore og mindre Elektricitetsværker. De har betydelige Fordele fremfor Sugegasværkerne, navnlig derved at Brændselet kan føres umiddelbart ind i Cylinderen uden forudgaaende Omdannelse i særlige Apparater, og uden at der kræves forudgaaende Opfyring. Dieselmotorer er tillige særdeles driftssikre og lette at passe, saafremt de er i alle Maader solidt og godt udført.

Ved meget smaa Elektricitetsværker, der kun har Brug for ganske faa Hestekræfter, passer hverken Sugegasværker eller Dieselmotorer. (Man har dog anvendt Dieselmotorer helt ned til 8 Hestekræfter). Man maa da enten bruge Vindkraft eller hjælpe sig med en af de almindelige Petroleumsmotorer, der i Stedet for Raapetroleum bruger dyrere Petroleumsprodukter som Belysningsolje eller Benzin og tilmed udnytter Varmen af dette Brændsel langt daarligere end Dieselmotoren.

Skønt Gas- eller Dieselmotorer som oftest maa foretrækkes, kan Dampmaskinen dog ikke helt forkastes som Drivkraft for mindre Elektricitetsværker. Bl. a. kan det nogle Steder være fordelagtigt at benytte Spildedampen til Opvarmning af Lokalerne. Endvidere forekommer der talrige Tilfælde, i hvilke man i Forvejen har en Dampmaskine, som man nu helt eller delvis vil benytte til Fremstilling af elektrisk Strøm — f. Eks. ved en Fabrik, hvor man vil indføre elektrisk Drift af Arbejdsmaskiner eller blot elektrisk Lys. Man skulde

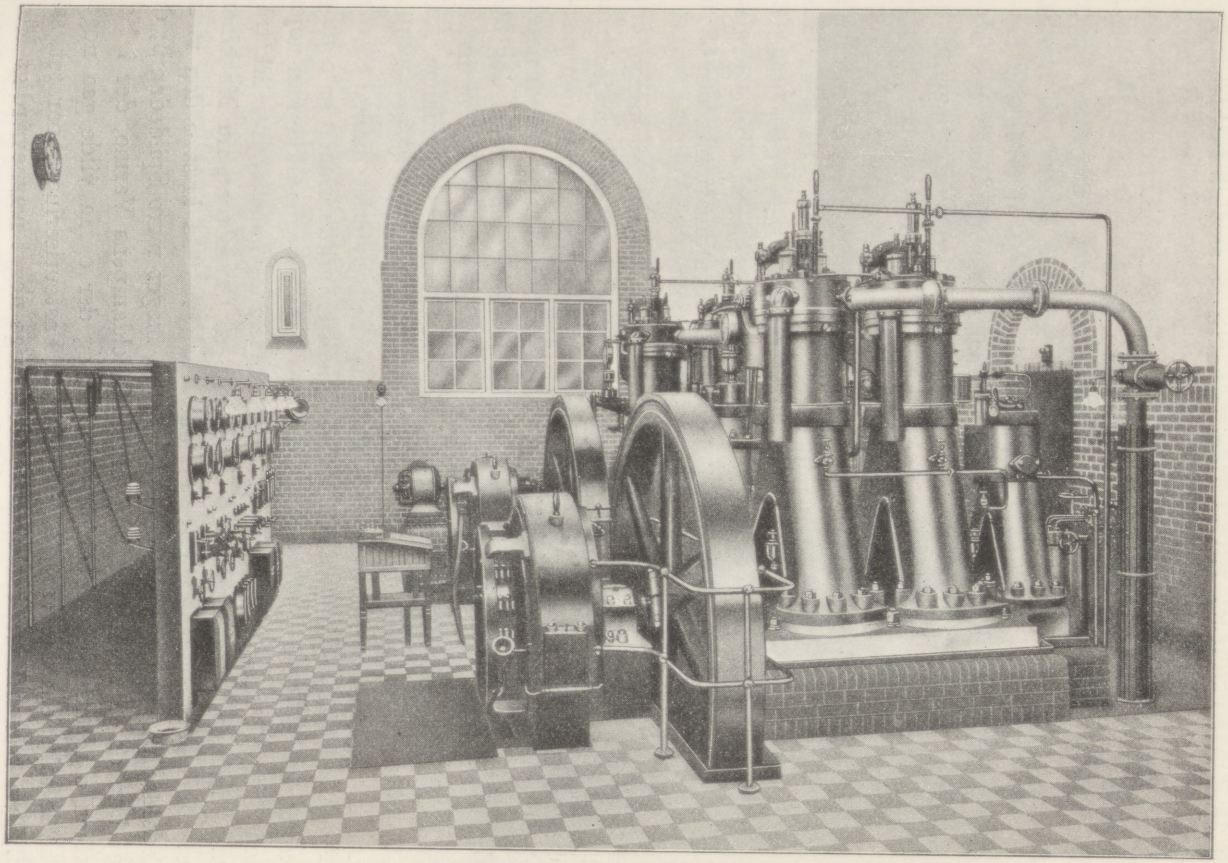


Fig. 162. Elektricitetsværk med Dieselmotorer (Viborg).

ogsaa mene, at det adskillige Steder kunde være praktisk at knytte en mindre Elektricitetscentral til en Fabriks Dampkraftsanlæg og derved spare en betydelig Del af Udgifterne til et særligt Elektricitetsværk. Ganske vist har det adskillige tekniske og økonomiske Vanskeligheder at tilvejebringe en virkelig praktisk Kombination af denne Art, men det vilde sikkert være urigtigt paa Grund af disse Vanskeligheder at undlade at overveje Sagen alvorligt, hvor Muligheden ligger for. Om en saadan Ordning kan gennemføres med Fordel, vil nemlig i høj Grad afhænge af de lokale Forhold, Fabriksvirksomhedens Art, Fabriksledelsens Interesse for Sagen o. s. v.; navnlig hvis Fabrikkens eget Kraftforbrug af en eller anden Grund er forholdsvis ringere i den mørke Vintertid, eller hvis det uden store Ulemper kan formindskes i de Timer, hvor Elektricitetsforbruget er størst, er der Rimelighed for, at Kombinationen kan blive fordelagtig.

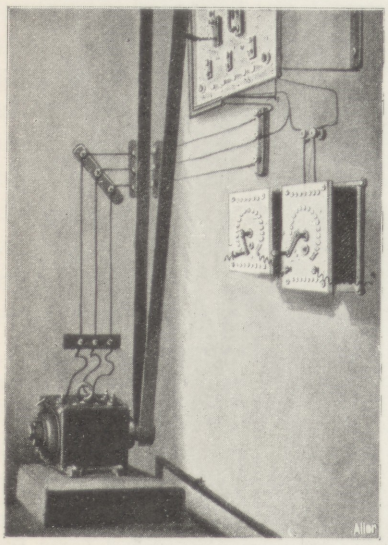


Fig. 163. Dynamo i et Mejeri.

Særlig ligger det nær at spørge, om det ikke var en for Andelsmejerierne passende Opgave at forsyne den nærmeste Omegn med elektrisk Energi. Foreløbig er dette Spørgsmaal dog besvaret med Nej af dem, der er inde i Forholdene. Derimod har mange Andelsmejerier indrettet et lille Elektricitetsværk til egen elektrisk Belysning; Kraften til et saadant lille Anlæg kan Mejeriet mange Steder — saa mærkeligt det kan lyde — have næsten gratis. Sagen er nemlig den, at Forvarmere og Pasteuriseringsapparater i Reglen ikke kan nøjes med Spildedampen fra Mejeriets Dampmaskine, men kræver Ekstra-Damptilførsel umiddelbart fra Dampkedlen. Giver man nu Maskinen det Ekstra-Arbejde at trække en lille Dynamo, saa kræver den mere Kedeldamp (»Kraftdamp«), men giver saa meget mere Spildedamp; da det kun er en temmelig lille Del af Kedeldampens Varme, der i Maskinen omdannes til mekanisk Arbejde, og der ogsaa vilde gaa noget Varme tabt, om den var gaaet direkte til Pasteuriseringsapparatet, saa vil Dynamoens Kraftforbrug ikke foraarsage noget nævneværdigt Merforbrug af Kul. — Er Mejeriets Dampmaskine ikke stor nok til at trække Dynamoen foruden de øvrige Maskiner, kan Dynamoen forbindes med en særlig lille Dampmaskine, der faar Damp fra den fælles Kedel.

Ved et Lysanlæg for en enkelt Bygning eller et lille Bygningskompleks — f. Eks. et Mejeri — vil det ofte være fornuftigt at anvende lav Spænding, som 65 Volt eller endog kun 30 Volt, navnlig af Hensyn til Akkumulatorbatteriet, der billigere kan laves af faa større end af mange smaa Elementer. Ved Centralanlæg for flere Forbrugere i ikke helt ringe indbyrdes Afstand maa man gaa op til 110 Volt. Ved større Afstande anvendtes for nogle Aar siden altid Treledersystem med 2 × 110 Volt. Men da man fik gode Lamper passende for 220 Volt, kunde man spare Nullederen, idet man valgte Toledersystem med 220 Volt i Stedet for Treledersystem med 2 × 110 Volt, eller man kunde udvide Elektricitetsværkernes Forsyningsomraade yderligere ved at gaa op til 2 × 220 Volt. Hermed er vi naaet til Grænsen, forsaavidt det drejer sig om simple Jævnstrømscentralanlæg, hvor den elektriske Belysning spiller en stor Rolle.

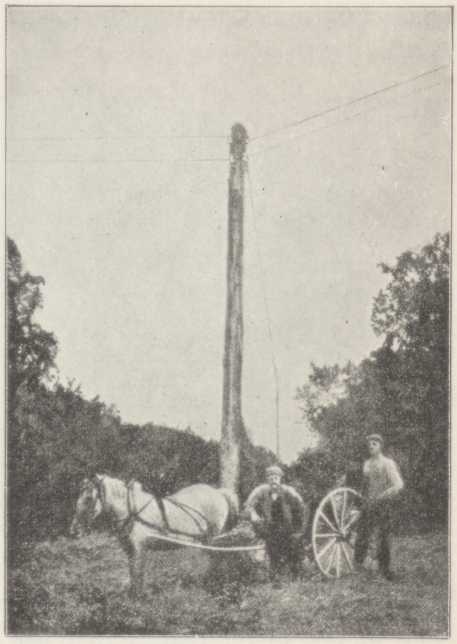


Fig. 164. Stærkstrømsledninger i en jysk Skov.

Men ved Motordrift kan man godt gaa op til 5—600 Volt(udelt) som det almindeligt sker ved Sporvejsdrift, og som det er gjort ved et Anlæg, der for nogle Aar siden udførtes paa Nørlund Gods i Jylland. Elektricitetsværket knyttedes til Godsets store Savværk, hvis Dampmaskine anvendtes saavel til Savværkets Drift som til Driften af en Dynamo. Her har vi altsaa et Eksempel paa en Kombination af Elektricitetsværk med Fabriksvirksomhed. I Affaldet fra Savværket har Dampanlægget rigelig Brændsel; undertiden er ogsaa anvendt Tørv fra en Mose lige ved Værket — Brændselsforholdene er altsaa ganske særlig gunstige; men det angives, at Værkets Økonomi i Virkeligheden er saa tilfredsstillende, at det vilde bære sig, selv om der skulde benyttes Kul. Strømmen førtes ud til Nørlund Hovedgaard, Nørlund Ladegaard, Kragelund og Thorstedlund, hvilke Gaarde ligger i betydelig Afstand fra Værket, den sidste endog over 5 Kilometer eller henved 3 Fjerdingvej. Fig. 164 fremstiller et Ledningsfødepunkt et Par Kilometer fra Værket. Under de tynde Traade, der fører Arbejdskraft uddraget af Skovens Træer til Tærske-

værker, Hakkelsemaskiner o. s. v. inde paa Gaardene, staar en Hest opstillet, som om den skulde minde os om, at der dog endnu mangler en Del i, at denne Nutidstrolddom har gjort den overflødig. — Kun en meget ringe Del af den elektriske Energi anvendes ved dette Anlæg til Belysning, og man maa her paa Grund af den høje Spænding sætte flere Glødelamper i Række mellem Plus- og Minusleder (smlgn. Side 159). Størstedelen af Energien gaar til Motordriften.

Vi er imidlertid ved dette Anlæg i Færd med at strejfe ind paa det Omraade, som er forbeholdt næste Afsnit, nemlig »Kraftoverføring paa længere Afstand«.

Holder vi os til almindelige Centralanlæg med højst 2 × 220 Volt, vil det allerede volde betydelige Vanskeligheder, hvis man f. Eks. fra et Elektricitetsværk, der forsyner en Stationsby el. desl., vil sende Strøm ud til en Herregaard, en Gruppe mindre Gaarde el. lign. et Par Kilometer fra Hovedbyen; thi dersom den lange Ledning til det afsidesliggende Sted — »Fjærnledningen« — og de korte til Hovedbyens Fødepunkter skulde beregnes til samme Spændingstab, vilde der komme urimelige Forhold ind i det hele Anlæg. Ved Anlægget i Hammel, hvis Elektricitetsværk sender Strøm til Grevskabet Frijsenborg omtrent en Fjerdingvej fra Værket, har man for at overvinde Vanskeligheden i hver af Fjærnledningens Yderledere indskudt en særlig lille Hjælpedynamo, som tilvejebringer en »Tillægsspænding«, der delvis ophæver Spændingstabet. Ved at vikle dels Yderlederne, dels Nullederne om Hjælpedynamoens Magneter paa en særlig Maade, kan man opnaa dels, at Tillægsspændingen af sig selv bliver stor, naar Spændingstabet bliver stort (svarende til mange brændende Lamper og stor Strømstyrke), dels at der bliver raadet Bod paa Skævhed i Belastningen (forskelligt Antal brændende Lamper paa Plus- og Minussiden), naar Skævheden ikke er for stor.

Ogsaa under mere normale Forhold anvendes i mange Elektricitetsværker paa forskellig Maade Hjælpedynamoer (se S. 170), der enten drives umiddelbart af Værkets Kraftmaskine (Damp- eller Gasmaskine el. a.) eller af Elektromotorer, der faar Strøm fra Hoveddynamoen. Fig. 165 viser 4 Hjælpedynamoer i Hjørring Elektricitetsværk; de to tjener til at udjævne Belastningsskævhed i det 2 × 110 Volts Treledernet, de to andre bruges til Regulering af Ledningsnettets Spænding, saa at man ikke behøver at forandre Antallet af de indskudte Akkumulatorceller; Celleskifter bliver altsaa overflødig. — Flere andre Steder har man indført Celleskiftermekanismer, der af sig selv ind- eller udskyder Celler efter Behov, eller andre selvvirkende Spændingsregulatorer.

Ved et Storstadsanlæg, hvortil der er sluttet mange tusinde Lamper eller Motorer vil tilfældige Forskelle mellem de enkelte Forbrugeres Benyttelse af Strømmen i Reglen nogenlunde udjævne hverandre. Ved mindre Anlæg kan alle Slags tilfældige Ujævnheder i Forbruget langt snarere komme til at gøre sig gældende paa ubehagelig Maade, og hvis man ikke har forudset dem og truffet Forholdsregler til saa vidt muligt at forebygge eller formindske Ulemperne derved, kan de undertiden faa slemme Følger for Værkets Drift og Økonomi.

Det er let at se, at de forskellige Forbrugere kan have meget ulige Værdi som Kunder for Anlægget. Lad os f. Eks. antage, at der blandt

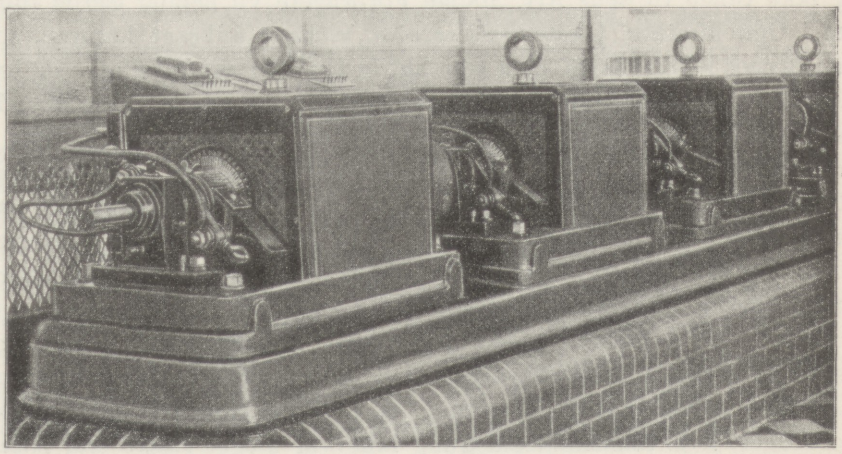


Fig. 165. Reguleringsdynamoer.

dem, der melder Tilslutning til et paatænkt lille Elektricitetsværk, er en Rigmand (eller flere), som ønsker en stor »Installation« med talrige Lamper, og at dette faar en ikke ringe Betydning for Beregningen af Maskinernes Størrelse og Ledningernes Dimensioner. Dersom det nu viser sig, at den store Installation væsentlig er et Luksusanlæg, hvor Hovedmassen af Lamperne kun benyttes en sjælden Gang ved festlige Lejligheder, saa vil det aabenbart være en meget daarlig Forretning for Elektricitetsværket, naar vedkommende Rigmand blot skal betale sit Elektricitetsforbrug efter samme Takst som de andre Kunder, hvis Forbrug er mere jævnt. I et saadant Tilfælde kunde der have været god Mening i, at man oprindelig slet ikke havde modtaget den store Bestilling uden paa særlige Betingelser. Man kunde f. Eks. forlange, at Manden skulde erlægge en Sum en Gang for alle til Dækning af de Anlægsudgifter han forvoldte, eller at han skulde forpligte sig til at betale et vist mindste Antal Brændetimer pr. Lampe, selv om de brugtes mindre. Eller man kunde for alle Forbrugere indføre den Betalings-

ordning (»Tarifsystem«), at enhver baade erlagde en aarlig Afgift i Forhold til Størrelsen af sin Installation, og desuden betalte for Forbruget efter en meget billig Takst; derved vilde store Luksusinstallationer komme til at yde et klækkeligt Bidrag til Anlægskapitalens Forrentning, medens den stadige Forbruger slipper forholdsvis billig, hvad der er saa meget mere retfærdigt, som Brændselsudgifterne, der direkte forvoldes af Forbruget, i Almindelighed udgør en forholdsvis lille Del af et Elektricitetsværks Aarskonto.

Ikke des mindre kan et saadant Tarifsystem komme til at virke uretfærdigt, hvis man alene tager Hensyn til Installationens Størrelse og ikke tillige til dens Art. Mange Forbrugere vil nemlig gærne rundt om i Opholdsstuer, Gæsteværelser o. s. v. have anbragt Lamper, som kan bruges lejlighedsvis, men som aldrig brænder samtidig alle; og hvis Elektricitetsværket kunde gøre sikker Regning paa, at der aldrig brændte mere end f. Eks. 20 Lamper ad Gangen, saa behøvede det jo ikke at være beredt paa at forsyne flere, selv om Forbrugeren havde anbragt 50 eller 100; der vilde altsaa heller ikke være Grund til at straffe ham derfor med høj Aarsafgift. Kendte man for hver enkelt Forbruger Maksimalbelastningen, d. v. s. det største Antal Kilowatt, han nogensinde kræver af Værket, svarende til det største Antal *samtidig brændende* Lamper*), saa kunde man ved en særlig Tarif lægge haard Skat paa Luksusforbrugeren med den store Maksimalbelastning, men lille gennemsnitlige Belastning, og derimod stærkt begunstige den Forbruger, hvis Maksimalbelastning ikke var meget større end Aftentimernes gennemsnitlige Belastning. Et saadant Tarifsystem, der tager Hensyn til den maksimale Belastning i Stedet for til Installationens Størrelse, kommer i og for sig nærmere til Idealet, og det anvendes adskillige Steder; men det kræver særlige »Maksimalmaalere« og medfører andre Ulemper.

Simplere kunde man rimeligvis i mange Tilfælde slippe over de værste Vanskeligheder gennem Aftaler med de Forbrugere, der kunde befrygtes ved enkelte Lejligheder at stille for store Krav til Værkets Ydeevne ved Tænding af store Lysekroner eller anden Festbelysning; det kunde f. Eks. bestemmes, at Belastningen kun efter særlig Tilladelse og mod særlig Betaling maatte overskride en vis Grænse; naar Værket var fuldt optaget — f. Eks. ved Butiksbelysning i Juletiden — kunde Tilladelsen da nægtes. At en saadan aftalt Grænse ikke overskrides, kan sikres ved en »*Strømbegrænser*«, som af sig selv

*) Vi tænker os for Simpelheds Skyld, at alle Lamper er af samme Slags, f. Eks) 16-Lys Kultraadslamper; en Lampe med dobbelt saa stort Elektricitetsforbrug kan vi saa regne for 2.

afbryder Strømmen, naar den bliver stærkere end tilladt, men som, naar det kræves, kan sættes ud af Virksomhed af Elektricitetsværkets Funktionærer. En saadan Strømbegrænser kan indrettes saaledes, at den vel afbryder Strømmen, saa snart denne overskrider Grænsen, men straks slutter den igen for derefter paany at afbryde o. s. v. Paa denne Maade opnaas det, at Strømbegrænseren ikke brutalt laver Mørke, men kun frembringer en kraftig og ubehagelig Blinken af alle Lamperne og derved minder om, at der er tændt for mange. — I en lille By, hvor ingen kan afholde en Fest, uden at alle ved, hvad der har været paa Bordet, vilde det imidlertid snart rygtes, hvis de elektriske Lysekroner o. s. v. var blevet tændt uden Tilladelse, og da tilmed Værkets Maaleapparater fortæller, hvis Belastningen stiger stærkt over det normale, saa vil særlig Kontrol ofte være overflødig.

Naar ikke de forskellige Kunder til den elektriske Belysning skiller sig stærkt ud fra hverandre ved Størrelsen eller Arten af deres Forbrug, vil den simple Forbrugstarif med bestemt Takst for hver Kilowatt- eller Hektowatttime som oftest være ret fyldestgørende. Anderledes stiller Sagen sig, hvad Elektromotorerne angaar. Baade af Hensyn til Værkets Økonomi og dets Nytteværdi for Egnen er det i høj Grad ønskeligt, at den elektriske Energi anvendes meget til Motordrift. Men det er rigtignok ikke enhver Motortilslutning, der er gunstig for Værkets Drift og Økonomi. Hvis f. Eks. flere Gaarde vil have elektrisk Drivkraft til deres Tærskeværker, som kun bruges en kort Tid af Aaret, og Elektricitetsværket saa tilmed maa være forberedt paa, at alle Gaardene vil tærske samtidig (f. Eks. en Regnvejrsdag om Efteraaret) og undertiden efter Lystændingstiden, saa kan det blive en meget tvivlsom Forretning for Værket. Langt gunstigere vilde Sagen stille sig, om Gaardejerne traf Aftale med hverandre og med Værket om at tærske paa forskellig Tid, i alt Fald, hvis de havde meget store Tærskeværker, og om aldrig at tærske, naar Lysforbruget er stort. Det gælder jo i det hele taget om at faa Motorernes Forbrug indskrænket under det stærkeste Lysforbrug. I dette Øjemed kunde der som nævnt S. 180 indføres forskellig Tarif for Dag og Aften; men det vilde være simplere og maaske nok saa virksomt at sætte som Betingelse for Adgangen til en lav Takst for Motorforbruget, at Motordriften skulde indstilles under det stærkeste Lysforbrug, f. Eks. i den mørkeste Tid inden Kl. 4. For at sikre sig, at dette skete, kunde Elektricitetsværket hos vedkommende Forbruger lade anbringe et aflaaset Ur, der afbrød Motorledningen i det Tidsrum, den ikke maatte benyttes; eller man kunde indføre »Fjærnafbrydning« inde fra Værket, besørget enten af Betjeningen eller et Ur herinde (se Side 130). Men ligesom i det først an-

førte Eksempel med Festbelysningen, vil særlige Kontrolmidler i Reglen ved mindre Centralanlæg være overflødige.

I det hele taget maa det siges, at omstændelige Forholdsregler til fuldstændig retfærdig Fordeling af Betalingen, Sikring af Reglernes Overholdelse o. s. v. let kan komme til at virke som Molboernes Forholdsregler mod Storken. Ganske vist kan en god Ordning af Elektricitetsforbruget og Betalingen for det være af indgribende Betydning for mange elektriske Anlægs Trivsel; men ved smaa Anlæg kan det ikke nytte at gaa altfor kontormæssigt og nøjeregnende til Værks. Sagen maa hellere ordnes gennem gensidig Imødekommenhed, praktisk Skøn ud fra Kendskab til stedlige Forhold o. s. fr. Andelssystemet, ved hvilket Forbrugerne er direkte interesserede i Værkets økonomiske Trivlel, synes at give gode Betingelser for Samvirken om Opnaaelsen af en praktisk Ordning. Der er da ogsaa allerede anlagt adskillige Andelselektricitetsværker i Danmark.

Vindelektricitetsværker. I Aartusinder har Mennesket anvendt Vindkraften til Fremdrift af Skibe. I Aarhundreder har den paa Landjorden fundet Anvendelse til saadanne Arbejder, som uden større Ulemper kunde udføres, naar Vinden blæste, og hvile under Vindstille. Men at anvende Vinden til Virksomhed, som krævede jævn og stadig Arbejdskraft, derom kunde der først for Alvor blive Tale i de sidste Par Aartier, efter at vort Herredømme over Arbejdskraften var blevet mægtigt udvidet gennem Stærkstrømsteknikkens Udvikling. I Danmark satte Professor Poul la Cour 1846—1908) som Leder af Statens Forsøgsmølle ved Askov gennem en Aarrække et stort Arbejde ind paa denne Sag, og det lykkedes ham ogsaa at vinde saa megen Magt over den lunefulde, ustadige Vindkraft, at den næsten uden Pasning kan tjene som Drivkraft for Elektricitetsværker, der sender Strøm til Lamper og Elektromotorer, hvad enten det blæser eller ej.

For at kunne tvinge den Vind, der blæser i Dag, til at virke i Morgen, maa man først og fremmest være i Stand til a t o p s a m l e o g h e n g e m m e V i n d e n s E n e r g i.

Dette kunde ske paa den Maade, at en Vejrmølle under Blæstvejr ved en Trykpumpe drev Vandet op i en højtliggende Beholder; men det er praktisk ugørligt at opsamle betydelige Energimængder ved denne Fremgangsmaade, med mindre den begunstiges af ganske særlige Naturforhold.

I Almindelighed maa man søge at naa Maalet ved at omdanne Vindens Energi til kemisk Energi, og her er den eneste fremkommelige Vej den, at man lader Møllen drive en Dynamo og sætter Strøm-

men fra denne til at udføre kemisk Arbejde. Det kemiske Arbejde, som naturligst frembyder sig til dette Øjemed, er Vandadskillelse (se S. 164), udført enten i en elektrisk Akkumulator, hvor den dannede Ilt og Brint optages af Blypladerne, saa at Energien bliver i Apparatet, eller i et Vandadskillelsesapparat, hvor Ilten og Brinten faar Lov at stige til Vejrs og derefter opsamles i hver sin Beholder. La Cour anvendte først en Tid denne sidste Metode, men gik derefter over til Energiopsamling ved et Akkumulatorbatteri, og det er altid denne Metode, som anvendes ved Vindelektricitetsværker.

Møllen til et saadant Værk bør være en »Selvkrøjer«, d. v. s. den

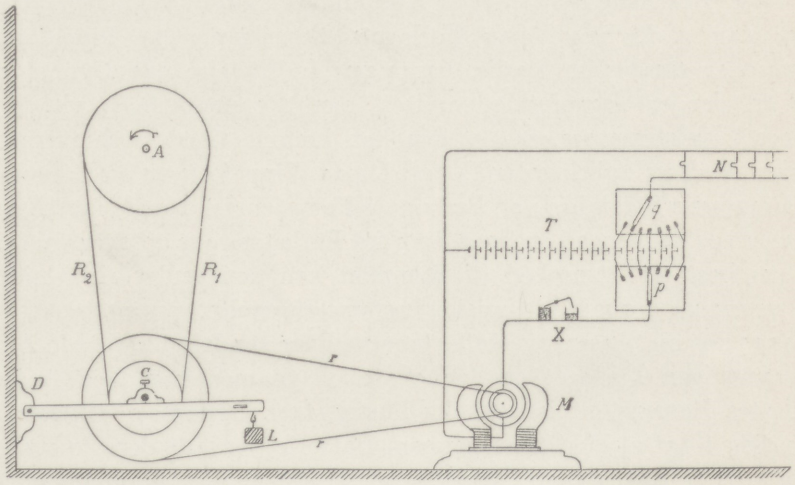


Fig 166. Skema for Transmissioner og Ledningsforbindelser.

skal af sig selv stadig under Brugen stille Vingerne lige mod Vindretningen, og tillige en »Selvsvikker«, d. v. s. Vingefladerne skal dannes af »Vindbrædder«, der aabnes mer eller mindre af stærk Blæst eller pludselige Vindstød. Vingerne staar ved Aksel-, Tandhjuls- og Remtransmissioner i Forbindelse med Dynamoen (*M* Fig. 166). Ledningsforbindelsen mellem Dynamo, Batteri *(T)* og Ledningsnet *(N)* er i Hovedsagen, som det fremgaar af Fig. 166, ordnet paa den Maade, der tidligere er vist i Fig. 147 S. 169. Ledningsnettets Spænding reguleres altsaa, idet man ved en Celleskifter *(q)* indskyder flere eller færre af Batteriets Celler mellem Plus- og Minuslederen, og Dynamoen staar gennem en anden Celleskifter *(p)* i Forbindelse med Batteriet. Ved Vindelektricitetsværkerne beholdes denne Ordning stadig; Dynamoen sender altsaa her aldrig Strøm umiddelbart til Ledningsnettet, men har kun den Opgave at lade Batteriet, som her er forholdsvis meget større end ved de fleste andre Værker. Det mest ejendommelige ved

Vindværkerne er imidlertid to Indretninger, »Vippeforlaget« C og den avtomatiske Nøgle X, som uden Menneskehjælp raader Bod paa Vindkraftens Uregelmæssighed.

Et Forlag er en Aksel, der tjener som Mellemled ved Overføring af Arbejdskraft mellem to andre Aksler, idet Forlaget ved Drivremme staar i Forbindelse med dem begge. I Fig. 166 staar saaledes C ved Remmene rr og R_1R_2 i Forbindelse med henholdsvis Dynamoens Aksel og den af Møllevingerne uregelmæssigt drevne Aksel A. Forlaget er her imidlertid ikke fast, men kan hæves og sænkes, idet det er anbragt i en Ramme, der er drejelig om Bolten D; det kaldes derfor et Vippeforlag. Remmen R_1R_2, der er nogenlunde lodret og holder Forlaget oppe, kan glide noget paa Forlagets Remskive. Om Vippeforlaget hæves eller sænkes en Smule, har ingen Indflydelse paa Dynamoremmen rr, der er nogenlunde vandret, men Remmen R_1R_2 vil derved slappes eller strammes, saa at den kan komme til at glide mere eller mindre. Ved at anbringe en Vægt L paa Vippeforlaget kan man forøge Remmens Stramhed; er Forlaget i Forvejen for tungt, kan L virke løftende ved at hænge i en Snor, som fra Forlaget gaar op over en Trisse. Ved en bestemt Stramhed af Remmen kan den under sin Gnidning kun udøve et Træk af ganske bestemt Størrelse.

Naar det nu blæser, og Møllevingerne gaar rundt, vil de dreje Akslen A, denne igen Forlaget og denne atter Dynamoakslen med Ankeret. Er dettes Bevægelse tilstrækkelig hurtig, faar Dynamoen tilstrækkelig Spænding til at sende Strøm gennem Batteriet og lade det. Jo stærkere denne Strøm er, des mere Arbejdskraft medgaar der til Ankerets Drejning, og des større bliver altsaa Modstanden mod Forlagets Bevægelse. Naar Strømstyrken har naaet en vis Størrelse, er denne Modstand saa stor, at Remmen R_1R_2 ikke tager Forlaget helt med, men glider noget paa Remskiven. Antager vi nu, at Vindstyrken og dermed A's Bevægelseshastighed vokser, saa vil Remmen blot glide hurtigere paa Skiven; men da Remmen, hvad enten den glider hurtigt eller langsomt, udøver samme Træk i Skiven, holder Forlagets og Dynamoankerets Hastighed og dermed Strømstyrken sig uforandret, og der er altsaa ingen Fare for, at selv en nok saa stærk Blæst skal forøge Spændingen og Strømstyrken ud over, hvad Dynamo og Batteri kan taale.

Vippeforlaget virker imidlertid regulerende ikke blot overfor Drivkraftens Uregelmæssighed, men ogsaa overfor Forandringer i Batteriets Spænding, under dettes Ladning eller under Celleskiftning. Naar Batterispændingen vokser, vilde Strømmen fra Dynamo til Batteri (Dynamostrømmen) aftage, hvis Dynamoens Hastighed og dermed dens Spænding blev uforandret; men ved aftagende Strømstyrke aftager jo

Modstanden mod Forlagets Bevægelse, saa at Glideremmen kan forøge Forlagets og Dynamoens Hastighed. I Virkeligheden bliver Resultatet, at Dynamoens Spænding stedse holdes saa meget højere end Batteriets, at Dynamostrømmen bevarer sin Styrke uforandret. Ved Vippeforlaget opnaar la Cour altsaa bl. a., at man ved Vindelektricitetsværker slipper for at anskaffe og passe den Reguleringsmodstand, hvormed man i andre Værker ændrer Dynamoens Spænding.

Vi er her gaaet ud fra, at der var rigelig Vind, mere end Dyna-

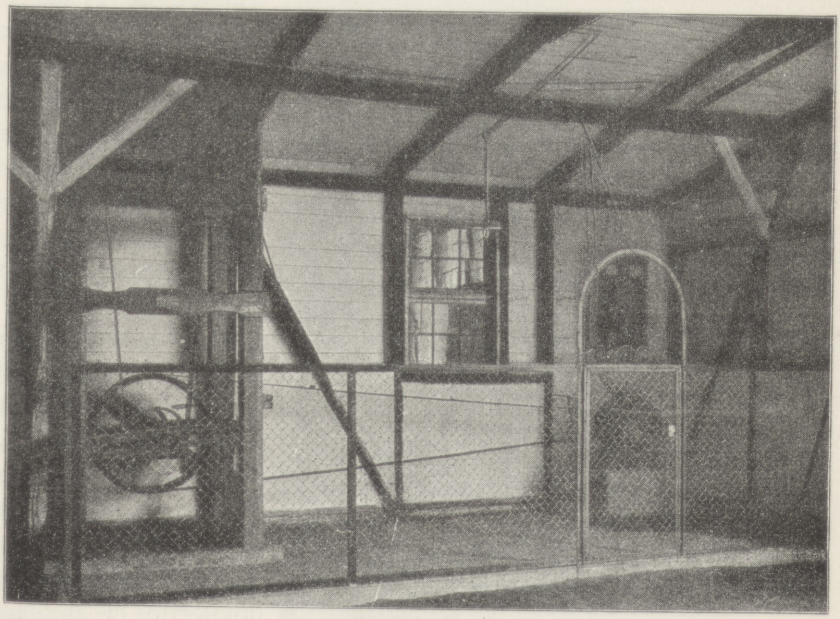


Fig. 167. Vippeforlag (til venstre) og Dynamo (til højre) paa Vindelektricitetsværket ved Dalum Landbrugsskole.

moen har Brug for. Aftager Vindstyrken, vil der komme et Tidspunkt, da A's Remskive ikke trækker saa stærkt i Remmen R_1R_2, at den bringes til at glide paa Forlagets Remskive. Forlaget vil da, naar Vindstyrken fremdeles aftager, gaa langsommere, og Dynamostrømmen aftager, idet Dynamoens Spænding nærmer sig til Batteriets. Naar Dynamospændingen er blevet lig Batteriets, er Strømmen Nul, og derefter vilde den vende, saa at Batteriet sendte Strøm gennem Dynamoen og derved tabte sin Ladning. Dette kunde forhindres ved en Minimalafbryder, som afbrød Ledningen, naar Strømmen blev meget svag; men skal Møllen uden Menneskehjælp kunne virke under svag og ustadig Vind, saa maa den have et Apparat, som ikke alene spærrer Vejen for Strømmen, naar den truer med at gaa tilbage fra Batteriet,

men som ogsaa af sig selv kan lukke op igen, saa snart Vinden faar Kraft til at sende Strøm den rette Vej.

Denne Lukken op og i for Strømmen besørges af la Cours a v t o m a t i s k e N ø g l e, som er vist i Fig. 168. Her ser man Enderne af 4 Elektromagneter, fra hvis Jærnkærner der udgaar Jærnstykker (Polsko). Til en omtrent lodret Magnetstang, som kan dreje sig noget om sit Midtpunkt, er befæstet en omtrent vandret Kobberpind, der til venstre ender i en »Klo«. Magnetstangens Ender er i Øjeblikket tiltrukket af Polskoene øverst til højre og nederst til venstre; men vendes Strømmen gennem Elektromagneternes Traadvindinger, vil Stangens Ender blive tiltrukket af de to andre Polsko, og Kobberkloen dypper da ned i en Skaal med Kviksølv. — Dette Apparat indskydes ved *X* i Fig. 166 saaledes, at Strømmen mellem Dynamo og Batteri maa passere gennem Elektromagneternes Bevikling, der imidlertid er dobbelt, idet den dannes dels af en tyk Hovedledning med faa Vindinger, dels af en tynd Sideledning med mange Vindinger. Hovedledningen kan kun passeres af Strømmen, naar Kobberkloen er neddyppet i Kviksølvskaalen. Dette er altid Tilfældet, naar Dynamoen har Overtaget og sender Strøm til Batteriet. Strømmen gaar da gennem Kviksølvet, Kobberpinden og Hovedledningen og magnetiserer Elektromagneterne saaledes, at Magnetstangens øverste Ende holdes fast til venstre. Aftager Dynamoens Spænding nu saa stærkt, at Strømmen vender, vil Elektromagneternes Magnetisme forandres, saa at Magnetstangens øverste Ende trækkes til højre, hvorved Kobberkloen løftes op af Kviksølvet, saa at Strømmen gennem Hovedledningen afbrydes. Hermed er Forbindelsen mellem Batteri og Dynamo dog ikke helt brudt, idet Strømmen fremdeles kan gaa gennem den tynde Sideledning. Herigennem gaar altsaa nu en Strøm den

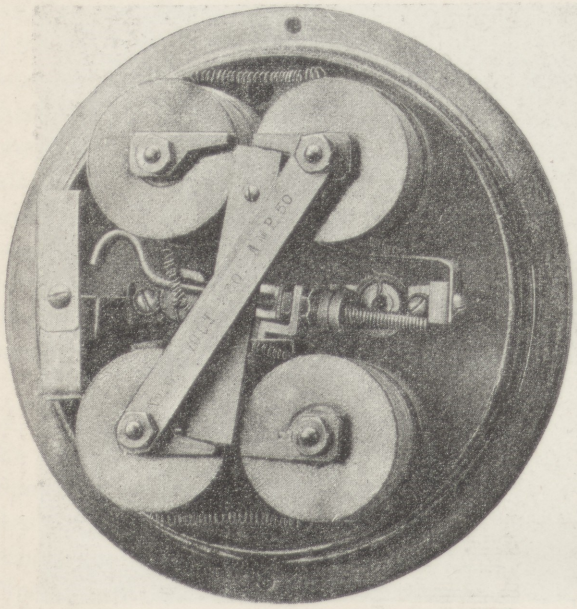


Fig. 168. La Cours Automatnøgle.

gale Vej — fra Batteri til Dynamo; men paa Grund af Traadens store Ledningsmodstand er denne Strøm saa svag, at den kun volder ganske ubetydelige Tab i Batteriets Ladning. Denne svage Strøm holder imidlertid Kobberkloen oppe af Kviksølvet, saa længe det er Batteriet, der har størst Spænding; men vokser nu Vindstyrken saa meget, at Dynamospændingen atter faar Overtaget over Batterispændingen, saa vendes Strømmen i den tynde Traad og herved bevirkes, at Kobberkloen paany dypper ned i Kviksølvet og giver Dynamostrømmen fri Vej gennem Kobberpinden og Hovedledningen.

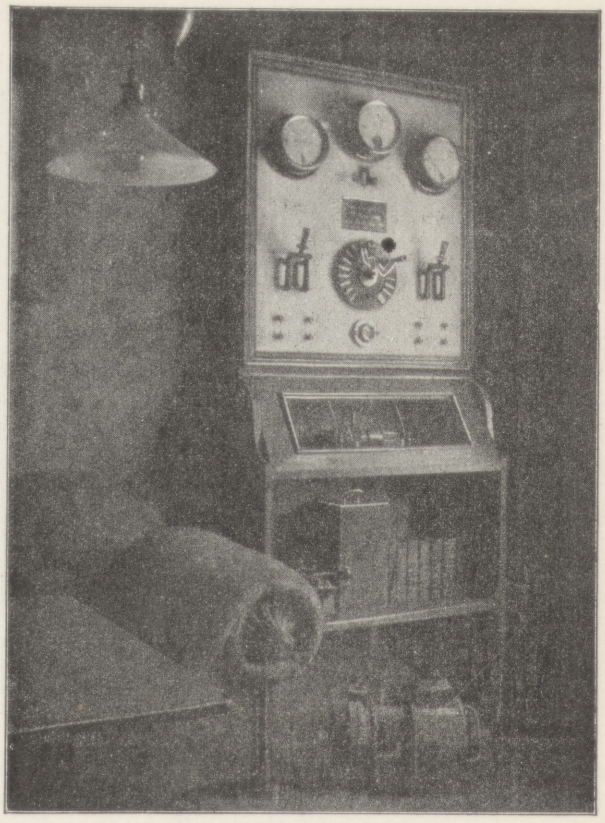


Fig. 169. Strømtavle for et Gaardværk.

Naar Avtomatnøglen er indrettet som i Fig. 168, kan den — med paaskruet Laag — anbringes oppe paa selve Fordelings- eller Strømtavlen sammen med Celleskifter, Afbrydere o. s. v. Avtomatnøgler af ældre Konstruktion maatte anbringes anderledes; i Fig. 169 ses den saaledes i et lille Rum under selve Tavlen.

Vippeforlaget og den avtomatiske Nøgle gør Vindelektricitetsværker langt simplere og lettere at passe end Værker, der bruger Brændsel. Dette har navnlig afgørende Betydning for ganske smaa Anlæg, hvor det vilde volde uforholdsmæssig stor Bekostning at holde en uddannet Maskinpasser el. desl. til at sørge for Værkets daglige Drift. Ved Vindværkerne slipper man for denne Udgift, fordi et saadant Værk i Hovedsagen kan passes af enhver praktisk Mand, uden at det tager ret meget af hans Tid. Herved bliver det overkommeligt at skaffe en lille Landsby, ja endog en enkelt mindre Gaard, elektrisk Anlæg.

Efter at der ved Forsøgene paa Forsøgsmøllen var naaet fuldt ud praktisk anvendelige Resultater, indrettedes i 1902 et Centralanlæg efter Treledersystemet med 2 × 110 Volt for Askov By og Højskole med Forsøgsmøllens Elektricitetsværk som Central. Ved Vallekilde Folkehøjskole udførtes i det følgende Aar et lignende Anlæg, der foruden at yde Lys og Drivkraft til Højskolen forsyner flere Privatfolk, Kirke, Sygehus og Posthus m. m. med elektrisk Lys. Andre Værker



Fig. 170. Dansk Gaard, hvor en ældre Mølle er taget i Brug til Elektricitetsfrembringelse.

er Gaardværker. Af dem kan nævnes et hos Gaardejer Kristian Larsen i Ejlby paa Fyn, hvor en allerede eksisterende, paa selve Bygningen anbragt Mølle blev sat til at frembringe Elektricitet (Fig. 170). Det er dog i og for sig bedre, at Møllen er anbragt paa et særligt Stillads — helst saa højt som muligt — i nogen Afstand fra Gaarden, og dette lader sig godt gøre ved et Elektricitetsværk, hvor kun Dynamoen behøver at anbringes ved Møllen, medens baade Batteriet og de Maskiner, som skal drives, kan anbringes inde paa Gaarden, saaledes som det f. Eks. er Tilfældet ved Gaardejer Davidsens Værk i Otterup (Fig. 171). — Et enkelt Værk findes, hvor man vel mindst vilde vente det, nemlig i Byen Københavns Tjeneste; det ligger ved Kalvebodstrand og har til Opgave at yde Strøm til Elektromotorer, der driver Sluseværket herude; Afstanden fra de store kø-

benhavnske Værker er for stor til, at det kunde betale sig at tage Strøm herfra.

Foruden den simple og billige Pasning er det naturligvis ogsaa en Fordel ved Vindelektricitetsværkerne, at man sparer Brændselsudgifter; men dette opvejes dog i det mindste delvis derved, at man til Vindværkerne maa anskaffe et forholdsvis stort Akkumulatorbatteri, for at den opsparede Energi kan holde ud under Vindstille (Fig. 145 S. 167 er Forsøgsmøllens Batteri). Ved Anlæg, der væsentlig bruges til Be-



Fig. 171. Gaard med Vindelektricitetsværk. Mølle og Dynamohus ligger frit.

lysning, vilde et Batteri, der skulde kunne holde ud i den mørke Tid af Aaret selv under de længste Vindstiller, blive saa kostbart, at det maa foretrækkes at tilvejebringe en Reservedrivkraft, som kan træde til, naar Vinden svigter for længe. I enkelte Tilfælde — f. Eks. paa Ravnholt Hovedgaard — har man som Reserve benyttet en Dampmaskine, som forud var til Stede til Brug i andet Øjemed; men som oftest vil en Petroleumsmotor være passende. De Dage, da man maa tage sin Tilflugt til en saadan Motor, maa der i Reglen foruden Petroleumsudgiften betales Dagløn til en Mand, som er skikket til et saadant Arbejde, f. Eks. en Smed. Er Batteriet i Stand til at holde ud 2 Døgn i den mørkeste Tid, vil der imidlertid næppe, selv i et daarligt Vindaar, blive Brug for Reserven mere end højst 40—50 Dage, og disse Dage vil næsten alle falde inden for Tidsrummet November

—Februar, saa at Udgifter til Pasning og Petroleum væsentlig begrænses til disse 4 Maaneder, medens Pasning og Omkostninger ved Vinddriften i de 8 Maaneder bliver meget ringe. Ogsaa i de 4 mørke Maaneder bliver det kun en mindre Del af Kraften, der maa hentes fra Petroleum.

Ved en mindre Gaard kunde man anvende en Hestegang som Reserve, eller man kan helt spare Reserven. Naar Værket væsentlig bruges til Motordrift og kun for en mindre Del til Belysning, kræves der nemlig ikke noget uforholdsmæssig stort Batteri til at holde ud selv under lange Vindstiller, forudsat at man under saadanne Forhold helt eller næsten helt indstiller Motordriften og om fornødent ogsaa sparer paa Lyset. Skulde man et Aar under et usædvanlig langvarigt Vindstille komme tilkort og blive nødt til at hjælpe sig med gamle Petroleumslamper eller Stearinlys en Dags Tid eller to, saa er dette kun en ringe Ubehagelighed; paa mangfoldige andre Omraader kan uheldige Vejrforhold foraarsage ganske anderledes store Udgifter og Ulemper.

At anvende Vinddrift ved synderlig store elektriske Anlæg vil næppe kunne betale sig; thi medens saavel Anlægsomkostninger som Driftsomkostninger — navnlig Pasningsudgifterne — bliver f o r h o l d s v i s meget mindre ved store end ved smaa Værker, naar de skal drives ved Brændsel, saa gælder dette ikke eller i alt Fald ikke i nær samme Grad om Vindelektricitetsværkerne; meget store Møller er endogsaa i Forhold til deres Arbejdskraft dyrere at bygge end smaa.

Hvis det kunde lykkes at konstruere en Akkumulator, der var meget billigere end den nuværende, saa at store Mængder af Vindkraft kunde opsamles uden stor Bekostning, saa vilde Vindens Betingelser for at konkurrere med anden Drivkraft forøges betydeligt, og der kunde da blive Tale om at indrette større Anlæg, hvor flere Møller med hver sin Dynamo sendte Strøm til et fælles Batteri, hvad der ikke volder nogen Vanskelighed. Men foreløbig er det kun Smaaanlæg, der hører under Vinddriftens Omraade.

Spørger man nu om Betingelserne for, at et Vindelektricitetsværk kan betale sig, da kan dette Spørgsmaal slet ikke besvares i al Almindelighed. Det vil i de enkelte Tilfælde bero paa mange forskellige Forhold. Foruden Vindforholdene og Brændselspriserne det paagældende Sted spiller navnlig ved smaa Gaardværker, som skal passes af Ejeren selv, dennes Dygtighed og Interesse for Sagen en stor Rolle. Fremfor alt maa han passe Batteriet med Omhu; hvis han eller hans Stedfortræder letsindigt overanstrænger det ved under Vindstille at tappe den sidste Draabe af elektrisk Energi ud af det, kan denne kostbare Bestanddel af Anlægget hurtigt ødelægges. Endvidere er det af stor Vig-

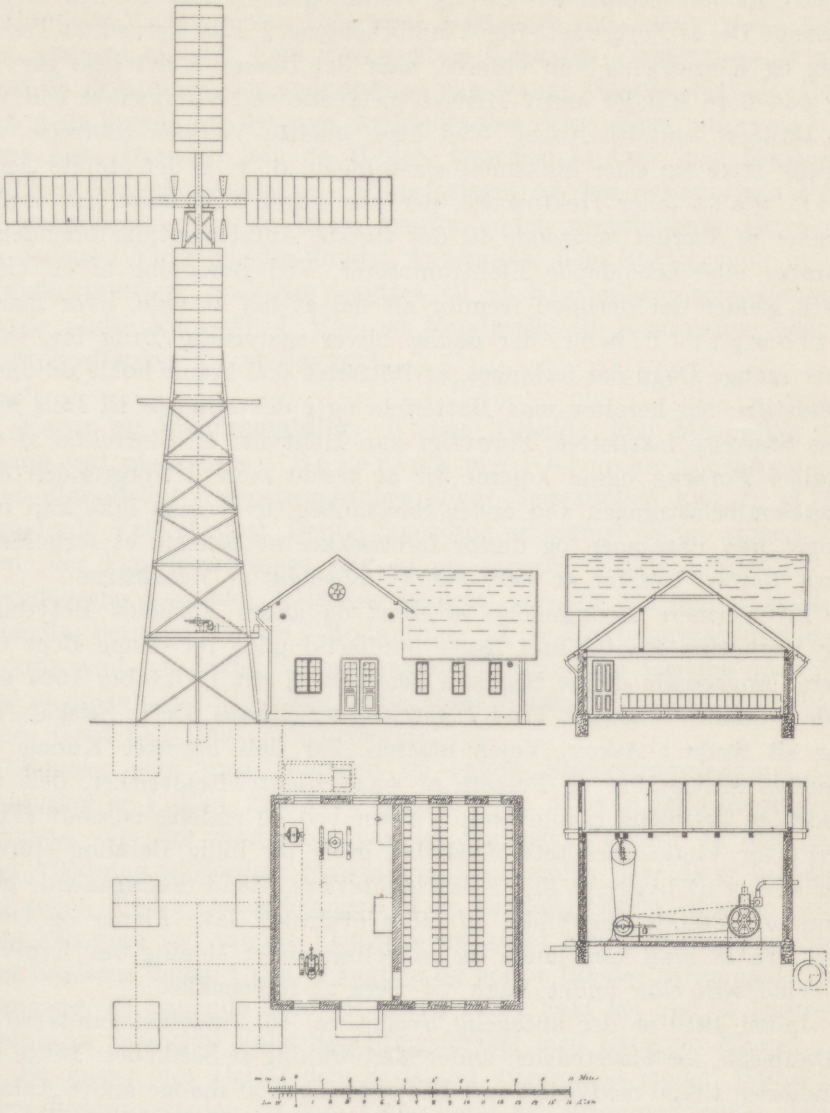


Fig. 172. Vindelektricitetsværk med Reservekraft for en mindre Landsby.

I Grundplanen forneden til venstre ses Vippeforlaget, der ved to omtrent vandrette Remme staar i Forbindelse med en Dynamo og en Petroleumsmotor og ved en lodret Rem (synlig i Figuren til højre) med den af Møllen drevne Aksel. Til højre i Grundplanen ses Akkumulatorbatteriet. Foroven til venstre ses Møllen, hvis Vindfang ved Tandhjulstransmissioner staar i Forbindelse med den vandrette Aksel foroven i Maskinsalen.

tighed, at han forstaar at udnytte Værket godt og indrette den uregelmæssige Del af Forbruget efter Vindforholdene, f. Eks. derved, at Tærskning og Kornmaling kun udføres, naar det blæser. I det hele gør der sig paa flere Maader andre Hensyn gældende ved Vindværker end ved de tidligere omtalte Anlæg. Ved disse maatte Værkets Størrelse væsentlig rette sig efter Maksimalbelastningen, d. v. s. det største Antal Kilowatt (eller Hektowatt), der paa noget Tidspunkt kan ventes krævet af Værket, svarende til det største Antal samtidig brændende Lamper eller arbejdende Elektromotorer. Ved Beregning af et Vindværk gælder det derimod fremfor alt om at faa at vide, hvor mange Kilowatt-Timer, der daglig bliver nødvendig Brug for, samt hvor mange Døgn det forlanges, at Batteriet skal kunne holde ud under Vindstille; thi herefter maa Batteriets og i det mindste til Dels Møllens Størrelse fastsættes. Forøvrigt kan Hensynet til Størrelsen af det daglige Forbrug ogsaa komme til at træde mere i Forgrunden end Maksimalbelastningen ved andre Smaaanlæg, hvor man ikke kan ofre meget paa Pasningen og derfor foretrækker at bekoste et forholdsvis stort Batteri fremfor at være stærkt afhængig af Maskinerne.

En nærmere Bedømmelse af disse og andre Forholds Betydning for Værkernes Rentabilitet ligger imidlertid uden for denne Bogs Opgave. Angaaende denne Sag kan henvises til det i Oktober 1903 stiftede Selskab — »Dansk Vind Elektricitets Selskab«. Dette Selskab, der har sit Sæde i Askov, Vejen Station, har dels oprettet Kursus for landlige Elektrikere og Passere af smaa Elektricitetsværker, dels udfoldet en betydelig raadgivende Virksomhed og endelig udsendt »Tidsskrift for Vindelektricitet«. Selskabet giver for billig Betaling enhver, der ønsker at bygge et lille Elektricitetsværk, Raad desangaaende gennem en udsendt Sagkyndig og lader eventuelt lave Planer og Overslag, saa at man kan danne sig en velbegrundet Mening om, hvorvidt et Vindværk eller andet Værk vil være at foretrække.

Indtil 1910 er der antagelig bygget ca. 40 Vindelektricitetsværker i Danmark, for Størstedelen under Medvirkning af Selskabet. Dette har imidlertid tillige medvirket ved Projekteringen af mange andre Anlæg i Stationsbyer eller paa Landet. — Ogsaa i andre Lande er der bygget la Cour'ske Vindelektricitetsværker (f. Eks. ved Elverum i Norge).

Som allerede nævnt, er Vindelektricitetsværkernes Omraade begrænset, og man maa vel sige, at dels Fremgangen i Petroleumsmotorers og Dieselmotorers Driftssikkerhed og Driftsbillighed, dels Højspændingsanlæggenes begyndende Fremrykning yderligere indsnævrer Grænserne. Men det store Arbejde, la Cour satte ind paa at gøre den elektriske Energi tilgængelig for Landboerne, har haft sin store Be-

tydning uafhængigt af Vindelektricitetsværkernes større eller mindre Udbredelse. Gennem den Interesse, Forsøgene ved Askov vakte viden om, gennem »Dansk Vind Elektricitets Selskab«s Virksomhed og gennem de Erfaringer, der er indhøstet paa mange Gaarde, blev Jordbunden godt beredt for det nye, hvorledes saa dette ellers udformes i Tidens Løb. Desuden kan de Midler, hvormed la Cour har bekæmpet Vindens Uregelmæssighed — Vippeforlaget og den avtomatiske Nøgle — naturligvis ogsaa anvendes overfor anden uregelmæssig Drivkraft, og de har i Virkeligheden fundet Anvendelse flere Steder, hvor et lille Elektricitetsværk ønskedes knyttet til et Kraftanlæg, som forøvrigt havde andre Formaal, f. Eks. en Vandmølle til Kornmaling eller et Dampkraftanlæg for et Savværk.

Farer og Sikringsmidler. I visse Tilfælde kan Mennesker lide Skade ved at komme i Berøring med blanke Ledninger i et almindeligt Jævnstrømsanlæg, hvor Spændingen kun er et Par Hundrede Volt el. desl. Denne Spænding er mange Gange ringere end den, der kan frembringes selv af en tarvelig Elektrisermaskine, og Ledningerne kan ikke, inden de berøres, udsende Gnister af kendelig Længde; derimod kan de i Modsætning til en Elektrisermaskines Konduktor sende en stadig Strøm gennem et Menneskes Legeme uden derved at miste deres Spænding. Hvor stærk denne Strøm kan blive, beror i høj Grad paa Omstændighederne.

Berører man med Haanden en enkelt Stærkstrømsledning, hvis Spænding er f. Eks. 220 Volt, kan det ske, at man ikke mærker det mindste, selv om man staar paa en Jærnrist, Vandrør el. desl. med god Afledning til Jorden; Skosaalerne kan nemlig, naar de er fuldstændig tørre, hindre Gennemgangen af en kendelig Strøm. Men en anden Dag kan man ved samme Eksperiment faa et meget ubehageligt Stød, idet Saalerne denne Gang er fugtige og derfor tillader Strømmens Gennemgang. Et lignende Stød vil man i hvert Fald faa ved at berøre to Ledninger med 220 Volts Spændingsforskel med hver sin Haand.

En meget stor Del af den Modstand, Strømmen møder, findes paa selve Berøringsstedet, og som Følge heraf vil Strømmen særlig afsætte Varme her, saa at Huden kan forbrændes, hvis Berøringen varer ret længe; det er i Virkeligheden ikke helt ualmindeligt, at Elektrikere faar Brandsaar ved at tage paa Ledningerne. Ogsaa selve Legemets Indre byder dog Strømmen en betydelig Modstand; efter nogle Angivelser skulde den fra Haand til Haand gennem Arme og Krop være ca. 1000 Ohm, saa en Spændingsforskel af 220 Volt ad denne Vej højst kunde give $^{220}/_{1000} = 0{,}22$ Ampère (noget mindre end Strømmen gennem

en 16-Lys-Kultraadslampe), selv om man med vaade Hænder greb fast om tykke Ledninger. En saadan Strøm er imidlertid paa ingen Maade ufarlig, navnlig hvis den faar Lov at virke ret længe; dette kan ske derved, at Strømmen selv volder Muskelkrampe, saa at Hænderne ikke kan slippe. Er Huden meget tør, kan Modstanden i denne undertiden være saa stor, at der næsten ingen Strøm gaar igennem den; derfor kan enkelte Mennesker uden Ulempe berøre to Klemmer med 220 Volts Spændingsforskel med hver sin Haand. Strømmens Virkning afhænger ogsaa af vedkommende Menneskes nervøse Modtagelighed, af Strømmens Vej gennem Legemet m. m. I en Grube i Tyskland skete det, at en Arbejder blev dræbt derved, at hans Nakke kom i Berøring med en Jævnstrømsledning med 300 Volts Spænding, samtidig med, at hans Hænder holdt fast om Jærndele, der var afledede til Jorden; Strømmen maa antages her at have taget Vejen gennem Rygmarven. Ved endnu større Spænding, som de 440 Volt, der er imellem Yderlederne i et 2 × 220 Volts Trelederanlæg, eller de 5—600 Volt, som almindeligt anvendes til Sporvejsdrift, er Faren ved Berøring naturligvis endnu større; i København er det to Gange sket, at en Hest er blevet dræbt ved Strømmen fra en nedfalden Sporvejsledning, og noget lignende kunde vel hænde et Menneske. Men man kan jo ogsaa paa Gaden blive dræbt paa mange andre Maader, og ser vi bort fra, hvad der kan tænkes at ske under særlig uheldige Omstændigheder eller ved uforsvarlig Ligegyldighed, saa maa det siges, at Faren for Menneskeliv er ganske forsvindende ved almindelige Jævnstrømsanlæg, hvad Erfaringen fra Hundreder af Anlæg tilstrækkeligt godtgør.

Større Betydning maa der tillægges F a r e n f o r A n t æ n d e l s e. Det er jo paa en Maade selve Ilden, vi har gjort til Fange i de elektriske Ledninger — Ilden fra Elektricitetsværkets Ildsted — og selv om vi grundigt har tæmmet dens Vildskab, saa er det dog en let Sag atter at løse dens Baand og kalde den frem til Virksomhed; vi gør det med Hensigt og Vilje hver Aften rundt om i de elektriske Lamper; men under visse Omstændigheder kan den ogsaa bryde frem imod vor Vilje. Den røber bl. a. Tilbøjelighed hertil, hver Gang vi vil standse dens Virksomhed, f. Eks. slukke en Lampe. Dette sker derved, at Ledningen afbrydes et Sted, idet to Metaldele (»Kontaktstykkerne«), som før var i Berøring med hinanden, skilles fra hinanden; ved Afbrydningsstedet dannes der i det mindste en Gnist (se S. 65), og denne Gnist kan blive til en varig Ildbro (»Lysbue«) mellem de to Kontaktstykker, hvis de fjærnes langsomt og kun et lille Stykke fra hinanden, i alt Fald naar Strømmen, der skal afbrydes, er nogenlunde stærk.

S t r ø m a f b r y d n i n g e n kunde altsaa blive en Aarsag til An-

tændelse og Ildebrand, hvis man ikke tog Forholdsregler derimod. For det første maa de Apparater, ved hvilke Strømmen sluttes og afbrydes*), anbringes brandsikkert; de fæstes f. Eks. paa Porcellæn, Marmor eller Skifer, og Kontaktstykkerne omgives ofte af ildfaste Dæksler. For det andet søger man ved Apparaternes Indretning at forhindre Lysbuedannelse.

Til Afbrydning af stærke Strømme anvendes i Reglen Knivafbrydere, hvor Strømmen sluttes derved, at et fladt Kobberstykke (Kniven) trykkes ned mellem fjedrende Kobberstrimler ved Hjælp af et isoleret Haandtag. Kniven er imidlertid ikke ubevægelig forbundet med Haandtaget, men Forbindelsen mellem dem dannes af en Spiralfjeder (eller anden Fjederforbindelse), som spændes, naar man med Haandtaget søger at trække Kniven ud af Strimlerne; naar Kniven er trukket saa meget ud, at Strimlernes Tag om den ikke længer kan holde Stand mod Fjederens Træk, springer Kniven pludselig ud og et godt Stykke bort fra Strimlerne, idet Fjederen samtidig slappes. Denne pludselige Afbrydning — Øjebliks- eller Momentafbrydning — hindrer Dannelsen af en Lysbue mellem Kniven og Strimlerne. Den stærke Gnidning mellem Kniven og Strimlerne holder Berøringsfladerne rene og blanke. Fig. 173 viser en Knivafbryder, hvor Haandtaget er trukket saa langt ud, at Fjedren er spændt og rede til at trække Kniven ud ved endnu et lille Træk i Haandtaget. Enderne af den Ledning, som skal sluttes eller afbrydes, forbindes med henholdsvis Kobberstrimlerne og Knivens Aksel.

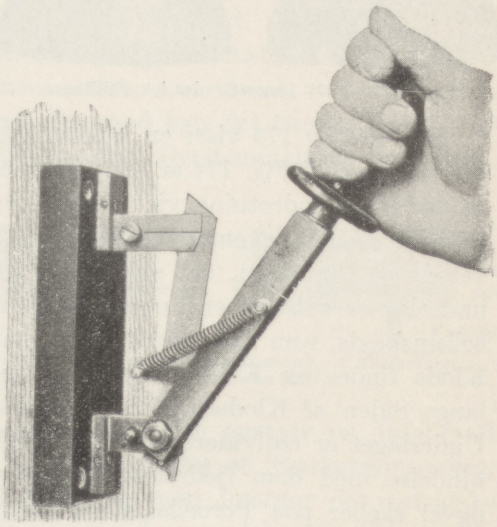


Fig. 173. Knivafbryder.

Ofte anvendes »topolede« Afbrydere, der paa en Gang afbryder Plus- og Minuslederen i en Dobbeltledning; en topolet Knivafbryder er blot en Forening i ét Apparat af to »énpolede«, hvis Knive bevæges af et fælles Haandtag.

*) »Afbrydere« eller Strømbrydere kalder man dem i Reglen i Stærkstrømsteknikken, vel netop fordi det er Afbrydningen og ikke Slutningen, der stiller særlige Krav til deres Konstruktion.

Knivafbrydere anbringes hyppigt paa en lodret Væg i en saadan Stilling, at Haandtaget og Kniven ved deres egen Vægt falder ned i hængende Stilling, saa snart Kniven trækkes ud af Kobberstrimlernes Tag, og Haandtaget slippes (se Fig. 161 S. 189).

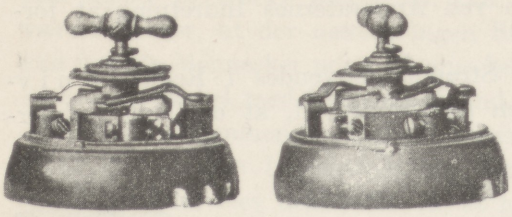


Fig. 174 og 175. Daaseafbryder i to Stillinger.

Til Afbrydning af temmelig svage Strømme — som til Glødelamper — anvendes andre Former af Afbrydere, bl. a. de saakaldte Daaseafbrydere med et lille drejeligt Haandtag stikkende ud af et daaseformet Dæksel.

Fig. 174 og 175 viser en topolet Daaseafbryder med aftaget Dæksel i to Stillinger; i Fig. 174 er Ledningerne afbrudt, i Fig. 175 er de sluttet. Afbryderens Indretning vil forstaas, naar man sammenholder disse to Billeder med de skematiske Figurer 176 og 177, hvor det svagt skraverede er Porcellæn, det stærkt skraverede Metal. Paa et Porcellænsunderlag er anbragt en hovedsagelig rund, men dog noget kantet Porcellænsklods, som kan drejes med Haandtaget; paa to Steder af denne Klods findes en Kobberbelægning, som dels strækker sig et Stykke langs Siden af Klodsen, dels et Stykke hen over dens Overflade. Til Underlaget er endvidere befæstet 4 Klemskruer *a*, *b*, *c* og *d* og i Forbindelse med dem fjedrende Kobberstrimler, af hvilke de to (ved *a* og *c*) slæber paa Porcellænsklodsens Sider, de andre paa dens Overflade. Til Klemskruerne *a* og *b* er knyttet henholdsvis den positive og den negative Ledning, som er indført i vedkommende Bygning eller Værelse, og fra *d* og *c* udgaar de to Ledningstraade, som fører til en Lampe eller Lampegruppe. Naar de fjedrende Kobberstrimler kun berører Porcellæn, som det er Tilfældet i Fig. 174 og 176, saa er Ledningsforbindelsen afbrudt, og Lampeledningerne er da helt fri for Spænding. Men drejes nu Porcellænsklodsen en Fjerdedel af en hel Omdrejning, saa at den kommer hen i Stillingen Fig. 175 og 177, saa tilvejebringes Ledningsforbindelse mellem *a* og *d* og mellem *b* og *c*,

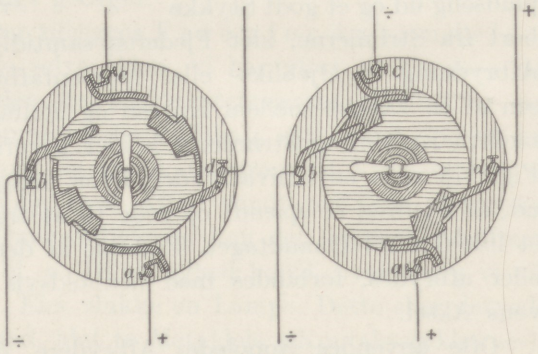


Fig. 176 og 177.
Skematisk Fremstilling af en Daaseafbryder i to Stillinger.

og de to Ledningstraade til Lampegruppen bliver nu til henholdsvis Plus- og Minusleder, der kan give Lamperne Strøm. — Haandtaget medtager kun Klodsen, naar Drejningen sker i samme Retning som Viserbevægelsen paa et Ur; en Spiralfjeder, der staar i Forbindelse med Haandtaget, bevirker, at Klodsen, naar Haandtaget drejes, bevæger sig i Spring fra den ene af de viste Stillinger til den anden, og at den ikke kan staa stille i nogen Mellemstilling. — Ledningstraadene føres samlede ind i Render paa Afbryderens Underside (el. Bagside) og herfra op i Klemskruerne; i denne og andre Enkeltheder afviger de skematiske Tegninger fra de virkelige Forhold.

Faren for Lysbuedannelse og deraf følgende Antændelse ved regelmæssige Strømafbrydninger fjærnes altsaa, som vi saa, ved Anvendelse af passende Afbryderindretninger. Derimod kan det tænkes, at et utilsigtet Ledningsbrud under særlig uheldige Omstændigheder kan fremkalde en Ildebrand.

Ogsaa utilsigtede Strømslutninger kan fremkalde Antændelse. Navnlig er de saakaldte Kortslutninger blevet berygtede i denne Henseende; hver Gang der opstaar en Ildebrand med ubekendt Aarsag et Sted, hvor der findes et Stærkstrømsanlæg, faar en Kortslutning straks Skylden, og man forstaar det østrigske Byraad, som i Koncessionsbetingelserne for et elektrisk Anlæg indførte den vise Bestemmelse, at »i dette Anlæg maa der ikke anvendes Kortslutninger«. Ved mange Brande, hvor det først blev angivet, at Antændelsen hidrørte fra en Kortslutning, er det imidlertid senere oplyst, at der har været andre Aarsager.

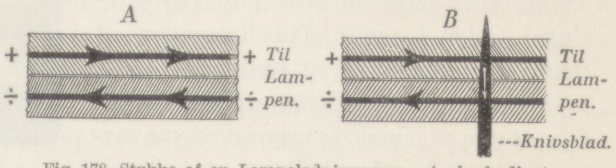


Fig. 178. Stykke af en Lampeledningssnor. *A* ubeskadiget, *B* kortsluttet med en Kniv.

En egentlig Kortslutning bestaar deri, at en Strøm mellem den positive og negative Ledning et Sted bliver sluttet ad en »kortere« Vej, d. v. s. gennem mindre Ledningsmodstand, end beregnet, og derved bliver stærkere end tilladeligt, hvilket atter har til Følge, at en Ledningsstrækning bliver for stærkt opvarmet, saa at det isolerende Hylster eller andre brændbare Ting, der rører Ledningstraaden, kan antændes. Hvis f. Eks. en Ledningssnor til en tændt Glødelampe bliver overskaaret med en Kniv, vil denne under Overskæringen danne en Metalbro mellem Kobberkærnerne i Snorens to Ledningstraade, Strømmen kan da gaa fra den ene Traad til den anden gennem Knivsbladet, som vist i Fig. 178, hvor Pilespidserne angiver Strømretningen, og herved bliver Strømmen langt stærkere end før, da den maatte passere

gennem Lampens tynde Kultraad; saavel Kniven selv som Kobbertraadene til venstre for den paa Fig. 178 *B* kan da maaske blive glødende. Ogsaa paa mange andre Maader kan der opstaa Kortslutning saa vel udenfor som indeni elektriske Apparater (f. Eks. i Buelamper eller Motorer); og selv om intet brændbart omgiver Kortslutningsstedet, kan der voldes Ildebrand, idet den opvarmede Ledning tænder et helt andet Sted.

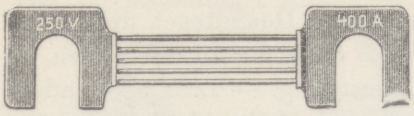
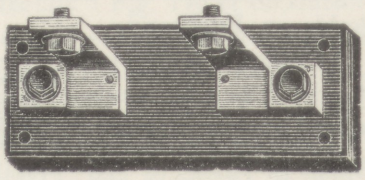


Fig. 179. Smeltesikring.

Det er da aabenbart ganske nødvendigt ved Stærkstrømsanlæg at anvende et eller andet Middel, som kan hindre, at Strømmen opvarmer Ledningerne for stærkt. Et saadant Middel er den saakaldte S m e l t e s i k r i n g, som Edison allerede indførte ved sit første New-Yorker-Anlæg. Den bestaar simpelthen af en Traad eller Strimmel af Bly (»Blysikring«), eller i nyere Tid hyppigere af Sølv, som indskydes et passende Sted i Ledningen; dens Tykkelse afpasses saaledes, at den vil smelte over ved Strømvarmen og derved afbryde Strømmen, længe inden Strømmen har naaet en saadan Styrke, at den kan ophede nogen anden Del af Ledningen til en foruroligende Temperatur.


Fig. 180. Holder til en Smeltesikring.

Smeltesikringer maa beskyttes saaledes, at Smelteperler ikke kan slynges rundt i Rummet, naar »Sikringen gaar«. Opvarmningen vil nemlig ofte foregaa saa voldsomt og brat, at der pludselig udvikles en betydelig Mængde Metaldampe, som giver Virkningen Karakter af en Eksplosion, der ofte kan høres langt bort.

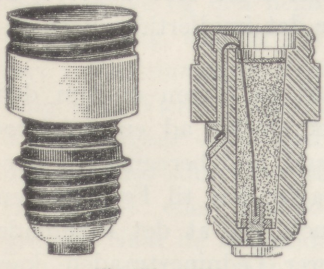

Fig. 181 og 182.
Smelteprop udvendig og indvendig.

Fig. 179 viser en af 5 Sølvtraade bestaaende Smeltesikring beregnet paa meget stor Strømstyrke (400 Ampère). Fig. 180 er en Marmorklods med to Metalopstandere til Befæstelse af en saadan Sikring samt de to Ledningsender, som den forbinder.

Smeltesikringer til mindre Strømstyrker er hyppigst »Smelteproppper«, hvis Indretning fremgaar af Fig. 181 (udvendig) og Fig. 182 (indvendig). Det er hule Porcellænspropper, der foroven er lukkede med et paaskruet Metallaag. I Bunden er der fastskruet en Metalskive eller Metalklods, og denne staar gennem Smeltetraaden i Forbindelse med et skrueformet

Metalhylster, som omgiver Proppens nedre Del. Proppens Hulhed er til Dels fyldt med et ildfast Pulver, og Smeltetraaden er ført op over en Kant; disse Forholdsregler skal tjene til at forhindre Dannelsen af en Lysbue, naar Traaden smelter.

Proppens Anbringelse i en Ledning forstaas af Gennemsnitstegningen Fig. 183. Den ene Ledningsende er forbundet med en Metalarm *b* med en Ring, hvori Proppens Skruehylster er fastskruet; Proppens Bund hviler da mod et andet Metalstykke *a*, til hvilket den anden Ledningsende er befæstet.

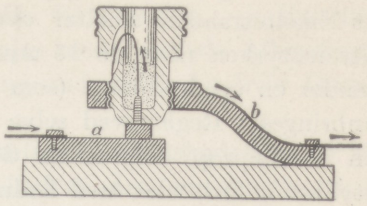


Fig. 183. Gennemsnit af en Smelteprop anbragt i en Holder.

Der fabrikeres Smelteproppper for forskellige Strømstyrker som f. Eks. 6, 10 el. 15 Ampère, hvorved det maa bemærkes, at man ved en 6-Ampères Prop forstaar en, der passer for en Ledning, som normalt maa faa indtil 6 Amp.; men Proppens Traad smelter først, naar Strømstyrken kommer ikke saa lidt over denne tilladte Værdi. Hvis Traaden i en Smelteprop af en eller anden Grund smelter over, er det let at skrue en ny Prop i Propholderen. Tænker vi os nu, at det var muligt at anbringe en Prop til 15 eller endog 20 Amp. paa et Sted, hvor der kræves en 6 Ampères Prop, saa kunde den Slags Fejltagelser i høj Grad formindske Sikringsforanstaltningens Værdi; dette maa altsaa afværges. Man kunde i dette Øjemed give Propper og Propholdere til forskellige Strømstyrker Skruegænger af forskellig Størrelse; men det vilde være upraktisk, bl. a. fordi det i saa Fald ofte blev nødvendigt at kassere ellers brugelige Propholdere, naar en Installation skulde udvides. Derfor giver man alle Propper og Propholdere ens Skruegænger, men gør Proppernes nederste Del under den fremspringende Krave, som ses i Fig. 181—184, kortere ved de højere Strømstyrker; endvidere indrettes Propholderne saaledes, at kun Propperne for lavest Strømstyrke kan naa til Bunds i Holderne, med mindre man i denne har nedskruet en »Bundskrue« med fladt Hoved, som Proppen møder, naar den skrues ind. Jo større Strømstyrker, Sikringen skal indrettes efter, des tykkere vælges Bundskruens Hoved; og idet Hovedet paa en 6 Ampère's Bundskrue er for tyndt til, at en 15 Ampère's Prop

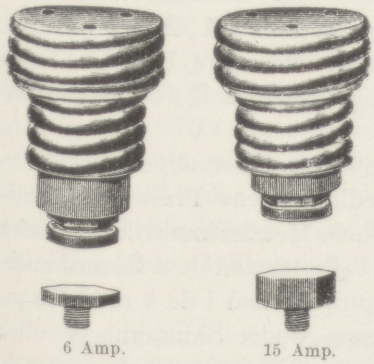


Fig. 184. Smelteproppper og Bundskrner.

kan naa ned til den, kan man altsaa ikke slutte Ledningen ved en 15 Ampère's Prop, naar Holderen ved Valg af Bundskrue er indrettet for 6 Amp. — Det omvendte, at skrue en Prop til 6 Amp. i en Holder til 15, kan godt lade sig gøre; men det volder ikke anden Skade, end at Smeltetraaden smelter over og afbryder Ledningen, længe inden Strømstyrken naar de 15 Ampère. — Hvor en tykkere Ledning udsender en tyndere Gren (som altsaa kun kan taale en svagere Strøm), anbringes i Reglen ved selve Udgangspunktet for den tynde Ledning en Smelteprop, som sikrer denne. I Fig. 183 kunde saaledes Metalstykket *a* forbindes med Ledningsstammen, *b* med den udsendte Gren.

Man er nu hist og her begyndt at indføre et endnu sikrere System for Smelteproppers Indretning.

De Stikledninger, som fra en Gades Forsyningsledninger indføres i Husene, er, som omtalt Side 177, selv ved Treledercentralanlæg i mange Tilfælde kun »Tolederstik«, og af de to Ledere, hvoraf det bestaar, kan den med højest Spænding for Simpelheds Skyld kaldes Husets Plusleder, den anden Husets Minusleder, selv om den ene af dem kommer fra Gadens Nulleder. Stikledningen har Sikring baade i Plus- og Minusleder — »topolet Sikring« kalder man det. Denne Sikring kaldes ofte Ejendommens »Hovedbly«; den er i Reglen forseglet, saa at nye Smeltesikringer kun kan indsættes af Værkets Folk. Derfra fører Maalerledningen til Husets Maaler eller Maalere; fra disse kan atter udgaa en eller flere Hovedledninger til Fordelingstavler, der endelig udsender Grenledninger med topolede Sikringer.

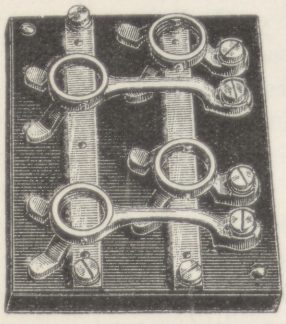


Fig. 185. Lille Husfordelingstavle.

Fig. 185 viser en lille Fordelingstavle, hvorfra der udgaar to Grenledninger med topolede Sikringer. Hovedledningens Plus- og Minusleder er forbundet med hver sin af de to flade Metalskinner. De 4 Ender af Grenledningernes Plus- og Minusledere befæstes ved de 4 Klemskruer, som ses til højre; naar der skrues Smelteproppper ned i de 4 med Klemskruerne forbundne Ringe, indtil Propperne møder Skinnerne — eller en i disse nedskruet Bundskrue — er Forbindelsen oprettet.

I København maa ved Glødelampeinstallationer en Grenledning aldrig forsyne mere end 15 Lamper, og Strømstyrken maa i det højeste være 6 Ampère svarende til 15 25-Lys Kullamper. Grenledningssikringerne er derfor 6 Ampères Sikringer. Da nu de tyndeste Kobberledninger, som det tillades at anvende til Belysning (Tværsnit 1½ Kva-

dratmillimeter), taaler 6 Ampère uden at opvarmes mere end tilladeligt (en halv Snes Grader), behøves der altsaa ikke særlige Sikringer for hver enkelt Lampes Ledninger. At Grenledningstværsnittet ofte — for at Spændingstabet ikke skal blive for stort — overskrider 1½ Kvmm., kan naturligvis ikke formindske Sikkerheden. — Enkelte Lamper og mindre Lampegrupper kan nøjes med énpolede Afbrydere; men i det mindste for hver 25 Ampère og undertiden for hver Grenledning anbringes en topolet Afbryder.

Det er ikke alle utilsigtede Strømslutninger, der uskadeliggøres af Smeltesikringer. Hvis f. Eks. to blanke Ledere, den ene positiv, den anden negativ, bringes i Forbindelse ved et Stykke Tøj el. desl., kunde det ske, at der gennem Tøjet opstod en Strøm, som ikke var stærk nok til at bringe Ledningens Sikringer i Virksomhed, men stærk nok til at antænde Tøjet, hvis betydelige Ledningsmodstand volder en stærk Varmeudvikling; paa lignende Maade kan det gaa, naar der dannes en ledende Forbindelse mellem en Stærkstrømsledning og Jorden. Ogsaa fra isolerede Ledninger kan der opstaa farlig Afledning til en anden Ledning eller til Jorden*) ved Fejl i Isolationen. En saadan Fejl kan maaske til at begynde med være ganske ringe og kun give Anledning til en overmaade svag Strøm; men saa kan dennes kemiske Virkninger i Tidens Løb forværre Skaden, hvorved da atter Strømmen vokser, saa at den tilsidst kan fremkalde Antændelse.

Ordet Kortslutning omfatter i Almindelighed ikke blot de egentlige Kortslutninger, som sætter Sikringer i Virksomhed, men ogsaa Mellemformer mellem dem og Isolationsfejl. Disse sidste er i Grunden de farligste, fordi de kan opstaa og vokse langsomt og ubemærket; det er derfor af Vigtighed stadig at holde Kontrol med Ledningernes Isolation eller i alt Fald af og til at prøve den, hvad der kan ske ved forskellige elektriske Maalemetoder.

Fremfor alt gælder det dog om at hindre Isolationsfejl i at opstaa. Derfor opstilles der bestemte Forskrifter med Hensyn til Ledningernes Isolationsbeklædning, deres Anbringelse paa Porcellænsknapper eller -klokker, deres Indlægning i Hullister og i beskyttende Rør af Metal

*) Dersom alene et eller flere Punkter hørende til Ledningsnettets ene Side, f. Eks. den positive, har Afledning til Jord, medens Nettet forøvrigt er isoleret mod Jorden, vil dette blot have til Følge, at Nettets positive Side antager Spændingen Nul (eller tæt derved), medens den negative Side faar ÷ 110 eller ÷ 220 Volt henholdsvis ved 110- og 220-Volts-Anlæg; først naar der ogsaa findes Afledning ved Ledningsnettets negative Side, kan der opstaa Strøm af Betydning ned i Jorden fra Pluslederen og fra Jorden op til Minuslederen, idet Afledningerne samt Jorden danner en Strømvej mellem Plus- og Minusleder. Ved et Trelederanlæg vil Afledning ved en af Yderlederne give Anledning til en stadig Jordstrøm, saafremt Nulleder en er jordforbunden, hvad der altid er Tilfældet i et 2 × 220-Volts-Anlæg, og ligeledes ofte ved 2 × 110 Volts.

eller isolerende Stof o. s. v.; men vi vil lade den Sag ligge, da Installationer dog kun bør udføres af dertil uddannede Folk.

Men naar et elektrisk Anlæg bliver forsvarligt udført og vedligeholdt, saa er den Brandfare, Ledningerne kan medføre, meget ringe og opvejes fuldt ud og mere til af den Formindskelse af Brandfaren, som skyldes Indførelsen af elektriske Lamper i Stedet for Lamper, der brænder med Flamme og kræver Brug af Tændstikker.

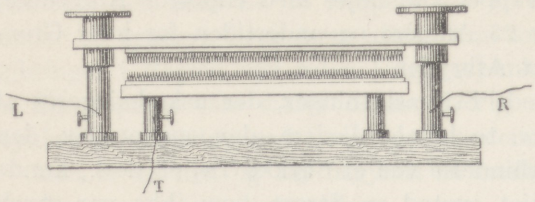
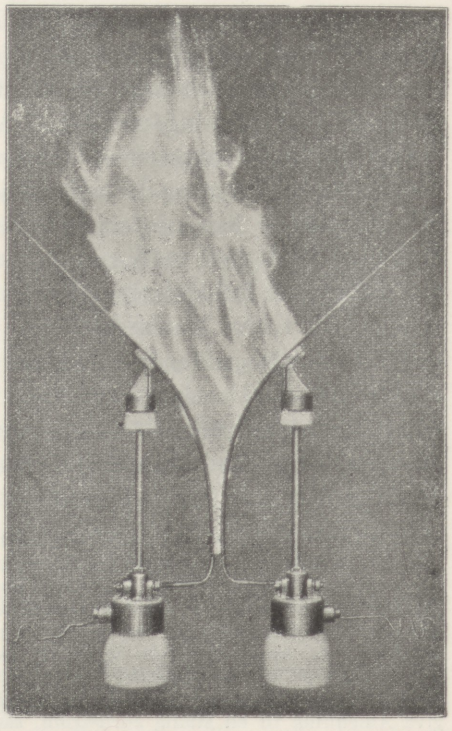


Fig. 186. Ledningslynafleder.

Ved Anlæg, der benytter Luftledninger, er der Grund til at indføre Sikringsmidler mod endnu en Fare, nemlig den, der truer fra Atmosfærens Elektricitet. Herved tænkes ikke just paa direkte Lynnedslag i Ledningen; et Lyn vil vistnok sjældent løbe et længere Stykke gennem en Ledningstraad ind til Bygninger, men meget hellere fare ned i Jorden langs den nærmeste Mast. Men Atmosfærens Elektricitet kan ogsaa paa andre Maader indvirke paa Luftledninger — for Svagstrøm saa vel som for Stærkstrøm. Elektricitetsladede Skyer kan f. Eks. fremkalde en elektrisk Fordeling i Ledningerne (se S. 35), og naar nu Skyens Elektricitet pludselig udlades ved et Lyn, saa vil der i Ledningen opstaa en pludselig Elektricitetsbevægelse, som kan følge Ledningstraaden ind i en Bygning, hvor den kan ødelægge elektriske Apparater og muligvis tænde Ild eller gøre andre Ulykker.


Fig. 187. Hornlynafleder.

For at forhindre dette anvendes de saakaldte Ledningslynafledere. Et saadant Apparat af ældre Konstruktion er vist i Fig. 186. Det bestaar af to Metalkamme med fine Tænder, som vender mod hinanden. Den øverste Kam er indskudt i

Ledningen *LR*. *L* fører ud til Linjen (ɔ: Friluftsledningen), *R* ind i Bygningen. Den anden Kam er forbundet med en Jordplade ved Ledningstraaden *T*. En elektrisk Strøm behøver — ligesom en Vandstrøm — en vis Tid for at komme i Gang, og det tager som omtalt S. 65 mest Tid, naar Ledningen danner mange Vindinger omkring en Jærnkærne, som det er Tilfældet i de fleste elektriske Apparater. Naar nu Atmosfærens elektriske Kræfter pludselig søger at sætte Elektriciteten i stærk Bevægelse ude i Friluftsledningen *L*, men Elektriciteten inde i Apparaterne i Bygningen ikke hurtigt nok kan komme med i denne Bevægelse, saa bliver Følgen, at der ved Lynafladerens Metalspidser i Løbet af et Øjeblik opstaar en saa stor Spænding, at Elektriciteten gennembryder det lille Luftmellemrom og farer gennem Ledningen *T* ned i Jorden. — For saa meget som muligt at besværliggøre Elektriciteten Vejen ind i Bygningen, kan man ved *R* anbringe en saakaldt D æ m p e s p o l e eller Selvinduktionsspole, d. v. s. lade Ledningen danne nogle Vindinger om en Jærnkærne.

Nu indrettes Ledningslynafledere i Reglen noget anderledes. Ved Svagstrømsanlæg anvendes i Stedet for de to Kamme bl. a. to Plader, hvis mod hinanden vendende Sider er riflede med Riflernes Retning paa tværs af hinanden. Luftmellemrummet kan ogsaa befinde sig mellem en Plade og nogle faa Spidser paa en anden Plade.

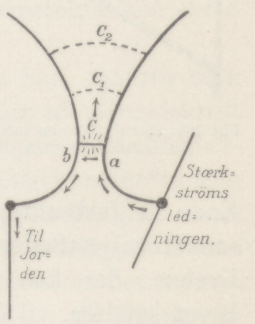


Fig. 188. Skematisk Fremstilling af en Hornlynafleder.

Ved Stærkstrømsanlæg kan dette ikke gaa an, da der vilde danne sig en varig Lysbue mellem de to Plader eller mellem Pladen og Spidserne. Her kan man da anvende den saakaldte Hornlynafleder, der dannes af to tykke Traade (Hornene), som forneden kun har en ringe Afstand, men foroven bøjer sig ud fra hinanden. Det ene af Hornene forbindes med Luftledningen, det andet med Jorden; en pludselig optrædende høj Spænding i Luftledningen, hvad enten den hidrører fra Luftelektricitet eller andre Aarsager, vil da ved det smalleste Sted mellem Hornene frembringe en Gnist, der af Stærkstrømsanlæggets Elektricitet fortsættes i en Lysbue. Denne Lysbue har imidlertid Tilbøjelighed til at vandre opad, dels paa Grund af den opstigende varme Luftstrøm, som den frembringer, dels af en anden og vigtigere Grund: — Vi har jo tidligere omtalt, at der finder forskellige Kraftvirkninger Sted saavel mellem Magneter og Strømme som mellem Strømme (d. v. s. strømgennemflydte Ledninger) indbyrdes. Nu danner ved Hornlynaflederen Lysbuen (*c* Fig. 188) en lille bevægelig Strømledning, og ved Kraft-

virkning fra de faste Ledningsdele *(a* og *b)* drives den opad (til c_1, c_2 o. s. v.); men derved bliver Lysbuen tilsidst saa lang, at den brister og slukkes. — Ved Jævnstrømsanlæg med kun 100 eller 200 Volt bliver den Kraft, der driver Lysbuen opad, dog for svag. Ved at anbringe en Magnet paa passende Maade*) i Nærheden af Lysbuen, kan man faa en stærkere Kraftvirkning; Magneten »blæser« saa at sige Lysbuen til Vejrs; saadanne Blæsemagneter anvendes i mange forskellige Apparater, bl. a. til Slukning af Lysbuer i Afbrydere for høj Spænding. I Stedet for en Staalmagnet bruges ved Hornlynaflederen en Elektromagnet, som vist i Fig. 189, eller blot en Traadrulle dannet af faa Vindinger af selve Stærkstrømsledningen; en saadan Traadrulle virker jo selv uden Jærnkærne som en Magnet (se S. 60).

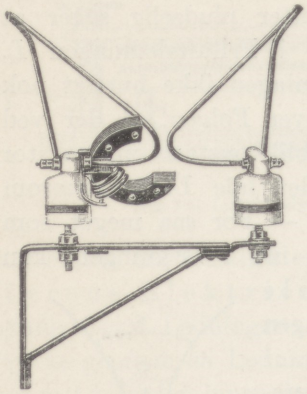


Fig. 189. Hornlynafleder med Blæseelektromagnet.

Som Smeltesikring for stærke Strømme navnlig ved høje Spændinger anvendes ofte en flad Blystrimmel el. desl., der ved hver Ende er forbundet med en Traad eller Strimmel af lignende Form som Hornlynaflederens Horn; den Lysbue, der kan dannes, naar Blyet smelter, vil da løbe op ad Hornene (eller drives opad af en Blæsemagnet) og slukkes. Fig. 190 viser en saadan Smeltesikring til Anbringelse paa Luftledninger.

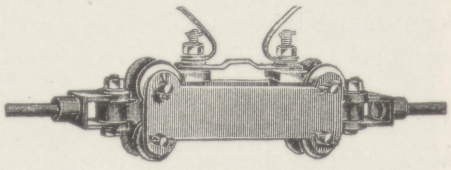


Fig. 190.
Smeltesikring med Horn.

*) Tænker vi os i Fig. 188 Nordenden af en Magnet anbragt umiddelbart bag Lynaflederens smalle Sted, vil vi ved den sædvanlige Højrehaandsregel (S. 52) indse, at Strømmen i Ledningsstykket *c* (Lysbuen) vil søge at drive Nordpolen nedad; men Magnetpolen vil da søge at drive dette Stykke Strømledning opad, og da Magneten er fast, Lysbuen bevægelig, bliver det den sidste, der flytter sig.

V. VEKSELSTRØM OG KRAFTOVERFØRING PAA LÆNGERE AFSTANDE.

Vekselstrøm. — Vandkraftens Udnyttelse gennem Elektricitetsværker. — Højspændingsanlæg med andre Kraftkilder. — Ulemper og Farer ved Højspænding og Vekselstrøm.

Den Opgave at sende Arbejdskraft milevidt gennem elektriske Ledninger er først traadt frem med Krav paa Løsning i vandrige Lande, fremfor alt i Bjærgegne, hvor mægtige Vandfald udfoldede Tusinder eller endog — som Rjukan-Fos i Norge — Hundredetusinder af Hestekræfter til ingen Nytte, fordi Kraften var bundet til Steder, hvor der ingen Brug var for den. Her maatte da Tanken om at lade den elektriske Strøm løse Vandkraftens Stavnsbaand melde sig med stedse voksende Styrke, efterhaanden som Stærkstrømsteknikken skred frem.

Skulde der komme noget praktisk ud af denne Sag, maatte man aabenbart være i Stand til at sende store Mængder af Arbejdskraft lang Vej gennem saa tynde Ledninger, at de ikke slugte uforholdsmæssige Kapitaler. Men af hvad der blev sagt S. 157, følger, at dette kun kan ske, naar man anvender meget høj Spænding og til Gengæld nøjes med forholdsvis svag Strøm. Da nu meget høje Spændinger lettere kan tilvejebringes ved Vekselstrøm end ved Jævnstrøm, er det næsten udelukkende Vekselstrøm, der har fundet Anvendelse til Kraftoverføring paa lang Afstand. Vekselstrøm og Vandkraft kommer derfor til at træde i Forgrunden i dette Afsnit, og Omtalen af disse Ting er af den Grund udsat hertil, til Trods for at saa vel Vekselstrøm som Vandkraft ogsaa benyttes i Tilfælde, hvor Arbejdskraften ikke skal føres lange Veje — at talrige vidtstrakte Kraftoverføringsanlæg henter Arbejdskraften fra Stenkul — og at Jævnstrøm undertiden er benyttet til lange Kraftoverføringer.

Vekselstrøm. Hovedtrækkene af en simpelt indrettet Maskine til Frembringelse af Vekselstrøm er vist i Fig. 191. Fra en fast Jærnring gaar 8 traadomvundne Jærnkærner ind mod Ringens Midte; indenfor disse Jærnkærner er en Kreds af 8 Magneter — Staalmagter kan vi foreløbig tænke os, at det er — anbragt saaledes paa en til Maskinens Aksel fastgjort Jærnring, at hveranden Magnet vender Nordpolen *(N)*, hveranden Sydpolen *(S)* udad. Drejes Magnetkredsen nu rundt i Pilens Retning, vil der i alle Jærnkærnernes Traadvindinger induceres elektricitetsbevægende Kræfter, som ved den i Figuren viste Traad-

forbindelse og Stilling af Magnetkredsen gaar i Pilespidsernes Retninger og alle i Øjeblikket samvirker om at sende Elektricitet til Klemskruen *A*, der saaledes i Øjeblikket er Maskinens positive Klemme, medens *B* er den negative Klemme. Hvis der mellem de to Ledere, der udgaar fra *A* og *B* er indskudt Lamper el. desl., saa at Strømmen er sluttet, saa vil alle Jærnkærnerne blive magnetiske med Nordpoler *(n)* og Sydpoler *(s)* som angivet. Vi ser endvidere, at f. Eks. alle Magnetkredsens Nordpoler nærmer sig til Jærnkærnenordpoler (som frastøder dem) og fjærner sig fra Jærnkærnesydpoler (som tiltrækker dem), hvad der stemmer med den Regel, at Induktionsstrømme altid har en saadan Retning, at de modvirker den Bevægelse, der fremkalder dem, og altsaa kræver Arbejde til deres Frembringelse (smlgn. S. 61).

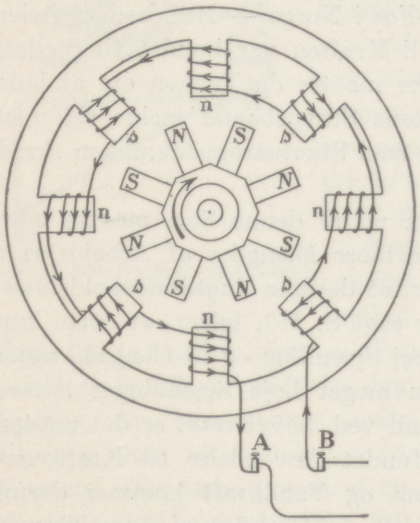


Fig. 191. Hovedtræk af en Vekselstrøm.

I Overensstemmelse med denne Regel skifter Strømmens Retning og altsaa ogsaa Jærnkærnernes Magnetisering, naar de indre Magneter passerer forbi Jærnkærnerne; nu bliver altsaa *A* negativ, *B* positiv Klemme, indtil Magneterne atter passerer Jærnkærnerne o. s. v.

Hvis Magnetkredsen gør 10 Omdrejninger i Sekundet, vil Strømmen skifte Retning 10 × 8 Gange i Sekundet, og man siger da, at Vekseltallet er 80. Den Tid, Strømmen bruger om at naa fra sin største Styrke i den ene Retning til den største Styrke i den modsatte Retning, er da $^1/_{80}$ Sekund; men til at gennemløbe alle Forandringer fra størst Styrke i en vis Retning til størst Styrke i samme Retning bruger Strømmen aabenbart dobbelt saa lang Tid, altsaa her $^1/_{40}$ Sekund. Denne Tid kaldes en Strømperiode, og det halve af Vekseltallet, altsaa her 40, kaldes Periodetallet eller »Frekvensen«.

Jærnringen med Traadvindingerne Fig. 191 svarer forsaavidt til det, vi ved en Jævnstrømsdynamo kaldte Ankeret, da det er heri, Strømmen frembringes. Men da det i alle større, nyere Vekselstrømsmaskiner er Magnetkredsen, der er bevægelig, medens Jærnringen med de Vindinger, hvori Strømmen dannes, er fast, saa bruger man her i Stedet for Ordet Anker i Reglen Navnet »Armaturen«, eller man kalder Ma-

skinens faste Del for »S t a t o r« eller »S t a n d e r e n«, den bevægelige Del for »R o t o r« eller »L ø b e r e n«.

I den lille Vekselstrømsmaskine, Ringeinduktoren, som er omtalt S. 94, var det Ankeret eller Armaturen, der bevægedes, og her anvendtes tillige Staalmagneter; men i Maskiner til Stærkstrømsanvendelser bruges altid Elektromagneter. Disse faar undertiden deres Strøm fra Maskinen selv, idet en særlig Strømvender sørger for, at Magnetstrømmen altid gaar i samme Retning, skønt Hovedstrømmen veksler; men i Reglen frembringes Magnetiseringsstrømmen af en særlig lille Jævnstrømsdynamo. Er Magnetkredsen bevægelig, tilføres Jævnstrømmen da gennem Børster eller Koste, der slæber paa to paa Magnetkredsens Aksel fæstede Kobberringe; i Fig. 192 ser man tydeligt de to Traade, der fører Strøm til Kostene, af hvilke der glider 2 paa hver Ring; ligeledes ses de Traade, der fra Ringene fører Strømmen ud til Magnetkredsens Jærnkærner.

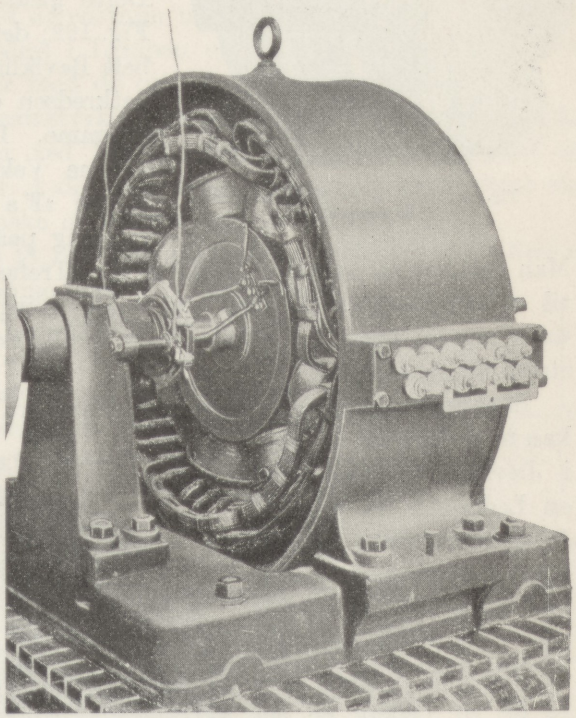


Fig. 192. Vekselstrømdynamo.

Navnlig hvis der skal tilvejebringes høj Spænding, er det en stor Fordel ved Vekselstrømsdynamoer*) (Generatorer), at de ikke som Jævnstrømsdynamoer har en Kommutator, da denne jo var Jævnstrømsdynamoens svageste Punkt.

*) Hvis man holdt fast paa, at Ordet »Dynamo« kun, som det oprindelig skete, maatte bruges om Maskiner, der selv laver deres Magnetiseringsstrøm, saa kunde Vekselstrømsmaskiner i Reglen ikke kaldes Dynamoer. De kaldes i Almindelighed »Generatorer«, hvilket betyder »Frembringere«, men da dette Ord ogsaa bruges om flere ikke elektriske Apparater, kunde det være nok saa rimeligt at give alle »Frembringere« af elektrisk Strøm et særligt for dem alle fælles Navn, og til dette Brug har Ordet Dynamo nu mange Steder vundet Borgerret. — En Vekselstrømsdynamo kaldes ogsaa undertiden en »Alternator«.

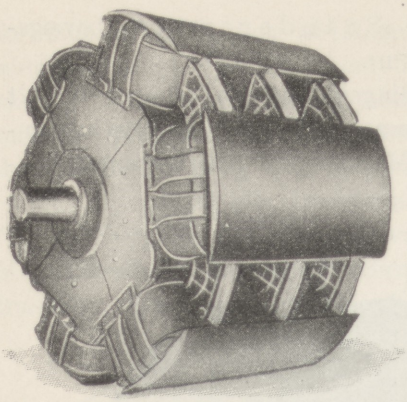


Fig. 193. Løber til en hurtigløbende Trefasegenerator.

Vekselstrømsdynamoer kan bygges paa mange Maader. I Reglen har Armaturjærnringen ikke fremspringende Jærnkærner med Traadbevikling som vist i Fig. 191; men Traaden er indlagt i Render (Noter) i selve Ringen. Dette gælder saaledes om Maskinen Fig. 192; denne har imidlertid 3-dobbelt Bevikling, saa at der, naar Magnetkredsen drejes, opstaar 3 Vekselstrømme. Disse Strømme har vel samme Vekseltal, men de har forskellig »F a s e«, d. v. s. de skifter Retning paa forskellige Tidspunkter. Man kalder en saadan Maskine en »Trefasedynamo« i Modsætning til en »Enfasedynamo« med enkelt Bevikling. Betydningen heraf omtales senere; foreløbig holder vi os imidlertid til den enkelte Vekselstrøm (Enfasestrøm).

Skal mange Lamper næres ved Strøm fra en Vekselstrømsdynamo, kan man, ligesom det sker i Jævnstrømsanlæg, føre en Leder ud fra hver af Dynamoens Poler og indskyde Lamperne »parallelt« mellem de to Ledere eller deres Forgreninger (se Fig. 130 S. 151). Men af de to Ledere er her ikke den ene stadig Plusleder, den anden Minusleder; de skiftes til at være det; og den Fordring, at de to Lederes Spændingsforskel skal holdes uforandret, kan naturligvis ikke opfyldes, naar vi tænker paa Spændingsforskellens øjeblikkelige Værdi, der uafladelig forandrer sig, men vel, naar vi tænker paa en vis Gennemsnitsværdi af alle de Værdier, Spændingsforskellen har i Løbet af en Strømveksling. Det er i

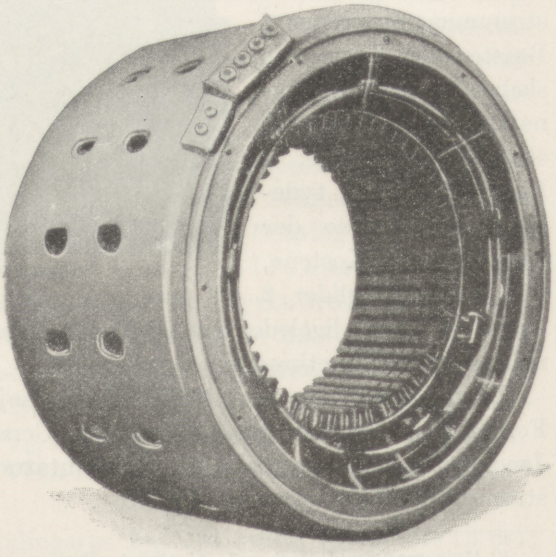


Fig. 194.
Stander til Løberen Fig. 193.

Almindelighed en saadan paa særlig Maade bestemt Gennemsnitsværdi, der menes, naar man omtaler Værdierne for Spænding og Strømstyrke.

Til Belysning ved almindelige Kultraadsglødelamper har det ikke stort at sige, om man bruger Jævnstrøm eller Vekselstrøm, og Størrelsen af den elektriske Energi, som bliver til Varme i en Glødelampe, der umiddelbart er indskudt mellem de to Ledere fra en Vekselstrømdynamo, kan ligesom ved Jævnstrøm udregnes i Watt som Produktet af Strømstyrken (i Ampère) i Lampen og Ledernes Spændingsforskel (i Volt), idet man regner med de omtalte Gennemsnitsværdier.

Men Maalingen af Strømstyrke, Spænding og Energiforbrug (»Elektricitetsforbruget«) volder ved Vekselstrøm særlige Vanskeligheder og kræver særlige Apparater. I det hele taget opfører Vekselstrømme sig i mange Henseender ganske anderledes end Jævnstrømme.

Da »Selvinduktionen« (S. 66) i en Traadspole bevirker, at en Strøm er langsommere til at komme i Gang og vanskeligere at faa standset i en Fart, naar den Ledningstraad, den skal passere, er oprullet i mange Vindinger, saa vil en Traadspole, især med Jærnkærne, virke hæmmende paa en Vekselstrøm der jo netop skal vokse og aftage hurtigt. Spolen virker overfor Vekselstrøm ligesom overfor atmosfæriske Udladninger (S. 219) som »D æ m p e s p o l e«; sammen med en Traadspole *(S* Fig. 195) af passende Størrelse kan man godt indskyde en Glødelampe *(L)*, der er beregnet f. Eks. for 50 Volt og ½ Ampère, mellem de to Ledere *(A* og *B)* i et 100 Volts Vekselstrømsanlæg, uden at Lampen faar mere end den halve Ampère, som den kan taale, selv om Spolens Traad er saa tyk, at dens Ledningsmodstand er ganske ubetydelig. Hvis *A* og *B* var Jævnstrømsledninger med 100 Volts Spændingsforskel, saa gik det ikke an at indskyde 50 Volts Lampen *L* mellem dem, med mindre Spolen *S* erstattedes af en tynd Ledningstraad (lige eller oprullet) med saa stor Ledningsmodstand, at Strømmen derved blev nedsat til til den Værdi, Lampen kunde taale (½ Amp.); men saa vilde rigtignok Halvdelen af den elektriske Energi, der toges fra Ledningerne, blive til unyttig Varme i Modstandstraaden. En Dæmpespole med tyk Traad sluger derimod ikke nævneværdig Energi; d e n f o r h i n d r e r V e k s e l s t r ø m s l e d n i n g e r n e i a t a f g i v e m e r e E n e r g i t i l L e d n i n g s g r e n e n *a b*, e n d L a m p e n h a r B r u g f o r.

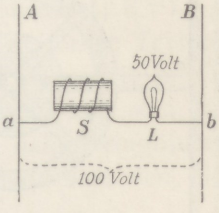


Fig. 195.
En Dæmpespoles Virkning.

Da en Dæmpespole, der indskydes i en Vekselstrømsledning, formindsker Strømstyrken i den, kan vi sige, at Spolen byder Strømmen en Modstand; men denne Modstand er af en helt anden Art end den

energislugende Ledningsmodstand og kunde maaske til Forskel fra denne betegnes som »T r æ g h e d s m o d s t a n d«.

Forskellen mellem Ledningsmodstand og Trægheds-modstand kan oplyses ved et Billede hentet fra Vands Bevægelse.

I Fig. 196 forestiller *A* og *B* to Vandrør. Et i Tegningen udeladt Pumpeværk suger Vand fra det ene Rør, og driver det ud i det andet; men Pumpeværket virker vekselvis i den ene og den anden Retning, saa at det snart er i *A*, snart i *B*, der er størst Vandtryk. Vandet kan komme fra det ene Rør til det andet ad to Veje, nemlig dels gennem det meget snævre Rør *cd*, hvor der er stor Gnidningsmodstand mod Vandets Bevægelse, dels ad Vejen *ab*; men paa denne Vej maa Vandet passere gennem en Kasse *K*, i hvis Indre der findes et Vandhjul el. desl., som Vandet er nødt til at sætte i Omdrejning for at komme gennem Kassen; Vandhjulets Aksel, som rager udenfor Kassen, bærer tillige et stort tungt Hjul *S* (Svinghjul).

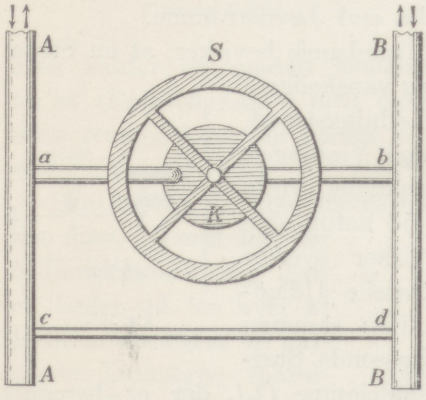


Fig. 196.
Billedlig Fremstilling af Trægheds-modstand.

Hvis Vandet fra først af er i Ro i Rørene, og Pumpen derefter begynder at drive Vand ind i *A* og suge Vand fra *B*, saa at Vandtrykket stiger i *A*, synker i *B*, saa vil Vandet begynde at strømme til højre i begge Forbindelsesledningerne.

I Ledningen *cd* kan der ikke komme nogen stærk Strøm i Gang, fordi Gnidningsmodstanden er stor; men Strømningens Styrke (ɔ: Mængden af Vand, der strømmer gennem et Tværsnit af Røret i en bestemt Tid) retter sig stadig efter Trykforskellen mellem *A* og *B*, naar Trykket har naaet sin højeste Værdi, er Vandets Strømning ogsaa stærkest, aftager det, aftager Strømmen, og vender det, vender Strømmen med det samme. Al den Arbejdskraft, der bruges til at drive Vandet gennem *cd*, gaar til Spilde, idet den nemlig bliver til Varme ved Gnidningen*).

I Ledningen *ab* gaar det helt anderledes; ogsaa her møder Vandets Bevægelse til at begynde med stor Modstand; Vandet kan jo ikke slippe

*) Da det meste af Varmen optages af det gennemstrømmende Vand og føres bort med det, bliver et snævert Rør, der gennemstrømmes af Vand, ikke saa let ophedet som en tynd Traad, der gennemstrømmes af Elektricitet, selv om der bliver lige megen Energi til Varme i dem begge.

igennem uden at sætte det tunge Svinghjul i Gang, og til at give det Fart medgaar der Arbejdskraft. Stiger Trykket hurtigt, kan Vandbevægelsen i *ab* derfor ikke følge med. Vandstrømmen naar ikke sin største Styrke paa samme Tid som Trykket, men holdes Trykforskellen mellem *A* og *B* i længere Tid uforandret, saa at Svinghjulet kommer fuldt i Gang, og dets Fart ikke mere forøges, saa gaar der ikke nævneværdig Arbejdskraft til at holde det i Gang, forudsat, at baade Gnidningsmodstanden ved Akslen og Luftens og Vandets Gnidningsmodstand mod henholdsvis Svinghjulets og Vandhjulets Bevægelse er ubetydelig. Aftager Trykket nu atter, saa gør Svinghjulet sig imidlertid paany gældende; dets Fart kan ikke aftage saa hurtigt som Trykket, og endnu efter at Trykket, der skulde drive Vandet fra *A* til *B*, er ophørt at virke, fortsætter Svinghjulet og dermed Vandet i Ledningen *ab* sin Bevægelse en lille Tid; ja, selv efter at Pumpen har vendt Trykket, saa at det er større i *B* end i *A*, maa Vandbevægelsen i Ledningen *ab* blive ved at gaa til højre, indtil Svinghjulet er standset; Svinghjulet hjælper altsaa nu Pumpen med at forøge Trykket i *B*. Vi kan derfor sige, at den Arbejdskraft, som Pumpen til én Tid anvender for at sætte Svinghjulet i Fart, den gemmes hen som Bevægelsesenergi i Hjulet, og den kommer frem igen, naar Svinghjulets Fart aftager; den er ikke forbrugt og gaaet til Spilde som den, der anvendtes i *cd*.

Hvis det Vandtryk, der vil drive Vand gennem *ab*, nogenlunde hurtigt ændrer Styrke og Retning, vil Svinghjulet slet ikke naa at faa fuld Fart paa, inden Trykket allerede er begyndt at aftage; Hjulet hindrer altsaa — ved sin Træghed til at komme i Fart — Vandbevægelsen i *ab* i at blive ret stærk. Man kan sige, at det dæmper Vandets Svingninger frem og tilbage (Vekselstrøm) i *ab*; men Dæmpningen sker ikke paa Bekostning af Pumpens Arbejdskraft.

Forskellen mellem den Modstand, det snævre Rør *cd* og Svinghjulsmekanikken i *ab* byder en vekslende Vandbevægelse er med andre Ord af samme Art som Forskellen mellem en tynd Traads Ledningsmodstand og det vi kaldte en Traadspoles Træghedsmodstand overfor en elektrisk Vekselstrøm.

Men spørges der, hvorledes det da kan gaa til, at en Traadspole virker paa lignende Maade som Svinghjulet, ja, saa maa vi enten bekende vor Uvidenhed eller — som man plejer i slige Tilfælde — dække den med et latinsk Navn, idet vi siger, at det er »Induktionens« Skyld; om Induktionens inderste Natur kan imidlertid næppe nogen danne sig fuldt klare Forestillinger.

Hvis Vandtrykket i Ledningerne *A* og *B* Fig. 196 skiftede Retning

mange Gange i Sekundet, vilde Svinghjulets dæmpende Virkning gøre sig saa stærkt gældende, at der næppe nok kom en Vandbevægelse i Stand i Ledningen *ab*, ja, selv om der slet ikke var noget Svinghjul, vilde allerede Vandets egen »Træghed« — Modstand mod hurtigt at tage Fart eller standse — dæmpe Svingningerne saa stærkt, at Vandbevægelsen blev meget ringe.

Ved elektrisk Vekselstrøm kan vi ligeledes faa stærk Dæmpning uden at anvende Dæmpespoler, men kun naar Strømmen skifter Retning overordentlig hurtigt, f. Eks. 100 000 Gange i Sekundet eller mere. Sendes en Strøm med saa højt Vekseltal gennem Ledningerne *A* og *B* i Fig. 197 til den tykke Kobberbøjle *CDE*, saa vil Strømmen i Stedet for at gaa gennem Bøjlen, hovedsagelig gaa gennem Lampen *L* og bringe denne til at lyse, til Trods for, at Ledningsmodstanden i Lampens Kultraad er Tusinder Gange saa stor som i Kobberbøjlen; det er nemlig vanskeligere at frembringe en saa hurtigt skiftende Elektricitetsbevægelse i den svære Kobberbøjle end i den tyndere Ledningsgren gennem Lampen. Bøjlen har med andre Ord større Træghedsmodstand end Lampen.

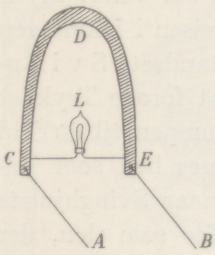


Fig. 197. Dæmpning ved højt Vekseltal.

Den Slags Vekselstrømme vender i det hele taget op og ned paa de Begreber, vi ved Beskæftigelse med Jævnstrøm har faaet om en elektrisk Strøms Opførsel.

Ved Vekselstrømme, der foruden højt Vekseltal har en meget høj Spænding — en Million Volt eller mere — har Nikola Tesla i Amerika frembragt mægtige elektriske Udladninger, som i alt Fald at se til langt overgaar alt, hvad man ellers kender; men mærkeligt nok er disse tilsyneladende saa frygtelige Udladninger forholdsvis ufarlige for Mennesker. — Ovre i Amerikas fjærne Vest et Par Tusind Fod til Vejrs i Colorados Bjærge har Tesla indrettet et Laboratorium, hvor han med Støtte af Stormillionæren Morgan har udført de forunderligste Forsøg med disse Strømme. Fig. 198 viser os denne Nutids-Troldmand siddende rolig med sin Bog i Laboratoriet, hvor der just raser det vældigste elektriske Uvejr, noget Menneske har fremkaldt.

Tesla haaber selv med sine Forsøg at bane Vej for en fuldstændig Omvæltning indenfor Elektroteknikken. Det kan dog ikke nægtes, at de Beretninger, han har udsendt, ofte har gjort et noget uklart og fantastisk Indtryk, og at det trækker længe ud med de lovede store Resultater. Maaske vil hans mærkelige og enestaaende Forsøg dog paa den ene eller den anden Maade blive til Gavn for den elektriske Udvikling; sikkert er det, at Teslas tidligere Arbejder har haft me-

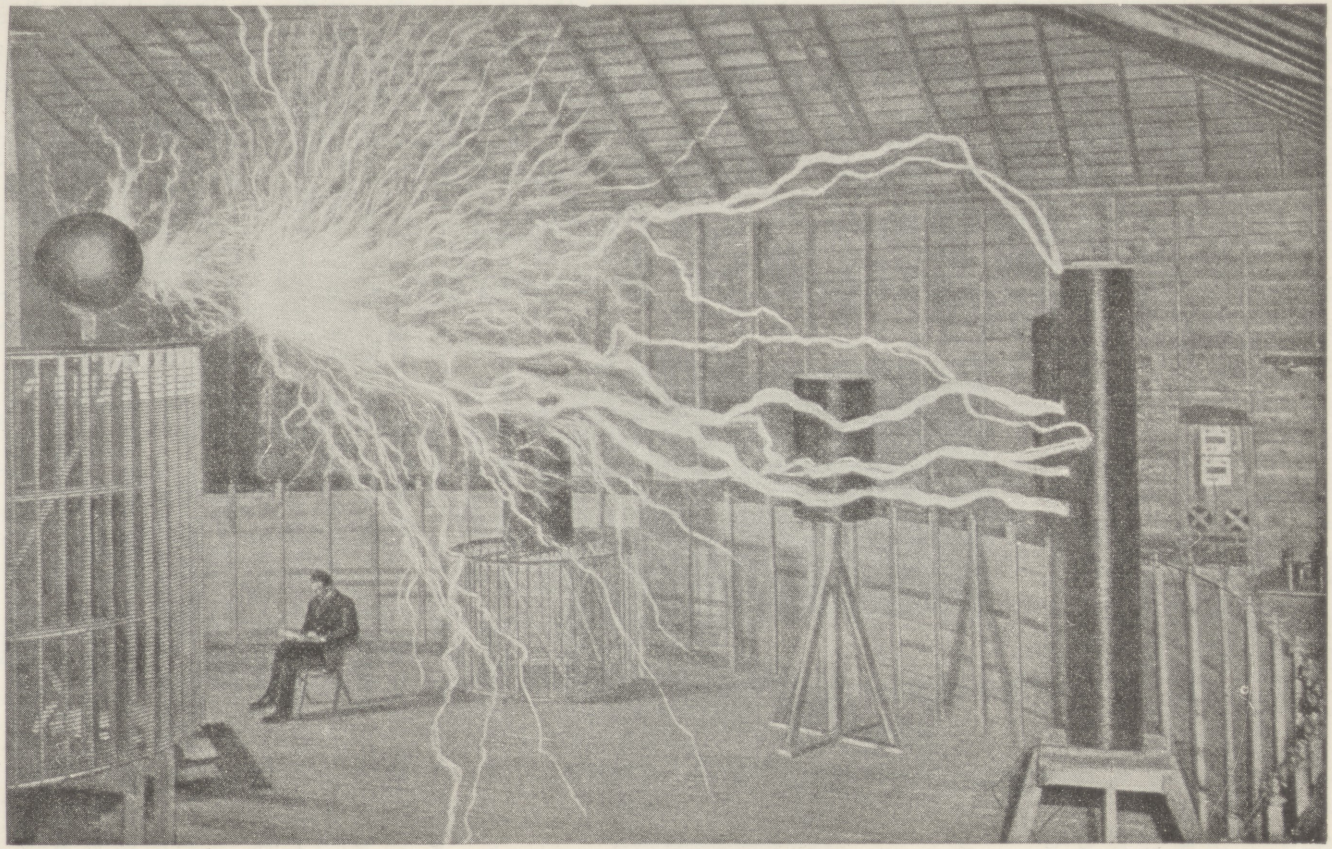


Fig. 198. Tesla i sit Laboratorium.

gen Betydning baade for Elektroteknikken og den elektriske Videnskab.

I Nutidens Stærkstrømsteknik har man imidlertid aldrig at gøre med Strømme, der skifter Retning Tusinder eller blot Hundreder af Gange i Sekundet. Ofte anvendes Vekseltallet 100 (ɔ: Periodetallet 50), og undertiden gaar man ned til 50, hvad der dog er for lidt til Belysningsbrug, da Svingningerne mærkes af Øjet. Ved saadanne Vekseltal maa man benytte nogenlunde store Dæmpespoler med Jærnkærne, naar man i Vekselstrømsledningsnet med en bestemt Spænding uden Tab af Energi vil anvende Apparater, der egentlig er indrettet for en betydelig lavere Spænding.

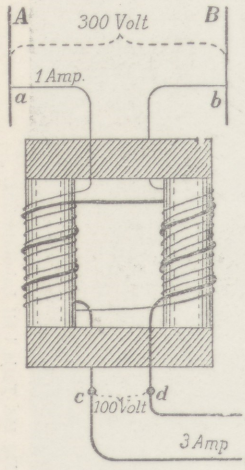


Fig. 199. En Transformator.

For en enkelt Glødelampes Skyld vil man næppe udenfor ganske særlige Tilfælde anvende en Dæmpespole, som det er gjort i Fig. 195; men ved Buelampebelysning i Vekselstrømsanlæg bruges ofte Dæmpespoler.

Dæmpespolerne kan til en vis Grad gøre Forbrugerne uafhængige af den Spænding, Dynamoen giver; men i langt højere Grad kan dette dog opnaas ved de saakaldte Transformatorer eller Spændingsomformere.

En Transformators Indretning fremgaar af Fig. 195 eller Fig. 200. Omkring to Jærnkærner, hvis Ender er saaledes forbundet med Jærnklodser, at Jærnet danner en sluttet Kreds, er der opvundet to Sæt Traadvindinger. Det ene Sæt, som vi vil kalde den »primære« Bevikling, er forbundet med de to Ledere A og B i et Vekselstrømsanlæg med 300 Volts Spænding, saa at der opstaar Vekselstrøm i Traaden. Idet Strømmen vokser og aftager, vil den virke inducerende paa det andet Sæt Traadvindinger — den »sekundære« Bevikling — eller med andre Ord fremkalde elektricitetsbevægende Kræfter i dem.

Hvis der ingen Ledningsforbindelse er mellem de to Ender c og d af den sekundære Traad, saa kan der ikke komme Strøm i Gang i den; men der opstaar mellem c og d en Spændingsforskel, som skifter Styrke og Retning i samme Takt som Strømmen i den primære Traad, og dersom denne danner 3 Gange saa mange Vindinger som den sekundære, saa vil Spændingsforskellen mellem c og d være omtrent $^1/_3$ af Vekselstrømsanlæggets Spænding — altsaa 100 Volt. Den primære Traad er, som Figuren viser, tyndere end den sekundære, men dog saa tyk, at dens Ledningsmodstand er meget ringe; ikke des mindre

bliver Strømmen i den kun meget svag; idet den er viklet op om Jærnkærnerne, udgør den nemlig en Dæmpespole med en meget stor Træghedsmodstand, som hindrer Vekselstrømmens Indtrængen.

Men fører vi, som vist i Fig. 199, de to Ledere *C* og *D* ud fra *c* og *d*, og indskyder vi Lamper el. desl., saa at Ledningen sluttes gennem Lamperne, vil der komme Strøm i den sekundære Traad, og denne »sekundære« Strøm ændrer Jærnets Magnetisering og virker inducerende paa den primære Traad paa en saadan Maade, at denne nu faar meget mere Strøm end før fra Vekselstrømsledningerne *A* og *B*. Dersom vi mellem *C* og *D* indskyder saa mange Lamper, at den sekundære Strøm bliver 3 Ampère, vil den primære Strøm blive omtrent 1 Ampère større end den »Tomgangsstrøm«, der allerede gik forud, da der ikke toges Strøm fra den sekundære Bevikling.

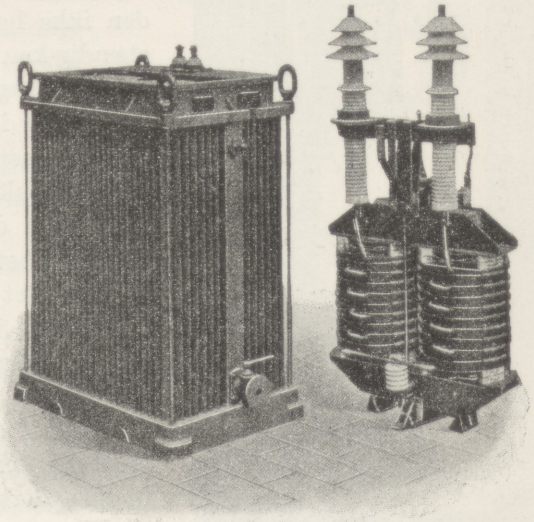


Fig. 200. En Transformator for høj Spænding. Til venstre for den staar en Kasse med stærkt isolerende Olje, hvori Transformatoren nedsænkes.

Ser vi bort fra Tomgangsstrømmen, kan vi sige, at de to Vekselstrømsledere *A* og *B* med 300 Volts Spændingsforskel sender 1 Ampère gennem Transformatorens primære Bevikling og derved afgiver en vis elektrisk Energi til Transformatoren, som fra sin sekundære Bevikling lader denne Energi gaa videre til Lamperne efter at have omformet den saaledes, at Strømstyrken er tredoblet, men Spændingen gaaet ned til en Tredjedel*).

Dersom de primære Vindingers Antal havde været 20 Gange saa stort som det sekundære Vindingstal, vilde Spændingen blive divideret med 20, og Strømstyrken 20-doblet. Ønskede man tværtimod at faa

*) Hvis vi kunde regne ligesom ved Jævnstrøm, vilde de primære 300 Volt og 1 Ampère — saa vel som de sekundære 100 Volt og 3 Ampère — repræsentere en Energi af 300 Watt (omtrent $^2/_5$ Hestekraft). Denne Regning vilde imidlertid kun være rigtig, dersom Strømstyrke og Spænding fuldstændig fulgtes ad, saa at f. Eks. den primære Strøm naaede sin største Værdi i samme Øjeblik som Spændingsforskellen mellem *A* og *B* var størst; men paa Grund af Træghedsmodstanden er dette ikke Tilfældet (smlgn. S. 227 L. 3). Navnlig for Tomgangsstrømmens Energiforbrug vilde man faa altfor stor Værdi ved at regne med Strømstyrke Gange Spænding.

Spændingen forøget, og Strømstyrken formindsket, saa skulde det være det sekundære Vindingstal, der var størst. Transformatoren er saaledes et Apparat, ved hvilket vi fuldstændig kan beherske Spændingen i et Vekselstrømsanlæg og indrette den, som det passer bedst for forskellige Formaal. En Transformator kan sætte Spændingen fra en Dynamo højt op, naar Kraften skal føres en lang Vej, og den kan paa Forbrugsstedet sætte den saa langt ned, som det ønskes. Et simpelt og udmærket Middel til Spændingsændring maa vi kalde Transformatoren, da den ikke har bevægelige Dele og fuldstændig kan passe sig selv. Nogen Energi gaar der ganske vist tabt, ved Omformning, men i store Transformatorer kan Tabet blive mindre end 2 Procent, naar de yder fuldt ud, hvad de er beregnet for. Tages der mindre Strøm fra dem, bliver Tabet forholdsvis større, og selv naar de slet ikke gør Tjeneste, idet den sekundære Strøm er afbrudt, forbruges nogen Energi til Tomgangsstrømmen, der ganske vist kun er svag; ved at afbryde Transformatorens Forbindelse med Strømkilden, kan man naturligvis undgaa dette »Tomforbrug«.

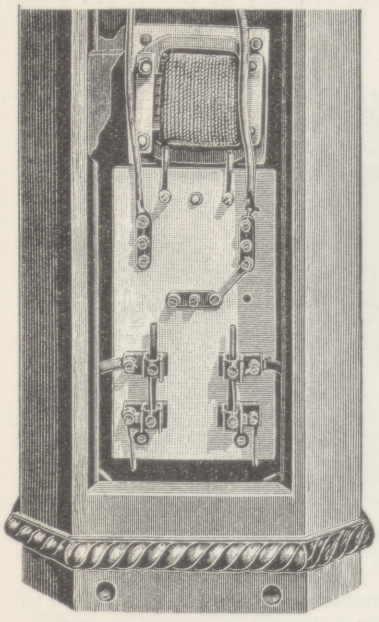


Fig. 201.
Transformator i Foden af en Lampemast.

Fig. 201 viser en lille Transformator, der sammen med Afbrydere er anbragt i den nederste Del af en Buelampemast i det Øjemed at tage Strøm af den for, fra Ledningsnettet, der har højere Spænding, Lampen har Brug Spænding.

Adgangen til at anvende Transformator er en overordentlig stor Fordel ved Vekselstrømsanlæg. Disse Anlæg har imidlertid ogsaa Ulemper. Den største af disse er vistnok den Omstændighed, at Vekselstrøm ikke kan bruges til kemisk Virksomhed, fordi en saadan Strøm paa Grund af sin uafladelige Skiften Retning stadig det ene Øjeblik ophæver den kemiske Virkning, som den frembragte i det foregaaende. Ledes f. Eks. Vekselstrøm gennem en Akkumulator, fører den afvekslende Ilt til og fra en og samme Plade, saa at Akkumulatoren umulig kan blive ladet. Den Omstændighed, at man ikke kan lade Akkumulatorer ved Vekselstrømme, er under mange Forhold en alvorlig Hindring for deres Indførelse.

At drive Elektromotorer med Vekselstrøm voldte til at begynde med betydelige Vanskeligheder.

Hvis man udefra sender en Strøm ind i en almindelig Jævnstrømsdynamo (Seriedynamo; se S. 148) — saa vel gennem Ankerets som Feltmagneternes Vindinger —, saa sættes derved Ankeret i Omdrejning, Dynamoen virker med andre Ord som Elektromotor. Hvis den indsendte Strøm er Vekselstrøm, udebliver Virkningen ikke; thi da Magnetiseringsstrømmen og dermed Magneternes Poler skifter samtidig med Ankerstrømmen, bliver Ankerets Omdrejningsretning ikke forandret ved Strømmens Retningsskifter. Elektromotorer, der er bygget for Jævnstrøm, kan derfor ogsaa drives ved Vekselstrøm. Men der er rigtignok stor Forskel med Hensyn til Økonomien. Anvendes Jævnstrøm medgaar der kun en ganske ringe Energimængde til at magnetisere Feltmagneterne og derefter holde dem magnetiske; anvendes derimod Vekselstrøm, skal de uafladelig magnetiseres, afmagnetiseres og ommagnetiseres, og hertil medgaar en betydelig Energi, som bliver til unyttig Varme i Jærnet. Ved paa passende Maade at sammensætte Jærnet af indbyrdes isolerede Plader (Lameller) har man imidlertid opnaaet at gøre dette Tab saa ringe, at Vekselstrømsmotorer af denne Art er næsten ligesaa økonomiske som Jævnstrømsmotorer.

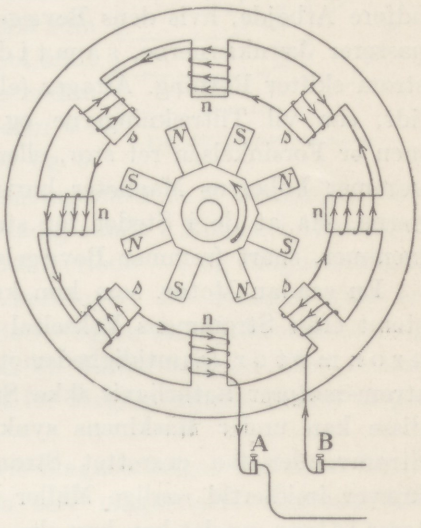


Fig. 202. Hovedtræk af en Vekselstrømsmotor.

Man har imidlertid ogsaa paa forskellige Maader tilvejebragt Vekselstrømsmotorer, hvor Feltmagneternes Magnetisme ikke skifter.

En saadan Motor kan være indrettet ganske som en Vekselstrømsdynamo. Fig. 202 viser den samme Maskine som Fig. 191 med en Kreds af Magneter (Staalmagneter) som Løber, og en Jærnring med indadvendende, traadomvundne Jærnkærner som Stander. Forskellen er blot, at vi denne Gang udefra sender Strøm ind i Maskinen i Stedet for at frembringe Strøm ved Drejning af Løberen. Ved den i Figuren viste Traadforbindelse og Stilling af Magneterne, vil en Strøm, der gaar ind ved *B* og ud ved *A*, magnetisere Standerens Jærnkærner som angivet, og deres Frastødninger og Tiltrækninger paa Løberens Magnetpoler vil dreje Løberen i den ved en Pil angivne Retning (modsat

Urviserne). Saa snart Løberen har drejet sig et lille Stykke, kommer imidlertid dens Nordpoler lige ud for Standerens Sydpoler og omvendt; saafremt Strømretningen ikke forandres, vil Standeren derfor nu holde fast paa Løberen og hurtigt standse den, naar den paa Grund af sin Fart løber lidt videre. Hvis derimod Strømretningen og dermed Standerens Magnetisering skifter, just som Enderne af Magneter og Jærnkærner passerer hinanden, saa vil Løberen, idet Nordpoler frastøder Nordpoler, Sydpoler Sydpoler, faa nyt Skub fremad under den fortsatte Bevægelse.

Man kan heraf forstaa, at Løberen kan blive ved at gaa rundt og udføre Arbejde, hvis dens Bevægelse netop er saaledes, at Magneterne passerer Jærnkærnerne, s a m t i d i g m e d, at den indsendte Vekselstrøm skifter Retning. Aftager (eller vokser) Farten et Øjeblik ganske lidt, saa vil Tiltrækningerne og Frastødningerne selv rette Fejlen; men er Forsinkelsen ret stor, eller varer den mere end et Øjeblik, saa kommer Løberens Magneter hurtigt i forkerte Stillinger til Jærnkærnerne, saa at de i Stedet for stadig at drive Løberen fremad snart hæmmer, snart fremmer Bevægelsen, som derfor let gaar helt i Staa.

En saadan Motor, som kun kan holdes i Gang ved en ganske bestemt efter Strømmens Vekseltal afpasset Fart, kalder man en S y n k r o n m o t o r (Samtidighedsmotor). I Praksis har synkrone Vekselstrømsmotorer naturligvis ikke Staalmagneter, men Elektromagneter; disse kan under Maskinens synkrone Gang ved Hjælp af en særlig Strømvender faa ensrettet Strøm fra Vekselstrømsledningerne. Det kræver imidlertid særlige Midler og særlig Øvelse at sætte disse Motorer i Gang, og det kan kun ske, medens Motoren er ubelastet (ɔ: intet har at trække). Naar nu hertil kommer, at de ved for stærk Belastning let gaar i Staa, saa indses det, at de egner sig daarligt til at bruges under almindelige Forhold i Værksteder el. desl.

Udmærket til dette Brug er derimod den saakaldte Trefase- eller D r e j e s t r ø m s m o t o r, som drives ved 3 Vekselstrømme med forskellig Fase som dem, man kan faa fra Trefasedynamoen S. 223.

Idet vi foreløbig gaar ud fra, at de tre Vekselstrømme, Dynamoen udsender, har hver sin Dobbeltledning, kan Princippet for en Drejestrømsmotor forstaas af Fig. 203 og 204.

Motoren bestaar af en fast Jærnring, Standeren, om hvilken de 3 Vekselstrømsledninger 1, 2 og 3 danner 3 Traadspoler *a*, *b* og *c*, samt af Løberen, der her blot er en Magnetstang *NS*.

I det Øjeblik, der er fæstnet i Fig. 203, er Strømmen i Ledningen 1 og Spolen *a* netop Nul, Strømmen i de andre Ledninger og Spoler gaar som Pilespidserne viser. Efter den ofte brugte Regel fra S. 56

vil da Strømmene baade i b og i c frembringe en Nordpol forneden i Ringen ved n, medens der kommer en Sydpol oppe ved s midt i den strømløse Spole a. Magnetstangen vil derfor stille sig som vist med sin Sydpol S pegende mod n.

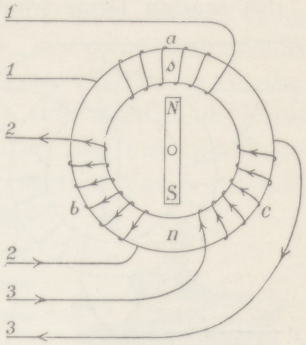


Fig. 203. Drejestrømsmotor.

Naar nu de 3 Strømmes »Faseforskel« er $^1/_3$ Strømperiode — hvilket vil sige, at Strømmen i c er saa meget bag efter Strømmen i a —, saa vil Fig. 204 fremstille Tilstanden $^1/_3$ Strømperiode efter Fig. 203. Da er nemlig b naaet til den Tilstand, a før var i, altsaa uden Strøm, c har Strøm som b før og a som c før. Følgelig har Jærnringen nu Sydpol midt i Rullen b, Nordpol mellem c og a. Efter endnu en Tredjedel Strømperiode vil Nordpolen n i Ringen være kommet hen mellem a og b, Sydpolen s midt i c. Under Strømvekslingerne i de 3 Ledninger vandrer Polerne n og s i Virkeligheden stadig rundt i Ringen i Retningen abc — én Omgang i Løbet af en Strømperiode —, og Magnetstangen følger Ringens Poler under deres Vandringer. Da Stangen gaar én Gang rundt i en Strømperiode, er dette ogsaa en Synkronmotor, og saadanne Trefasesynkronmotorer med en Elektromagnet eller rettere en Kreds af Elektromagneter i Stedet for Magnetstangen bruges meget i Elektricitetsværker.

Man kunde imidlertid ogsaa erstatte Magnetstangen NS af en Jærnstang; Ringens Magnetisme vilde da selv magnetisere den saaledes, at den blev trukket med rundt af »Vandrepolerne«. Mærkeligere er det, at enhver større Metalmasse, som anbringes drejelig inde i Ringen, vil trækkes rundt af Vandrepolerne. Forklaringen herpaa er den, at Polerne, naar de farer forbi Metallet, frembringer Induktionsstrømme i dette med en saadan Retning, at de vil søge at holde paa Polerne, der imidlertid virker tilbage paa Metallet og trækker dette med sig i Stedet for selv at standse. I Praksis benytter man dog ikke en massiv Metalmasse som Løber i Elektromotorer af denne Art, men man danner Løberen af Jærn med Kobbertraadsbevikling. Denne Bevikling er i smaa Motorer sluttet i sig selv, i større i Reglen sat i Forbindelse med en Reguleringsmodstand gennem 3 Koste, der slæber paa 3 Akselringe. Da der i Løberens Traadvindinger

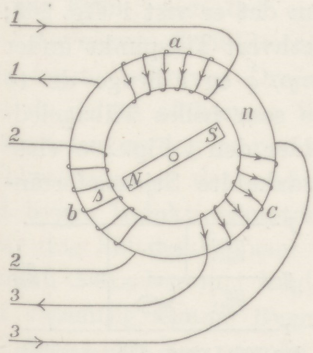


Fig. 204. Drejestrømsmotor.

kun induceres Strømme, men slet ikke tilføres Strøm udefra gennem Ledninger, kaldes disse mærkelige Motorer ogsaa Induktionsmotorer.

En saadan Drejestrømsmotor er en »asynkron« Motor, d. v. s. den skal ikke som de synkrone Motorer have en aldeles bestemt efter Strømmens Vekseltal afpasset Fart, for at Drivkraften kan virke. Den kan derfor sættes i Gang af Strømmen i Standeren, selv om den er belastet (spændt for en Arbejdsmaskine) til at begynde med; ja, den Kraft, der trækker i Løberen, er endogsaa stærkest, naar Løberen staar stille; thi da bliver Induktionsstrømmene, der skyldes Vandrepolernes Forbifart, stærkest. De vilde blive Nul, dersom Løberen gik ligesaa hurtigt rundt som Polerne, og dette kan derfor ikke opnaas; men Løberens Omdrejningstal kommer dog i Praksis nær op mod Polernes (f. Eks. kan Tallene være 1450 og 1500 Omdrejninger i Minuttet henholdsvis for Løber og Stander), naar Motoren udfører det fulde normale Arbejde, hvorved Arbejdskraften udnyttes bedst.

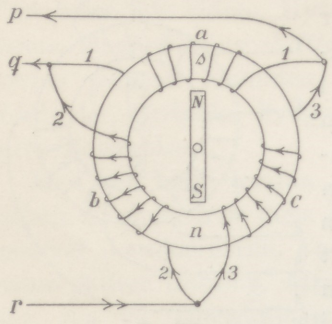


Fig. 205.
»Sammenkædning« af Trefaseledninger.

Til at føre de 3 Strømme fra en Trefasedynamo til en Drejestrømsmotor kræves i Praksis kun 3 Ledningstraade. I Fig. 203 og 204 er der rigtignok tegnet 6 Ledningstraade, men de 3 kan spares, idet vi lader den øverste af de to, der er mærket 2, smelte sammen med den nederste af dem, der er mærket 1 o. s. fr., som det er vist i Fig. 205; denne er ellers en Gentagelse af Fig. 203. Til ethvert Tidspunkt under Strømvekslingerne kan da en af de 3 Traade p, q og r bruge de to andre som Tilbageledning eller omvendt tjene som fælles Tilbageledning for Strømmen i de to andre. — Man kalder den i Fig. 205 viste Ordning for »Trekantsforbindelse«. Ved den saakaldte Stjærneforbindelse, som ofte anvendes, forbindes de tre Ledere med hver sin Spoles ene Traadende, medens Spolernes 3 andre Traadender forbindes indbyrdes.

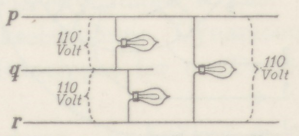


Fig. 206. Lamper anbragt mellem Trefaseledninger.

Tredobbelt Vekselstrøm — Trefasestrøm — kan naturligvis ogsaa anvendes til Belysning. Fig. 206 viser, hvorledes dette kan ordnes. Her er tre almindelige Glødelamper indskudt mellem de tre Ledere paa tilsvarende Maade som Spolerne a, b og c i Fig. 205 (altsaa i Trekantsforbindelse). Lederne kan forgrenes til mange Lamper, fordelte i 3 nogenlunde lige

store Grupper. — Man har ogsaa lavet særlige »Trefaselamper« med 3 Tilledninger og 3 Kultraade, der svarer til de 3 Lamper i Fig. 206.

I Fig. 206 er det forudsat, at det er et 110 Volts Anlæg, vi har at gøre med. Det kan se noget underligt ud, at Spændingsforskellen mellem p og q er sat til 110, mellem q og r ogsaa til 110 og mellem 1 og 3 ligeledes til 110 i Stedet for 110 + 110, som man kunde fristes til at tro; men det maa erindres, at her kun er Tale om Middelværdier af Vekselspændinger, og at de ikke har samme Værdi samtidig alle tre Steder. Naar den øjeblikkelige Spænding pq er 110 Volt, har Spændingen qr og pr andre Værdier. Kunde Øjet følge Lampernes hurtige Lysstyrkeforandringer, vilde man se de 3 Lamper »blusse op« paa forskellige Tidspunkter og mørkne til forskellig Tid. — Dette »Treledersystem« er altsaa ganske forskelligt fra de tidligere omtalte med to Yderledere og en tredje, hvis Spænding ligger midt imellem de andres.

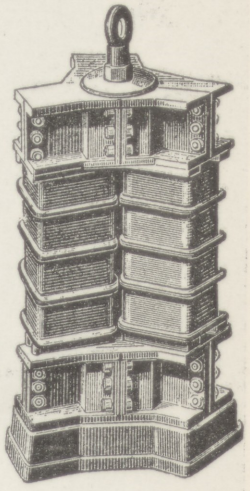


Fig. 207. Trefasetransformator.

Ved Trefasestrøm kan man ligesaa vel som ved Enfasestrøm omforme Spændingen ved Hjælp af Transformatorer, blot skal Trefasetransformatorer have 3 Sæt primære og 3 Sæt sekundære Vindinger svarende til hver af de tre Strømme; deres 3-dobbelte Natur viser sig ofte i deres ydre Form, som det er Tilfældet i Transformatoren Fig. 207.

Asynkrone Induktionsmotorer i det væsentlige af samme Art som de foran beskrevne Drejestrømsmotorer kan ogsaa indrettes saaledes, at de drives af kun to Vekselstrømme med forskellig Fase; men Trefasestrøm er dog mere fordelagtig end Tofasestrøm. Ogsaa for enkelt Vekselstrøm er det ved Anvendelsen af særlige Kunstgreb lykkedes at bygge Induktionsmotorer. Men Enfasemotorer af denne Art har dog hidtil ikke faaet større Betydning, idet man som Motorer for enkelt Vekselstrøm i Reglen vil foretrække de S. 233 omtalte Motorer af væsentlig samme Bygning som Jævnstrømsmotorer. Enfasemotorer af denne Art har navnlig fundet megen Anvendelse til Banedrift.

Vandkraftens Udnyttelse gennem Elektricitetsværker. Hvor megen Arbejdskraft, der kan uddrages af et Vandløb, beror dels paa dets Vandrigdom, dels paa dets Stejlhed. Dèr, hvor Vandet flyder gennem flade Landstrækninger, er der kun ringe Kraft at hente selv

af store Floder, der fører vældige Vandmasser. Men i Egne, hvor Vandet bruser ned ad stejle Fjeldskraaninger eller endog styrter ud over lodrette Klippevægge, kan selv en Bæk med ringe Vandføring yde Drivkraft til anselige Elektricitetsværker.

Det i Fig. 208 afbildede Elektricitetsværk ved Villadossola i Norditalien er et godt Eksempel paa et Værk, hvor en forholdsvis ringe Vandmængde, som kommer højt oppe fra, udvikler en betydelig Kraft. Skønt Værket faar alt sit Vand gennem de to tynde Rør til venstre i Billedet, yder dets Maskiner dog 3000 Hestekræfter. Den øverste Ende af disse Rør ligger henimod 300 Meter (900 Fod) højere end den nederste; som Følge deraf er Vandet i Rørenes nederste Del saa stærkt sammenpresset, at det udøver et Tryk af henved 30 Kilogram paa hver Kvadratcentimeter (ca. 400 Pund paa Kvadrattommen) af Rørvæggen. Man kan da forstaa, at en nogenlunde tyk Vandstraale, der strømmer ud af et saadant Rør, kan virke med uimodstaaelig Kraft, naar den træffer Skovlene paa et Vandhjul. I Villadossola-Værket bringes Vandets Drivkraft netop til at virke paa denne Maade i saakaldte Pelton-Turbiner. Hvert af de to høje Trykrør giver Drivkraft til en Turbine paa 1500 Hestekræfter; enhver vil finde, at det er en ganske anstændig Arbejdsydelse af en Vandstraale, men ikke desmindre er der i Kaliforniens Elektricitetsværker Pelton-Turbiner, hvor en enkelt Vandstraale yder endnu større Arbejde — ca. 8000 Hestekræfter skal man her være naaet til.

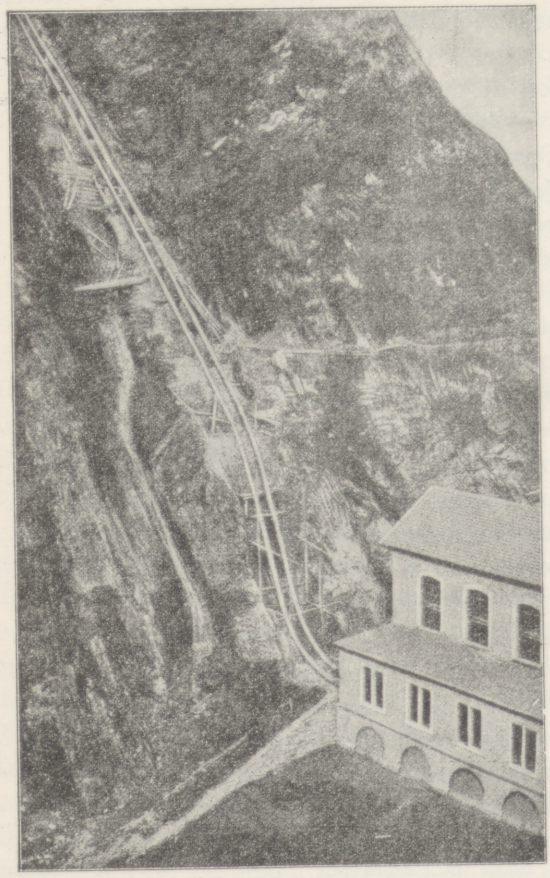


Fig. 208. Elektricitetsværk i Norditalien.

Naar de to Trykrør ved Villadossola-Værket giver 3000 Hestekræfter, strømmer der i hvert Sekund godt 1 Kubikmeter ud af deres Mundinger, og saa meget maa den Flod, Vandet hentes fra, altsaa i det mindste kunne yde. 1 Kubikmeter er 1000 Liter (Potter) eller ca. 7 Tønder, og dette vil maaske synes mange at være en meget anselig Vandmængde, mere end et Blik paa Rørene giver Indtryk af. — Det er i Virkeligheden ogsaa saa meget, at det var mer end nok til Københavns Vandforsyning; men det er dog kun en lille Flod, der ikke har

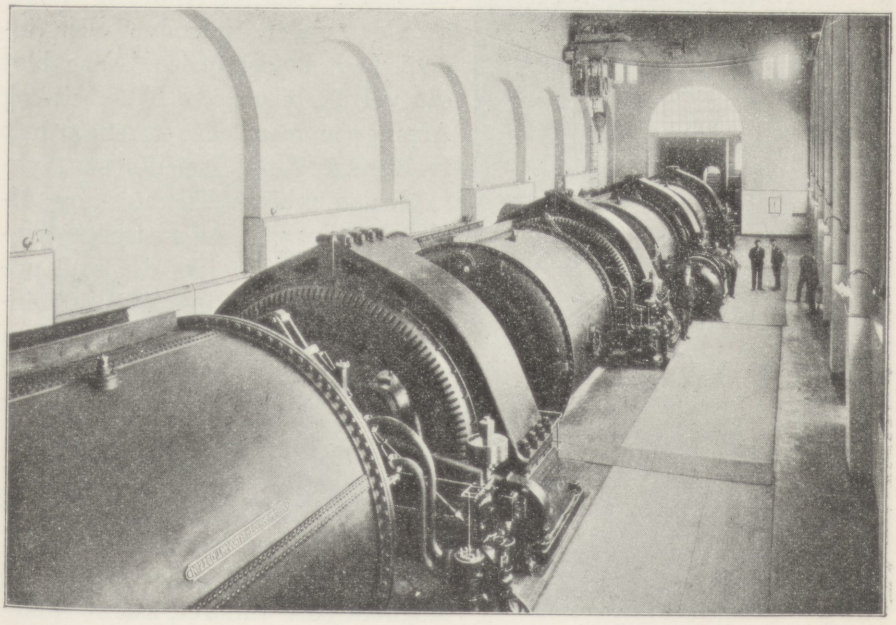


Fig. 209. Turbiner og Elektromotorer i Kraftværket ved Svælgfossen.

større Vandføring end 1 Kubm. i Sekundet; det kan f. Eks. anføres, at Glommen-Elven i Norge i sit nedre Løb selv i den vandfattigste Tid sjældent fører under 100 Kubm.

Kan der ikke skaffes Vandet en Faldhøjde af 300 Meter, men kun 100 Meter, saa vil 1 Kubm. i Sek. ikke give 3000 Hkr., men kun 1000. Da 1 Hkr. er 75 Kilogrammeter i Sekundet (se S. 137), og 1 Kubm. Vand vejer 1000 Kilogram, kunde 1 Kubm. i Sek. ganske vist allerede ved en Faldhøjde af 75 Meter give 1000 Hkr., hvis al Vandets »Pladsenergi« kunde udnyttes; men da der altid gaar nogen Arbejdskraft tabt i Turbinerne og Tilledningerne, kan vi i Praksis regne, at der er 1000 Hkr. til Raadighed ved et Vandløb, hvis man kan skaffe et Fald af 100 M. og en Vandmængde af 1 Kubikmeter i Sekundet. Kan der kun

skaffes 5 Meters Fald, kræves der 20 Kubm. til 1000 Hkr. o. s. fr. Under gunstige Forhold kan man dog faa noget bedre Udbytte af Vandkraften.

Dersom man har stor Vandmængde, men temmelig ringe Faldhøjde, er det upraktisk at anvende Pelton-Hjulet. Heller ikke de gammeldags Vandhjul (Overfalds- eller Underfaldshjul) er paa deres Plads, hvis det drejer sig om store Kræfter. I Stedet benyttes Turbiner, hvor Vandet gennem en Krans af faste »Ledeskovle« føres til en paa Turbinakslen befæstet Krans af »Løbeskovle« under, udenom eller indeni Ledeskovlskransen. Naar blot saa vel Turbinen som Tilførsels- og Afgangsrummene eller -rørene er helt fyldt med Vand, saaledes at Trykforskellen mellem Tilgangs- og Afgangsvandet paa det nærmeste svarer til den Faldhøjde, der skal udnyttes, saa er det forøvrigt af mindre Betydning, hvorledes Turbinen er anbragt. Den kan have vandret Aksel og ligge oppe i Maskinsalen sammen med Dynamoen (se Fig. 209), eller den kan befinde sig dybt nede under Maskinsalens Gulv med en lang lodret Aksel ragende op i dette. Man vil i saa Fald stille Dynamoens Magnetkredse vandret, saa at Ankeret kan befæstes umiddelbart paa Turbinakslen og dreje sig med denne. En saadan Ordning er fremstillet i Fig. 210, hvor der tilmed er anbragt to Turbiner paa samme Aksel.

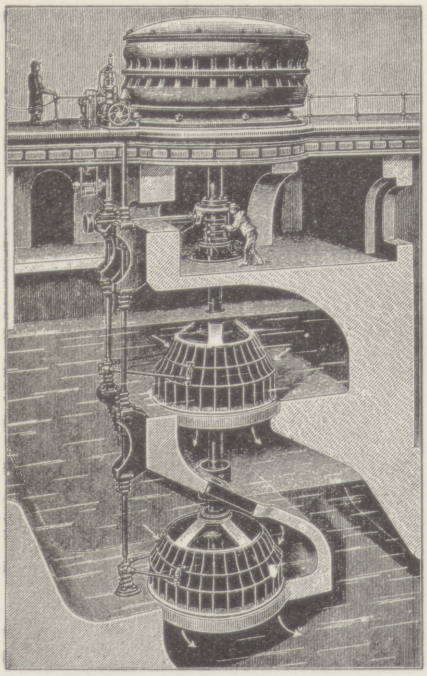


Fig. 210 Dynamo og Turbiner.

Billedet skriver sig fra et stort Elektricitetsværk ved Rhonefloden tæt ved Genf. Dette Værk er — som et Blik paa Fig. 208 og 211 vil vise — en fuldstændig Modsætning til Villadossola-Værket; det bruger et Par hundrede Gange saa meget Vand, og har dog kun 5—6 Gange saa stor Maskinkraft, idet Vandets Faldhøjde her kun er nogle faa Meter i Stedet for henved 300. Endvidere er Vandet indfanget paa en helt anden Maade, Maskinhuset med Turbiner og Dynamoer er fra den ene Flodbred bygget skraat op mod Strømmen, og fra dets Endepunkt er der ført et Stemmeværk med Sluser tværs over Floden til den modsatte Bred, saa at Vandet, naar Sluserne er lukkede, kun kan komme enten over Stemmeværket eller gennem Maskinhuset, hvor det

maa passere gennem Turbinerne og give dem sin Arbejdskraft. Der findes en lang Række Turbinsæt som Fig. 210, hver med sit særlige Sluseværk med selvvirkende Apparater, der regulerer Vandtilstrømningen, saaledes at Akslens Omdrejningshastighed holder sig omtrent ens, enten der tages mere eller mindre elektrisk Strøm fra Dynamoen.

Ved det her omtalte Vandkraftsanlæg maatte man ved Bygning af Stemmeværket tilvejebringe et kunstigt Fald i Floden. Dette kunde her lade sig gøre, fordi Flodlejet i Forvejen havde temmelig stærk Heldning og tillige saa høje Bredder, at Vandet kunde opstemmes

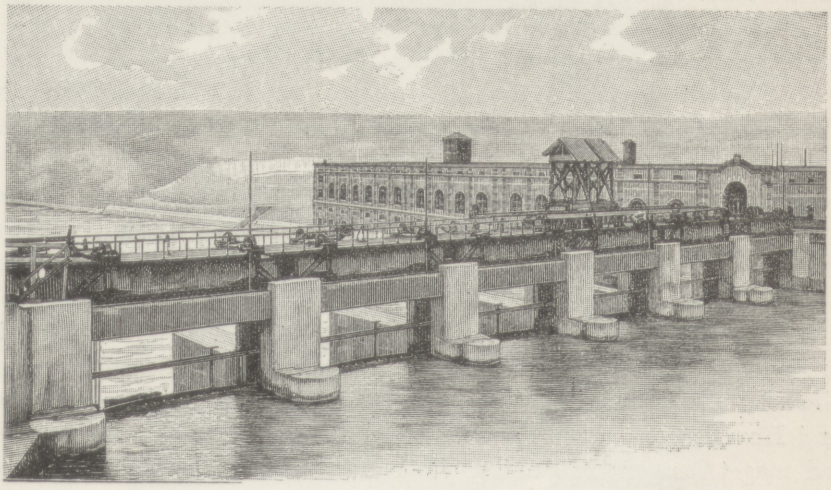


Fig. 211. Elektricitetsværket i Genf.

de faa Meter, det drejede sig om, uden at store Flader derved oversvømmedes. Men at bygge et nogenlunde højt Stemmeværk tværs over en bred Flod er en meget kostbar Sag, og i Almindelighed kan det siges, at Betingelserne for Indvinding af en betydelig Vandkraft er meget gunstigere, hvor allerede Naturen har samlet den paa et bestemt Sted i et egentligt Vandfald; og saaledes er Forholdene mangfoldige Steder i Norge, hvor talrige til Dels meget vandrige Elve paa deres Vej fra Højfjældene til Havet danner en Række Fosser af flere eller færre Meters Højde. Mange Fosser var allerede tidligere uden Elektricitetens Medvirken udnyttet til Drift af Fabrikker (f. Eks. Cellulosefabrikker). Men virkelig storslaaede Fremtidsmuligheder for Norges Vandkraft aabnedes dog først gennem de elektriske Anlæg, som nu vokser frodigt frem.

Selv, hvor der er et naturligt Vandfald, kan man naturligvis ikke udnytte det ved uden videre at stille Turbinerne op ved dets Fod;

Vandet maa afledes fra Flodlejet for at føres gennem Turbinerne, hvad der i mange Tilfælde kan foranledige store Arbejder. Som Eksempel kan nævnes Anlægget ved den 14 Meter høje Gravfos ved Storelven, hvilket Anlæg forsyner Drammen med Elektricitet. Her er der tværs over Elven ovenfor Faldet bygget en Dæmning; Vandet afledes fra et Sted umiddelbart ovenfor denne Dæmning og føres først ca. 70 Meter gennem en næsten vandret »Friledning«, hvor det flyder med fri Overflade, til en Beholder og derfra ned til Turbinerne gennem 3 »Trykledninger«, som det udfylder helt, saa at Vandet nede ved Turbinerne faar et Tryk omtrent svarende til de 14 Meters Faldhøjde; ganske vist er Trykket her en Snes Gange ringere end ved Villadossola-Værket, da Trykledningernes lodrette Højde er en Snes Gange mindre, men da der til Gengæld kan skaffes meget mere end en Snes Gange saa stor Vandmængde (40—50 Kubikmeter i den vandfattigste Tid), faar man dog ved Gravfos-Værket en langt større Arbejdskraft til Raadighed, nemlig ca. 7000 Hestekræfter. Fra Elektricitetsværkets Turbiner flyder det brugte Vand ud i Snarumelven, der lidt nedenfor Gravfos støder til Storelven. Saa vel Friledningen som Trykledningerne er for en stor Del udsprængt i Fjældet som Tunneler.

Selv af en Flod, der kun har ringe Vandføring og ikke noget Sted danner et egentligt Vandfald af Betydning, er det i Bjærgegne i mange Tilfælde muligt at udvinde en anselig Kraft ved en Fremgangsmaade, der i Hovedsagen er den samme, som anvendes ved Vandfaldene, blot med meget længere Friledning. Elektricitetsværket lægges paa et passende Sted nær ved Floden ved Foden af en Fjældskrænt, ned ad hvilken man kan lægge Trykrør af passende Højde (se Fig. 208), og Vandet til Trykrørene hentes da gennem en lang Vandledning fra et Sted saa højt oppe ad Floden, at Flodlejet her ligger højere end Toppen af Trykrørene. I Kalifornien har man ved denne Fremgangsmaade aftvunget ubetydelige Bjærgfloder Tusinder af Hestekræfter. Ved et Anlæg er Flodvandet saaledes ført 11 Kilometer (1½ Mil) til et Sted, hvor det faar et Fald af henved 600 Meter gennem Trykrør; en Vandstraale af 4 Centimeters (1½ Tomme) Tykkelse kan her give 2000 Hestekræfter i et Pelton-Hjul.

De mægtigste Vandkrafts-Elektricitetsværker, som hidtil er bygget, findes ved Niagara-Faldene, der ligger i Nordamerika ved Grænsen af Kanada og De forenede Stater. Her har Naturen indenfor et lille Omraade samlet en Vandkraft, der løber op til Millioner af Hestekræfter, hvoraf de hidtil anlagte Værker ved fuld Udbygning vil lægge Beslag paa mange hundredetusinde. Et af disse Værker, som blev taget i Brug i 1905, er indrettet paa at udnytte 110 000 Hestekræfter

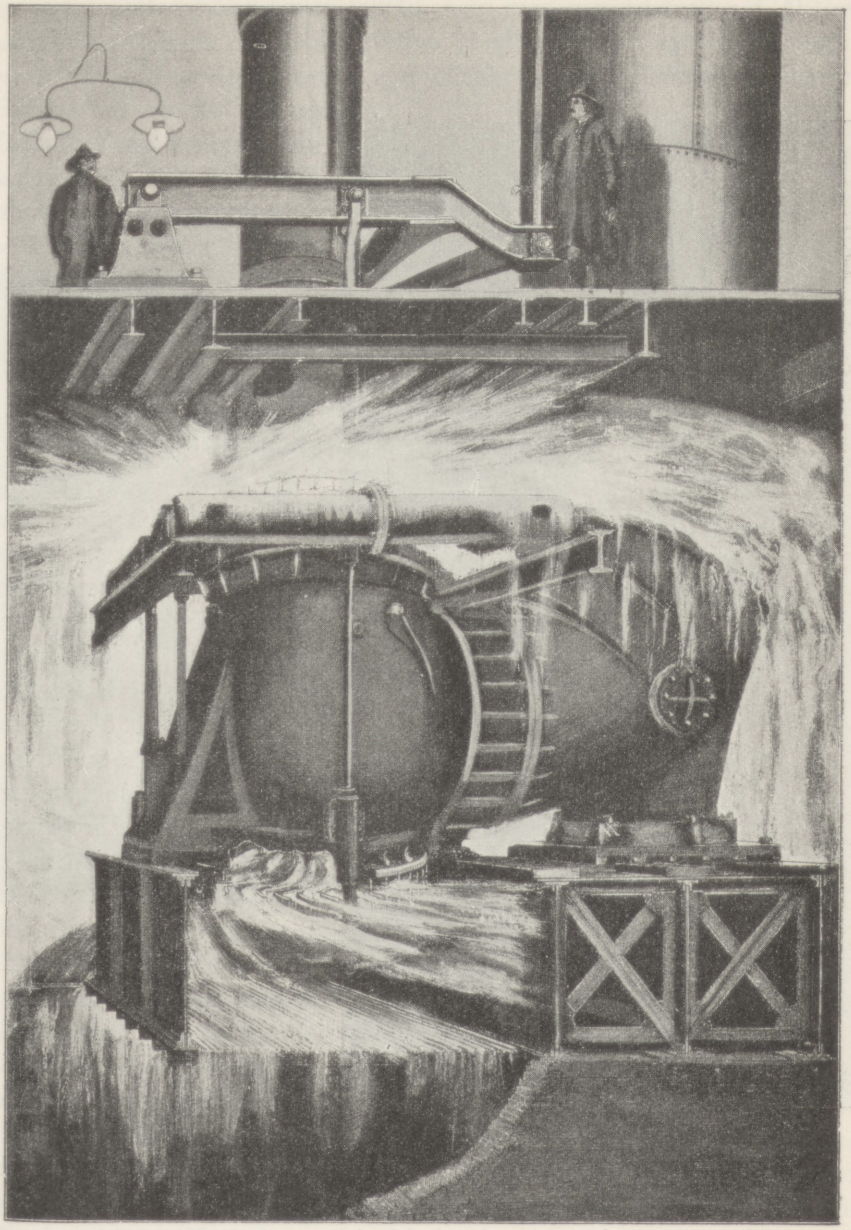


Fig. 212. Fra den nederste Del af Turbinskakten i et af Niagaraværkerne.

Til højre ses det vældige Trykrør, som fører Vandet til Turbinen; af denne udslynges Vandet fra to Skovlhjul, et foroven og et forneden.

ved 11 Kæmpeturbiner hver paa 10 000 Hkr. Vandkraftsanlægget er meget forskelligt fra de tidligere omtalte, idet det Sted, hvor Værket er anlagt, ligger et godt Stykke ovenfor det Vandfald, som udnyttes. Man har nemlig her dannet en langstrakt Kløft eller Skakt dybt ned i Jorden; Skaktens Bredde er 6—7 Meter (20 Fod) og dens Dybde 55 Meter (175 Fod). Turbinerne er anbragt ved Bunden af Skakten, og deres lodrette Aksler gaar op til Dynamoer inde i det egentlige Elektricitetsværk, der er bygget over Skakten. Vandet ledes til Værket fra et Sted af Floden ovenfor Faldet, tilføres de enkelte Turbiner gennem Trykrør i Skakten og forlader efter at have passeret Turbinerne Skakten gennem en Tunnelledning, som er ført omtrent vandret 600 Meter gennem fast Klippe til et Sted af Floden nedenfor Faldet. En lignende Fremgangsmaade er anvendt ved et Par andre ligesaa mægtige Værker.



Fig. 213. Rjukan i vild Tilstand.

Et Anlæg, som taaler at stilles ved Siden af Niagaraanlæggene, er for Tiden under Arbejde ved Rjukanfos, hvor det er Hensigten at nyttiggøre en Arbejdskraft af ca. 250 000 Hestekræfter ved to mægtige Værker, Rjukan I og Rjukan II med Faldhøjder henholdsvis ca. 300 Meter og ca. 270 Meter, tilsammen 570 M. Rjukan II ligger nedenfor Rjukan I og skal benytte Vandet efter dette. Rjukan I (Fig. 215) nærmer sig nu (Sommeren 1910) sin Fuldførelse. Baade Turbiner og Generatorer vil være opstillede inden Aarets Udgang. Turbinerne er Peltonturbiner, der

normalt yder 13 500 Hestekræfter; de hører til de største Peltonturbiner i Verden.

Det hele Foretagende er et Led af den imponerende elektrokemiske Virksomhed — med Fremstilling af Salpeter af Luftens Kvælstof som Hovedformaal — som har udviklet sig paa Grundlag af Professor Birkelands og Ingeniør Eydes Metode og »Badische Anilin- u. Sodafabrik«s Patenter; foreløbig er denne Virksomhed i fuld Gang ved

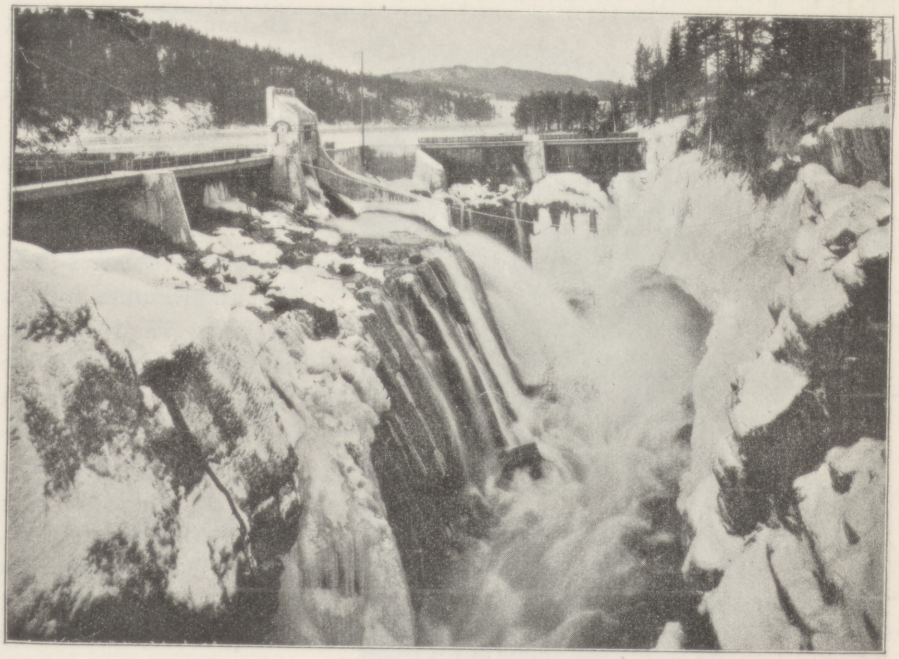


Fig. 214. Stemmeværket ved Svælgfosanlægget.

Notodden og ved Svælgfosanlægget, der er udbygget for 40 000 Hkr. Denne Sag omtales imidlertid senere (Afsnit X).

Et andet storslaaet skandinavisk Anlæg er det, der er udført ved Trollhättanfaldene ved Göta-Elven. Deres samlede Faldhøjde er 32 Meter, og ved nogen Opstemning af Vandet i Venern-Søen vilde man her kunne skaffe 200 000 Hkr. Aaret rundt. Foreløbig er der udført et Kraftværk, som kan udnytte 80 000 Hkr. Det er taget i Drift i 1910.

Da næsten alle større Vandkrafts-Elektricitetsværker frembringer Vekselstrøm, kan de som nævnt Side 232 ikke bruge et Akkumulatorbatteri til Opsamling af elektrisk Energi. Man maa altsaa bygge Tilledningsrør, Turbiner og Dynamoer saa store, at de uden Hjælp kan

yde alt, hvad Ledningsnettet kræver under den stærkeste Benyttelse. Fører Vandløbet altid rigeligt Vand til at give Turbinerne fuld Kraft, saa kan man, naar der kræves mindre, formindske Tilstrømningen til Turbinerne, og lade mere Vand løbe unyttet bort. Men er der til Tider Vandmangel, saa er det aabenbart en uøkonomisk Fremgangsmaade; det var bedre, om man paa de Tider, der var rigeligt Vand, lod det overflødige blive i en Beholder oppe over Værkets Trykledninger, saa at det kunde gøre Nytte senere, naar det tiltrængtes. En saadan Reguleringsbeholder, der paa en Maade kan træde i Stedet for et Akkumulatorbatteri, maa imidlertid være meget stor, om det skal kunne forslaa noget. En Vandbeholder, der skulde kunne opsamle en lignende Energimængde som Batteriet paa Gotersgadeværket i København (se S. 178), d. v. s. omtrent 4000 Hestekrafttimer, maatte, om den anbragtes ca. 100 Meter (ɔ: omtrent som Højden af Københavns Raadhustaarn) over Turbinerne, indeholde 14—15 000 Kubikmeter eller ca. 100 000 Tønder; er Dybden omtrent lig Mandshøjde, vilde dens Flademaal blive en Hektar eller et Par Tønder Land (henved Halvdelen af Kongens Nytorv). Det er let at se, at der ikke kan blive Tale om ligefrem at bygge en saa vældig Beholder; men i de Egne, hvor Vandkraftsværkerne findes, har Naturen ofte gjort Arbejdet eller i alt Fald en Del af det.

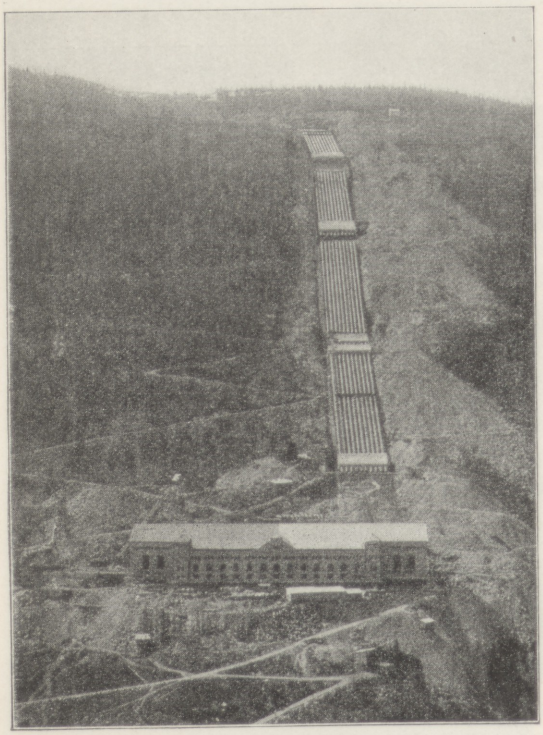


Fig. 215. Rjukan tæmmet.
Værket Rjukan I og Trykrørene dertil.

Hvis det Fald, Værket udnytter, f. Eks. findes umiddelbart efter Flodens Udløb af en Sø, saa kunde man afspærre Udløbet ved et Sluseværk, og derefter benytte Søen som Reguleringsbeholder, idet man slipper mere eller mindre Vand ud, efter som det behøves. En kunstig Sø (eller en Udvidelse af en naturlig Sø) kan ofte dannes nogenlunde

let, idet man paa et passende Sted ved Hjælp af en Spærredæmning tværs over Flodlejet tvinger Floden til at brede sig over store Flader; saaledes som man ovenfor de ældre Vandmøller har dannet »Mølledamme«. Hvor man ikke paa selve Flodens Vej har kunnet tilvejebringe en passende Reguleringsbeholder, har man enkelte Steder afledet Flodvandet til en naturlig eller kunstig Sø, hvorfra det saa føres til Værket. Det kunde ogsaa i visse Tilfælde tænkes, at Værket en Tid pumpede Vand op i en saadan Beholder for at bruge det til en anden Tid; men herved vilde naturligvis lides et Krafttab.

En tilstrækkelig stor Reguleringsbeholder vilde kunne raade Bod baade paa Elektricitetsforbrugets ujævne Fordeling over Dagen (mest om Aftenen), paa dets ujævne Fordeling over Aaret (mest i den mørke Vintertid) og paa Vandløbenes ujævne Vandføring. Men Ujævnheden i sidstnævnte Henseende er rigtignok i Lande med Is og Sne i Almindelighed saa overvældende, at der slet ikke kan være Tale om at indfange og udnytte al Vandkraften i den vandrigeste Tid, der indtræffer om Vaaren, naar Sneen smelter. I mindre Alpefloder kan Vandføringen under Vaarflommen f. Eks. være ca. 300 Gange saa stor som den mindste Vandføring. I Drammens Elven har man under en Vaarflom maalt 2000 Kubikmeter, medens den mindste Vandføring er 45 Kubm. (i Sek.). For Glommens nedre Løb kan 3000 og 100 Kubm. omtrent sættes som de normale naturlige Grænser. Forholdet er her altsaa som 30 til 1, og det vilde være endnu større, hvis ikke flere store Søer — deriblandt Mjøsen, der er 360 Kvadratkilometer (6—7 Kvadratmil) i Flademaal — virkede udjævnende.

Dette Forhold er selvfølgelig i høj Grad ugunstigt for Vandkraftens Udnyttelse. Kan der ved et Vandkraftsanlæg ikke skaffes mere end f. Eks. 1000 Hkr. ved den ringeste Vandføring, men 10 000 ved den største, saa kan det i Reglen ikke betale sig at indrette et Elektricitetsværk til meget større Kraft end de 1000 Hkr.; thi de færreste Kunder vil gaa ind paa at give deres Lamper eller Elektromotorer Ferie en Tid af Aaret.

Ved talrige Fosser ved de større norske Elve er der rigtignok selv i den vandfattigste Tid Kraft nok til anselige Værker. Men de mange til Dels meget store Søer, som Elvene passerer, aabner Muligheder for Udnyttelsen af langt større Vandkraft Aaret rundt, idet man ved Spærredæmninger kan opstemme uhyre Vandmasser i dem i Flomtiden og udtappe den saaledes dannede Beholdning efterhaanden i den knappe Tid.

Ved Sydenden af Mjøsen har man allerede for mange Aar siden (af Hensyn til Dampskibsfarten) bygget en Dæmning, som kan hæve

Søens Vandspejl 2—3 Meter og derved ophobe henimod 1000 Millioner Kubikmeter Vand. Idet Søens Overflade ligger 120 Meter over Havet, vilde hver Kubikmeters Vandføring svare til 1000 Hestekræfter, om vi regner med 100 Meter nyttigt Fald; og den opsamlede Vandmængde kunde da holde 100 000 Hkr. vedlige 100 Døgn igennem eller 200 000 Hkr. 50 Døgn igennem af den vandfattige Tid. I Virkeligheden har man nu ved Reguleringen af Mjøsenvandet sikret en Mindstevandføring af over 200 Kubm. i Glommens nedre Løb.

Om Røselven i Tromsø Stift angives det, at dens mindste Vandføring ved en Reguleringsdæmning for Enden af den højtliggende Sø

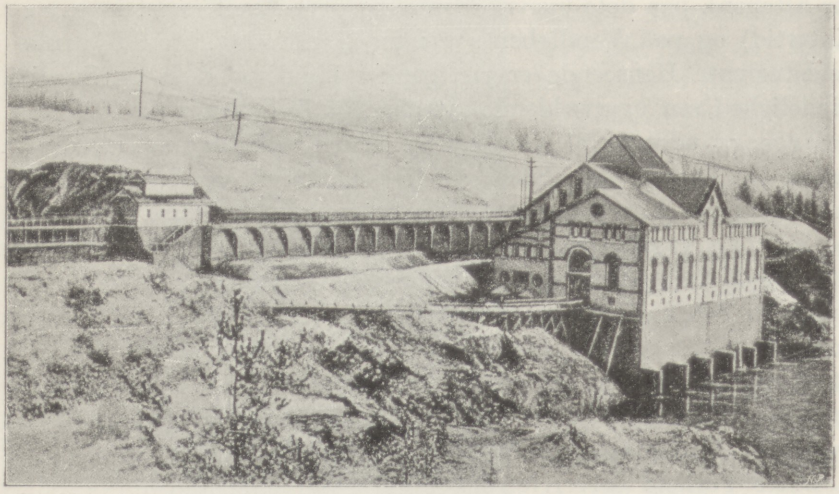


Fig. 216. Kykkelsrudsværket ved Glommen.

Røsvand rimeligvis kunde bringes op fra 4 Kubm. til 50 Kubm., hvorved Elven vilde blive i Stand til at holde Vandkraftsanlæg paa over 100 000 Hkr. i Gang selv i den vandfattigste Tid. — Saaledes kunde der nævnes mange Eksempler paa, hvad der kunde naas og er naaet ved Spærredæmninger.

Efter at vi i det foregaaende har set, hvorledes man kan tvinge Vandløbene til at afgive Arbejdskraft til Elektricitetsværker, skulde vi nu gaa over til den egentlig elektriske Side af Sagen — Arbejdskraftens Omformning til elektrisk Energi og dens Flytning fra Værket til de Steder, hvor den skal bruges.

Vi kan som Eksempel tage Kykkelsrudsanlægget, der har sit Kraftværk ved Glommen noget nedenfor dennes Udløb af Søen Øjeren ved Fald med en samlet Højde af 14 til 19 Meter efter Vandforholdene og repræsenterende over 40 000 Hestekræfter ved Minimums-

vandføringen, der er over 200 Kubikmeter. Foreløbig er dog kun ca. Halvdelen af denne Kraft taget i Brug. Fig. 217 viser Maskinhallen, som den saa ud for nogle Aar siden. I Baggrunden ser man det øverste af to store Trefasegeneratorer, som drives af to dybere nede anbragte Turbiner paa 3000 Hestekræfter hver. I Forgrunden ses to Jævnstrømsdynamoer, der kun kræver 10—12 Gange saa ringe Kraft; de giver Magnetiseringsstrøm til de to store Dynamoer og tillige Strøm til Belysning af Værket. Nu er dette som sagt meget større.

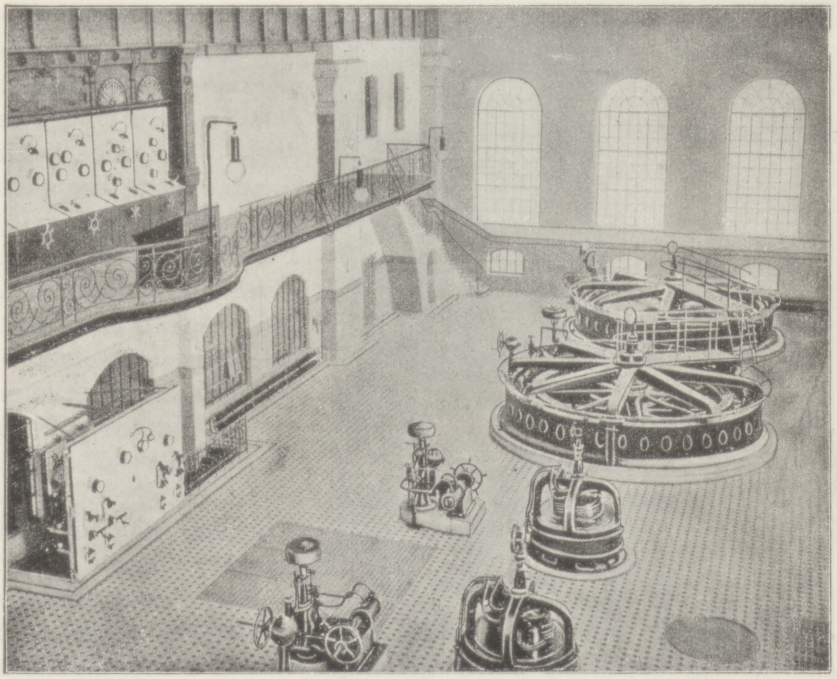


Fig. 217. Maskinhallen i Kykkelsrudsværket.

Generatorerne giver Trefasestrøm af 5000 Volts Spænding, men denne forhøjes ved store Transformatorer til ca. 20 000 eller til 55 000 Volt. Den førstnævnte Spænding benyttes i en 35 Kilometer lang Ledning til Byen Moss, den anden i 3 Ledninger, af hvilke den ene fører nogle tusind Hestekræfter ca. 42 Km. sydpaa til Aktieselskabet Hafslunds Anlæg ved Sarpsfossen; her har nævnte Selskab tillige et stort Kraftværk paa ca. 25 000 Hkr., som navnlig anvendes af store elektrokemiske Fabrikker; fra Sarpsfossen tages endvidere en stor Vandkraft til et andet Værk, som yder elektrisk Drivkraft til Cellulose- og Papirfabrikker. De to andre Højspændingsledninger fra Kykkelsrudsværket gaar — hver paa sin Masterække — nordpaa til Kristiania.

Herfra fører to Ledninger videre til Lillestrøm (16 Km.) og til Slemmestad (35 Km.) paa den Kykkelsrudsværket modsatte Side af Kristianiafjorden; i disse Ledninger er Spændingen imidlertid nedsat til 18 000 Volt.

Tænker vi os den hele Ledningslinje fra Kykkelsrudsværket til Slemmestad strakt lige ud, vilde den med sine 80—90 Kilometer eller 11—12 Mil kunne række omtrent som fra København til Masnedsund, og den allerstørste Del af Jylland kunde omspændes med en Cirkel af denne Radius. Naar man nu betænker, at man ved det oprindelige elektriske Lysanlæg i København med dets 2 × 110 Volts Spænding (Treleder - System) maatte sætte den økonomiske Forsyningsgrænse til 1 Kilometer, saa forstaar man, hvilket mægtigt Fremskridt Anvendelsen af den høje Spænding betyder. Vi kan ogsaa anvende følgende Betragtning: Dersom 10 000 Hestekræfter skulde sendes fra Kykkelsrud til Kristiania (50 Kilometer) med 10 Procents Tab ved en Spænding af 100 Volt, saa vilde hertil udkræves to Kobbertove af 4 Meters Tværmaal, som vilde veje over 10 Milliarder Kilogram og altsaa ved en Pris af 2 Kr. pr. Kg. koste 5—6 Gange saa meget som Frankrigs Krigsskadeserstatning til Tyskland i 1871; men ved 50 000 Volt kunde man nøjes med Kobbertraade 8 Millimeter i Tværmaal og til en Pris af 80 000 Kr. (Herved har vi dog for Simpelheds Skyld tænkt os anvendt Jævnstrøm i Stedet for Trefasestrøm).

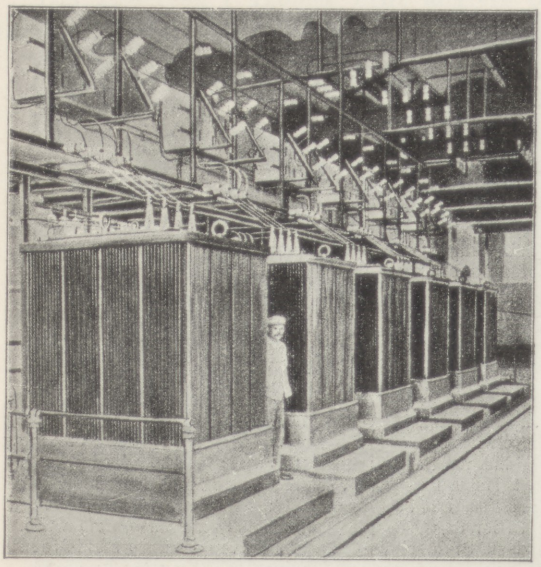


Fig. 218. Transformatorer i Kykkelsrudsværket.

Inden den elektriske Energi, som Højspændingsledningerne fører ud fra Kraftværket, kan benyttes i Lamper eller Elektromotorer, maa den sættes ned til en lavere Spænding — for Lampernes Vedkommende højst 250 Volt. Naar den oprindelige Spænding er saa høj som 40 000 Volt, udføres Nedsætningen i Reglen i 2 eller flere Trin, saaledes at den første Nedsætning foregaar i Transformatorstationer fælles for en større Egn, den sidste i et stort Antal mindre Transformatorer, an-

bragt i smaa aflaasede Huse eller Søjler i den Bydel, Landsby eller Ejendom, der skal forsynes. Fig. 219 viser en saadan Transformatorsøjle fra Drammen. Den indeholder to Trefasetransformatorer, der hver omsætter 50 Kilowatt (68 Hestekræfter) og derved kunde forsyne henimod 1000 16-Lys Kultraadslamper; forneden ses Strømafbrydere og Sikringer. Højspændingsledningerne (4500 Volt) er ført underjordisk ind i Søjlen, og Lavspændingsledningerne (220 Volt) gaar ligeledes ud fra den i et Jordkabel, men dette strækker sig kun et lille Stykke hen til en Ledningsmast (»Fødemast«) hvorfra Strømmen føres ud til Forbrugerne som Luftledninger.

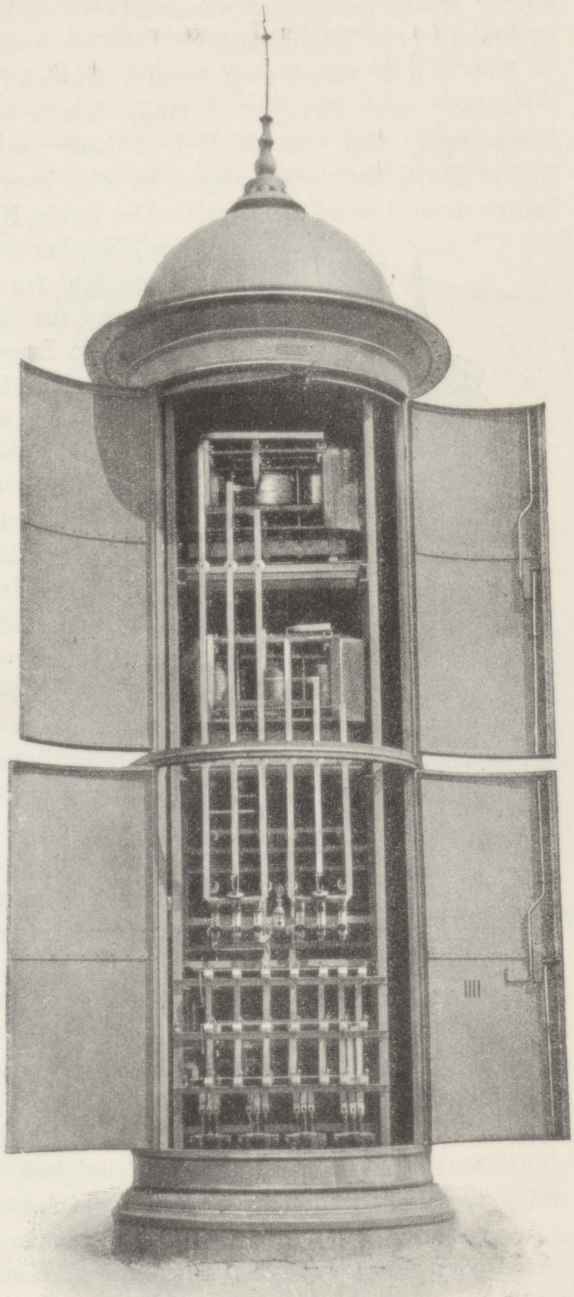


Fig. 219. Transformatorsøjle i Drammen.

Kykkelsrudsanlægget hører baade, hvad Kraftoverføringens Længde og hvad Spændingshøjden angaar, til de anseligste i Evropa. En lignende Spænding anvendes imidlertid ogsaa flere andre Steder, i Sverrig saaledes ved Trollhättananlægget og ved et Anlæg, som

sender Kraft fra Majenforsværket ved Lagan-Elven i Halland til Malmø (125 Kilometer).

Det er dog Amerika og fremfor alt det fjærne Vesten, der er gaaet i Spidsen med Hensyn til lange Kraftoverføringer ved meget høje Spændinger. Den største Del af Kalifornien er gennemvævet af et Net af Højspændingsledninger, hvorfra hver By og hvert Minedistrikt henter deres Lys og Drivkraft. »Det hvide Kul« fra Bjærgene (ɔ: Vandkraften) har her vundet en afgjort Sejr over det sorte Kul fra Jordens Skød. Under Bestræbelserne for at naa dette Maal har Vestens dristige Ingeniører hverken respekteret Afstande eller andre Naturhindringer. I vældige Spand er Ledningstraadene ført fra Mast til Mast tværs over brede Kløfter og Vande; et Sted er de saaledes udspændt 1350 Meter ($^1/_6$ dansk Mil) over en Fjord mellem to Jærntaarne. Og den hele Linjelængde fra Elektricitetsværket til de fjærneste Forbrugssteder er enkelte Steder 350 Kilometer eller mere, det vil sige saadan noget som den lige Linje fra København til Kristianssand eller fra Skagen til Gedser eller fra Kristiania til Trondhjem. — Endnu større Afstand — op mod 500 Kilometer eller 60—70 danske Mil — har man bundet an med ved et nyt Anlæg ved Niagara, hvor der anvendes en Spænding af 110 000 Volt.



Fig. 220.
Hængeisolator fra det nye 100 000 Volts Anlæg ved Niagara.

I Evropa er man vel ikke endnu gaaet saa højt op med Spændingen, men der er store Planer fremme om et 100 000 Volts Anlæg, der skulde føre Vandkraft fra Rhonefloden til Paris, og et andet Anlæg for samme Spænding med Vandfaldene ved Rhinens øvre Løb som Kraftkilde og et Forsyningsomraade strækkende sig helt op til Hamborg, ca. 800 Kilometer.

Dette sidste Projekt staar i Dristighed ikke langt tilbage for et andet, som blev meget drøftet for nogle Aar siden, og som gik ud paa, at man skulde sende Kraft fra det vældige Victoria-Fald ved Zambeze-Floden i det sydlige Afrika ned til Minedistrikterne i Transvaal; det drejer sig her om en Afstand af ca. 1100 Kilometer, d. v. s. omtrent som fra København til Venedig eller fra Kristiania til Tromsø i lige Linje.

Der er ikke noget teknisk umuligt i disse Planer, og det er vel rimeligt, at endnu mægtigere Kraftoverføringsanlæg før eller senere vil blive virkeliggjorte. Hvor langt man i den nærmeste Fremtid vil gaa, er væsentlig et økonomisk Spørgsmaal. Man kan ikke udenvidere efter Behag sætte Prisen for lange Kraftoverføringer ned ved at sætte Spændingen op; thi ganske vist aftager Udgiften til selve Ledningstraadene, naar Spændingen forøges, men samtidig vokser Udgiften til Traadenes Anbringelse. For at isolere Elektriciteten maa man nemlig ved høje Spændinger bruge meget store flerdobbelte Porcellænsklokker eller anvende de saakaldte Hængeisolatorer, bestaaende af flere Isolationsstykker hængende det ene over det andet og med Traaden fastgjort nederst. Endvidere maa Ledningens 3 Traade holdes langt ude fra hinanden, for at der ikke skal opstaa Udladninger mellem dem. Ved de høje Spændinger vil derfor Masterne med deres Bærearme og Isolatorer blive uforholdsmæssig kostbare, hvis det ikke drejer sig om Overføring af meget store Energimængder.

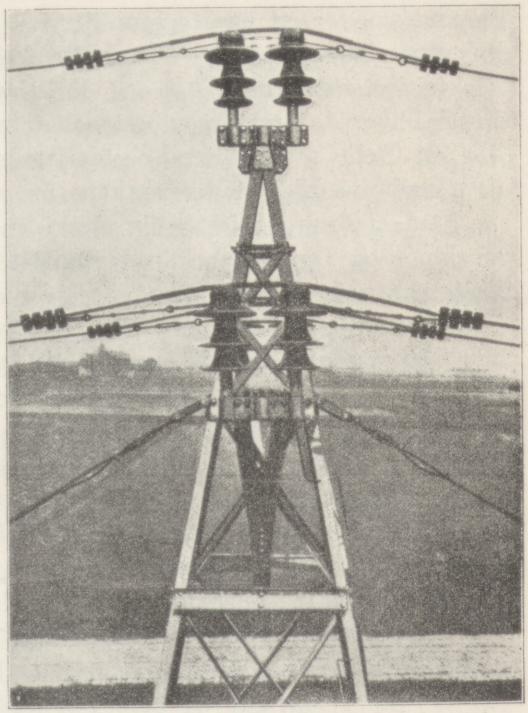


Fig. 221. Mast og Isolator ved et 60 000 Volt Anlæg ved Niagara.

Selv hvor Vandkraften kun behøver at føres korte Strækninger til Forbrugsstederne, er det imidlertid ikke givet, at det vil betale sig at hente den elektriske Energi fra et Vandløb i Stedet for at bruge Brændsel som Kraftkilde i Elektricitetsværket; det vil i høj Grad bero dels paa Stedets Brændselspriser, dels paa Omkostningerne ved Udbygning af Vandkraftsværket, og endelig ogsaa paa den elektriske Energis Anvendelse.

Hvad nu for det første Brændselsprisen angaar, da er den meget høj i Svejts, hvorhen Stenkullene maa føres ret lange Veje paa Skinner, men derimod forholdsvis lav i de norske Kystbyer, som faar Kullene ad Søvejen. Dette er en af Grundene til, at Svejts blev det førende

Land i Evropa med Hensyn til Udførelsen af store Vandkrafts-Elektricitetsanlæg, og at man her ligesom ogsaa i Norditalien flere Steder har indladt sig paa Udbygningsarbejder saa kostbare, at den elektriske Energi til Trods for den »gratis« Vandkraft ikke kan leveres for en billig Pris.

Imidlertid findes der, som tidligere antydet, rundt om i Norge store Mængder af Vandkraft i let tilgængelig Form, og man kunde da undres over, at en By som Bergen, der har nok af anselige Fosser indenfor rimelig Rækkevidde, indtil 1910 alene brugte Dampkraft til Elektricitetsfremstilling, og at Kristiania delvis bruger Dampkraft. Dette bliver dog mindre uforstaaeligt, naar man ved, hvor forholdsvis lille en Rolle selve Brændselsudgifterne spiller for Elektricitetsprisen ved saadanne Elektricitetsværker, som væsentlig leverer Strøm til Lys og Smaamotorer af forskellig Art i en større By. Ved store Dampmaskiner og Dynamoer kan Kuludgiften pr. Kilowattime under fuld Drift gaa ned til ca. 1 Øre, og selv om vi vil regne med en virkelig Gennemsnitspris, kan denne for et større godt indrettet Værk med ikke altfor ugunstige Forbrugsforhold gaa ned under 2 Øre pr. afgivet Kilowattime, eller med andre Ord til Ottendedelen af Motor-Elektricitetsprisen og Attendedelen af Lys-Elektricitetsprisen i København. Alene det Hensyn, at man slipper for Kuludgiften vil derfor under saadanne Forhold ikke veje afgørende i Vandkraftens Vægtskaal, naar Anlægsudgiften — til Vandbygning, Kraftværk, Kraftledning og Understationer — bliver betydelig større end ved et Dampanlæg.

Sammenligningen falder imidlertid langt gunstigere ud for Vandkraften, naar den elektriske Energi ikke skal anvendes i spredte Smaamotorer og Lamper med kortvarig daglig Benyttelse, men derimod i større samlet Mængde og hele Døgnet igennem; thi i dette Tilfælde vilde ved et Dampanlæg Kuludgifterne blive store i Forhold til Anlægsudgifterne, medens det ved Vandkraftsanlægget kun medfører en ret ringe Forøgelse af Driftsudgifterne, at Turbinerne skal løbe Nat og Dag i Stedet for kun at arbejde nogle faa Timer.

Denne Omstændighed har allerede sin Betydning ved det spredte Motor- og Lysforbrug, idet den er Aarsag til, at man ved mange Vandkraftselektricitetsanlæg har indført Tarifsystemer, i Følge hvilke Forbrugeren for hver Lampe eller Elektromotor, han har, betaler en fast Aarspris, som retter sig efter Lampens Lysstyrke eller Motorens Hestekraft, men ikke efter hvor længe de er i Virksomhed. Som allerede antydet S. 196 har en saadan fast Aarsafgift adskillige Ulemper, bl. a. den at hæmme en rigelig Anbringelse af Lamper. I Praksis gennemføres Princippet da ogsaa sjældent i sin Renhed; man vil som oftest

sætte Aarsprisen pr. 16 Lys-Glødelampe (ca. $^1/_{20}$ Kilowatt) eller pr. »elektrisk Hestekraft« ($^3/_4$ Kilowatt) hos Motorerne forskelligt efter Lampens og Motorens Anvendelse; eller man kan give Moderation, naar der anvendes Strømbegrænser (S. 196).

Men i hvert Fald kan de store, stadige Forbrugere faa Energien forholdsvis billigt. I hvor høj Grad fast Aarspris begunstiger den stadige Forbruger ses let af et Eksempel. Er Aarsprisen 175 Kr. pr. Kilowatt eller ca. 130 Kr. pr. elektrisk Hestekraft, vil den, der tager fuld Strøm uafbrudt i alle Aarets 8760 Timer (f. Eks. til kemisk Virksomhed) faa hver Kilowatttime for 2 Øre. En Fabrik (f. Eks. et Spinderi), der har sine Maskiner i Gang 9 Timer daglig alle Aarets Hverdage, maa give ca. 6 Øre. Og en Mand, som har 20 16 Lys-Glødelamper, der ved at brænde samtidig bruger 1 Kilowatt, vilde komme til at give omtrent 60 Øre pr. Kilowatttime, saafremt Lampernes gennemsnitlige aarlige Brændetid var 300 Timer.

Ved adskillige norske Fosser er Udbygningsforholdene saa gunstige, at den elektriske Energi kan skaffes til en Pris af 15—30 Kr. pr. Hestekraftaar, hvilket vilde blive ½ à 1 Øre pr. Hestekrafttime for en Fabrik med 3000 Timers ensartet aarligt Arbejde. Her vilde Maskinerne med andre Ord kunne faa den bekvemme elektriske Energi for en Pris lig eller mindre end hvad den uden elektriske Mellemled vilde koste alene i Kul — altsaa andre Driftsudgifter samt Anlægsudgifterne ikke medregnet — ved økonomisk arbejdende Dampmaskiner. Ved fuldstændig uafbrudt Brug vilde Prisen blive $^1/_6$ til $^1/_3$ Øre pr. Hestekrafttime. Dette er saa lidt, at hvor Kullene er dyre, kunde det i alt Fald ved den laveste nævnte Pris betale sig at anvende den elektriske Energi som Varmekilde i Stedet for Kul.

Selv i gunstigste Tilfælde kan Norges Elve dog næppe yde Varme ligesaa billigt som Stenkullene i de store Kuldistrikter; men mekanisk Arbejdskraft kan de give meget billigere, og til saadan kemisk Virksomhed, som skal bruge store Energimængder i elektrisk Form, har den norske Vandkraft et stort Forspring baade for Stenkullet og for Vandkraften i de fleste andre Lande. Det er derfor ikke tomme Fantasterier, naar man taler om en stor Fremtid for Norge som Industriland. Hvor stor en Vandkraft det vil være muligt at udnytte i Norge, kan ikke siges med nogen Sikkerhed; men kyndige Mænd anser ikke 6 Millioner Hestekræfter Aaret rundt for at være en overdreven Angivelse. Heraf var indtil 1909 antagelig udbygget eller under Bygning Anlæg for ca. 700 000 Hestekræfter — dog naturligvis ikke altsammen i elektriske Anlæg.

Højspændingsanlæg med andre Kraftkilder end Vandkraft. Naar ikke Vandkraften, men Stenkul (eller andet Brændsel) er Kraftkilde for elektrisk Lys og Drivkraft, saa er der ingen Naturnødvendighed for at anvende lange Kraftoverføringer, da Kullene kan sendes til Elektricitetsværker i Nærheden af Forbrugerne. I Danmark bar man sig indtil de sidste Aar saaledes ad. Alle Elektricitetsværker var beregnede paa kun at forsyne Forbrugere i ret korte Afstande, som kunde overvindes ved Spændinger som 110, 220, eller allerhøjest 5—600 Volt; i København maatte man derfor anlægge fuldstændige Elektricitetsværker i forskellige Bydele, og paa samme Maade bar man sig til at begynde med ad i de andre store Byer. Men efterhaanden er man i Millionbyerne helt eller delvis gaaet over til den Fremgangsmaade at forsyne hele Byen eller et meget stort Areal fra et enkelt stort Værk, som sender højspændt Vekselstrøm til Understationer i de forskellige Bykvarterer. Den højspændte Strøm ledes i Evropas Storbyer i Reglen gennem underjordiske Kabler — ikke som i Amerika gennem Luftledninger; Fig. 222 er Tværsnit af et saadant Kabel for Trefasestrøm; her, hvor vi har stor Spænding og forholdsvis ringe Strømstyrke, maa der ofres meget paa Isolationen og lidet paa Kobberet, medens Forholdet er omvendt ved Lavspændingskablet Fig. 155, S. 183, hvad et Blik paa de to Billeder straks viser.

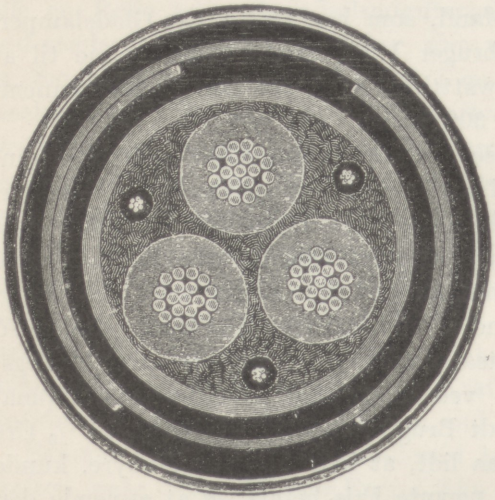


Fig. 222. Højspændingskabel med Maaletraade.

Forøvrigt giver man nu ofte de tre Ledere i et Trefasekabel en saadan kantet Form, at de bedre udfylder Kablets Indre.

I Understationer kan Strømmen saa forvandles til lavspændt Vekselstrøm ved faste Transformatorer. Eller man kan omdanne den til lavspændt Jævnstrøm ved roterende Omformere, bestaaende af en Elektromotor, som modtager Vekselstrømmen, og en Jævnstrømsdynamo, som drives af Motoren og derved frembringer Jævnstrøm. Motoren er ofte en synkron Trefasemotor (S. 235); den kan sættes i Gang ved, at man først sender Strøm fra et Batteri paa Understationen ind i Jævnstrømsdynamoen, som da virker som Motor og trækker Trefasemaskinen; naar denne har faaet den rette Fart, slipper man Trefasestrømmen ind i den, hvorefter den overtager sit rette Hverv

som Motor. Motor og Dynamo kan ogsaa være i nøjere elektrisk Sammenhæng, som det er Tilfældet i den saakaldte Kaskadeomsætter, der er opfundet af Danskeren J. L. la Cour (nu teknisk Chef for det store »Almänna svenska elektriska Aktiebolaget«) og Nordmanden Bragstad (nu Professor ved den tekniske Højskole i Trondhjem) — eller være smeltet helt sammen til én elektrisk Maskine som i den saakaldte Etankeromformer, hvor Vekselstrøm føres ind i et roterende Ankers Vindinger fra den ene Side og føres ud fra den anden Side som Jævnstrøm.

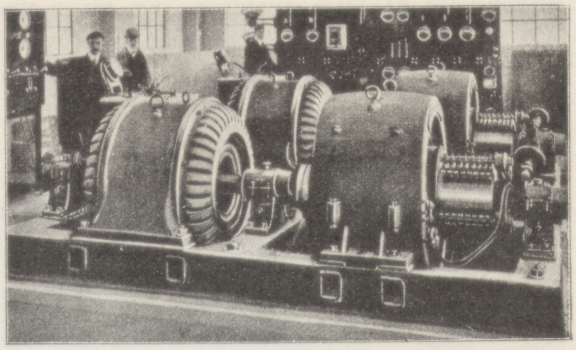


Fig. 223. J. L. la Cours og Bragstads Omsætter i Virksomhed i et engelsk Elektricitetsværk.

Hovedstationerne bliver ved en saadan Ordning af Elektricitetsforsyningen mange Steder vældige Kraftcentraler. I New York findes der saaledes Centraler, der repræsenterer 100 000 Hestekræfter. Ogsaa i London har man i de sidste Aar bygget imponerende Kraftstationer — dog mest til Forsyning af de elektriske Baner. Fig. 224 er en kæmpemæssig Stander til en Trefasegenerator for en londonsk Central og beregnet til en Kraftydelse af 3500 Kilowatt — d. v. s. 3 Gange saa meget som de største Dynamoer i Gotersgadeværket i København.

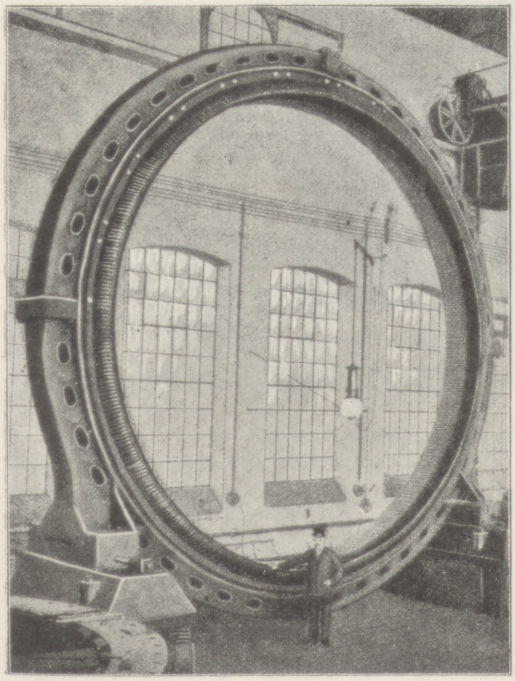


Fig. 224. Stander til en stor Trefasegenerator i London.

Ringen Fig. 224 imponerer ved sin Størrelse, men det vilde forøvrigt være ganske urigtigt uden videre at bedømme Dynamoers Ydeevne efter Størrelsen. Ved

Anvendelse af Dampturbiner, der giver meget hurtigere Omdrejning end Stempelmaskinerne, kan man faa Dynamoer, der er meget mindre end den, Ringen Fig. 224 tilhører, til at yde et meget større Arbejde.

Dette er en af Grundene til, at James Watts Stempeldampmaskine nu paa store nye Elektricitetsværker maa vige Pladsen for Dampturbinerne, hvor Dampen virker paa Skovlhjul omtrent ligesom Vandet i de tidligere omtalte Turbiner. At Gas- eller Dieselmotorer har vundet Indgang paa de fleste smaa Værker, er allerede tidligere omtalt, og naar nu hertil kommer, at Fabrikker i den kommende Tid i stedse voksende Antal vil hente Drivkraften fra store Elektricitetsværker (med Vand- eller Dampkraft) i Stedet for fra egen Dampmaskine, saa kan man sige, at Stærkstrømsteknikkens Fremvækst er ved at gøre fuldstændig Ende paa Stempel-Dampmaskinens Herredømme i Teknikkens Verden — i alt Fald til Lands.

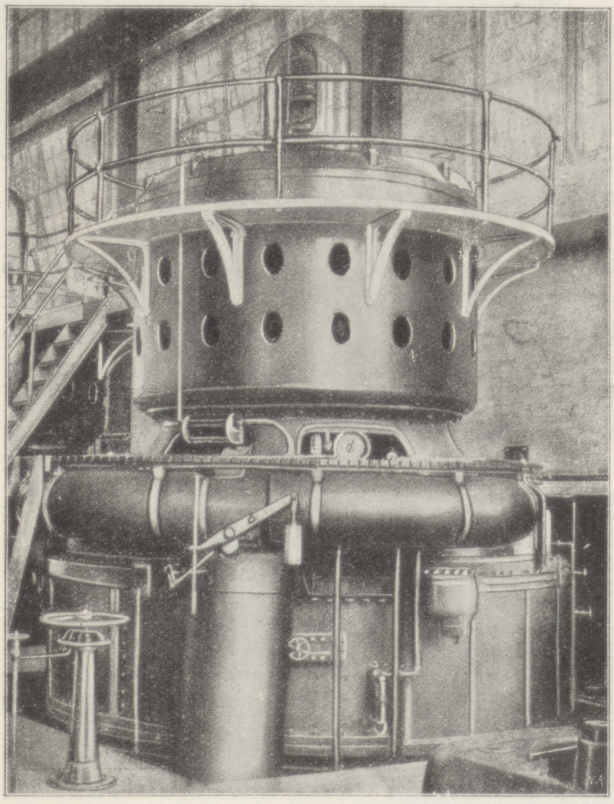


Fig. 225. Opretstaaende Turbogenerator i en amerikansk Central.

Navnlig i de amerikanske Elektricitetsværker har man lagt megen Vægt paa at faa stor Kraft ved smaa Maskiner, der kun optager ringe Plads. Videst i denne Retning er man vist naaet ved den Maskintype, som er fremstillet i Fig. 225. Her er en Dampturbine af Curtis' System sammenbygget med en Trefase-Generator, saaledes at de har fælles lodret Aksel; Generatoren er anbragt øverst; dens Løber og Stander er vist S. 224 i Fig. 193 og 194. I Chikago findes der en Maskinhal med en Række saadanne »Turbodynamoer« eller »Turbo-

generatorer«, hver paa 10 000 Hestekræfter. I mange ældre Elektricitetsværker optager Dampmaskiner og Dynamoer en halv Snes Gange

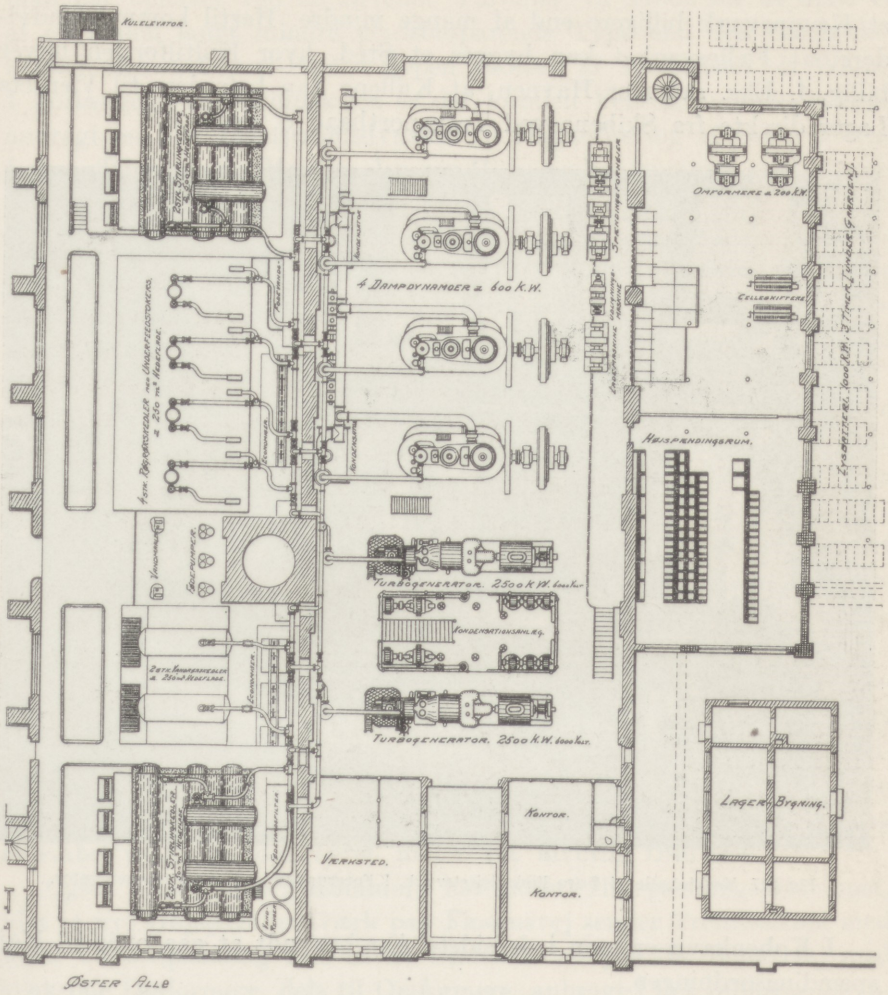


Fig. 226. Grundplan af Østre Elektricitetsværk.

saa stor Gulvflade, som den samme Kraftydelse vilde kræve ved Curtis' Turbogeneratorer.

Hensynet til Pladsbesparelsen har navnlig Betydning i store Byer, hvor Grunden er kostbar, og det er en af Aarsagerne til, at man er gaaet over til Forsyning fra en fælles Højspændingscentral, der kan anbringes ude paa billigere Grund, medens man inde i de dyrere Kvarterer kun skal skaffe Plads til de smaa Understationer, der, om det

skal være, kan indrettes i Kælderen under Beboelseshuse; i Chikago er en Understation for 10 000 Hestekræfter anbragt paa denne Maade. Men ogsaa bortset fra Grundværdien bliver baade Anlæg og Drift af et Kæmpeværk billigere end af mange mindre. Hertil kommer endvidere, at Fællesværket kan bygges et Sted, hvor Kultilførslen bliver billig, f. Eks. saa nær Havnen, at Kullene kan befordres til Værkets Lager direkte fra Skibene ved Transportbaad o. desl.

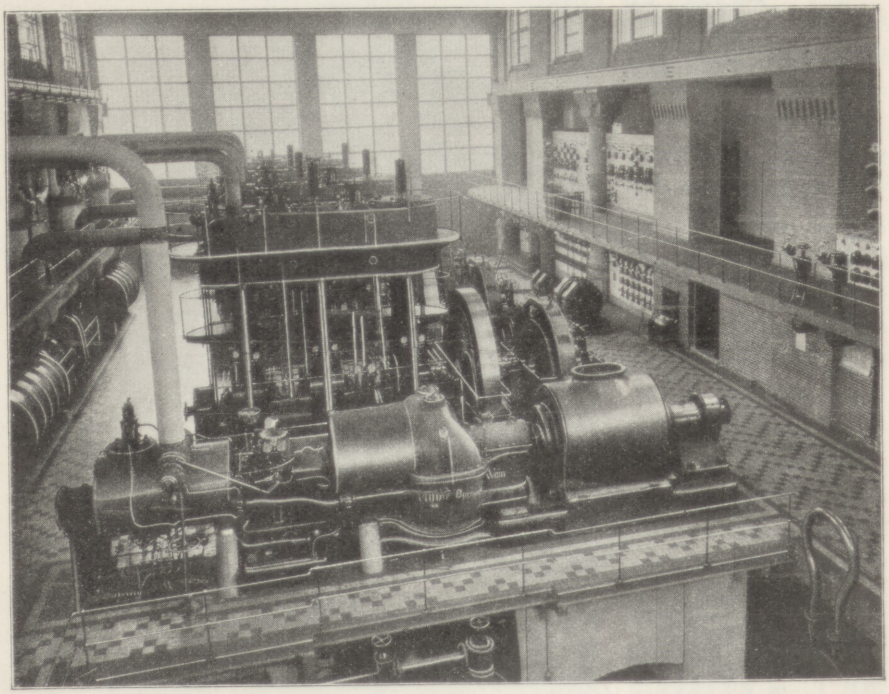


Fig. 227. Maskinhallen i Østre Elektricitetsværk. I Forgrunden den ene Turbogenerator.

I København er man i de sidste Aar begyndt at gaa over til Højspændingsordningen.

Østre Elektricitetsværk, som oprindelig var en Jævnstrømscentral, der dels leverede Strøm til Lys og Motordrift i de omliggende Kvarterer, dels forsynede Sporvejsnettet med Strøm, blev i 1907—08 udvidet med en Højspændingsafdeling. Planen Fig. 226 i Forening med Fotografiet Fig. 227 giver et Begreb om Ordningen paa Værket. Længst til venstre paa Planen ses Kedelanlægget og til højre for dette Maskinhallen. Her findes 4 Stempeldampmaskiner, der driver hver sin Jævnstrømsdynamo, og 2 Turbogeneratorer, som frembringer Vekselstrømmen — Trefasestrøm af 6000 à 6500 Volts Spænding. Naar det

nævnes, at hver enkelt af Turbogeneratorerne kan yde omtrent ligesaa megen elektrisk Energi som de 4 Jævnstrømsmaskinsæt tilsammen, faar man gennem Planen et stærkt Indtryk af den Pladsbesparelse, man har opnaaet ved at anvende Turbiner, til Trods for at disse er af en anden langt mindre pladsbesparende Type end den Curtis'ske, nemlig Brown-Boveri-Parson-Typen (udført af Burmeister & Wain). I Forlængelse af Turbinakslen er der foruden Vekselstrømsgeneratoren anbragt en lille Jævnstrømsdynamo til Magnetisering af Generatorens Løber. Til højre for Maskinsalen ses Højspændingsrummet med Strømtavle m. m. for den højspændte Strøm samt et Rum med et Par Omformere, som kan overføre Energi fra Vekselstrøms- til Jævnstrømsafdelingen eller omvendt. I Løbet af 1911 skal dette Omformeranlæg forøges med et Par la Cour-Bragstad-Omsættere, hver paa 1000 Kilowatt. — De punkterede Figurer længst til højre i Planen betegner en Del af et i Kælderen anbragt Akkumulatorbatteri.

Fra Østre Elektricitetsværk fører tre Højspændingskabler Strøm henholdsvis til Valby, til Sundbyerne og til Distrikterne Emdrup, Bispebjærg, Brønshøj og Vanløse, hvor Spændingen nedsættes fra 6000 til 220 eller 127 Volt i smaa Transformatorhuse. Tre andre Kabler gaar til Vestre Elektricitetsværk, der nu for en stor Del er blevet en Omformerstation, hvor den højspændte Vekselstrøm fra Østre Værk omdannes til Jævnstrøm til Brug for Sporvejsnettet og Lysnettet.

Denne Ordning med Østre Elektricitetsværk som Højspændingscentral er dog kun midlertidig. Det er Hensigten at bygge et stort Højspændingsværk for København paa udfyldt Grund i Kalvebodstrand. Forøvrigt har den Tanke at hente elektrisk Energi til Københavns Forsyning fra Trollhättan-Anlægget gennem Luftledninger og et Kabel under Sundet været under ret alvorlig Drøftelse.

Ogsaa Frederiksberg Kommune har indført Højspændingsprincippet, idet et nyt Højspændingsværk paa Finsensvej sender Trefasestrøm med 6000 Volts Spænding dels til en Understation paa St. Knudsvej med synkrone Omformere, dels til Omformere, anbragt i det tidligere Jævnstrømsværk paa Hortensiavej.

Til Forsyning af Landdistrikter synes der i endnu højere Grad end i de store Byer at være Grund til at foretrække Højspændingsanlæg med et større Værk og vidtstrakt Forsyningsomraade fremfor et stort Antal snævert begrænsede Lavspændingsanlæg, hver med sit fuldstændige Elektricitetsværk, der paa Grund af sin Lidenhed altid vil blive forholdsvis dyrt at drive. Men ét er, hvad der i Teorien

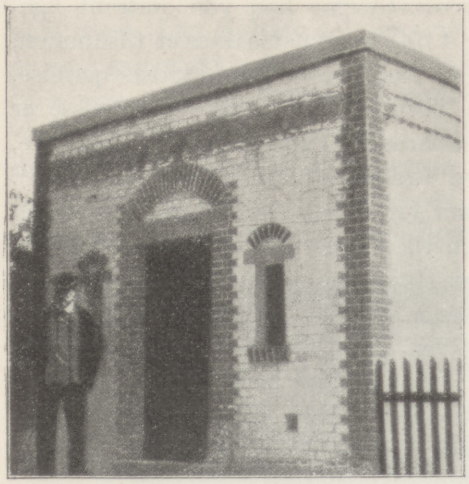


Fig. 228. Et Transformatorhus i Skovshovedanlægget. (Sigridsvej, nær Strandvejen.)

er det bedste, et andet, hvad der er lettest at gennemføre i Praksis. Et lille lokalt Anlæg, hvis Forhold er ret lette at overskue, lader sig betydelig lettere sætte i Gang end et saadant omfattende og sammensat Foretagende som et stort Højspændingsanlæg for en hel Landsdel med dens Byer, Landsbyer og Gaarde, hvis Forbrug er vanskeligt at bedømme, og hvis Interesser er vanskelige at forlige, til Trods for at alle Parter har Interesse af at enes.

Der er i Danmark udarbejdet mange store Planer og Projekter for saadanne Anlæg, men foreløbig er kun lidet virkeliggjort.

Der er imidlertid gjort en god Begyndelse flere Steder, først og fremmest ved Skovshovedanlægget som i Løbet af faa Aar fra et lille Tilhæng til Tuborg-Klampenborgs Sporvejsanlæg efterhaanden har udviklet sig til et ret anseligt Højspændingsanlæg, der strækker sine Forsyningsledninger milevidt til forskellige Sider, som det fremgaar af Kortet Fig. 230. Man ser af dette, at Højspændingsledningerne — hvoraf én forvilder sig helt ind paa Københavns Grund (til Slangerupbanens Endestation) — er lagt som Kabler i de tæt bebyggede Villa-

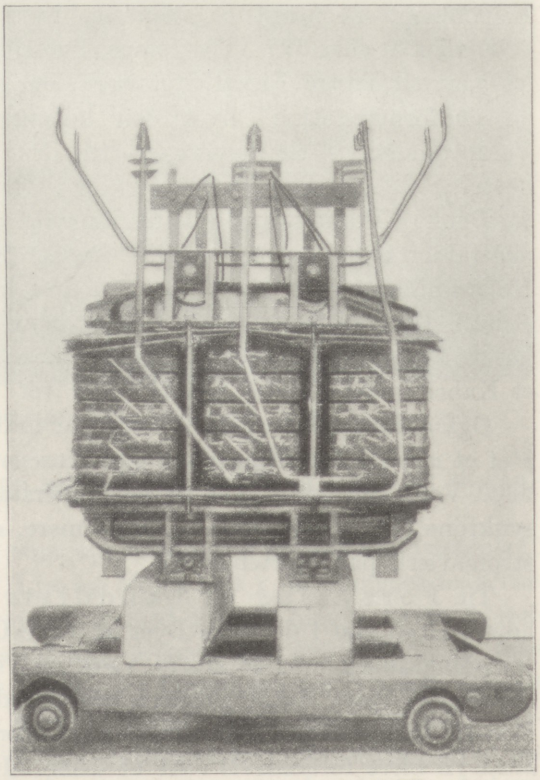


Fig. 229. En Trefasetransformator for 25 Kilowatt. (34 Hestekræfter.)

distrikter, men gaar som Luftledninger i de rent landlige Egne. — Den anvendte Spænding er 10 000 Volt, som i Transformatorhusene nedsættes til 380 Volt.

Dette er Spændingsforskellen mellem to og to af de tre »Trefase-

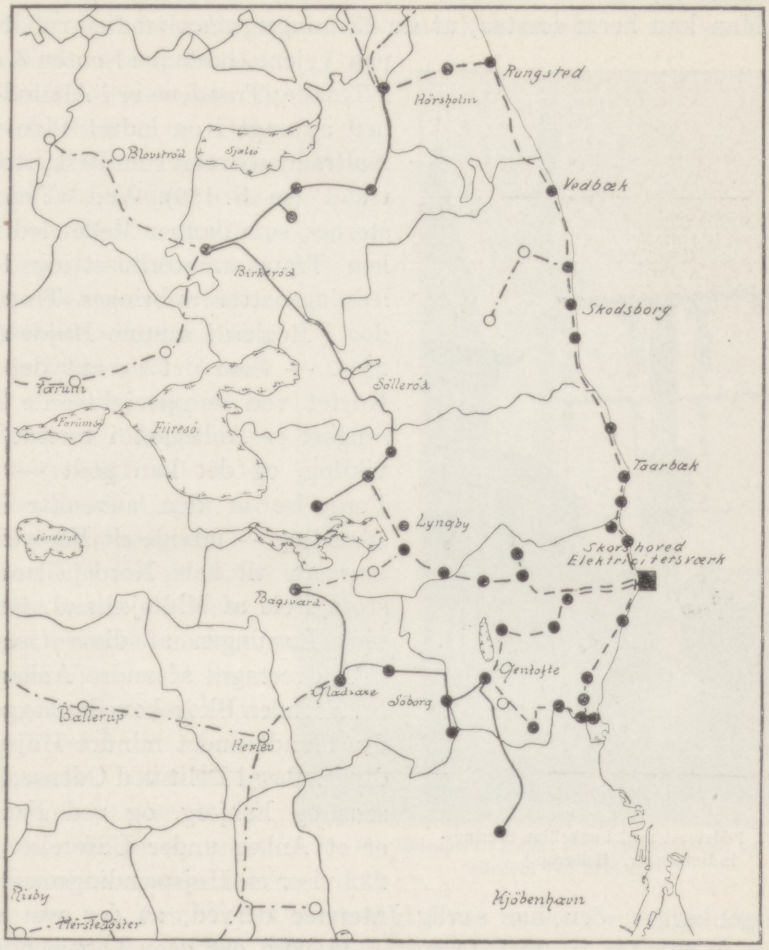


Fig. 230. Kort over Skovshovedanlæggets Højspændingsledninger og Transformatorstationer. —— Højspændingsluftledninger. — — — Højspændingskabler. — · — · Projekterede Højspændingsledninger. • Transformatorstationer. o Projekterede Transformatorstationer.

traade« i Lavspændingsnettet. Dette indeholder imidlertid tillige en jordforbunden Nulleder, hvis Spændingsforskel med hver af Trefasetraadene eller »Spændingstraadene« er 220 Volt. Lamperne i Anlægget faar kun denne Spænding, idet de indskydes mellem Nultraaden og en af Spændingstraadene. Til Bygninger, hvor Strømmen kun bruges

til Lys i et begrænset Antal Lamper, indføres kun én Fase, d. v. s. Nultraaden og én Spændingstraad; men til Elektromotordrift kræves derimod alle tre Spændingstraade, da man i Reglen vil anvende Trefasemotorer (asynkrone); kun ganske smaa Motorer indrettes ofte som Enfasemotorer, for at man kan knytte dem til Lysledninger med en Fase. Man kan heraf forstaa, at de Ledninger, man træffer rundt om paa Vejene, bestaar af enten 4 eller 2 Traade; Traadene er i Almindelighed anbragt i en lodret Plan med Nultraaden øverst som Beskyttelsestraad (se S. 186). Ved »Fødemasterne«, som danner Mellemled mellem Transformatorhuset og Luftledningsnettet anbringes Traadene dog i Reglen i samme Højde (Fig. 231). — Som det er antydet paa Kortet ved de »projekterede Ledninger« er Anlægget i fortsat Udvikling, og det kan godt — med Forøgelse af den anvendte Højspænding — udvide sit Forsyningsomraade til hele Nordsjælland og store Dele af Midtsjælland, forsaavidt Løsningen af disse Opgaver ikke overtages af andre Anlæg.

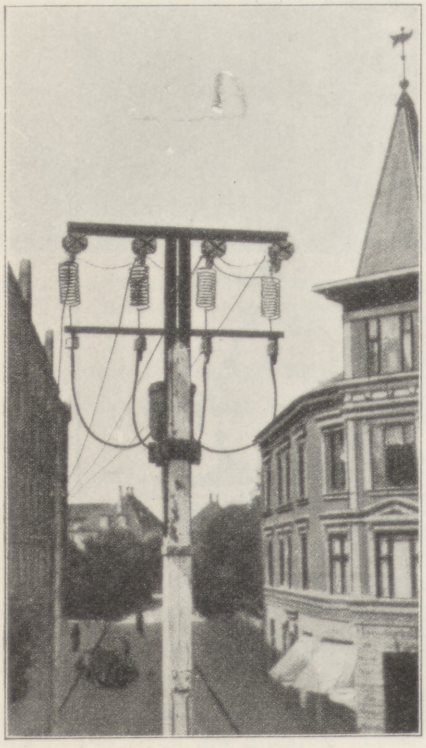


Fig. 231. Fødemast med forskellige Sikringsindretninger. (Hellerup.)

Foruden Skovshovedanlægget er der blandt andet mindre Højspændingsanlæg i Drift ved Odense, Horsens og Esbjerg, og ved Faaborg er et Anlæg under Udførelse. Fig. 232 viser en Højspændingsmast ved Esbjerganlægget; den har særlig Interesse derved, at der paa selve Masten er anbragt en Transformator, hvorfra der gaar Lavspændingsledninger til Forsyning af Bøndergaarde; en Pigtraadskrans hindrer Drenge — eller Selvmordere — i at klatre op til de farlige Ledninger.

Utvivlsomt vil Højspændingsanlæggene i de nærmeste Aar vokse i Antal og Udstrækning, og den Tid er vel næppe fjærn, da det meste af Danmark er overspændt med et Net af Højspændings- og dertil knyttede Lavspændingsledninger — ligesom nu med Telefonledninger.

De hidtidige danske Højspændingsanlæg faar Kraften fra det indførte Brændsel; men maaske vil der ogsaa fremkomme Anlæg, som

benytter enten V a n d k r a f t — hvoraf Danmark vel kun har lidt, men dog enkelte Steder ikke helt ubetydeligt — eller T ø r v. — Skal Tørven forsendes ret lang Vej med Banen, bliver den ganske vist dyrere end Stenkul, fordi den i Forhold til sin Brændværdi vejer dobbelt saa meget og fylder 4 Gange saa meget som Stenkul. Men hvorfor sende den døde Vægt med Banen? Det eneste vi bryder os om er jo Tørvens skjulte Arbejdskraft, og den kan vi løsrive fra Stoffet og sende vægtløs og usynlig gennem elektriske Ledninger, hvorhen vi vil, ligesom Kraften fra de norske Elve. Ved at anlægge Elektricitetsværker ved Moserne vil man under gunstige Forhold kunne bringe Brændselsudgifterne pr. Kilowatt eller Hestekraft betydeligt ned under den tilsvarende Udgift ved et Kulelektricitetsværk — maaske til ½ Øre pr. Kilowatttime mod omtrent 1 Øre ved et økonomisk arbejdende Værk med Stenkul som Brændsel. Om denne Forskel vil opvejes af Forøgelse i de øvrige Driftsudgifter eller i Anlægsomkostningerne, er et Spørgsmaal, som ikke kan drøftes her, og som vil faa forskelligt Svar under forskellige Forhold. Som allerede fremhævet vil selve Brændselsøkonomien faa meget at sige, hvor den elektriske Energi anvendes i store, jævnt og stadigt forbrugende Virksomheder. I alle Tilfælde har Planerne om »Tørveelektricitetsværker« været underkastede meget grundige Overvejelser herhjemme, og enkelte Steder i Udlandet er saadanne Anlæg naaet at blive udført i Praksis.

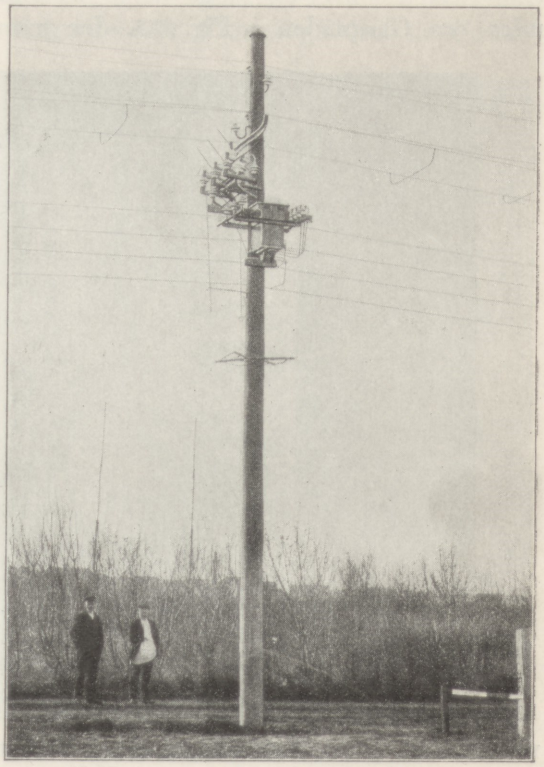


Fig. 232. Højspændingsmast med Transformator og Lynafledere ved Esbjerg.

Ulemper og Farer ved Vekselstrøm og Højspænding. I al Almindelighed kan det siges, at vi ved de højspændte Vekselstrømme

faar at gøre med de samme Farer og Ulemper som ved lavspændt Jævnstrøm, men betydeligt forøgede, og desuden kommer der enkelte nye Ulemper til.

Ved Højspændingsluftledninger optræder ofte forstyrrende Udladninger. Naar Spændingen er 40 000 Volt eller mere, maa man allerede under normale Forhold have store Isolatorer for at forhindre, at Elektriciteten udlader sig langs deres Overflade, saaledes som det sker uden om Glaspladen i Fig. 233, der fremstiller et Udladningsforsøg

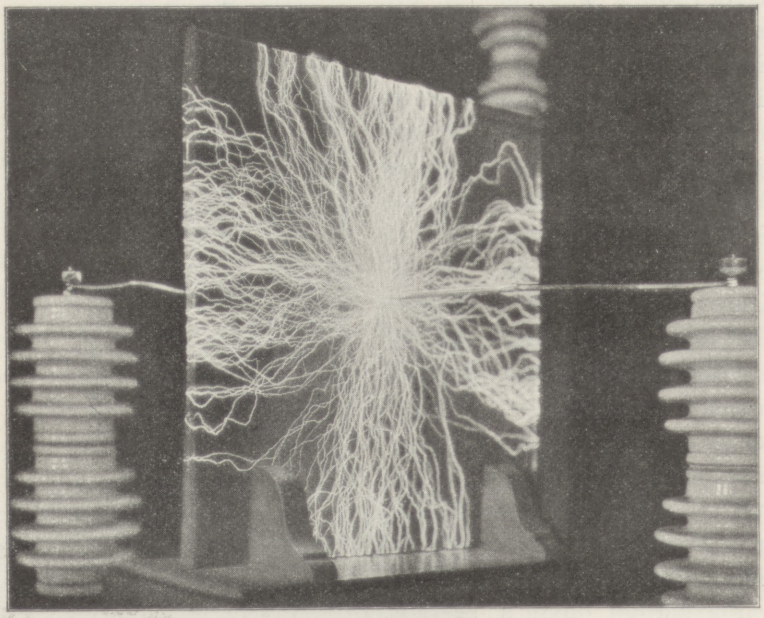


Fig. 233. Udladning ved 90000 Volts Spænding.

ved 90 000 Volts Spændingsforskel mellem to Metalpinde paa hver sin Side af Pladen. Selv ved et Højspændingsanlæg, hvor Isolationen er god nok under almindelige Omstændigheder, kan særlige Forhold volde Afledning og deraf følgende Forstyrrelse. Taage forringer i høj Grad Isolationen; man har Eksempler paa, at der under Taage er gaaet Ild i Træarme, hvorpaa Porcellænsklokkerne var anbragt. En 40 000 Volts Linje i Mormonlandet generedes undertiden af Storm, der førte Saltstøv med sig fra den store Saltsø. Idet Master, Bærearme og Isolatorklokker derved dækkedes af et tyndt Saltlag, kunde det ske, at Isolatorerne paa en halv Snes Master samtidig begyndte at sprude Gnister, der fulgte hurtigere og hurtigere paa hinanden og ledsagedes af en Støj, som efterhaanden voksede til et Brøl; og skønt

Isolatorerne paa samme Mast var ca. en Favn fra hinanden, endte det med, at Gnisterne mellem to Isolatorer paa en fælles Bærearm naaede hinanden, og da dannedes der en pragtfuld Lysbue, som kunde staa favnehøjt op i Luften, medens samtidig Gnistregnen ophørte ved de andre Master; efter 1—2 Sekunder brødes Lysbuen. Større Skade voldte dette dog ikke ud over en kortvarig Formørkelse af de elektriske Lamper og nogle Smaauregelmæssigheder i Elektromotorernes Gang. — Ogsaa almindelig Regn forøger Tilbøjeligheden til Udladninger; men denne Tilbøjelighed skulde Isolatorerne gærne modstaa. For at sikre sig dette kan man forud underkaste dem en Prøve i kunstig Regn; Fig. 234 viser en Isolator, der ikke bestaar en saadan Prøve.

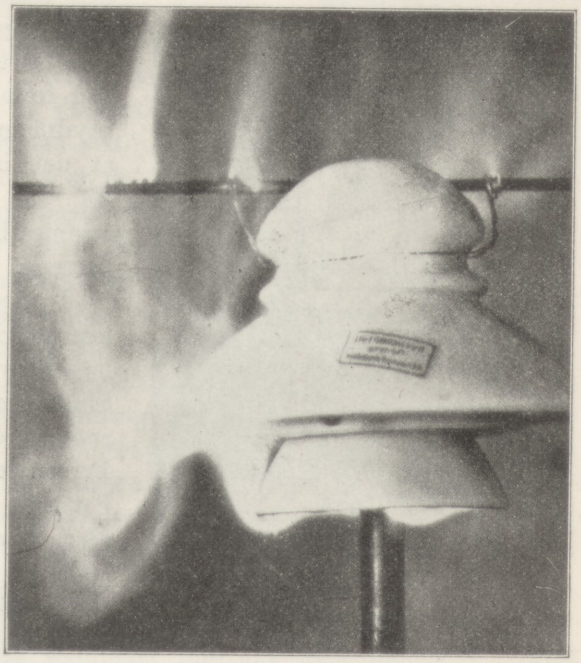


Fig. 234. Udladning ved kunstig Regn.

I nogle Egne sker det undertiden, at en Ørn laver Kortslutning, idet dens Vinger berører en Ledning og Masten. I det hele taget sker det ikke helt sjældent ved Anlæg af mer eller mindre høj Spænding, at forskellige Dyr som Katte og Fugle til deres egen Fordærv og stor Ulempe for Driften kortslutter Friluftsledninger — f. Eks. ved at anbringe sig mellem en Hornlynafleders to Horn. Endog Insekter kan volde Kortslutning som det skete ved en 25 000 Volts Linje i Amerika, hvor Insektsværme, der slog sig ned paa Tværarmene, fremkaldte en Lysbue, mellem to Ledninger; Lyset brændte Insekterne, men drog nye Sværme til.

Selv om man har truffet alle mulige Forholdsregler mod Afledninger ved Isolatorer og Bærearme, kan det ikke forhindres, at en Del af Elektriciteten strømmer ud i Luften umiddelbart fra selve Ledningstraadene, navnlig naar disse er tynde, idet de da virker paa lig-

nende Maade som Spidser eller Kanter ved en Elektrisermaskine (S. 29). Disse »stille Udladninger«, som ofte er ledsagede af Lysning, danner en væsentlig Hindring for Anvendelsen af meget høje Spændinger — over 100 000 Volt — der jo netop skulde gøre det muligt at nøjes med tynde Traade.

Ved de høje Spændinger volder det særlige Vanskeligheder at undgaa stærke Lysbuedannelser i Afbrydere og Sikringer. Højspændingsafbrydere kan f. Eks. indrettes saaledes, at Ledningen afbrydes paa flere Punkter samtidig, og at Afbrydningen tillige foregaar i Olje, som sættes i Bevægelse og derved frembringer Afkøling paa Afbrydningsstederne samtidig med, at det isolerer bedre end Luft. Fig. 235 viser en saadan Trefasestrømsafbryder løftet op af Oljekarrene.

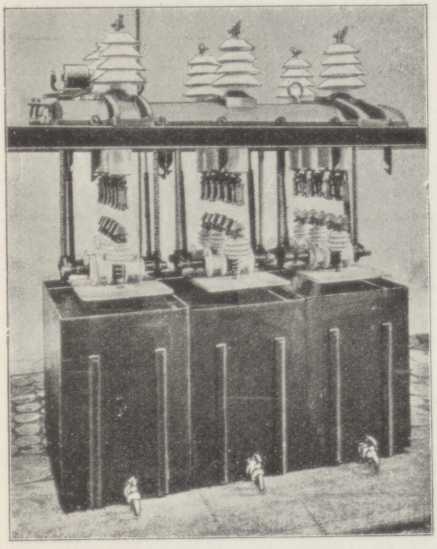


Fig. 235. Trefasestrømsafbryder.

I moderne Højspændingsværker anbringes Ledningerne i Reglen indbyrdes adskilte ved ildfaste Skillerum, og Højspændingsapparaterne samles i særlige Rum, som Personalet slet ikke behøver at betræde under den daglige Drift, idet Apparaterne betjenes andetsteds fra ved mekaniske Traadtræk eller elektromagnetiske Fjærnstyringsindretninger. Man har ganske vist ogsaa til Brug for Folk, som er udsat for at komme i Berøring med farlige Ledninger, konstrueret særlige Beskyttelsesmidler som isolerende Handsker og Sko, ja endog en hel Beskyttelsesdragt, bestaaende af et Metaltraadsvæv, som helt omgiver Legemet — ogsaa Hoved og Hænder — og enten trækkes uden paa den sædvanlige Klædedragt eller bæres indenfor denne; elektriske Udladninger skulde da følge Metaltraadsvævet i Stedet for at trænge gennem Legemet. Men bedst er det at indrette sig, saa at saadanne Beskyttelsesmidler bliver overflødige.

Udenfor Elektricitetsværkerne, hvor Ledningerne er lagt som Kabler i Jorden eller ophængt paa høje Master, kan Folk ikke komme til dem. Hvilke yderligere Forsigtighedsregler, der kræves mod nedfaldende Ledninger m. m., afhænger ganske af Almenhedens større eller mindre Frygtsomhed og større eller mindre Forstaaelse af det nyes

Betydning. I Kalifornien er 50 000 Volts Luftledninger ført tværs gennem Byer. I Norditalien føres Højspændingsledninger ofte langs Landeveje uden andre Forsigtighedsregler end Paaskriften »livsfarlig« paa Masterne. Paa den anden Side er der Egne, hvor man hæmmer og hindrer Udviklingen ved strænge Paabud saa som, at Ledningerne skal føres i Kabler under Veje. En mere maadeholden Fordring er det, at dèr, hvor en Højspændingsledning krydser en Vej, skal den danne et kort Spand mellem høje Master, saa at Traadenderne ved et Ledningsbrud ikke kan naa ned i Nærheden af Vejen. Meget almindeligt er det at kræve et Beskyttelsesnet eller endog en Overføringsbro ved større Veje eller Banelinjer, hvor der findes Telefon- og Telegrafledninger. I mange amerikanske Byer har man imidlertid helt opgivet Fordringen om særlig Beskyttelse for saadanne Traade, hvad der fremgaar af Masten Fig. 237. Her er øverst anbragt Telefon- og Telegraftraade, under dem Stærkstrømsledninger med 2300 Volts og længere nede 125 Volts Vekselstrøm; endvidere bærer Masten Ledninger med indtil 5000 Volt for Buelamper i Række (se S. 151), Fødeledninger for Sporvejsledninger, 3 Transformatorer, den ene for en Snes Hestekræfter, og endelig tjener den som Bæremast for Buelamper. Evropæiske Elektroteknikere forbavses og forfærdes over, at Autoriteterne tillader sligt, at Publikum taaler det, og over, at noget saadant overhovedet kan lade sig gøre. Men Amerikanerne kan pege paa den Kendsgerning, at dette System i aarevis har været i Virksomhed i mange Byer, hvor det ikke falder Borgerne ind at tvinge Selskaberne til smukke og driftssikrere Anlæg, da de saa maatte undvære Fordelene ved billig elek-



Fig. 236. Beskyttelsesdragten.

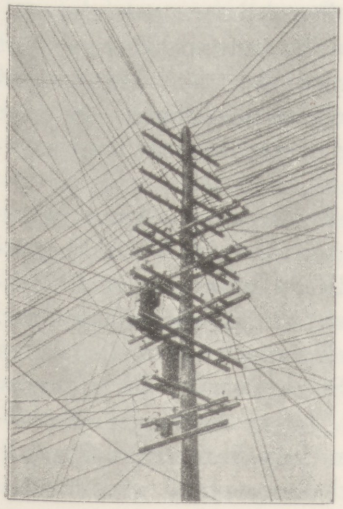


Fig. 237. Amerikansk Ledningsmast.

trisk Lys og Drivkraft. Ganske vist udebliver driftsforstyrrende Uheld ikke; men man er forberedt derpaa; der findes Vagtstationer med Taarnvogne, som iler til og reparerer Skaden, og som ogsaa hidkaldes ved Ildebrand for at overklippe Traadene.

I Danmark er der i 1908 givet en Lov, som paa en særdeles god Maade regulerer Forholdene saaledes, at der tages fornødent Hensyn til Personers og Bygningers Sikkerhed, uden at Udviklingen hæmmes. En fast Elektricitetskommission kan til enhver Tid med ministeriel Billigelse træffe saadanne Bestemmelser, som Forholdene paakræver.

Helt kan det ikke undgaas, at der indtræder Ulykkestilfælde ved at Mennesker faar elektriske Udladninger enten fra Højspændingsledninger eller fra de til Højspændingsanlæggene knyttede Ledninger for lavspændt Vekselstrøm, som er langt farligere end Jævnstrøm af samme Spænding.

Vekselstrøm kan under særlige Forhold virke dræbende ved Spændinger langt under 150, ja endog under 100 Volt; i England blev en Mand, som stod i et Badekar, dræbt ved at gribe om en Metalstang, der var i Forbindelse med en Lysledning af saa lav Spænding; en lignende Karakter havde et Tilfælde, hvor en Murer, der stod paa et gennemvædet Bræt, dræbtes paa Stedet ved Berøring med en lavspændt Lysledning; navnlig i det førstnævnte Tilfælde gav de vaade Hænders faste Tag og Sæbevandet omkring Fødderne Strømmen en usædvanlig let Vej ind i og ud af Legemet.

Uforsigtig Omgang med Vekselstrømsledninger er altsaa meget uforsvarlig, men naar blot dette er gaaet tilstrækkeligt ind baade i Elektrikeres og Forbrugeres Bevidsthed, saa er Faren næppe stor; det gælder her som ogsaa i mange Henseender ved Jævnstrømsledninger blot om at vide, at man skal passe paa. Særlig kan der være Grund til at mane til Forsigtighed overfor blanke Vekselstrømsledninger, som gaar tæt forbi Træer, Drenge kan klatre op i og derved komme i betænkelig Nærhed af Ledningerne.

Foruden den større Farlighed har Vekselstrømmen ogsaa andre særlige Ulemper. Som tidligere fremhævet kan de ikke lade Akkumulatorer og er ligeledes ubrugelige til de fleste andre kemiske Virksomheder. De kan fremkalde Induktion i Telefon- og Telegrafledninger. Under særlige Omstændigheder kan Strømsvingningerne i en eller anden Ledning af sig selv vokse til en uforudset Styrke, saa at der optræder Spændinger, man ikke havde isoleret imod. Lange Ledninger vil endvidere ved hver Strømskiftning optage en ikke helt ringe Mængde Elektricitet, som atter maa afgives, hvad der navnlig ved hurtige Strømvekslinger bevirker, at Strømmen ikke naar sin fulde Styrke i

lange Afstande fra Værket. Man har derfor enkelte Steder i Sydfrankrig anvendt Jævnstrøm til ret lange Kraftoverføringer, idet man da for at faa høj Spænding har sat et større Antal Jævnstrømsdynamoer sammen i Række ligesom de enkelte Elementer i et Batteri med Rækkesammenstilling (som Fig. 31 S. 47); paa Modtagerstationen driver den højspændte Jævnstrøm en Række paa lignende Maade sammenstillede Elektromotorer, som atter hver driver en Dynamo, der giver Strøm af passende Forbrugsspænding. Det er dog kun meget sjældent, at man anvender Jævnstrøm i Højspændingsledningen; her finder man sig hellere i Vekselstrømmens Ulemper, og vil man saa have Jævnstrøm i Forbrugsledningerne, maa man som omtalt S. 256 bruge roterende Omformere.

Da disse er langt besværligere end de faste Vekselstrømstransformatorer, var det aabenbart en vigtig Opgave for Elektroteknikken at konstruere et Apparat, som kunde omsætte Vekselstrøm til Jævnstrøm paa simpel Maade uden bevægede Dele. En saadan »Ensretter« eller »Ligeretter« som skyldes Amerikaneren Cooper Hewitt, er for nogle Aar siden traadt i det praktiske Livs Tjeneste og har vist sig brugbar.

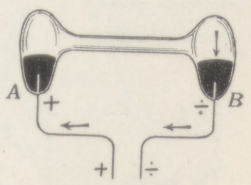


Fig. 238.
Hewitts Kviksølvdamplampe.

Oprindelig var det en ny Slags elektrisk Lampe, Hewitt vilde tilvejebringe. Fig. 238 viser Hovedtrækkene af denne Lampe; i en tilsmeltet lufttom Glasbeholder AB er der paa to Steder anbragt noget Kviksølv, som ved Platintraade, der er indsmeltede i Glasset, staar i Forbindelse med Yderverdenen. Sættes Kviksølvet ved A i Forbindelse med Pluslederen, det ved B med Minuslederen af et almindeligt Jævnstrømsanlæg, hvis Spænding f. Eks. er 110 Volt, saa vil der slet ingen Strøm gaa gennem Røret. Rummet mellem de to Kviksølvmasser virker som en fuldstændig Isolator. Men frembringer man blot et Øjeblik en meget stor Spændingsforskel mellem A og B, saa kommer der en Strøm i Gang, og den kan derefter fortsættes med den lave Spænding, ja, der behøves ikke paa langt nær saa stor Spænding som 110 Volt til at vedligeholde Strømmen. Det gælder altsaa om til at begynde med at bryde Modstanden mod Strømmens Overgang fra A til B. Dette kan ogsaa gøres derved, at man et Øjeblik hælder Røret saa meget, at der dannes en Kviksølvstræng mellem A og B, hvorefter det rettes lige igen.

Simplest kunde Sagen forklares derved, at det var det tomme Rum mellem A og B, der gjorde saa stor Modstand, og at den Strøm, som indledes ved den høje Begyndelsesspænding eller ved Rørets Hældning,

opvarmer Kviksølvoverfladerne og frembringer Kviksølvdamp, som derefter danner Ledning for Strømmen. Dette er ogsaa til en vis Grad rigtigt, og naar Apparatet bruges som Lampe er det netop fra denne Kviksølvdamp, Lyset udstraaler. Men der er tillige en særlig Modstand at overvinde henne ved Overfladen af Kviksølvmassen ved *B*, altsaa ved det Kviksølv, der staar i Forbindelse med Minuslederen; det er, ligesom om der med Kraft skulde slaas en Dør op for Strømmen paa det Sted, hvor den skal gaa fra Røret ind i Kviksølvoverfladen (antydet ved en lille Pil); er denne »Dør« først slaaet op, saa kan Strømmen gaa igennem uden at møde videre Modstand, naar blot Elektriciteten bliver ved at strømme igennem; men standser Strømmen et Øjeblik om end nok saa kort, saa smækker Døren i og kræver nu atter stor Kraft til at aabnes paany. Glasrøret lader derfor ikke en Vekselstrøm gaa gennem sig, med mindre den har Spænding nok til for hver Strømveksling paany at »slaa Døren op« vekselvis ved den ene og den anden Kviksølvoverflade.

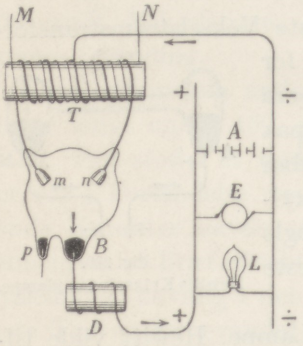


Fig. 239. Vekselstrøm forvandles til ensrettet Strøm.

Dette Forhold er det nu, man har gjort Brug af til at forvandle Hewitts Kviksølvdamplampe til en »Ensretter«. I Fig. 239 er Hovedtrækkene af Ordningen vist. *T* er en Transformator, hvor Enderne *M* og *N* af den primære Traad faar Strøm fra et Ledningsnet med simpel (enfaset) Vekselstrøm med høj Spænding. Enderne af den sekundære Traad, som har færre Vindinger, saa at Transformatoren atsaa formindsker Spændingen, staar i Forbindelse med hver sit af to Jærnstykker *m* og *n*, der er anbragt i Ensretteren og træder i Stedet for Kviksølvet *A* i Fig. 238. Ved *B* er der ogsaa denne Gang Kviksølv, og fra dette udgaar en Ledning, som forgrener sig til forskellige Apparater — som Lamper *L*, Motorer *E* og et Akkumulatorbatteri *A* — og derefter gaar hen til Transformatoren, hvor den er knyttet til Midten af den sekundære Bevikling. Sendes der nu Vekselstrøm til Transformatoren gennem *M* og *N*, saa vil *m* og *n* faa vekslende Spændinger, men der kan ikke komme en Strøm i Gang. Har *m* f. Eks. et Øjeblik positiv Spænding, *n* negativ, saa vil der dog fra *m* hverken gaa Strøm til *n* eller *B*; thi begge disse Steder er »Døren lukket«, og der skal langt større Spænding end den, *m* har, til at bryde den op. Men dersom vi fra en særskilt Strømkilde sender Strøm fra *p* til *B*, idet Røret et Øjeblik hældes, til der er dannet en Kviksølvstræng fra *p* til *B*, saa er Modstanden brudt ved *B*, og er dette sket, kan Elek-

triciteten fra *m* slippe ind i *B* og herfra ad Vejen gennem Lamper o. s. v. gaa tilbage til Midtpunktet af den sekundære Transformatorbevikling. Efter et Øjebliks Forløb vil *m*'s positive Spænding være gaaet ned til Nul; men naar der ved *D* er anbragt en Dæmpespole, forsvinder Strømmen ikke i samme Øjeblik og imidlertid faar *n* positiv Spænding, saa at den kan overtage *m*'s Rolle, inden Døren faar Tid til at smække i ved *B*. Følgen bliver med andre Ord, at der kommer til stadig at gaa en ensrettet Strøm gennem Lamper og Motorer. En lignende Ordning kan træffes ved Trefasestrøm. Den fremkomne ensrettede Strøm bliver dog hverken ved Anvendelse af én- eller trefaset Strøm helt jævn; den »pulserer« noget, hvad der forøvrigt ogsaa — om end i langt ringere Grad — er Tilfældet med den praktisk talt jævne Strøm fra Jævnstrømsdynamoer.

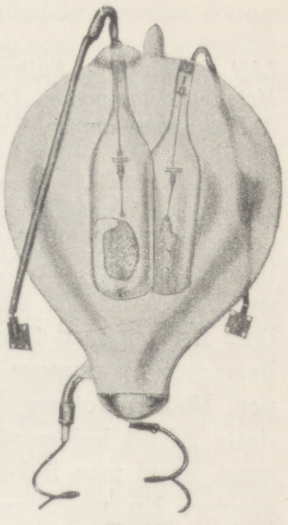


Fig. 240.
Ensretter for Vekselstrøm.

En Ensretter kaldes ofte en »elektrisk Ventil«, fordi den, ligesom en Ventil i en Vandledning, kun tillader Strømmen at passere i den ene Retning. Man kendte tidligere andre elektriske Ventiler af elektrokemisk Art; men de kunde kun gøre Tjeneste som Ensretter overfor smaa Energimængder, og de voldte stort Energitab. Langt betydeligere Resultater har man naaet med Hewitts Ensretter, der til Forskel fra de elektrokemiske kan kaldes Kviksølvensretteren. I Praksis har man med Held anvendt Kviksølvensrettere, der giver Strømstyrker indtil 30 Ampère under Anvendelse af meget forskellige Spændinger. Ved simple Midler kan man ikke blot ændre den ensrettede Strøms Styrke, men ogsaa dens Spænding indenfor meget vide Grænser, og naar blot Spændingen er nogenlunde stor (100 Volt eller mere) kan Energitabet i Ensretteren blive meget lille (5—10 Procent).

Hewitts Ensretter forøger saaledes i høj Grad vor Evne til at beherske den elektriske Energi; idet vi nu uden besværlige roterende Maskiner kan gaa over fra højspændt Vekselstrøm ikke blot til lavspændt Vekselstrøm, men ogsaa til ensrettet Strøm af hvad Spænding det ønskes — 220 Volt et Sted, 110 et andet Sted — saa formindskes de Ulemper, der hidtil fulgte med de simple og billige Vekselstrømsanlæg. Foreløbig vil Ensretteren vel navnlig finde Anvendelse, naar man vil lade Akkumulatorer fra et Vekselstrømsanlæg — f. Eks. til Brug i elektriske Vogne eller Baade —; men det er ikke urimeligt,

at den vil faa langt mere omfattende Betydning, navnlig hvis det lykkes at indrette den for betydelig større Strømstyrker. I De forenede Stater er Ensrettere anvendt saavel ved Belysning af Gader m. m. som ved Elektromotordrift.

VI. ELEKTRISK LYS.

Lidt Lyslære. — Kultraadsglødelampen. — Buelampen. — Nernstlampen. — Metaltraadslamper. — Lamper, hvor det er Luft, der lyser (Flammebuelamper, Kviksølvdamplamper, Teslas og Moores Lys). — Om de elektriske Lampers Anvendelse.

I de foregaaende Afsnit har vi set, hvorledes den elektriske Strøm blev frembragt paa Elektricitetsværker af forskellig Art, og hvorledes den førtes ud fra Værkerne og fordeltes til Forbrugerne. Men vi er ikke færdige med Stærkstrømsteknikken, inden vi ogsaa nærmere har betragtet Strømmens Virksomhed ude hos Forbrugerne i deres Lamper, Elektromotorer, Varmeapparater og elektrokemiske Apparater. I dette Afsnit holder vi os til Lamperne; men alene dette Emne er saa stort, at vi maa indskrænke os til de grove Træk samt nogle faa Eksempler. En nogenlunde fyldig Skildring af de forskellige elektriske Lampers Egenskaber og Drøftelse af deres Fortrin og Mangler vilde med Lethed fylde hele Bogen. Der er nemlig i Aarenes Løb sat et mægtigt Arbejde ind paa at tilvejebringe elektriske Lamper til Brug under alle mulige Forhold og at gøre dem saa økonomiske, at de i den Henseende kan optage Konkurrencen med enhver anden Belysningsart.

For bedre at kunne forstaa Ejendommelighederne ved de vigtigste elektriske Lamper, vil vi imidlertid først søge en Smule Kendskab til Lysstraalers Natur og Egenskaber, hvilket forøvrigt ogsaa vil komme os til Gode andetsteds i Bogen.

Lidt Lyslære. Naar man anslaar en Klaverstræng, sættes denne i hurtige Svingninger, og Luftdelene omkring den kommer da til at svinge i samme Takt som Strængen; efterhaanden forplanter den svingende Bevægelse sig til fjærnere og fjærnere Luftdele. Det gaar meget hurtigt; allerede et Sekund efter at Strængen er anslaaet, svinger Luftdele i en Afstand af ca. 1100 Fod (340 Meter) fra Strængen, og et Øre i denne Afstand vil da høre Strængen tone, forudsat, at Bevægelsen

er stærk nok; man siger, at Lydens Forplantningshastighed er 340 Meter i Sekundet. Man maa vel mærke sig, at det ikke er Luftdelene, der farer ud fra Strængen med en Fart af 340 Meter i Sekundet; det er kun selve den svingende Bevægelse, Rystelsen i Luften, der skrider frem, ligesom Bølgerne (Bølgeformen) skrider frem over Havfladen, uden at Vandet selv følger med. Man bruger derfor ogsaa det Udtryk, at Strængen fremkalder en Bølgebevægelse (Lydbølger) i Luften.

Noget af lignende Art er det, der foregaar, naar en Lampe tændes. Den Virksomhed, der foregaar i Flammen, fremkalder hurtige Svingninger, som breder sig til alle Sider i Rummet, og som, naar de træffer Øjet og trænger ind til Synsnerven, fremkalder Lysfornemmelse. Men ved Lyssvingningerne er det ikke som ved Lydsvingningerne Luftdelene, der bevæger sig, hvad vi bl. a. kan slutte deraf, at Lyset gaar ligesaa godt eller rettere bedre gennem det tomme Rum (f. Eks. fra Solen til Jorden) end gennem Luften. Man maa antage, at et ejendommeligt vægtløst Stof »Æteren« fylder det tomme Verdensrum og tillige gennemtrænger Luften og alle Stoffer. Det er i denne Æter, at Lyssvingningerne foregaar; gennem den udbreder »Lysbølgerne« sig ligesom Lydbølgerne gennem Luften. Men Lysets Forplantningshastighed er rigtignok henimod 1 Million Gange saa stor som Lydens — nemlig ca. 300 000 Kilometer eller 40 000 Mil i Sekundet. Endvidere forplanter Lyset sig ud fra Lyskilden i rette Linjer — »Straaler« —, medens Lyden kan bøje meget uden om Genstande, som standser den; dette er dog kun en Gradsforskel, da ogsaa Lyset kan bøje en lille Smule om Hjørner. Endelig foregaar Lyssvingningerne mangfoldige Tusinder af Millioner Gange hurtigere end Lydsvingningerne; de »Svingningstal«, Øret kan opfatte, ligger mellem ca. 30 000 Svingninger i Sekundet (for de højeste Toner) og ca. 30 Svingninger (for de dybeste Toner). For Lyssvingningerne er Grænserne for, hvad Øjet kan opfatte, derimod 800 Billioner (800 000 000 000 000) og 400 Billioner Svingninger i Sekundet. Sidstnævnte Svingningstal giver Øjet Indtryk af rødt Lys, førstnævnte af violet, og til de mellemliggende Svingningstal svarer de øvrige Regnbuefarver: Gult, Grønt og Blaat. Det hvide Solkys er imidlertid sammensat af alle disse Farver samt alle Overgangene mellem dem; det svarer med andre Ord til den Lyd, som man vilde frembringe ved at anslaa alle Tangenterne paa et Klaver samtidig.

Naar Sollyset brydes og tilbagekastes i Regndraaber, adskilles det i sine Farver, og samme Virkning frembringes ved Brydning i et Prisme, d. v. s. et Glasstykke med 3-kantet Tværsnit (som f. Eks. findes i

gammeldags Lysekroner). I Fig. 241 sendes et smalt Bundt Solstraaler *s* gennem et saadant Prisme, og der dannes da henne paa en hvid Skærm et Lysbaand (Spektrum), som ved den i Figuren viste Stilling af Prismet har Farverne rødt *(r)*, gult, grønt, blaat og violet *(v)* i den nævnte Orden fra den nederste til den øverste Ende. En nærmere Undersøgelse af Spektret viser, at den violette Ende — altsaa de blaa og violette Straaler — særlig virker paa en fotografisk Plade; men tillige finder man, at en saadan Plade ogsaa paavirkes udenfor det violette (ovenfor paa Figuren); til dette Sted kommer altsaa ogsaa Straaler — »ultraviolette« kaldes de —, som vi blot ikke ser, fordi de ikke kan gøre Indtryk paa Synsnerven. Holdes et ganske lille Termometer — bedst et elektrisk (se S. 121) — paa forskellige Steder af Spektret, finder man endvidere, at Straalernes Varmevirkning vokser henimod den røde Ende og desuden fortsætter sig langt udenfor (nedenfor) det røde. Ja, nøjagtige Maalinger viser endogsaa, at de »mørke Varmestraaler« eller »ultrarøde« Straaler, som kommer her, tilsammen medfører langt mere Varme end de Straaler, der gør Lysindtryk paa Øjet (de egentlige Lysstraaler).

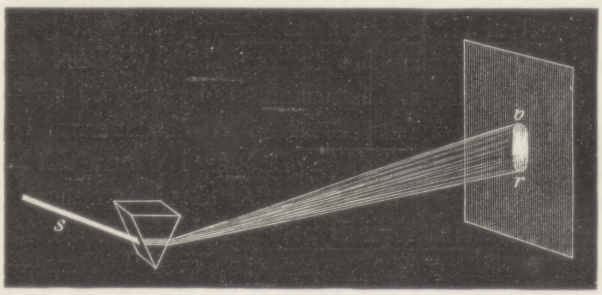


Fig. 241. Lysbrydning i et Prisme.

Ogsaa enhver glødende Genstand udsender baade lyse og mørke Straaler. Tænker vi os, at vi opvarmer en tynd Platintraad ved at sende en elektrisk Strøm igennem den, saa vil Traaden foruden den Varme, som afgives umiddelbart til Luften, der berører Traaden, sende Varme ud ved Straaling. Til at begynde med er det kun mørke Varmestraaler, Traaden udsender; men naar Varmegraden er naaet noget op over 500° Celsius, bliver den rødglødende og udsender da ogsaa lidt Lysstraaler, men næsten udelukkende røde. Stiger Temperaturen yderligere, kommer efterhaanden gule, grønne, blaa o. s. v. Straaler med foruden de røde, og Lyset fra Traaden bliver efterhaanden lysere rødt og tilsidst hvidt. Skønt samtidig ogsaa Udstraalingen af mørke Varmestraaler tiltager, falder en større og større Del af Udstraalingen paa de lysende Straaler. Dersom vi f. Eks. ved 10 rødglødende Traade tilvejebragte ligesaa stærkt Lys som ved en enkelt hvidglødende, saa vilde de førstnævnte, skønt de var mindre hede, dog tilsammen ud-

sende langt mere Varme end den hvidglødende, fordi der fra de rødglødende udsendes forholdsvis langt mere Varme i Form af mørke Straaler, der ikke bidrager til Lysvirkningen. I de 10 rødglødende Traade tilsammen maa der da ogsaa forbruges langt mere elektrisk Energi end i den hvidglødende. — Naar det gælder om at frembringe Lys ved elektrisk Glødning af Platintraade, er det altsaa fordelagtigt at skaffe dem saa høj Varmegrad, som det er muligt, uden at de smelter.

Noget ganske lignende gælder om alle almindelige Belysningsmidler. I dem alle er det hovedsagelig glødende faste Stoffer, der udsender Lyset; i en Flamme er det fint glødende Kulstøv; i Gasglødelamper er det det ildfaste Glødenet; i den elektriske Glødelampe er det den tynde Kultraad; i den elektriske Buelampe er det Kulstykkernes Spidser. Jo lavere det glødende Stofs Varmegrad er, des større en Del af den Varme, der udstraaler fra det, udsendes i Form af mørke Varmestraaler uden Nytte for Lysvirkningen. Men selv i de Lysgivere, hvor Temperaturen er allerhøjest, er det kun en lille Del af den udstraalede Varme, som tilhører de egentlige Lysstraaler. Vi er altsaa meget langt fra Idealet — nemlig en Lysgiver, som udelukkende udsendte egentlige Lysstraaler.

En Opgave, som atter og atter frembyder sig i det praktiske Liv, er Maaling af Lysstyrken af de Lamper, man har at gøre med. Her som ved alle Maalinger maa man have en Enhed at gaa ud fra; hertil kunde man f. Eks. bruge et almindeligt Stearinlys af dem til 6 paa Pundet og kalde det et Normallys. Udsender en Lampe ligesaa meget Lys som f. Eks. 10 saadanne Stearinlys, saa kan vi sige, at dens Lysstyrke er 10 Normallys. Spørgsmaalet er nu, hvorledes Sammenligningen foretages.

En meget simpel Fremgangsmaade til Lysmaaling er følgende: Lidt foran en hvid Væg eller en hvid Pap- eller Papirskærm holder man en Pind; længere fra Skærmen stiller man de to Lysgivere, som skal sammenlignes, saaledes at Pinden paa Skærmen kaster to Skygger lige ved hinanden, og den ene Lysgiver nærmes eller fjærnes fra Skærmen, indtil begge Skygger ser lige lyse ud; en lille Regning giver da Forholdet mellem Lysstyrkerne. Lad os antage, at den ene Lysgiver er et Stearinlys, som anbringes i en Meters Afstand fra Skærmen, og at den anden dannes af flere tæt sammenstillede Stearinlys; det vil da vise sig, at 4 (nemlig 2×2) Stearinlys i 2 Meters Afstand eller 9 (nemlig 3×3) i 3 Meters Afstand, 16 (nemlig 4×4) i 4 Meters Afstand o. s. v. netop vil opveje det ene Lys og gøre de to Skygger lige lyse. Har vi nu i Stedet for de sammenstillede Stearinlys en Lampe,

og viser det sig, at den skal stilles 3 Meter fra Skærmen for at opveje det ene Lys i 1 Meters Afstand, saa kan vi slutte, at den har samme Lysvirkning som de 9 Stearinlys, eller med andre Ord, at Lampens Lysstyrke er 9 Normallys. Skulde Lampen staa i 4 Meters Afstand, var dens Lysstyrke $4 \times 4 = 16$ Normallys. Reglen er let at faa fat paa. Skal man for at faa Skyggerne ens stille Lampen f. Eks. $3,_5$ Gange saa langt fra Skærmen som Lyset (om dettes Afstand just er en Meter, er ligegyldigt), saa er Lampens Lysstyrke $3,_5 \times 3_5$, eller godt 12 Normallys.

Alt dette er dog kun rigtigt, saafremt Skærmen kun kan faa Lys umiddelbart fra de to Lysgivere, hvilket paa ingen Maade er Tilfældet

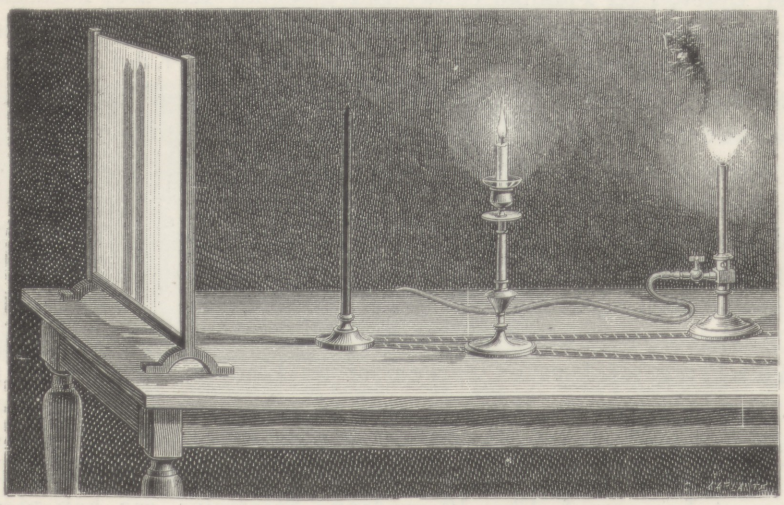


Fig. 242. Lysmaaling.

i en almindelig Stue. Her faar Skærmen ogsaa Lys fra Loft, Vægge og talrige Genstande, som belyses af Lysgiverne. Maalingerne skulde derfor egentlig udføres i et Rum med sværtede Vægge. Man kan dog ogsaa uden det faa nogenlunde gode Resultater, naar man paa passende Maade hindrer uvedkommende Lys i at træffe den Skærm, hvor Skyggerne dannes (Skyggeskærmen). Denne kunde f. Eks. anbringes inde i en indvendig sort Cigarkasse, hvor det ene Endestykke var fjærnet, og betragtes gennem et Hul i Kassens Laag; ved en stor sort Skærm (et Brædt med mat sort Papir) og muligvis flere sorte Skærme kunde man saa yderligere beskytte Skyggeskærmen mod Lys, der ikke kommer direkte fra Lysgiverne.

Om to Skygger er lige lyse, kan man kun bedømme nogenlunde nøjagtigt, hvis de begge faar Lys af samme Farve. Er den ene Lysgiver stærkt hvidglødende, medens den anden udsender et temmelig

rødligt Lys, bliver Sammenligningen derfor ret usikker. Dette gælder ogsaa, selv om man — som det oftest sker i Praksis — bruger andre Midler til Lysmaaling end Pinden og Skyggerne.

Som Normallys benyttes i Praksis ikke et Stearinlys, men andre Lysgivere, som let kan fremstilles ens til forskellige Maalinger. En saadan Lysgiver er en af Tyskeren Hefner konstrueret Lampe, hvis Flamme let kan indstilles til en bestemt Højde. »H e f n e r - L y s e t« er det hos os almindeligst anvendte Normallys. Naar der tidligere er talt om »16-Lys Lamper«, mentes hermed Lamper med Lysstyrke som 16 Hefnerlamper. Ogsaa i det følgende angives Lysstyrker altid i »Hefner-Lys«, der er lidt svagere end almindelige Stearinlys. 16 Hefner-Lys vil omtrent svare til 12—13 Stearinlys. — England, Frankrig og De forenede Stater er dog nylig blevet enige om at indføre en fælles Lysenhed, der er lidt større end Hefner-Lyset ($1{,}_1$ H.-L.).

Kultraadsglødelampen. Inden Edison fik sin Kultraadslampe færdig (S. 135), havde han konstrueret Platintraadslamper, som ganske vist var brugelige, men gav et meget uøkonomisk Lys. Dersom man lod den elektriske Strøm gøre Platintraaden nogenlunde stærkt hvidglødende, vilde en lille Forøgelse af Strømstyrken altfor let bringe Traaden til at smelte over. Derfor havde talrige Opfindere bestræbt sig for at konstruere en Lampe, hvor det, der glødede, var Kul, hvilket ikke kan smelte og heller ikke kan brænde, naar det beskyttes mod Luftens Ilt.

Man danner sig vanskelig en Forestilling om, hvilken Sum af Arbejde og Opfindsomhed det har kostet at naa til en praktisk anvendelig Kultraadslampe, eller om hvilken mangeartet Virksomhed der endnu den Dag i Dag maa udfoldes ved Fremstillingen af denne lille Tingest, som nu i Millioner og atter Millioner Eksemplarer er spredt over Jorden og sælges til en Pris af halvhundrede Øre eller deslige.

Den vigtigste Del af Glødelampefabrikationen er vel Fremstillingen af selve Kultraaden. Edison anvendte hertil Plantefibre (af Bambus), som han forkullede; men i vore Dage benyttes kunstige Traade. Bomuld, som er behandlet med Syrer og æltet til Dejg, sprøjtes gennem et fint Hul ud i Vand; derved fremkommer en tynd, silkeagtig Traad, som tørres, skæres i Stykker af passende Længde og bøjes i den rette Form. Dernæst forkulles Traadstykkerne i en Ovn ved Ophedning sammen med Pulver af Grafit (Blyant). Den saaledes dannede Traad er imidlertid ikke tilstrækkelig stærk og ensartet. Navnlig det sidste er slemt; thi paa de tyndeste Steder vil den elektriske Strøm møde

stærkest Modstand og derfor afsætte særlig megen Varme paa disse svage Punkter, hvor Traaden daarligst taaler Overhedning. Derfor sender man, inden Traaden indsættes i Lampen, en elektrisk Strøm igennem den, medens den er anbragt i en Kasse med Petroleumsdamp el. desl.; idet Traaden bliver glødende ved Strømmen, udskilles der af Petroleumsdampen noget Kulstof, som sætter sig paa Traaden især paa de tyndeste (stærkest glødende) Steder. Den bliver herved stærkere og jævnere, men tillige opnaar man, at den netop faar den rette Ledningsmodstand, idet en selvvirkende Strømafbryder træder i Virksomhed, saa snart Traadens Tykkelse og dermed Strømstyrken har naaet en bestemt Værdi.

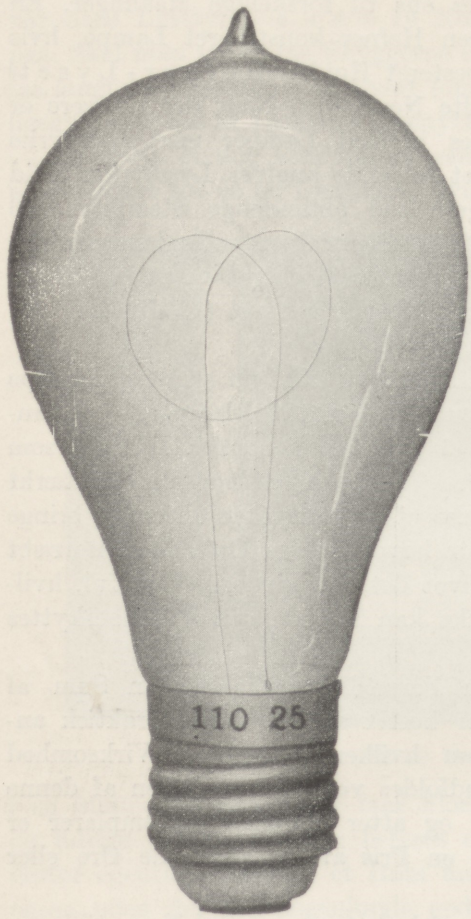


Fig. 243. Elektrisk Glødelampe (naturlig Størrelse).

Naar Kultraaden endelig er færdig, gælder det om at faa den anbragt i den pæreformede Glasbeholder. I dette Øjemed befæster man Kultraadens to Ender til to Metaltraade. Hver af disse Traade bestaar af en Nikkeltraad (*a* Fig. 245), et lille Stykke Platintraad *b* og en Kobbertraad *c*, og der maa saaledes udføres en Række hver for sig vanskelige Forbindelser mellem Kul, Nikkel, Platin og Kobber. Det hele stikkes dernæst op i Glasbeholderen, der foreløbig, som det er vist i Fig. 244, er helt aaben forneden og ogsaa foroven har en Aabning med et Rør (til Udpumpning af Luften). Aabningen forneden smeltes nu til, men saaledes, at Kobbertraadene stikker udenfor Glasset, medens de smaa Platintraadsstykker kommer til at ligge i selve Glasmassen; man bruger nemlig netop det kostbare Metal Platin, fordi andre Metaller ikke egner sig til Indsmeltning i Glas.

For at hindre, at Kultraaden brænder under Lampens Brug, maa

man ved Luftpumper pumpe al Luften ud af Glaspæren. Dette sker gennem Røret foroven, som derpaa afsmeltes, idet Beholderen herved tillige tilsmeltes. Der maa ikke blive en Hundredetusindedel af Luften tilbage, bl. a. fordi ellers en betydelig Del af Varmen fra Kultraaden ledes gennem Luften ud til Glaspærens Vægge, opvarmer disse og gaar fra dem unyttig ud i den ydre Luft. Den sidste Rest af Luften maatte tidligere bortskaffes ved langsomt virkende og sundhedsfarlige Kviksølvluftpumper; nu fjærnes det ved kemiske Midler. Efter Tilsmeltningen opheder man nemlig udefra lidt Fosfor, som i Forvejen var indført i Glaspæren, og Fosforet forbinder sig da med den tilbageværende Luft til et fast Stof, der sætter sig som et gennemsigtigt Beslag paa Glasset.

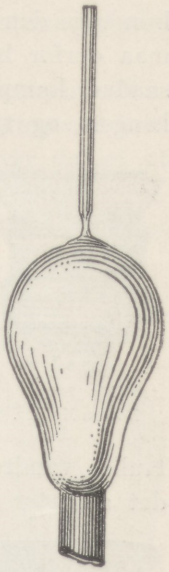


Fig. 244.
Glasbeholder til en Glødelampe.

Endnu staar kun tilbage at underkaste Lampen forskellige Prøver samt at give den en »Fod« eller »Sokkel«, som letter en praktisk Strømtilførsel. I Edisons Konstruktion loddes den ene Kobbertraad til et Messinghylster (*d* i Fig. 245) med indpressede Skruegænger, den anden til en Messingbundplade *e* — altsaa en lignende Ordning, som senere er anvendt ved Smelteproppper (S. 215). Hylsteret og Bundpladen kan med Gibs støbes sammen med Glaspæren. Hermed er endelig det 50-Øres Mesterværk færdigt.

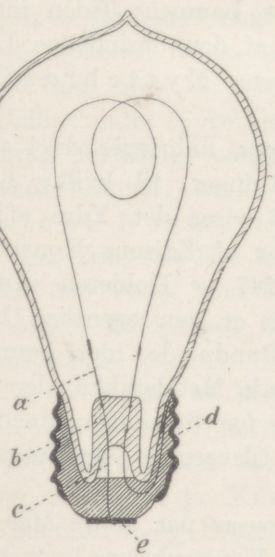


Fig. 245.
Gennemsnit af en Glødelampe.

Lampen laves i Almindelighed for visse bestemte Spændinger, hyppigst 65, 110 eller 220 Volt og for bestemte Lysstyrker som 5, 10, 16, 25, 32 Normallys (Hefnerlys), undertiden for 50, 100 eller mere. Antager vi, at en 16-Lys Lampe til 110 Volt giver sin normale Lysstyrke ved en Strømstyrke af $\frac{1}{2}$ Ampère, saa maa den glødende Traads Ledningsmodstand i Følge Reglen S. 68 være 220 Ohm, d. v. s. omtrent som 10 Kilometer ($\frac{4}{3}$ Mil) millimetertyk Kobbertraad; i kold Tilstand har Traaden endnu større Ledningsmodstand — omtrent det dobbelte. Kultraaden maa derfor være meget tynd. Vilde man nu lave en 16-Lys Lampe for den dobbelte Spænding, 220 Volt, saa maa den, hvis den ikke skal bruge mere Energi end den anden,

kun tage den halve Strømstyrke, altsaa ¼ Amp.; den glødende Traad maa derfor have den 4-dobbelte Ledningsmodstand, 880 Ohm. I en saadan Lampe bliver det da nødvendigt at gøre Kultraaden baade længere og tyndere end i 110-Volts Lampen. Dette gør naturligvis Fabrikationen vanskeligere, saa at Lampen bliver lidt dyrere, og det lykkedes først temmelig sent at konstruere tilfredsstillende 220-Volts Lamper; i disse danner den lange Traad flere Krøller, der oftest afstives ved Glas eller Metaltraade; eller Kultraaden deles i to Dele, som forbindes nede ved Lampens Fod. — Ogsaa til 250 Volt kan man nu lave Glødelamper.

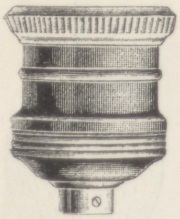


Fig. 246.
Edison-Holder.

Skønt Kultraaden hverken kan smelte eller brænde inde i Beholderen, varer Lamperne dog ikke evig. Kullet vandrer nemlig efterhaanden fra Traaden ud til Glasset, hvor det afsætter sig som et fint Støv; dette forklares simplest og naturligst derved, at Kullet langsomt fordamper ved den høje Temperatur, som vistnok normalt kan sættes til 1800° C eller maaske noget mere. — En Lampe, der med 110 Volt og ½ Amp. giver 16 Lys, vil med den nævnte Spænding kunne brænde langt over 1000 Timer — maaske adskillige Tusind — inden Traaden bliver saa tynd, at den brister, men længe forinden vil Lysstyrken være gaaet 20—25 Procent ned, og man vil da i Reglen kassere Lampen; Tiden indtil der er tabt 20—25 Procent af den oprindelige Lysstyrke kaldes derfor Lampens N y t t e b r æ n d e t i d.

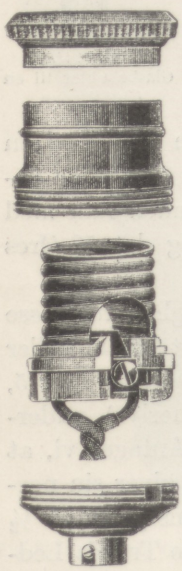


Fig. 247.
Edison-Holder.

Naar Lamperne skal bruges, anbringes de i særlige Lampeholdere eller -fatninger, til hvilke Ledningstraadene føres. Fig. 246 viser det Ydre af en saadan Holder, hvori Lamper af Edisons Konstruktion kan indskrues. I Fig. 247 er Holderen skilt i 4 Stykker; det næstnederste er den egentlige Fatning; her møder Lampens Bundplade, idet Lampen skrues ned i Holderen, et undertiden fjedrende Metalstykke, der bliver forbundet med den ene Ledningstraad for Strømmen, medens Lampens Metalskruegænger gaar ind i en tilsvarende Metalmøtrik, der forbindes med den anden Ledningstraad.

Lampefødder og Lampeholdere indrettes ogsaa paa andre Maader. Fig. 248 viser saaledes en Lampe af Siemens Konstruktion, hvor Kultraadens Ender staar i Forbindelse med to flade Metalvinger.

Vi vil nu se lidt paa, hvorledes det staar sig med Kultraadsglødelampens Økonomi.

Naar man vil danne sig et Begreb om forskellige Lampers Økonomi, er det praktisk at mærke sig, hvor mange Watt, Lamperne bruger for hvert Normallys (Hefner-Lys), de giver; det bliver da let at udregne Prisen pr. Brændetime, da der ved de fleste elektriske Anlæg betales en bestemt Sum for hver Kilo- eller Hektowatttime, hvilket jo er henholdsvis det 1000- og 100-dobbelte af en Watttime.

Lad os som Eksempel tage en 220 Volts 16 Lys Lampe, der kræver en Strømstyrke af ¼ Ampère. Den bruger 200 × ¼ = 55 Watt, hvilket bliver omtrent $3{,}_5$ Watt for hvert Normallys. Mindre kan man ikke godt regne med ved 220 Volts Anlæg, naar man ikke vil lade den gennemsnitlige Nyttebrændetid gaa ned under ca. 300 Timer.

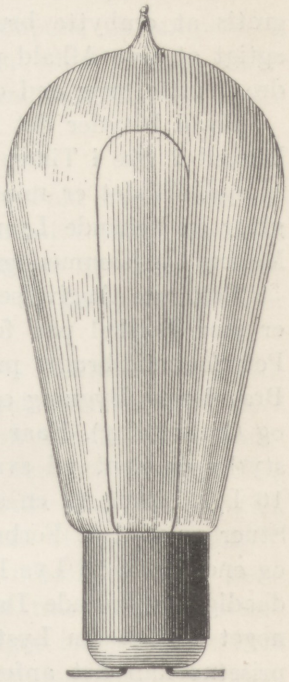


Fig. 248.
Lampe med Siemens Fod.

I 110-Volts Anlæg vilde en Lampe, der med samme Wattforbrug (altsaa en Strøm af ½ Amp.) gav 16 Normallys, have en meget længere Nyttebrændetid, maaske 1000 Timer eller lignende. Det kan imidlertid ikke betale sig at bruge saa holdbare Lamper; man maa hellere lave dem med noget tyndere Traad, saa at de ophedes til en højere Temperatur og derfor kan give 16 Lys ved en Strømstyrke adskilligt under ½ Ampère, altsaa ved et Wattforbrug betydeligt under 55. Oftest benyttes vistnok Lamper, der kun bruger 3 eller $3{,}_1$ Watt pr. Normallys, og man kan maaske gaa ikke saa lidt længere ned uden at komme under eller stort under 300 Timer som Nyttebrændetid. Angivelserne er noget usikre, da baade Lampernes Godhed og andre Omstændigheder paavirker Resultaterne.

Vi ser altsaa, at Belysning ved Kultraadslamper bliver noget billigere ved et 110 Volts Anlæg end ved et 220 Volts Anlæg, naar Elektricitetsprisen er den samme. I et 220 Volts Anlæg, hvor Elektricitetsprisen er 35 Øre pr. Kilowatttime, altsaa 0,035 Øre pr. Wattime, som i København, og hvor der anvendes Lamper, som bruger $3{,}_5$ Watt pr. Normallys, koster et Normallys $3{,}_5 \times 0{,}035 = 0{,}1225$ eller omtrent $^1/_8$ Øre i Timen. En 16 Lys Lampe koster altsaa omtrent 2 Øre i Timen.

I et 110 Volts Anlæg med samme Elektricitetspris og 3 à $3,_1$ Watt's Lamper vil en 16 Lys Lampe bruge for ca. $1,_7$ Øre i Timen.

Imidlertid vil Elektricitetsprisen ofte være højere i 110 Volts Anlæggene, fordi det i Reglen er mindre Anlæg. Jo højere Elektricitetsprisen er, des større Betydning faar Lampernes Forbrugsøkonomi i Forhold til deres Anskaffelsespris, og des mere Grund har derfor Forbrugeren til at vælge Lamper med ringe Wattforbrug, selv om han saa maa forny dem tit. Ja endog naar Elektricitetsværket tilbyder gratis at ombytte brugte Lamper, kan det undertiden være fordelagtigt at give Afkald paa dette Tilbud og anskaffe Lamper med mindre Wattforbrug end de af Værket leverede.

Hvad betyder det nu i Grunden, at en 16 Lys Lampe bruger for henved 2 Øre i Timen? Er det meget eller er det lidt? vil vel mange spørge. At det er mindre end Udgiften til 12—13 Stearinlys (som jo giver en lignende Lysmængde) vil man let skønne; men der er mere Mening i at sammenligne den elektriske Lampe med Petroleumslamper.

Bestemte Angivelser er her meget vanskelige at fremsætte, da der er stor Forskel paa forskellige Petroleumssorters Godhed og Pris og Petroleumsforbruget pr. Normallys tillige er i høj Grad afhængigt af Brænderens Bygning og øjeblikkelige Tilstand (særlig Vægens Tilstand og Opskruning). Naar det siges, at en 10 Lys elektrisk Lampe i Lysstyrke omtrent vil svare til en jævn 14 Linjers Kosmosbrænder, en 16 Lys Lampe til en almindelig beskeden Dagligstuelampe for mindre Stuer og med et Forbrug af en Liter (Pot) Petroleum i ca. 14 Timer, og endelig en 25 Lys Lampe til en stor, godt — dog ikke særlig overdaadigt — lysende Dagligstuelampe, saa kan dette dog maaske give noget Begreb om Lystallenes Værdi. Til Sammenligning af Forbrugspriserne kan det anføres, at ved Petroleumspriser mellem 10 og 20 Øre pr. Liter og Petroleumsforbrug mellem $2,_4$ og $4,_0$ Gram i Timen pr. Normallys — hvad der maa anses for rimelige Grænser ved almindelige Brændere (uden Glødenet) — bliver Prisen pr. »Normallystime« ved Petroleumslys mellem $0,_{03}$ og $0,_{10}$ Øre, medens man for elektrisk Lys har Grænsetallene $0,_{09}$ og $0,_{20}$, naar man regner med Elektricitetspriser mellem 3 og 5 Øre pr. Hektowatttime, og Lamperne bruger mellem 3 og 4 Watt pr. Normallys.

Som man ser, vil Prisen f o r s a m m e L y s m æ n g d e fra Petroleumslamper og elektriske Kultraadslamper i Reglen blive noget større ved de sidste end ved de første.

For Gassens Vedkommende falder Sammenligningen med det elektriske Lys endnu uheldigere ud for sidstnævnte, idet man ved Gaslamper med Glødenet kan faa en Normallystime for en Pris betydelig

lavere end den laveste, der ovenfor blev nævnt for Petroleumslamperne.

Hvis det eneste Hensyn der var at tage i Betragtning ved Valget af Belysningsart, var Prisen pr. Normallystime, saa maatte de elektriske Kultraadslamper forkastes som Belysningsmiddel. Naar disse Lamper ikke des mindre har faaet en mægtig Udbredelse Verden over, saa er det, fordi der i Virkeligheden maa tages mange andre Hensyn, af hvilke vi senere skal fremdrage en Del.

Ved en Sammenligning mellem Petroleumslampers, Gaslampers og elektriske Lampers Økonomi vilde det desuden være ganske misvisende, om vi kun betragtede Kultraadslamperne og ikke de andre mere økonomiske elektriske Lamper.

Buelampen. En elektrisk Lampe, som, i alt Fald hvad Wattforbrug pr. Normallys angaar, var langt mere økonomisk end Kultraadsglødelampen, havde man allerede længe inden denne fremkom, i Buelampen, hvis Oprindelse maa føres helt tilbage til Davys Forsøg for ca. 100 Aar siden (S. 48).

Da de Trækulsstykker, mellem hvilke Davy dannede Lysbuen, brændte meget hurtigt bort, kunde der imidlertid foreløbig ikke være Tale om at bruge Buelyset til noget. Det var den franske Videnskabsmand Foucault — den samme som ved sine berømte Pendulforsøg direkte paaviste Jordens Omdrejning — der gjorde Buelyset praktisk anvendeligt. For det første fandt han i 1844 paa at danne Kulstykkerne af det faste Kul, som afsætter sig paa Indersiden af de Ler- eller Jærnbeholdere (Retorter), hvori man paa Gasværker uddriver Gassen af Stenkul; disse Retortkul brændte meget langsommere bort end Trækul. For det andet opfandt han et elektromagnetisk Regulerværk, som af sig selv førte Kulstykkerne, der formedes som lange Stænger, mod hinanden, efterhaanden som Enderne brændte bort. I vore Dage dannes Kulstængerne dog ikke af Retortkul, men af en kunstigt tilberedt Kulmasse, og Foucaults Regulerværk er afløst af andre.

Da de elektriske Spændinger, som benyttes til Belysning, ikke kan give Gnister af kendelig Længde, maa en Buelampes Kulstænger, inden Lyset kan dannes, bringes i Berøring med hinanden; naar de saa, efter at Strømmen er sat i Gang, fjærnes lidt fra hinanden, fremkommer Lysbroen eller Lysbuen mellem dem; den danner en ledende Forbindelse mellem Kulstængernes Spidser, dels fordi selve Luften ved høj Temperatur er ledende, dels fordi der farer smaa Kulpartikler over gennem Mellemrummet. I Almindelighed gøres dette meget kort

— én eller ganske faa Millimeter, og det er kun en meget ringe Del af Lyset, der kommer fra selve Lysbuen; Hovedmængden udstraaler fra de stærkt glødende Kulspidser, og hvis der anvendes Jævnstrøm, kommer den overvejende Del af Lyset fra det »positive« Kul, d. v. s. det, der staar i Forbindelse med Ledningsnettets Plusleder. Dette Kul fortæres ogsaa hurtigst, og der danner sig i Enden af det en Hulning, det saakaldte Krater, som man ser i det øverste Kul i Fig. 249. Denne Figur er Gengivelse af et 6—7 Gange forstørret Billede af de glødende Kulspidser, frembragt paa en Skærm ved Hjælp af en Linse; selve Lysbuen viser sig kun som en svag Lysning. Uden paa Kulspidserne ses smaa Kugler el. desl., som er dannet af fremmede Bestanddele af Kullet; i gode Kul er der dog ikke meget saadant. Formen af det negative Kul kan være forskellig efter Omstændighederne; oftest danner det en lille Top op imod det positive. Til positive Kulstænger anvender man nu oftest »Vægekul«, hvis Indre er dannet af mindre tæt Kul, hvad der befordrer en regelmæssig Kraterdannelse og et roligt Lys. Desuden gøres det i Reglen saa meget tykkere end det negative, at der brænder lige lange Stykker af begge i samme Tid.

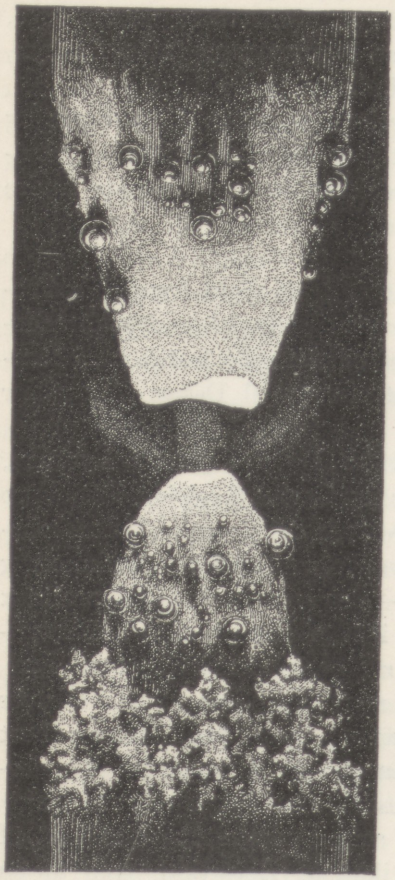


Fig. 249. Forstørret Billede af Buelysets glødende Kulspidser.

Naar man anbringer Kulstængerne lodret med det positive Kul øverst, vil næsten alt Lyset blive sendt nedad, da det hovedsagelig udgaar fra Krateret. Men naar f. Eks. det kraftige Lys fra en stor Buelampe skal oplyse en betydelig Strækning af en aaben Plads, saa er det netop udmærket, at Lyset sendes nedad; thi skal Lyset fra den stærke Lyskilde belyse Pladsen nogenlunde ensartet, maa Lampen anbringes meget højt til Vejrs. Var den anbragt i ringe Højde, vilde den allernærmeste Del af Pladsen blive belyst uforholdsmæssigt stærkt. Hvor det elektriske Buelys vinder Indgang som Belysning for aabne Pladser og

brede Gader, rejses der derfor høje Lygtemaster, ofte 15—20 Alen høje; disse slanke Master med de blændende hvide Sole højt oppe i Luften frembringer et paa en Gang storslaaet og skønt Indtryk og giver de elektrisk belyste Storstadskvarterer et ejendommeligt Præg; selv om man ved talrige, tættere anbragte Gaslygter tilvejebringer en ligesaa stærk Belysning nede ved Jorden som ved færre store Buelamper, saa føles det dog, som om disse har større Magt over Mørket, fordi de ikke som Gaslygterne lægger et tyndt Lystæppe hen over Gadefærdselen, men saa at sige gennemtrænger Rummet med Lys oppe fra Højder, der synes os store. — I de senere Aar har man forøvrigt ved særlige Midler (Forøgelse af Gastrykket) tilvejebragt Gasglødelamper, der ligesom store Buelamper kan give 1000—2000 Normallys.

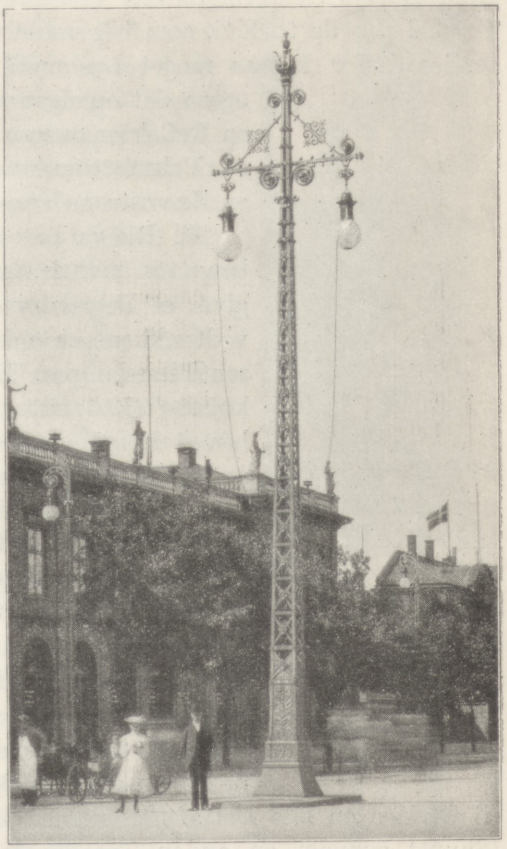


Fig. 250. Buelampemaster (Vesterbros Passage i København).

Da en Buelampes stærke Lys udgaar fra en ganske lille Flade, hvis Glans kun staar tilbage for Solens, vilde Øjet blændes stærkt ved at se lige mod det glødende Kulkrater; bl. a. af denne Grund omgives Kullene altid med en Kuppel af mer eller mindre lysspredende Glas; herved opnaas ogsaa, at Skyggerne bliver mindre skarpe. Kuplen mildner Lyset, siger man. Et endnu mildere Lys kan man faa ved den saakaldte indirekte Belysning, som ofte anvendes i Fabrikslokaler, Tegnestuer, fotografiske Ateliers o. s. v.; i Stedet for at lade Lyset straale fra Lampen ned i Rummet opfanger man det nedadgaaende Lys med en Skærm (Reflektor), som sender Lyset opad mod det hvide Loft (eller en stor Skærm over Lampen); herfra spredes det da ned mod Vægge og Gulv og oplyser Lokalet paa samme Maade som det spredte Dagslys. Skal en Buelampe bruges til indirekte Belysning, er det fordel-

agtigst at lade det underste Kul være det positive, saa at Krateret umiddelbart sender Lyset op mod Loftet; denne Kulstilling vil dog give et noget uroligt Lys. I alle Tilfælde tabes der naturligvis en Del af Lyset, naar man bruger indirekte Belysning.

Vi er i det foregaaende gaaet ud fra, at der brugtes Jævnstrøm. Naar Buelys frembringes ved Vekselstrøm, bliver der naturligvis ikke Forskel paa de to Kul, som her vekselvis er positive og negative. Der sendes derfor ligesaa meget Lys opad som nedad; for at nyttiggøre ogsaa det opadgaaende Lys anbringes der i Reglen en Reflektor ovenover Lysbuen; men alligevel giver en Vekselstrømslampe betydelig mindre Lys end en Jævnstrømslampe med samme Strømstyrke.

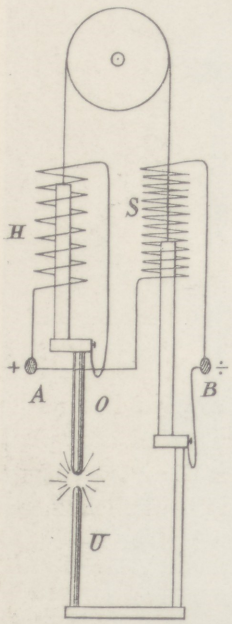


Fig. 251. Hovedtræk af en Differentiallampe.

Til Regulering af Kulstængernes Afstand benyttes mange forskellige Mekanismer. Fig. 251 giver et Begreb om, hvorledes Reguleringen i Hovedtrækkene er ordnet i en af de saakaldte Differentialbuelamper. Her er det øverste Kul, Overkullet *(O)*, befæstet til en Jærnstang, som er ophængt i en Snor, der gaar op over en Trisse; den anden Ende af Snoren bærer en anden Jærnstang, med hvilken Underkullet er fast forbundet. Overkullets Holder gøres saa tung, at Overkullet, naar der ingen Strøm gaar, hviler mod Underkullet. Knyttes Lampen til Stærkstrømsledninger, idet Klemskruen *A* sættes i Forbindelse med Pluslederen, Klemskruen *B* med Minuslederen, saa vil Strømmen væsentlig gaa fra *A* gennem en Traadspole *H* (Hovedspolen) med faa tykke Vindinger og derfra gennem Overkullet og Underkullet m. m. til *B*. Men en lille Del af Strømmen vil tage Vejen ad en Sideledning (Shunt) gennem en anden Traadspole *S* (Shuntspolen) med mange tynde Vindinger. Idet Hovedspolen omgiver Overkullets Jærnstang, vil Strømmen gennem Hovedspolen (Hovedstrømmen) drage Stangen og Overkullet opad (se Side 60). Overkullet løftes da, medens Underkullet paa Grund af Snorforbindelsen over Trissen samtidig sænkes. Idet Kullene skilles, dannes Lysbuen, og Hovedstrømmen møder nu paa dette Sted en betydelig Modstand; den bliver derfor svagere, og Strømmen gennem Shuntspolen (Sidestrømmen) kan da, naar Kullenes Afstand har naaet en vis Størrelse, standse Bevægelsen. Shuntspolen omgiver nemlig Underkullets Jærnstang, som altsaa trækkes opad af Sidestrømmen; skønt denne er meget svag, kan den paa Grund af

Spolens mange Vindinger trække stærkt i Jærnet. — Ved en bestemt Kulafstand holder de to Spolers Træk altsaa hinanden i Ligevægt; men naar nu ved Kullenes Bortbrænden Afstanden mellem dem forøges, saa vil Hovedstrømmen svækkes; Sidestrømmen faar da Overtaget og trækker Kullene sammen, til den rette Afstand atter er naaet. — Det er Forskellen (Differentsen) mellem de to Spolers Træk, der frembringer Reguleringen, deraf Navnet Differentiallampe.

En Differentiallampe er bl. a. konstrueret af Jürgensen i Danmark; den er omtrent indrettet efter Skemaet Fig. 251. Det samme gælder om den Lampe, der er afbildet i Fig. 252 (Schuckerts Differentiallampe). Traadspolernes Jærnkærner er dog her gemt inden i de synlige Stænger, og de har faaet en særlig, tilspidset Form i det Øjemed, at Spolernes Tiltrækning skal blive ens, hvad enten et langt eller et kort Stykke af Jærnkærnen er oppe i Spolen. Dersom Hovedstrømmen afbrydes — hvad der bl. a. sker, naar Kullene er opbrændt —, saa vil en lille Elektromagnet, som ses øverst i Fig. 252, sørge for, at Strømmen sluttes ad en anden Vej gennem en Modstand, der erstatter Lampen saaledes, at andre Buelamper, der brænder i Række med den, ikke mærker Forandringen.

I de saakaldte Shuntlamper er der ingen Hovedspole, men i Stedet for findes her en Fjeder, der modvirker Shuntspolens Tiltrækning af et Anker. Endvidere besørges Kullenes Bevægelse væsentlig af et Slags Urværk, som udløses eller standses ved Fjederens og Shuntspolens Sammenspil. Ogsaa Differentiallamper har forøvrigt ofte Urværk. — Reguleringsmekanismer med Urværk er imidlertid ret indviklede.

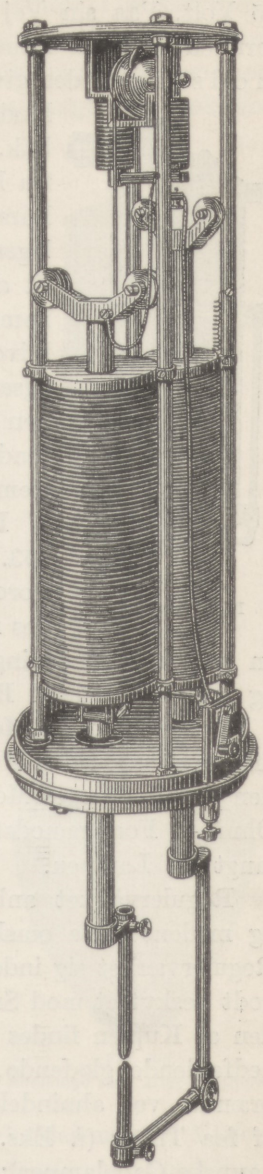


Fig. 252. Differentiallampe.

Naar en Buelampe er i Virksomhed, er Spændingsforskellen mellem det positive og negative Kul mindst 35—40 Volt; jo længere Lysbuen er, des større er Spændingsforskellen. Men selv om en Buelampe ikke kræver mere end 40—50 Volt mellem sine Klemskruer, saa maa dog det Ledningsnet, der skal nære den, have højere Spænding, f. Eks.

65 Volt. Paa sin Vej fra Plus til Minusleder maa Strømmen nemlig foruden gennem Lampen passere gennem en saakaldet Forlagsmodstand, der giver et ikke saa ringe Spændingstab. Hvis denne Modstand ikke fandtes, vilde Strømmen i første Øjeblik, inden Regulerværket naaede at trække Kullene fra hinanden, blive saa stærk, at den vilde ødelægge Lampen. Ogsaa efter at Lampen er tændt, gør Forlagsmodstanden imidlertid Nytte, idet den hjælper til at skaffe et roligt Lys. Dersom f. Eks. Kullene kommer for nær til hinanden, saa at Strømstyrken bliver stærkere, end den skulde være, saa vokser ogsaa Spændingstabet i Forlagsmodstanden, og Lampen selv faar altsaa mindre Spænding; derved forhindres, at Lysstyrken vokser kendeligt, og tillige fremmes den egentlige Lamperegulators Virksomhed.

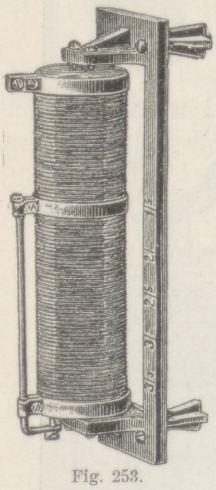


Fig. 253.
Forlagsmodstand.

Forlagsmodstanden kan indrettes som vist i Fig. 253. Her er Modstandstraaden opviklet om en riflet Porcellænscylinder; den ene Tilledningstraad forbindes med Traadspiralens øverste Ende, den anden med en fjedrende Metalring, som kan skydes op eller ned langs Cylinderen og derved bringes i Berøring med forskellige Steder af Traadspiralen. I Figuren indtager Metalringen sin øverste Stilling, svarende til en Modstand af $1,_5$ Ohm; skydes den nedad, forøges Modstanden til 2, $2,_5$ o. s. v. Ohm. — Forlagsmodstanden kan godt anbringes langt fra Lampen.

Regulerværket anbringes ovenover Kullene, og medens disse omsluttes af Kuplen, befinder Regulerværket sig inden i en Hætte, hvor det er godt beskyttet mod Snavs og Fugtighed. I Bunden af Kuplen findes en Askeskaal, der optager nedfaldende glødende Kuldele o. desl. Kullene brænder ved almindelige Buelamper op i Løbet af faa Timer (f. Eks. 18 Timer ved de københavnske Gadelamper); naar de skal fornyes, maa Lampen, der jo i Reglen sidder højt til Vejrs, hejses ned, hvorefter Kuplen aftages; den hænger som oftest under Kulskiftningen i to til Lampens Overdel befæstede Kæder. Ved hver Kulskiftning maa Kuppel m. m. omhyggeligt renses.

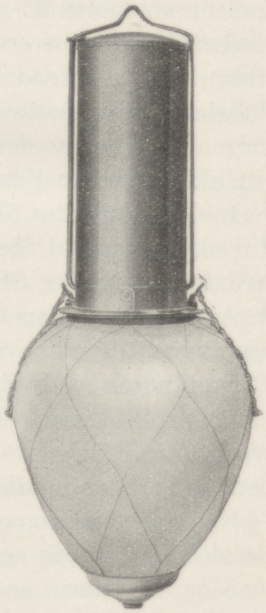


Fig. 254.
Buelampe med Kuppel.

Af det foregaaende fremgaar det, at en Buelampe i Modsætning til Glødelampen er en ret sammensat Mekanisme, hvis Pasning volder en Del Ulejlighed. Til Gengæld giver den langt mere Lys end en Glødelampe, og Buelampebelysningen er desuden langt mere økonomisk end Glødelampebelysningen, hvad der beror paa, at de glødende Kulspidsers Temperatur er henimod 4000° C. i Stedet for henimod 2000 som Glødelampens Kultraad; dennes Lys synes af samme Grund rødligt i Forhold til det hvide sollyslignende Buelys. Medens Glødelampen krævede $2,_5$—4 Watt pr. Normallys, giver Buelamperne et Normallys for mellem 2 og $0,_3$ Watt. Man ser, at der er meget stor Forskel paa forskellige Buelampers Økonomi. I Almindelighed kan det siges, at den er des bedre, jo stærkere Lys, Lampen giver; en Buelampe, der brænder ved en Strøm af nogle faa Ampère og giver nogle faa Hundrede Normallys, bruger altsaa langt flere Watt for hvert Hundrede Normallys end en Lampe, der ved en Strømstyrke af Snese af Ampère lyser som mange tusinde Normallys.

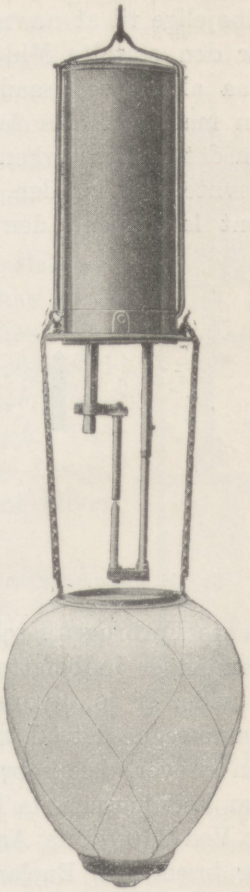


Fig. 255.
Buelampe med aftaget Kuppel.

Bestemte Talangivelser for forskellige Lampers Lysstyrke og Energiforbrug kan imidlertid ofte være meget vildledende, og hvor det drejer sig om et Valg mellem talrige de Lampetyper, som er fremkommet i Tidens Løb, maa man tage Hensyn til mange andre Forhold, saa som Udgifterne til Kul og Pasning, selve Lampens Pris, dens Evne til at virke regelmæssigt, og ikke mindst maa man lægge Mærke til, hvorledes det ønskede Lampetal og den Spænding, hver enkelt Lampe kræver, passer sammen med Ledningsnettets Spænding.

Hvad Lampernes Lysstyrke angaar, da fremkaldes megen Misforstaaelse og Tvetydighed bl. a. af Lysets meget ujævne Fordeling, hvoraf Fig. 256 giver et Billede for en Lampe uden Kuppel. De Linjer, der er tegnet ud for Lysbuen, angiver ved deres forskellige Længde Lysstyrken i forskellige Retninger. Den er størst skraat nedad i en Retning, der ligger omtrent midt imellem vandret og lodret; lodret nedad er den Nul, fordi det negative Kul danner Skygge, og over den vandrette Plan gennem Lysbuen kommer der kun meget lidt Lys.

Naar der nævnes et bestemt Tal for Buelampers Lysstyrke (ved en bestemt Strømstyrke), saa menes der som oftest Middelværdien af Lysstyrkerne i alle Retninger lavere end denne vandrette Plan (»Middellysstyrken for den nedre Halvkugle« eller »hemisfærisk Lysstyrke« kalder man det). Nogle Fabrikanter eller Forhandlere er imidlertid tilbøjelige til at nævne Maksimumslysstyrken i skraa Retning i Stedet for den omtalte Middellysstyrke, der kun er ca. halv saa stor. Man maa altsaa ved saadanne Opgivelser lægge Mærke til, om der tales om maksimal eller hemisfærisk Lysstyrke. Endvidere maa man vide, om det er Lysstyrken uden eller med Kuppel, der tales om; den sidstnævnte, som er den, der har praktisk Betydning, er mindst 15 Procent lavere end den anden. Ogsaa Kullenes Beskaffenhed har stor Indflydelse paa en Lampes Lysstyrke. Endelig maa det erindres, at en stor Buelampe for at kunne belyse selv de fjærneste Dele af et Lokale ligesaa godt som mange spredt anbragte Glødelamper maa have betydelig større Lysstyrke end disse.

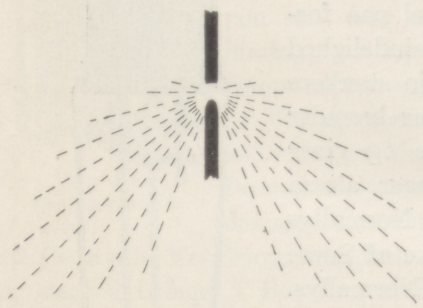


Fig. 256. Lysfordeling om en Buelampe.

Anføres Lampernes Energiforbrug i Watt (Hekto- eller Kilowatt), saa maa man spørge, om der blot menes Forbruget i selve Lampen, eller om Energitabet i Forlagsmodstanden er indbefattet. Hvad det i Virkeligheden gælder om at faa at vide, er jo, hvormeget man kommer til at betale for, og for at kunne regne det ud, maa man kende dels, hvor stor Strømstyrke Lampen kræver, dels hvor mange Lamper der kan indskydes i Række mellem Ledningsnettets Plus- og Minusleder.

Ved 110 Volts Anlæg er den almindelige Ordning endnu den, at der brænder 2 Buelamper (oftest Shuntlamper) i Række (se S. 159), og de har da en fælles Forlagsmodstand. Er Strømstyrken f. Eks. 10 Ampère, kræver de to Lamper altsaa i Forening med Modstanden $10 \times 110 = 1100$ Watt. I et 220 Volts Anlæg kan der brænde 4 saadanne Lamper; men saa mange har ikke enhver Brug for. Den Gang man i København gik over fra 110 til 220 Volt, opstod det Spørgsmaal, hvorledes de Forbrugere, der i Forvejen havde to Lamper, nu bedst skulde indrette sig uden helt at forandre deres Belysningsordning. Man greb da til det Middel at indføre de saakaldte Dobbeltbuelamper, der i en enkelt Kuppel og Hætte indeholder to Sæt Kul og to Regulerværker, altsaa i Virkeligheden to selvstændige Lamper; ved

denne Ordning nøjedes Forbrugerne altsaa tilsyneladende med to Lamper, men fik i Virkeligheden 4. Skulde nu Energiforbruget blive det samme som før (1100 Watt i vort Eksempel), saa maatte de nye Lamper nøjes med halv saa stærk Strøm som de gamle ($5 \times 220 = 1100$); men som anført S. 291 bliver Buelampers Lysydelse forholdsvis daarligere ved lavere Strømstyrker; Forbrugerne maa altsaa nu tage mere Strøm end 5 Ampère for at faa samme Lysmængde som før ved de 10 Ampère. For Buelampebelysning ligesom for Glødelampebelysning betyder Overgang fra 110 til 220 Volts Netspænding uden samtidig Takstnedsættelse altsaa i Virkeligheden en Prisforhøjelse, som ikke er helt ubetydelig.

Det er i de senere Aar lykkedes at lave Buelamper (Differentiallamper), som kan brænde 3 i Række mellem 110 Volts Ledninger eller 6 i Række mellem 220 Volts uden Forlagsmodstand; kun under Tændingen benyttes i Reglen en Forlagsmodstand (»Igangsætnings-« eller »Tændingsmodstand«), som udskydes efter Tændingen. Ved denne Ordning faar man mere Lys for de samme Penge, men Lamperne maa have finere Regulerværker og bliver derfor dyrere.

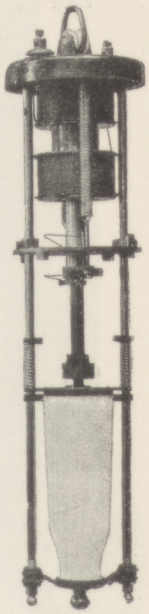


Fig. 257.
Buelampe med indelukket Bue.

For mindre Forbrugere, der ikke ønsker at benytte flere Lamper samtidig, har det mere Betydning, at der er lavet Lamper, som kan indskydes enkeltvis mellem 110 Volts Ledninger og 2 i Række — eller endog enkeltvis — mellem 220 Volts uden store Energitab i Forlagsmodstanden. I disse Lamper omgives Lysbuen af en lille mer eller mindre lufttæt sluttende Glasklokke (se Fig. 257) der dog som oftest atter omgives af en almindelig stor Buelampekuppel. Den tæt sluttende Klokke har til Formaal at hindre Kullene i at brænde hurtigt bort. Kort efter at Lampen er tændt, vil al Ilten i Klokken være opbrugt, saa at der kun er Kvælstof og Kullets Forbrændingsprodukter tilbage; Kullene svinder derefter kun dels ved Fordampning, dels ved den langsomme Tilgang af ny Ilt. Af forskellige Grunde kræver disse Lamper med indelukket Lysbue — Janduslamperne, som de undertiden kaldes efter Opfinderen — imidlertid meget større Spænding end Lamper med aaben Bue — f. Eks. 80 Volt i Stedet for 40 — og derfor kan der kun være én saadan Lampe mellem 110 Volts Ledninger; men i alt Fald nogle af de »lukkede Lamper« kan give ligesaa meget eller mere Lys end to aabne med samme Strømstyrke, saa at man i sidste Tilfælde faar Lyset billigere ved en lukket

Lampe end ved en aaben Dobbeltlampe. Da Lysbuen i de lukkede Lamper er forholdsvis lang og yder en betydelig Del af Lyset, og der ikke finder nogen egentlig Kraterdannelse Sted, kastes Lyset ikke saa stærkt nedad, men fordeles jævnere, hvad der i ikke meget store Rum kan være en Fordel; af samme Grund er Lyset imidlertid noget uroligt. Paa Grund af Kullenes langsomme Brænding kan Regulerværket simplificeres en Del.

Der findes mange forskellige Konstruktioner af lukkede Lamper. Bl. a. kan nævnes »Reginalampen«, hvor Luftrummet omkring Buen er meget tæt lukket, og Kullene fortæres saa langsomt, at de kan holde indtil 300 Brændetimer. Endvidere den Siemenske »Sparelampe«, hvor der ikke findes nogen særlig Glasklokke tæt om Lysbuen, men kun en større Kuppel med begrænset Lufttilgang; her er lagt mindre Vægt paa at opnaa lang Brændetid (kun ca. 25 Timer) end paa at tilvejebringe et roligt Lys (ved Anvendelse af tynde Kul). I Danmark tilvirkes lukkede Lamper, der er konstruerede af V. C. Lier; Fig. 257 er en af disse »Lier-Lamper«. Blandt Lier-Lamperne er der en Type, som er indrettet til at brænde enkeltvis mellem 220 Volts Ledninger; medens Lysbuen i aabne Buelamper kun er ganske faa Millimeter, kan den her blive 6 Centimeter (over et Par Tommer), og herpaa beror det, at Lampen bruger saa stor Spænding. Under disse Omstændigheder yder selve Lysbuen en betydelig Del af Lyset, som derved faar et violet Skær og bliver meget rigt paa fotografisk virksomme Straaler, (S. 276); Lampen egner sig derfor særlig til fotografisk Brug, og den er anvendt ved Fremstillingen af de fleste Billeder i denne Bog. Som Eksempel paa, hvor vigtigt det er at vælge passende Lamper til saadant Brug, kan det nævnes, at den paagældende Reproduktionsanstalts Elektricitetsforbrug formindskedes til mindre end en Tredjedel eller endnu stærkere ved Indførelse af de omtalte Lamper i Stedet for de almindelige aabne Lamper, af hvilke der maatte brænde 4 i Række, selv om der ikke var Brug for dem alle.

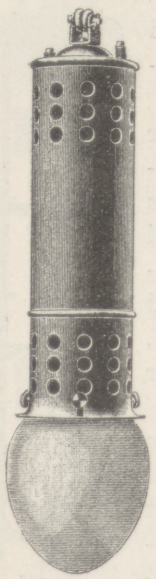


Fig. 258.
Liliputlampe.

Medens Buelyset er paa sin Plads, hvor det drejer sig om at tilvejebringe en stor Lysstyrke, stemmer det daarligt med Buelysets Natur at gøre Tjeneste, hvor der kun er Brug for en ringe Lysmængde. Sender man kun en ringe Strøm gennem en Buelampes Kulstænger, saa vil der slet ikke dannes nogen Lysbue, naar de skilles ad. — Mindre end 3—4 Ampère anvendes sjældent i Buelamper af almindelig Kon-

struktion; men man har dog lavet Lamper, der nøjes med 2 eller endog 1 Ampère, og som tillige er meget smaa. Fig. 258 viser en saadan Lampe — den Siemenske »Liliputlampe«, hvis hele Højde kun er ca. 30 Centimeter. Baade den og andre smaa Buelamper som Reginulalampen og Sivalampen har indelukket Lysbue; kun paa denne Maade kan man opnaa, at de korte Kulstænger, som Lampens Lidenhed kræver, kan holde ud i en rimelig Tid. Skønt selv disse smaa Buelamper i Reglen giver adskilligt over 100 Normallys, kan de dog siges nogenlunde at udfylde det Svælg, som oprindelig i Henseende til Lysstyrke og Anvendelsesmaade skilte Buelyset fra Glødelyset; i Butikker, Restaurationer o. s. v. kan de træde i Stedet for meget store Glødelamper eller Grupper af Glødelamper, ja man har endog benyttet Liliput-Lamper med passende Skærme som Bordlamper. Liliput-Lamperne indrettes ofte saaledes at de uden videre kan indskrues i almindelige Edison-Lampeholdere til Glødelamper.

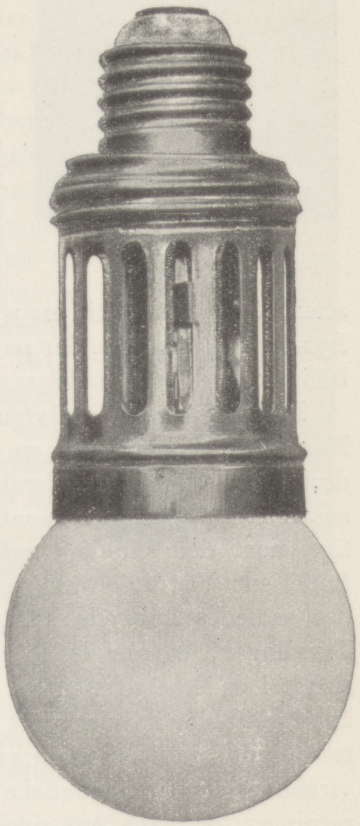


Fig. 259. Nernstlampe.

Disse smaa Buelamper har dog kun meget ringe Betydning efter at man har faaet Glødelamper, som er meget mere økonomiske end Kultraadslamperne, og som kan indrettes baade for smaa og middelstore Lysstyrker.

Nernstlampen. Den Gang da Edison havde udført sit første store elektriske Lysanlæg i New York, var der mange, som troede, at Gasbelysningens Dage var talte, og at den snart rundt om i Verden vilde komme til at vige Pladsen for den nye fuldkomnere Belysning. Maaske vilde vi virkelig have oplevet Gassens fuldstændige Nederlag i Kampen med Elektriciteten, hvis Gasbelysningen var blevet staaende paa samme Standpunkt som for et Par Aartier siden; men da Auer von Welsbach i Halvfemserne opfandt Gasglødelyset, hvis hvidglødende Net udstraaler mindst 3—4 Gange saa meget Lys som de gamle Gasflammer ved samme Gasforbrug, nedsloges for lange Tider Haabet om, at man ved elektriske Kultraadslamper kunde faa ligesaa billigt Lys som ved Gas,

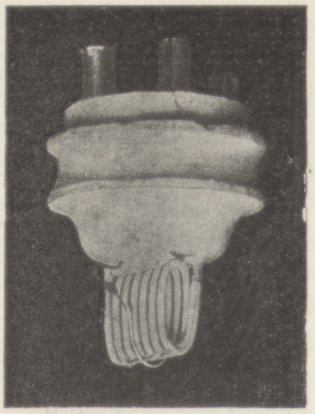


Fig. 260. Nernstbrænder.

i alt Fald hvor denne kunde leveres til rimelige Priser (f. Eks. 4 Kr. pr. 1000 Kubikfod eller 30 Kubikmeter), og Elektricitetspriserne ikke var ganske særlig billige — som ved nogle Vandkraftsanlæg. En mindre Forskel kunde sagtens opvejes af den elektriske Belysnings Fordele, men Forskellen var desværre i Almindelighed saa stor, at den maatte veje meget tungt i Vægtskaalen i Forretninger o. s. v., hvor der bruges meget Lys. Lyset fra Buelamper kunde ganske vist konkurrere med almindeligt Gasglødelys i Billighed; men de passer jo kun under store Forhold. Der trængtes altsaa i høj Grad til en ny elektrisk Lampe, som ved langt mindre Lysstyrker end dem, der passer for Buelamper, kunde yde Lyset meget billigere end Kultraadslamper.

I Slutningen af Halvfemserne rygtedes det, at den tyske Fysiker Nernst havde opfundet en saadan Lampe, og det fortaltes, at Opfinderen havde faaet svimlende Summer for sin Opfindelse. Men da man saa hørte, at Lampen maatte forvarmes med en Spritlampe eller deslige, naar den skulde tændes, blev man noget tvivlende overfor Opfindelsens Værdi; en elektrisk Lampe, der saaledes krævede Ekstrahjælp til Tændingen, betegnede jo et Tilbageskridt i en ikke uvæsentlig Henseende. Imidlertid blev Tvivlen gjort til Skamme forsaavidt som »Nernstlamper« med selvvirkende elektromagnetiske Tændindretninger for nogle Aar siden vandt en meget stor Udbredelse over hele Jorden.

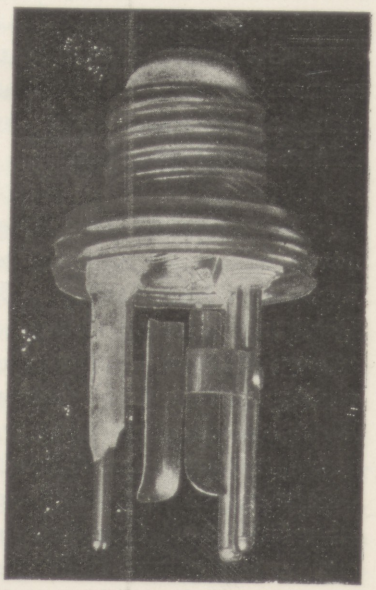


Fig. 261. Skruestykke af en Nernstlampe.

Fig. 259—262 viser Nernstlampen og dens vigtigste Dele. Fig. 260 er den saakaldte »Brænder«, hvor man nederst ser en tynd bøjet Traad, hvorfra Lyset udsendes. Denne »Glødetraad« bestaar her af kemiske Forbindelser af visse Metaller (Magnium, Thorium m. m.). Disse Stoffer taaler at ophedes til en meget højere Varmegrad end en Kultraad, og dels af denne Grund, dels

fordi de har en særlig Evne til at udstraale meget Lys, kan Nernstlampen ved samme Forbrug af elektrisk Energi som en Kultraadslampe give meget mere Lys end denne. Da Nernstlampens Glødetraad ikke godt taaler at gløde i lufttomt Rum, men derimod vel i Luften, indesluttes den ikke i en tilsmeltet Glasbeholder, men omgives blot af en Glasklokke. — Som nævnt kræves der særlige Midler til Lampens Tænding. Aarsagen hertil er den, at Glødetraaden kun er ledende for Elektriciteten, naar den er varm, men i kold Tilstand ikke lader Strømmen gaa igennem sig. Derfor er der over Glødetraaden anbragt en stor »Varmespiral«, dannet af en med ildfast Stof omgivet Platintraad. Naar Strømmen sluttes gennem Lampen gaar den først gennem Platintraaden, som da gløder og opvarmer Glødetraaden. Naar denne er blevet varm nok til at lede Strømmen, sørger en Elektromagnet, som er anbragt i »Lampesokkelen« eller »Lampefoden« (øverst i Skruestykket Fig. 261), for at afbryde Strømmen gennem Platintraaden. Strømmen gaar nu gennem Glødetraaden samt en i Række med denne indskudt Forlagsmodstand, dannet af en spiralviklet Jærntraad inde i en lille tilsmeltet Glasbeholder (Fig. 262).

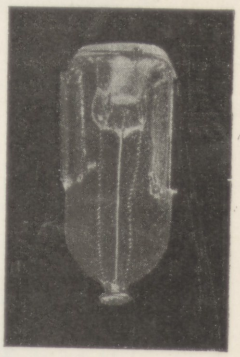


Fig. 262. Forlagsmodstand.

Det var naturligvis ved mange Lejligheder en Ulempe, at der gik nogen Tid (½ Minut el. lign.), inden Lampen lyste op. Da nu tillige Glødetraaden ofte brændte vel hurtigt over, har der aldrig været rigtig Tilfredshed med disse Lamper, skønt de kunde give stor Besparelse i Sammenligning med Kultraadslamperne. Nu har Nernstlampen næsten helt maattet vige Pladsen for Metaltraadslamper, som er fri for Tændingsulempen og tillige er mere økonomiske end Nernstlampen.

Metaltraadslamper. De første elektriske Glødelamper, som anvendtes i Praksis, var som tidligere omtalt Platintraadslamper, og man gik kun over til Kultraadslamperne, fordi Kullet kunde taale en betydelig højere Temperatur end Platinet. Der findes imidlertid forskellige sjældne Metaller, som taaler en meget højere Temperatur end Platinet. Et saadant yderst tungt smelteligt Metal er Osmium. Det kan rigtignok ikke trækkes til fine Traade; men ad forskellige Omveje lykkedes det alligevel Auer, Gasglødelysets Opfinder, at fremstille ganske tynde Osmiumtraade, der kunde anvendes som Glødetraade i lufttomme Glasbeholdere. Da de taalte en Temperatur langt over 2000°, gav de et langt mere økonomisk Lys end Kultraadene.

Osmiumlamperne var ogsaa særdeles holdbare, men de kunde ikke vinde almindelig Udbredelse, da det ikke lykkedes at fremstille saadanne Lamper til saa store Spændinger som dem, der bruges i de fleste Lysanlæg.

I 1905 fremkom der imidlertid en anden Metaltraadslampe, hvor Glødetraaden var dannet af det sjældne Metal Tantal, som det efter flere Aars Arbejde i Firmaet Siemens & Halske's Laboratorium var lykkedes Tyskerne Bolton og Feuerlein at fremstille i ren Tilstand og udtrække til tynde Traade. Disse maatte ganske vist ligesom Osmiumtraadene være meget lange, naar de skulde bruges som Glødetraade i Lamper for nogenlunde høje Spændinger. Men ved en ejendommelig Ophængningsmaade af Traaden blev det dog muligt at indrette praktisk anvendelige 110 Volts Tantallamper. Traaden bliver, som det ses af Fig. 264, ophængt i Siksak paa et Stativ med mange Bærearme indeni en lufttom Glasbeholder.

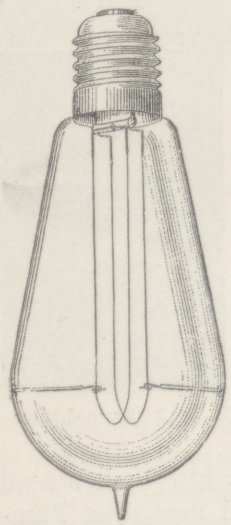


Fig. 263. Osmiumlampe.

Skønt vi kaldte Tantal et sjældent Metal, er der dog rigeligt Forraad af Tantalmalme til Lampefabrikationen, og Raastoffet til en Lampetraad koster ikke meget. Af et eneste Kilogram Tantal kan der nemlig laves omtrent 200 000 Glødetraade til 10 Lys Lamper for 110 Volt, idet Tantalet udtrækkes til en Traad af 100 Kilometers Længde. Til Trods for Traadens overordentlige Finhed er den ret stærk og taaler Rystelser saa godt, at Tantallamper har fundet megen Anvendelse i Banetog. Imidlertid kræver Traadens Fremstilling og Anbringelse i Lamperne megen Omhu og meget Arbejde, hvorfor Tantallamper bliver betydeligt dyrere end Kultraadslamper; men den forøgede Udgift til Lampen vil i Reglen rigeligt indvindes ved Besparelsen i Forbrugsudgift.

For Spændingen 110 Volt laves der for Tiden (1910) Lamper med Lysstyrker 10, 16, 25, 32 eller flere Normallys til Priser omkring 2 Kr. og med et Wattforbrug, som angives at være $1{,}_5$ Watt pr. Normallys. Regner vi, at Kultraadslamperne bruger 3 Watt, spares der altsaa $1{,}_5$ Watttime for hver Normallystime. Ved en 16 Lys Lampe spares altsaa 24 Watttimer eller omtrent ¼ Hektowatttime i Timen. Er Elektricitetsprisen 4 Øre pr. Hektowatttime, sparer man 1 Øre i Timen, og koster Lampen 1,80 Kr., skal den kun brænde i 180 Timer, inden man har indvundet Lampeprisen, selv om Kultraadslamper le-

veres gratis i det paagældende Anlæg. Da Middellevetiden for Lamperne angives at være ca. 1000 Timer, skulde man altsaa ved en enkelt 16 Lys Tantallampe spare ca. 8 Kr., inden den har afsluttet sit Liv. Tilmed vil Lampens Lysstyrke i Modsætning til Kultraadslampernes kun gaa ganske lidt ned under Brugen. Endelig kan det nævnes, at Tantallamper ofte kan bruges, efter at Traaden er brændt over, idet den løse Traadende let — enten af sig selv, eller ved at man banker paa Lampen — kommer i Berøring med Nabotraaden og derved slutter Ledningen.

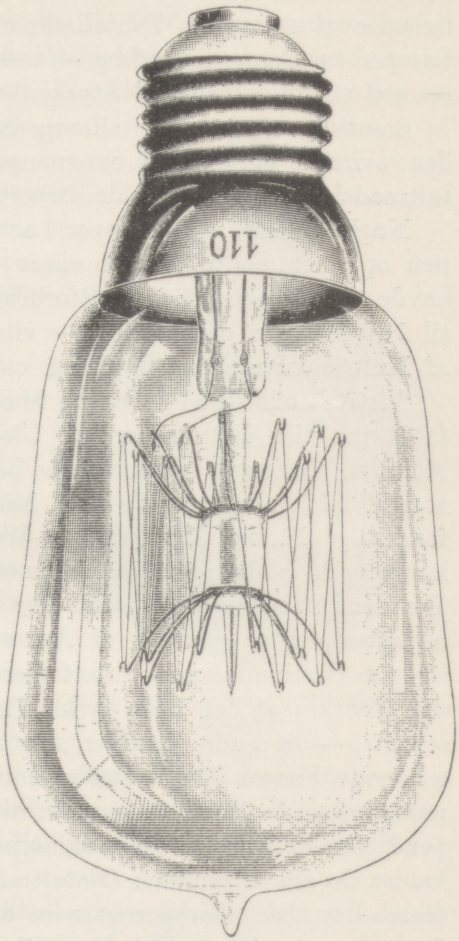


Fig. 264. Tantallampe (naturlig Størrelse).

I Praksis stiller Forholdene sig ganske vist ikke altid slet saa gunstigt. For det første maa det erindres, at det var Middellevetiden, der angaves til 1000 Timer; enkelte Lamper kan være færdige langt tidligere, medens paa den anden Side andre Lamper skulde kunne leve meget længere. Men desuden kan selve Middellevetiden forkortes betydeligt dels ved grov ydre Behandling af Lamperne, dels ved Spændingsuregelmæssigheder i Ledningsnettet. Paa Steder, hvor Spændingen ofte stiger ret betydeligt over den normale Spænding, for hvilken Lampen er indrettet, vil Glødetraaden let brænde over altfor hurtigt. Derfor bør man i saadanne Tilfælde anvende Tantallamper, som giver en noget ringere Lysvirkning, idet de bruger 2 Watt pr. Normallys ved Anlæggets normale Gennemsnitsspænding og kun naar ned til $1,_5$ Watt under Spændingsstigningerne. Disse 2 Watts Lamper er ogsaa mere modstandsdygtige mod Stød og deslige. De maa jo brænde længere, inden Anskaffelsesprisen er afbetalt ved Forbrugsbesparelsen; men det

sker dog ved en 16 Lys Lampe i ca. 300 Timer, ved en 25 Lys Lampe i 180 Timer under de angivne Forudsætninger.

Til at begynde med kunde Tantallamperne ikke taale Vekselstrøm; men nu kan de meget godt benyttes i Vekselstrømsanlæg; dog bør her som oftest vælges 2 Watts Lamper. Ligeledes voldte det Vanskeligheder at fremstille Tantallamper for 220 Volt; men nu har man Lamper for denne Spænding — med to Traadstativer i én Glasklokke — ned til 25 Normallys' Styrke.

Samtidig med at Tantallamperne rykkede frem for at erobre Verden, svirrede der Rygter om mange nye endnu mere økonomiske Metaltraadslamper, som skulde være under Opsejling.

Nogle af disse nye Lamper har vel endnu ikke kunnet tage Kampen op, men andre traadte snart ud i Livet, og viste, at Rygterne havde talt sandt, idet Wattforbruget pr. Normallys blev bragt ned til 1 Watt eller deromkring — eller med andre Ord til en Tredjedel af Kultraadslampernes Forbrug.

Vistnok alle de »1 Watts Metaltraadslamper«, som har faaet praktisk Betydning, har Glødetraaden væsentlig bestaaende af Metallet Wolfram. Vi kan derfor her med et fælles Navn betegne dem som Wolframlamperne. Men i Handelen gaar de under mange forskellige Navne. Der er »Just-Wolframlampen« og »Kuzel-Wolframlampen«, hvis »Fornavne« er Navnene paa de Mænd, som har opfundet Traadens Fremstillingsmaade. Der er »Osramlampen«, der ligesom Osmiumlampen er udsendt af Auerselskabet og ved sit Navn angiver sig som Osmiumlampens Efterfølger og Arvtager. Der er »Gea-Lampen«, der tilvirkes af det store tyske Firma »Allgemeine Elektricitätsgesellschaft«, — og andre Lamper, som mere direkte betegnes med det udsendende Firmas Navn. Der er endvidere mange Lamper, hvis Navne paa forskellige Maader hentyder til deres Lysevne, som »Fulguralampen« (Lynlampen), »Monowattlampen« (1 Wattslampen) o. fl. — Ofte kaldes de alle tilsammen »Metaltraadslamperne« i Modsætning til Kultraads- og Tantallamperne; men det er en forkastelig Sprogbrug, da Tantallampen jo ogsaa har en Glødetraad af Metal.

Wolframglødetraadene kan ikke som Tantaltraadene fremstilles ved Trækning; der maa anvendes andre Metoder. En af disse bestaar i, at en Kultraad bringes i Glød i en Atmosfære bestaaende af Brint og en dampformet Wolframforbindelse; medens Brinten træder ind i Forbindelsen i Stedet for Wolframmetallet, slaar dette sig ned paa Kultraaden, og idet denne bringes til at fordampe ved stærkere Glødning, bliver Wolframhylsteret tilbage som en hul Traad. Hyppigere

bringes Metallet i meget findelt (colloidal) Tilstand og æltes med et Bindemiddel til en Slags Dej, som presses til fine Traade.

En sikker Besvarelse af det Spørgsmaal, hvilken af alle Wolframlamperne der er den bedste, vilde kræve meget omfattende Undersøgelser, hvis Resultater tilmed kunde blive omstødt meget hurtigt, da man stadig arbejder paa at forbedre de forskellige Lamper.

Den, der kom tidligst frem paa Markedet, og vel ogsaa den, der er bedst undersøgt, er Osramlampen. For 220 Volt findes den i Lysstyrker fra 1000 Normallys helt ned til 25 Lys; for 110 Volt haves den i Lysstyrker ned til 16 Lys. Medens 110 Volts Lamperne for de lavere Lysstyrker kun koster 2 Kr., er Prisen for 25 og 32 Lys Lamper til 220 Volt 3,50 Kr. (i 1910).

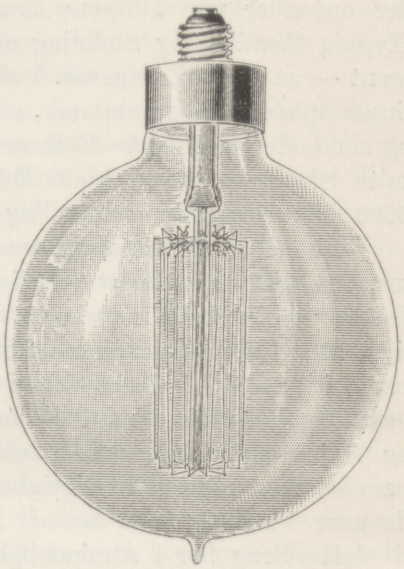


Fig. 265. En Osramlampe med kugleformet Beholder.

Regner vi, at Wolframlamperne kun bruger 1 Watt pr. Normallys, Kultraadslamperne 3,5 Watt, skulde Forskellen i Forbruget være $2,_5$ Watt. For gode, holdbare Wolframlamper, som egner sig for det praktiske Liv, tør vi dog næppe sætte Wattforbruget under $1,_2$ Watt pr. Normallys, i alt Fald ved Spændingen 220 Volt. Men ogsaa de 220 Volts Kultraadslampers Forbrug turde maaske være sat vel lavt med $3,_5$ Watt, naar det tages i Betragtning, at under Brugen gaar Lysstyrken efterhaanden ned og samtidig Wattforbruget pr. Normallys noget op; Wolframlamperne derimod lider kun en meget ringe Nedgang i Lysstyrke, inden Traaden brænder over.

Sætter vi Forskellen for 220 Volts Lamper til $2,_3$ Watt, vil en 25 Lys Wolframlampes Mindreforbrug være $57,_5$ Watt eller $0,_{575}$ Hektowatt, hvilket ved en Pris af $3,_5$ Øre pr. Hektowatttime (som i København) giver en Besparelse af $2,_0$ Øre i Timen. Koster Lampen 3,50 Kr. er dens Pris indvundet i mindre end 200 Brændetimer. Nu kan man imidlertid under gunstige Forhold sætte Middellevetiden for Osramlamper og andre gode Wolframlamper til — ikke et Par hundrede — men et Par tusinde Brændetimer eller mere, som det bl. a. fremgaar af Forsøg, der er udført paa Gotersgades Elektricitetsværk af Ingeniør Borchsenius.

Naar det som Betingelse for en lang Levetid nævntes, at Lamperne skulde leve under gunstige Forhold, sigtedes herved særlig til den ydre Behandling. Spændingsuregelmæssigheder taaler Lamperne ret godt, bl. a. fordi deres Glødetraades Ledningsmodstand vokser med Temperaturen, saa at Spændingsforøgelsen giver ringere Forøgelse i Strømstyrke og Temperatur end ved Kultraadslamperne, hvor Modstanden tværtimod aftager med Temperaturen; ved de omtalte Forsøg paa Gotersgadeværket var Spændingsvariationerne endog større end dem, der optræder ude i Byens Ledningsnet under almindelige Forhold. Hyppig Tænding og Slukning synes heller ikke — som man før har ment — at skade Lamperne. I alt Fald har en Række i forskellige Stillinger ophængte Osramlamper, som inde paa Gotersgadeværket tændtes og slukkedes med korte Mellemrum af en Blinker som den S. 197 omtalte Strømbegrænser, taalt Millioner af Tændinger; først efter ca. 5000 Timers saadan Behandling brændte den første Traad over.

Derimod er Wolframlamperne meget følsomme for Stød og Rystelser, som de taaler langt daarligere end Kultraads- og Tantallamper. De bør derfor helst anbringes fast. I Begyndelsen krævedes det tillige, at de skulde anbringes i nedadvendende Stilling, idet Traadene hang frit nedad i Buer (som i Osmiumlampen Fig. 263); senere har man dog indrettet dem til at brænde i andre Stillinger. Som Hænge- og Hejselamper kan gode Wolframlamper nok bruges, naar de behandles med megen Forsigtighed. Ogsaa som flyttelige Lamper kan de gøre Tjeneste; men herved kræves endnu større Forsigtighed, og til dette Brug bør i Almindelighed Tantallamperne — eller de gamle Kultraadslamper — foretrækkes. Ogsaa de faste Lamper kan hurtigt ødelægges, hvis man ved Afstøvning eller deslige behandler dem ublidt; Tænding og Slukning kan rent mekanisk skade dem, hvis den foregaar ved en Hane paa selve Lampen og udføres uden Forsigtighed. Ligesom Tantallamperne kan Wolframlamperne undertiden bruges efter at Traaden er bristet et Sted.

De fleste daarlige Erfaringer med Wolframlamperne skyldes enten ufornuftig Anvendelse eller uforsigtig Behandling eller Valg af daarlige Lamper. Men forøvrigt skal man ikke være for hurtig til at opgive Wolframlamperne, fordi der undertiden gaar en Traad i Løbet urimelig hurtigt; thi Besparelsen ved de Eksemplarer, der holder godt, er saa stor, at den kan veje op mod adskillige Uheld. Ved Ombytning af 25 Lys Kultraadslamper med 25 Lys Wolframlamper vil blot en eneste af disse, som brænder i 1000 Timer, rigeligt holde Forbrugeren skadesløs for 4 andre, som gaar straks efter Modtagelsen.

Mange søger at sikre sig ved en Assurance eller Garanti fra Sælge-

rens Side. Det kan jo være meget behageligt at være betrygget paa denne Maade; men man bør dog være opmærksom paa, at man ved Købebetingelser af denne Art kan gøre Sælgeren interesseret i ikke at levere Lamper med stor Forbrugsøkonomi, da det er lettere at lave holdbare Lamper med stort end med lille Wattforbrug.

Wolframlamperne fremstilles ligesom andre Metaltraadslamper lettere for lavere end for højere Spændinger, navnlig til lave Lysstyrker. Derfor er man ikke naaet saa langt ned i Lysstyrke og i Pris for 220 Volts Lamperne; i alt Fald om de fleste af Wolframlamperne gælder det sikkert ogsaa, at de er enten mindre holdbare eller mindre økonomiske — eller begge Dele — for 220 end for 110 Volt.

For saa at sige alle Slags elektriske Lamper — kun Nernstlamperne dannede en Undtagelse — gælder det saaledes, at 110 Volt el. lgn. er en gunstigere Spænding end 220 Volt, og særlig for mindre Forbrugere, som har Brug for Lamper med smaa Lysstyrker, vilde det være meget ønskeligt, om man vilde anvende lav Spænding i Ledningsnettet. Ved nogenlunde udstrakte Anlæg vil Ledningsnettet imidlertid let blive for kostbart, om man gaar ned til 110 Volt. Ved Vekselstrømsanlæg, der deles i flere Lokalanlæg om hver sin Transformatorstation kan Ønsker om lav Netspænding snarere end ved Jævnstrømsanlæg opfyldes uden urimelige Bekostninger, og da Metaltraadslamper i det hele er mindre holdbare ved Vekselstrøm end ved Jævnstrøm, er det netop ved Vekselstrømsanlæggene særlig vigtigt, at Vanskelighederne ikke forøges ved høj Spænding. I Stedet for at give Ledningsnettene fra Transformatorstationer til Forbrugere lav Spænding kunde man imidlertid nedsætte Spændingen i det enkelte Hus eller den enkelte Lejlighed ved en mindre Transformator — eller man kunde anvende endnu mindre Transformatorer i Forbindelse med de enkelte Lamper. I de saakaldte R e d u k t o r l a m p e r er en saadan ganske lille Transformator, som nedsætter Spændingen f. Eks. fra 220 til 20 Volt, indbygget i selve Lampefatningen. Til saa smaa Spændinger, som kan naas ad denne Vej, kan man faa Metaltraadslamper, som er baade billige og holdbare. I Stedet for at lade dem holde længe vil man imidlertid i mange Tilfælde staa sig ved at »overanstrænge« dem, saa at de kun lever kort, men giver et meget kraftigt Lys med særlig ringe Elektricitetsforbrug. Det kan bl. a. ske derved, at man til Spændingen 20 Volt vælger f. Eks. 15 Volts Lamper, d. v. s. Lamper, som ved 15 Volt vilde have en lang Levetid og lignende Wattforbrug pr. Normallys som de almindelige Lampetyper, men ved den højere Spænding lever kortere og lyser bedre; navnlig fordi Lavspændings-

lamper er forholdsvis billige kan noget saadant betale sig — indenfor visse af Lampepris, Elektricitetspris m. m. bestemte Grænser.

— Foruden Osmium, Tantal- og Wolframlamper findes der ogsaa forskellige andre Lamper med Glødetraade helt eller delvis af Metal — som »Zirkonlamper« med Traade af Kul, Zirkonium m. m., »Helionlamper« med Traade af Silicium, Kul og Metaller og de metalliserede Kultraadslamper, hvor Kultraaden har faaet et Overtræk af Metal. Disse sidste saavel som de saakaldte grafitterede Kultraadslamper med en Kultraad, der har været ophedet meget stærkt, er en Del mere økonomiske end de almindelige Kultraadslamper, men naar dog langt fra Wolfram- og Tantallamperne i Økonomi.

Lamper, hvor det er Luft, der udsender Lyset. I de hidtil omtalte Lamper, hvor Lyset væsentlig udgik fra glødende faste Stoffer, maatte vi for at forøge Lysudbyttet fremfor alt forøge Temperaturen. I Buelamper, hvor det lysudstraalende Krater har en Temperatur af henved 4000°, er vi imidlertid naaet til en Grænse, som vi ikke ser Midler til at overskride, og dog er selv her den Energi, som straaler ud fra Kullet i Form af egentlige Lysstraaler kun en ganske ringe Del af den elektriske Energi, der tilføres. Da Lysudstraaling fra luftformede Stoffer imidlertid følger helt andre Love end Udstraalingen fra faste Stoffer, er det tænkeligt, at man ved at bruge Luft som Lyskilde kan naa videre frem mod det Maal at faa al den anvendte Energi forvandlet til Lysstraaler.

Luft kan næppe bringes til at lyse alene ved Opvarmning, naar der ikke kommer kemiske eller elektriske Kræfter med i Spillet; derimod kan elektrisk Virksomhed paa forskellig Maade bringe Luft til at lyse med »koldt Lys«, d. v. s. uden at den har nogen høj Temperatur (f. Eks. under den »stille Udladning« ved Lyskoste el. desl. fra Elektrisermaskiner, som er omtalt S. 29). Og medens faste Stoffer ved Ophedning først kun udsender »mørke Varmestraaler« og saa efterhaanden tillige røde, gule, grønne, blaa og violette, vil en Luftart, hvorledes den end bringes til at lyse, kun udsende visse bestemte for den paagældende Luftart ejendommelige Straalearter. Lyset fra en Luftart vil altsaa ikke som Lyset fra et hvidglødende Stof fast give et sammenhængende Spektrum (se S. 276) med alle Farveovergange fra rødt til violet, men kun enkelte adskilte Lyslinjer; Brintens Spektrum bestaar f. Eks. af en rød, en grøn og en violet Linje. — Hvad her er sagt, gælder ikke blot om Stoffer, der ved sædvanlig Temperatur er luftformede (som Ilt, Brint og Kvælstof) men ogsaa om de ved højere Temperaturer dannede Dampe af Metaller, Kulstof el. a.

En skarp Grænse mellem de Belysningsmidler, hvor det er fast Stof, og dem, hvor det er Luftarter der lyser, er der ikke. En Del af en Buelampes Lys udgaar jo fra den af glødende Luftarter dannede Lysbue; i de ældre Buelamper er det kun en meget ringe Del, der kommer fra Lysbuen; men i de nyere Lamper med indelukket Bue spiller som nævnt S. 294 Lyset fra Buen en større Rolle, og særlig gælder dette om »fotografiske« Lamper med meget lang Lysbue. Men langt stærkere træder dog Lysbuens Lys i Forgrunden i de saakaldte Flammebuelamper eller »Effektbuelamper«, hvor Kullene er gennemtrængt med Metalsalte; naar Lampen er tændt, fordamper Metallet, og Metaldampen udsender et stærkt Lys, hvis Farve er forskelligt, eftersom der anvendes det ene eller det andet Metal (Kalcium farver Lyset gult, Strontium rødt, Barium hvidt).

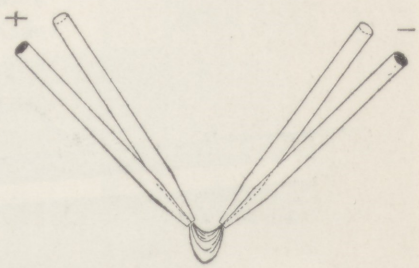


Fig. 266.
Kulstængernes Stilling i Bremerlampen.

Det var Tyskeren Bremer, der først fremstillede praktisk brugbare Kul af denne Art (Effektkul). Han indførte tillige en særlig Lampekonstruktion med skraat stillede Kul, mellem hvis nedadvendende Spidser Lysbuen dannes — undertiden benyttes to Par Kul som vist i Fig. 266. En Blæsemagnet (S. 220) tvinger Buen nedad, og en Skærm over den hjælper til at sende Lyset nedad. Det ene med det andet bevirker, at disse Bremerlamper kan give indtil 3 Gange saa stærkt Lys som andre Buelamper; man er naaet ned til et Wattforbrug af $0,_1$ Watt pr. Normallys (Middellysstyrke under Lampen). Da Bremerlamper i Modsætning til almindelige Buelamper giver næsten ligesaa god Lysvirkning ved Vekselstrøm som ved Jævnstrøm, betegner de særlig for Vekselstrømsanlæg et stort Fremskridt.

Flammebuelamper — med lodrette eller skraa Kul — laves nu af mange Fabrikker; de bruges dels paa Grund af deres Farve til Reklamebelysning (»Effektbelysning«), dels paa Grund af deres stærke og økonomiske Lys paa store Pladser eller i meget store Rum. Lyset er imidlertid noget uroligt.

Bremers Lampekonstruktion har givet Anledning til Fremkomsten af andre Lamper med skraatstillede Kul; blandt disse fortjener særlig den tyske Ingeniør Becks Lampe Opmærksomhed. I Becklampen har det ene Kul en fremspringende Rille langs den fra Lysbuen fjærneste Side. Den nederste Ende af denne Rille støtter mod et ildfast Underlag, og efterhaanden som Enden af Kullet (og dermed ogsaa af Rillen)

fortæres, glider Kullet nedad, saa at Kulspidsen stadig befinder sig paa samme Sted; en Snorforbindelse mellem de to Kul bevirker, at ogsaa den anden Kulspids bevarer sin Plads. Denne simple Buelampe uden egentligt Regulerværk anvendes bedst som Flammebuelampe, men kan dog ogsaa benyttes med Kul uden Metalsalte. — En senere fremkommen Lampe med simpel dels mekanisk dels magnetisk Regulering er »Contalampen« fra Fabrikken Regina; her er ligeledes det ene Kul støttet forneden; men det har den almindelige runde Form.

I Stedet for som i Bremerlamperne at lave »Elektroderne« — d. v. s. de to Ledere, mellem hvilke Lysbuen dannes — af Kul gennemtrængt med Metalsalte kan man lave dem af Metal, idet man saa paa forskellig

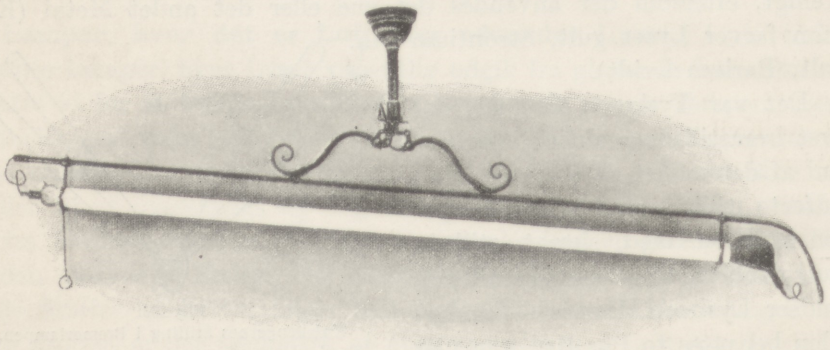


Fig. 267. Kviksølvdamplampe.

Maade forhindrer, at Elektroderne bliver stærkt ophedet og fortæres hurtigt. I Danmark har dels Kjeldsen, dels Bang taget Patenter paa saadanne Lamper, hvor næsten alt Lyset udgaar fra Metaldampe. Medens disse Lamper kun var bestemt til særligt Brug (f. Eks. Lysbehandling af Patienter), hvor deres Rigdom paa kemisk virksomme Straaler var af Betydning, har den amerikanske »Magnetitlampe« med den ene Elektrode af Kobber, den anden af en Jærnerts Magnetit fundet Anvendelse til Gadebelysning i Amerika.

En anden meget ejendommelig amerikansk Lampe, nemlig Cooper Hewitts K v i k s ø l v d a m p l a m p e, som er omtalt S. 271, har fundet megen Udbredelse ogsaa i Evropa. Egentlig er denne Lampe opfundet af Tyskeren Aarons i 1896, men Hewitt har undersøgt den nærmere og gjort den praktisk anvendelig. I den skematiske Tegning S. 271 gjorde to smaa Kviksølvbeholdninger i hver sin Ende af et tilsmeltet lufttomt Glasrør Tjeneste som Elektroder; men den positive Elektrode (den, der forbindes med Ledningsnettets Plusleder) kan ogsaa være af Jærn eller Kul, og Lampens Form, Anbringelse og Tænding kan ændres paa mange Maader.

Fig. 267 viser en Kviksølvdamplampe. Til højre, ved den negative Elektrode, har Røret en Udvidelse, og det er her sværtet for bedre at udstraale Varme. I Udvidelsens øverste Del skal de dannede Kviksølvdampe nemlig fortættes og falde tilbage i Kviksølvbeholdningen. Til venstre ses en Snor med en Ring; ved Træk i Ringen sænkes denne Rørende saa meget, at noget Kviksølv fra den negative Elektrode kan løbe hen og danne en Kviksølvstræng gennem Røret, naar Lampen skal tændes; naar Ringen slippes og Kviksølvstrængen brydes, fyldes hele Røret af Lys, der udstraaler fra Kviksølvdampen. I en anden, af den danske Læge Siims opfundet, Lampekonstruktion har Røret henne over den negative Elektrode en meget større Udvidelse (et »Kølekammer«), og paa en sindrig Maade opnaas det, at Kviksølvet, naar Kviksølvstrængen brydes, kun langsomt trækker sig tilbage til den negative Elektrode, saa at Røret langsomt fyldes med Lys fra den positive til den negative Ende.

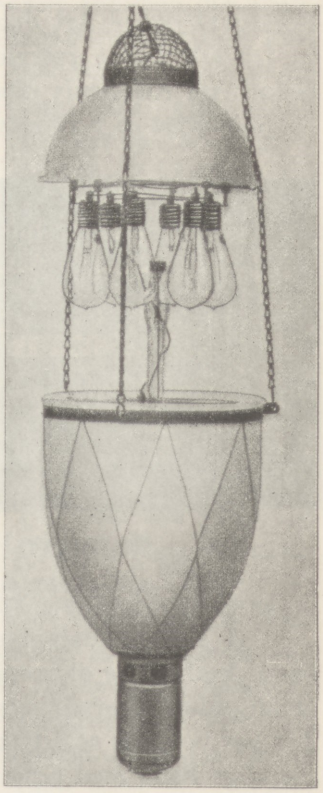


Fig. 268. Sammensat Lampe.

Kviksølvdamplampen er i mange Henseender en fortræffelig Lampe. I Økonomi staar den højt over de almindelige Buelamper, som den nærmest skulde erstatte; den kræver ikke Pasning (Kulfornyelse o. desl.) som disse; og det milde Lys, der udstrømmer fra det ofte meget over 1 Meter lange Rør, blænder ikke Øjet som Lyset fra de hvidglødende Kulspidser. Men den nye Lampes Lys har en anden meget slem Fejl. Da det er en Luftart — Kviksølvdamp —, der udsender Lyset, bestaar dette som nævnt S. 304 kun af visse bestemte Straalearter, og mellem disse mangler fuldstændig alle røde Straaler. Som Følge heraf frembringer Lampen højst uheldige og mærkelige Farvevirkninger; mange røde Genstande viser sig helt sorte eller skifter fuldstændig Farve, Ansigter faar et spøgelsesagtigt Præg o. s. v. Ikke desmindre har man i Amerika og England anvendt Lampen til Belysning af Arbejdslokaler, Kajer o. desl.

Til Belysning i Rum, hvor Skønhedshensyn gør sig gældende, kan man anvende den Lampe, som er vist i Fig. 268. Indeni en slebet Glasklokke (aabnet i Figuren) med talrige brydende Flader er anbragt en

lodret stillet Kviksølvdamplampe omgiven af en Kreds af Glødelamper; disse yder de manglende røde Straaler, saa at Lyset faar en tilfredsstillende Farve. Men ved Anvendelse af slige Midler formindsker man naturligvis i høj Grad den store Økonomi, som netop skulde være et af Kviksølvdamplampens vigtigste Fortrin. Det var bedre, om man kunde afhjælpe Manglerne ved Lysets Farve ved at indføre andre Stoffer end Kviksølv i selve Kviksølvdamplamperne; foreløbig har Forsøg af denne Art dog ikke ført til Maalet.

Lykkes det at overvinde Farvevanskelighederne, saa vil Lamper af denne Art rimeligvis efter en stor Maalestok fortrænge Buelamperne. — Imidlertid er Kviksølvdamplampens Lys netop, som det er nu, fortræffeligt i visse Henseender; det er nemlig meget rigt paa kemisk virksomme Straaler og egner sig derfor udmærket til fotografisk Brug. Da Glasset imidlertid tilbageholder en stor Del af de mest virksomme Straaler, har man fremstillet Kviksølvdamplamper med Beholdere af Kvarts eller særlige Glassorter, der er mere gennemtrængelige for de kemisk virksomme Straaler end almindeligt Glas.

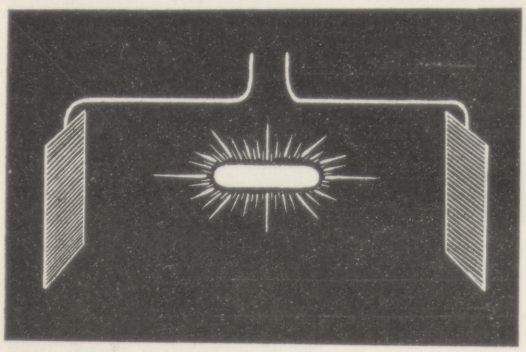


Fig. 269. Teslas Lys.

Ved Kviksølvdamplampen er det godtgjort, at man kan faa et baade kraftigt og økonomisk Lys alene fra en lysende Luftart, og dette er allerede et betydningsfuldt Resultat, da man først i de allersidste Aar har begyndt at udvikle »Luftartsbelysningen«, der betegner et fuldstændigt Brud med Grundprincipperne for Fortidens Belysningsteknik. Men denne Lampe er fremdeles saare langt fra Idealet, da ogsaa her den aldeles overvejende Del af Energien forvandles til unyttig Varme. Man kan heller ikke sige, at det er »koldt Lys«, der udgaar fra den; thi Kviksølvdampen har en temmelig høj Temperatur. — Paa helt andre Maader har Tesla frembragt Luftartslys, som vistnok virkelig udgaar fra Luft med lav Varmegrad. Til noget praktisk Resultat har Teslas Forsøg ganske vist ikke ført, men de er saa ejendommelige, at de vel er værd at nævne. Det er jo tidligere omtalt (S. 228), at Tesla har frembragt Vekselstrømme med overmaade højt Vekseltal og høj Spænding. Naar han nu fra de to Poler af et Apparat, som frembringer Vekselstrøm af denne Art, fører Ledninger til to store Metalplader,

der f. Eks. kan dække to Endevægge af en Sal, og han saa anbringer et Glasrør med stærkt fortyndet Luft et Sted mellem Pladerne, vil Luften udsende Lys. Ogsaa ved at føre en Ledning fra Vekselstrømkildens ene Pol til et udpumpet Glasrør med Metalbelægninger ind- og udvendig kan han faa Luftresten i Røret til at lyse.

Om nu Teslas Lys — som han selv mener — vil blive Fremtidens Lys, ja, det kan kun Fremtiden vise os. Et Skridt henimod den praktiske Anvendelse af det kolde Lys fra Vakuumsrør (udpumpede Rør) har Amerikaneren Moore imidlertid gjort, idet han har opfundet simple Midler til at nære Vakuumlamper fra almindelige Jævnstrøms- eller Vekselstrømsanlæg. Da det er en temmelig svag Lysning, der udgaar fra Luften i Moores Vakuumslamper, maa man for alligevel at faa et stort Rum stærkt oplyst ad denne Vej bruge meget lange Glasrør. Fig. 270 viser et Kapel, som er belyst med lange buede Glasrør, der er lagt langs Hvælvingerne. Det milde Lys, som udstraaler fra disse Moore-Lamper, skal frembringe en ejendommelig Skønhedsvirkning, og det benyttes derfor flere Steder i Amerika og er ogsaa naaet til Evropa. Men om end Lyset, hvad Forbruget angaar, skal være ret økonomisk, saa egner det sig dog ikke til almindeligt Brug paa Grund af Lampernes upraktiske Størrelse; der skal være lavet Moore-Lamper, som har en Længde af 40 Meter, d. v. s. mere end Rundetaarns Højde.



Fig. 270. Kapel oplyst ved Moores Lys.

Om Anvendelsen af elektriske Lamper. Vi har i det foregaaende betragtet de vigtigste Typer af elektriske Lamper og set, hvilke store Fremskridt der er sket, særlig med Hensyn til Tilvirkning af Glødelamper, som giver meget Lys med ringe Elektricitetsforbrug. For at se, hvor langt vi er naaet frem i Forbrugsøkonomi i den sidste Snes Aar, maa vi imidlertid ogsaa tage Elektricitetsprisernes Nedgang med i Betragtning. Da det første kommunale Elektricitetsværk i København blev taget i Brug i 1892, brugte en 25 Lys Lampe for ca. 7 Øre

i Timen, idet Elektricitetsprisen som tidligere anført var 8 Øre pr. Hektowatttime, og vi vel kan regne Wattforbruget pr. Normallys til $3{,}_5$ ved de Kultraadslamper, man den Gang var henvist til; det elektriske Lys var med andre Ord en udpræget Luksusbelysning. I 1910 kan en Metaltraadslampe give samme Lysmængde for 1 Øre i Timen, idet Elektricitetsprisen er $3{,}_5$ Øre pr. Hektowatttime, og Lampen bruger lidt over en Watt pr. Normallys.

Til Trods for denne store Nedgang i Prisen er det elektriske Lys dog — for samme Lysstyrke — fremdeles dyrere end Gaslyset, hvis Pris ligeledes stadig er aftaget. Gode Gaslamper med hængende Glødenet kan ved almindelige Gaspriser endog give en Normallystime for noget som Halvdelen af, hvad den koster ved Metaltraadslamper ved almindelige Elektricitetspriser ($0{,}_{04}$ Øre).

Derimod vil Forbrugsudgiften pr. Normallystime ved Metaltraadslamper blive betydelig ringere end ved almindelige Petroleumslamper (smlgn. ovenstaaende Tal med Tallene S. 284). Men hvis vi til de direkte Forbrugsudgifter lægger Udgifterne til Forrentning af Anlægskapital og til Fornyelser, saa forrykkes Forholdet stærkt til Fordel for Petroleumsbelysningen. Selv om vi for denne regner ret rigeligt til Forrentning og Amortisering af den Sum, Lamperne har kostet, og til Fornyelse af Væger, Glas m. m., naar vi dog ikke op til de tilsvarende Udgifter ved den elektriske Belysning. Der er først Lampefornyelsen, som ved Metaltraadslamperne kan medføre en ikke ringe Udgift. Dernæst er der Maalerlejen, som vel ikke betyder meget for de store Forbrugere, men som danner et ret anseligt Tillæg til Forbrugsudgiften for mindre Hjem, hvor der om Aftenen i Reglen kun brænder en Lampe eller to; en Maalerleje af f. Eks. 6 Kr. kan her blive mange Procent af Aarsafgiften; Maalerlejen virker med andre Ord som en Skat, der tynger haardest paa de smaa Forbrugere, og de Elektricitetsværker, der har afskaffet Maalerlejen, har derved bidraget meget til at fremme den elektriske Belysnings Udbredelse i Hjemmene. Endelig er der Bekostningerne ved Ledningernes Indførelse og Anbringelse i Huset — »Husinstallationen«. Hertil maa i Almindelighed regnes 10—20 Kr. eller mere pr. Lampested, alt efter Installationens Art. Medregnes Udgifterne til Lysekrone eller andre Lampestel, kan man naturligvis komme meget højt op, hvis man ønsker et pragtfuldt Udstyr. Stiller man kun beskedne Fordringer, bliver Installationsudgifterne imidlertid ikke afskrækkende selv for mindre bemidlede, navnlig naar Værket udfører Installationen mod afdragsvis Betaling, som det sker nogle Steder. Men naar alt det nævnte regnes med, vil det dog under almindelige Forhold næppe kunne undgaas,

at elektrisk Lys kommer til at koste noget mere end Petroleumslys under den Forudsætning, at den elektriske Strøm og Stenoljen skal yde samme Mængde Lys.

Vi staar saaledes endnu paa det Standpunkt, at hvis det alene gjaldt om at skaffe det størst mulige Antal Normallystimer for de mindst mulige Penge, vilde der kun være faa Tilfælde, hvor det elektriske Lys vilde blive foretrukket for andre Belysningsarter.

I det følgende skal vi nu se lidt nærmere paa nogle af de mange andre Hensyn, der gør sig gældende i Praksis og som i mangfoldige Tilfælde baade under store og smaa Forhold har bragt Vægtskaalen til at synke paa det elektriske Lys' Side, naar de forskellige Belysningsarters Fordele og Mangler afvejedes mod hinanden.

Hvad der fremfor alt har bidraget til at skaffe det elektriske Lys Udbredelse er den store Bekvemmelighed og Renlighed i Brugen af det. For at faa en Petroleumslampe tændt maa man udføre en hel Række Manøvrer — tage en Tændstikæske frem, stryge Tændstikken, løfte Lampeglasset af, skrue paa Vægen, sætte Tændstikken til, sætte Glasset paa igen og atter skrue paa Vægen — Manøvrer, som ganske vist i bedste Fald kan gaa ret let og hurtigt fra Haanden, men rigtignok mange Gange volder megen Tidsspilde og Ærgrelse, naar man f. Eks. skal famle rundt i Mørke efter Tændstikker, naar Glasset sidder fast og Tændstikhovedet falder paa Tæppet, mens man tumler med Glasset, naar Vægen er skæv og giver Spids i Flammen, naar man faar Petroleum paa Fingrene o. s. v. Og andre Ulemper kan følge efter, naar Flammen, uden at man opdager det, gaar til Vejrs og soder alting til, naar Lampen pludselig gør Strejke, fordi Beholderen er tom, naar der ved Lampens Slukning breder sig en grim Lugt i Stuen, og endelig naar Lampen skal fyldes og renses. Ved Gassen slipper man vel for en Del af disse Ulemper; men heller ikke Gasbelysningen kan i Nemhed og Renlighed maale sig med det elektriske Lys, som straaler ud fra en tynd, indelukket Traad, blot man drejer et lille Haandtag, og atter forsvinder ved en ligesaa let Drejning.

Ikke en Gang den Ulejlighed at gaa hen til Lampen og række Haanden op til den behøver man at have. Thi man kan let indrette det saaledes, at Lampen kan tændes fra en »Hane«, som anbringes ved Døren, Skrivebordet eller Sengen — eller om det skal være ved flere Haner, anbragte hver sit Sted.

Fig. 271 viser en saadan Hane for en Glødelampe. Det er en Daaseafbryder, men af simplere Bygning end den, der er fremstillet S. 212, idet her kun er to fjedrende Metalstrimler, som begge glider paa den drejelige Porcellænsklods' Sider og ved en bestemt Stilling af denne

bringes i Forbindelse gennem Metalbelæg paa Klodsen. Afbryderen er altsaa énpolet: den slutter og afbryder kun den ene Ledningstraad til Lampen, medens den anden ikke er ført ned til Hanen. — I Stedet for en saadan Daaseafbryder anvendes nu meget den saakaldte Tumblerafbryder, hvis ydre Form og indre Bygning fremgaar af Fig. 272. Det er en lille Knivafbryder; ved at trykke paa en lille Kugle, som rager udenfor Afbryderens Dæksel, vipper man en lille Stang over i en ny Stilling, og en Rulle r i Stangens anden Ende vil da enten trykke Kniven k ned i Kontaktstillingen eller lade den slippe op, trykket til Vejrs af en Fjeder. — Ofte er dog selve Lampeholderen forsynet med en Hane til Tænding og Slukning af Lampen. Der kan da enten i Holderen være anbragt en særskilt lille énpolet Afbryder, der er adskilt fra den egentlige Fatning, eller Holderen kan indrettes saaledes, at det fjedrende Metalstykke i Fatningens Bund ved Hanens Drejning trykkes mod eller fjærnes fra Lampens Bundplade.

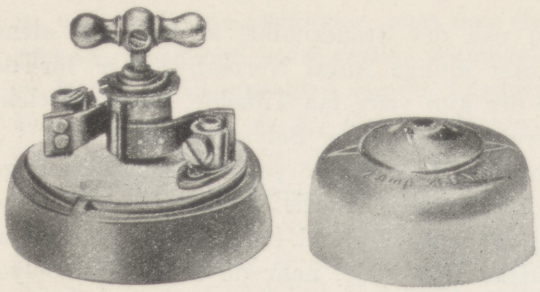


Fig. 271.
Enpolet Daaseafbryder med det aftagne Dæksel ved Siden.

Naar Lamperne ikke tændes ved Hane i selve Holderen, kan der tilvejebringes mange forskellige Kombinationer mellem Lamper og Afbrydere. Man kan give flere Lamper en fælles Hane, og det bliver derved muligt paa én Gang at slukke eller tænde alle Lamper i en Lysekrone, i et Butikslokale eller i en stor Teatersal. — Man kan knytte to Lamper (eller Lampegrupper) saaledes til en sammensat Hane, at man ved Drejning af Haandtaget tænder først den ene Lampe, saa den anden og dernæst ved fortsat Drejning slukker den først tændte og endelig den sidst tændte. En lignende Ordning kan træffes for 3 eller flere Lamper eller 3 Lampegrupper. — Man kan gøre to Lamper

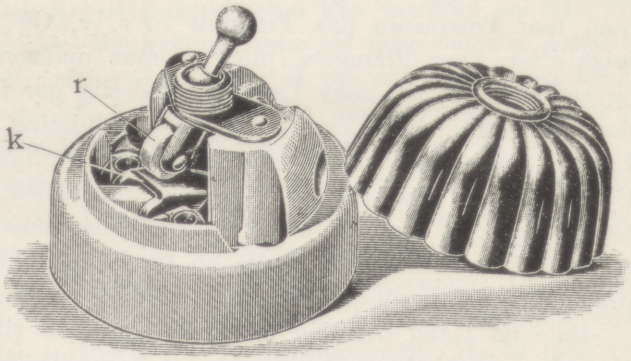


Fig. 272. Tumbleraf bryder.

saaledes afhængige af hinanden, at man efter Behag kan tænde den ene eller den anden, men ikke bringe begge til at brænde samtidig; denne Ordning træffes undertiden i Hotelværelser, hvor Gæsten da kan tænde enten en Bordlampe eller en Lampe ved Sengen. — Endvidere kan man give en Lampe (eller Lampegruppe) to Haner paa forskellige Steder; denne Ordning anvendes navnlig til »Gennemgangsbelysning« f. Eks. i en Trappegang eller Korridor, hvor man tænder, naar man kommer ind ved den ene Ende, slukker, naar man gaar ud ved den anden Ende. — I mange Huse kan man om Natten tænde Lamper paa Trappegangen ved Tryk paa Trykknapper eller Drejning af Haner i de forskellige Etager. En elektrisk Strøm, som enten kan tages fra et Batteri eller fra selve Lysledningerne, bringer da en elektromagnetisk Indretning til at slutte Lampestrømmen, og samtidig sættes et Urværk i Gang, som efter et Par Minutters Forløb atter slukker Lamperne. Fig. 273 viser en »Trappeautomat« til dette Brug af dansk Konstruktion (Firmaet »Moderne Mekanik«); foroven ses Urværket, forneden en Elektromagnet, hvis fremadvendende Poler, saa snart Strømmen gennem dens Vindinger sluttes, trækker det skraatstillede Anker hen i vandret Stilling og derved dels slutter en Kontakt paa Lampeledningen, dels ved en Vægtstangsforbindelse optrækker og udløser Urværket. Efter nogle Sekunders Forløb afbryder Urværket Elektromagnetstrømmen, saa at Ankeret gaar tilbage, medens Lamperne bliver ved at brænde til Urværket stanser — f. Eks. efter 3 Minutters Forløb. Hvis nogen forinden denne Tid atter trykker paa en af Tændknapperne, saa begynder det hele forfra, og Lamperne lyser 3 Minutter efter det sidste Tryk. Man kan altsaa ved denne Trappeautomat altid sikre sig imod at blive overrasket af Mørket midt paa en Trappe, naar en anden forud har tændt Lamperne.

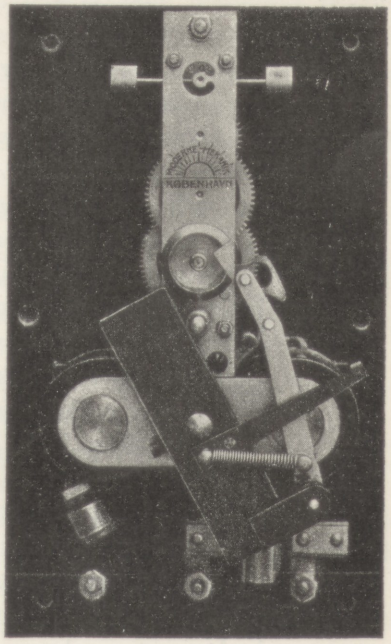


Fig. 273. Trappeautomaten »Lucifer«.

Jævnsides med den bekvemme Tænding og Slukning gaar, som allerede antydet, den store Renlighed ved det elektriske Lys. Glødetraaden i en Kultraads- eller Tantallampe kan nok »sode«, hvis den bliver overanstrængt eller holdt for længe i Brug; men Soden (Kul-

eller Metalstøv) kan kun sætte sig indvendig paa Glasklokken og sværte denne, aldrig komme ud i Stuen. Der kan overhovedet ikke komme andet fra Glødetraaden ud i den ydre Luft end Straaler, der fører Lys og Varme med sig.

Da Petroleums- og Gaslamper ikke blot ligesom den elektriske Glødelampe udstraaler Varme gennem Glasset og Luften, men tillige umiddelbart afgiver megen Varme til den opstrømmende Luft, der nærer Flammen, faar vi ved dem for samme Lysmængde langt mere Varme end ved elektrisk Belysning. At det i adskillige Tilfælde i Forsamlingslokaler o. desl. er rart at slippe for stærk Opvarmning ved Lamperne, vil enhver indrømme, men ofte paastaas det dog, at Varmegivningen i Almindelighed skulde være en Fordel ved Gas og Petroleum, fordi den kan spare paa andet Brændsel. Undertiden kan denne Betragtning maaske være rigtig, men det maa dog bemærkes, at Lampevarme ikke er meget værd; den kan gøre Folk hede i Hovederne, men de lavere Luftlag inddrages næsten ikke i Varmestrømningen; sættes en nogenlunde stor Petroleumslampe ned paa Gulvet, kan den paa kølige Foraars- eller Efteraarsdage i mindre Stuer virke meget velgørende; men saa duer den ikke til Belysningsmiddel.

Men desuden giver Petroleums- og Gaslamper kun Varme paa Bekostning af den friske Luft; ligesom Mennesker og Dyr bruger de Luftens Ilt og giver Kulsyre og Vanddamp i Stedet for. En 16-Lys Petroleumslampe vil vel omtrent frembringe ligesaa megen Kulsyre som 5 Mennesker, og naar der i en temmelig lille Dagligstue anbringes en stor petroleumsslugende Lampe, der giver 25 eller endog over 30 Normallys, som det navnlig ofte er Tilfældet i større Byer, hvor Folk er mere lysforvænte end paa Landet, saa lægges derved Beslag paa Stueluften langt mere end sundt og godt er, i alt Fald, hvis Vinduerne holdes lukkede. Men indføres elektrisk Lys, kan enhver ødsle saa meget med Lysmængden, som hans Øjne ønsker, og hans Pengepung tillader; thi elektriske Glødelamper forbruger ikke den ringeste Smule Luft. Nutidens Gasglødelamper (eller Petroleumslamper med Glødenet) er ikke saa slemme Luftfortærere som almindelige Petroleumslamper, og under mange Forhold kan det Lufttræk, Flammen fremkalder, bidrage mere til at holde Luften frisk, end Flammens Luftforbrug bidrager til at fordærve den; men paa den anden Side kan Gassen, i alt Fald naar den ikke er særdeles godt renset, eller Ledninger og Haner ikke er fuldstændig tætte, udbrede smaa Mængder af ubehagelige og skadelige Luftarter, som bl. a. kan hæmme Stueplanters Udvikling.

Til Rækken af Fordele ved den elektriske Belysning maa endvidere føjes dens Brandsikkerhed. Man sammenligne blot Brandfaren i en

Stue belyst fra smaa glødende Traade lufttæt indesluttede i Glaspærer, med Faren i en anden Stue, hvor Lyset udgaar fra en høj, let væltelig Stand- eller Bordlampe med en mægtig Silkeskærm, midt i hvilken Flammen tændes med Tændstikker. Og hvilken Tilvækst baade i Bekvemhed, Skønhed og Tryghed betyder det ikke paa en Bondegaard, naar de tarvelige og farlige Staldlygter i Stald og Lade er afløst af smaa elektriske Glødelamper — selv 5-Lys Lamper kan her tage sig helt straalende ud. Paa Teaterscener, i Butikkers Udstillingsvinduer o. s. v. kan man uden Fare anbringe elektriske Glødelamper i Nærheden af brændbare Genstande paa Steder, hvor det vilde være aldeles uforsvarligt at anbringe Gas- eller Petroleumslamper.

Naturligvis har den elektriske Belysnings Brandsikkerhed visse Grænser. Det er jo allerede tidligere fremhævet, at elektriske Ledninger kan være en Kilde til Brandfare, hvis Installationen er daarlig udført og vedligeholdt. Men man bør ogsaa være opmærksom paa, at selve den elektriske Glødelampe under visse Omstændigheder kan foraarsage Antændelse. Naar Varmen fra Kultraaden frit faar Lov at straale ud, bliver Glaspæren ikke varmere, end at man nok kan røre ved den uden at brænde sig, og Metaltraade giver — ved samme Lysstyrke — endnu mindre Varme. Men dersom man tildækker Lampen med et Klæde, saa kan Varmen ikke slippe ud, og da den elektriske Strøm stadig bliver ved at udvikle Varme, saa ophobes Varmen efterhaanden i Glasset og Klædet, og dette kan da blive saa varmt, at der kan gaa Ild i det. Fig. 274 viser en Glødelampe, der ved Tildækning er blevet saa varm, at Glaspæren har bøjet sig. Heraf følger da, at man f. Eks. ikke bør anbringe en Glødelampe uden Kuppel et Sted, hvor et Vindpust kan bringe et Gardin el. desl. til at blæse hen og tildække den. End mindre maa man udstaffere Lampen med Tøjprydelser, saaledes som det undertiden sker i Udstillingsvinduer. — Som Eksempel paa, at tankeløs og ligegyldig Omgang med den elektriske Belysning ikke er ufarlig, kan det anføres, at der et Sted i Tyskland opstod Brand i et Butiksvindue, fordi Personalet havde ophængt Udstillingsgenstande i Lampernes Ledningssnore ved Knappenaale, som havde ødelagt Isolationen eller direkte fremkaldt Kortslutning (se S. 213). — Med en Smule Kendskab til Elektricitetens Natur vil man imidlertid ligesaa lidt falde paa at tildække en Glødelampe og stikke Knappenaale i dens Ledningssnor, som man vilde bære sig saaledes ad med en Gaslampe eller en Gasslange.

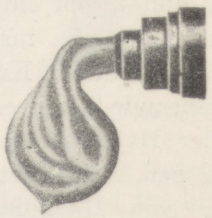


Fig. 274. Glødelampe, der har bøjet sig ved Varmen.

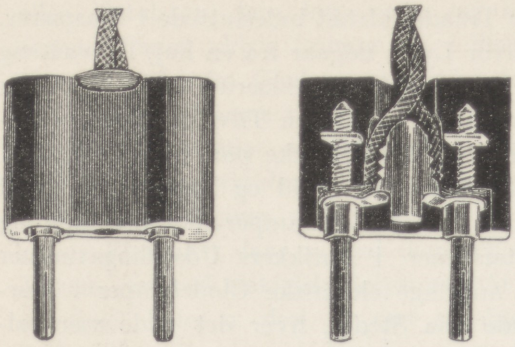


Fig. 275. Stikkontakt (udvendig og opskaaret).

Som en Fordel ved Petroleumslamperne kan det maaske anføres, at de kan flyttes, hvorhen man vil. Men dette har dog ikke meget at betyde, naar man ved den elektriske Installation har ladet anbringe ret rigeligt med Lampesteder eller i alt Fald Tilslutningssteder for Stikkontakter (S. 92); en Lampe, som med en Ledningssnor af passende Længde er forbundet med en Stikkontakt, er kun meget lidt stedbundet. Forøvrigt kan de elektriske Lamper anbringes paa mangfoldige Maader — som faste Lamper paa Loft, Vægge eller i Kroner, som simple hængende Lamper (»Pendellamper«) eller Hejselamper til at trække op og ned, som flyttelige Standlamper og som Haandlamper. Ved disse sidste kan man paa Arbejdspladsen i et Værksted eller deslige faa Arbejdet belyst paa ethvert Punkt og fra enhver Side, hvad der under mange Forhold er af stor Betydning. Naar det elektriske Lys afløser Petroleumsbelysning, kan de elektriske Glaspærer anbringes i de tidligere Petroleumslampestel i Stedet for Brænderne. — Det kan her ogsaa nævnes, at man let uden at tænde flere Lamper kan forvandle en beskeden Dagligbelysning til en mere festligt straalende blot ved at afskrue en 16 Lys Lampe og erstatte den med en 25 eller 32 Lys Lampe, man har liggende. — Hvad det angaar at bringe Belysningsmidlerne og selve Belysningen til at opfylde Skønhedskrav, da er man friere stillet ved den elektriske Belysning end ved nogen anden

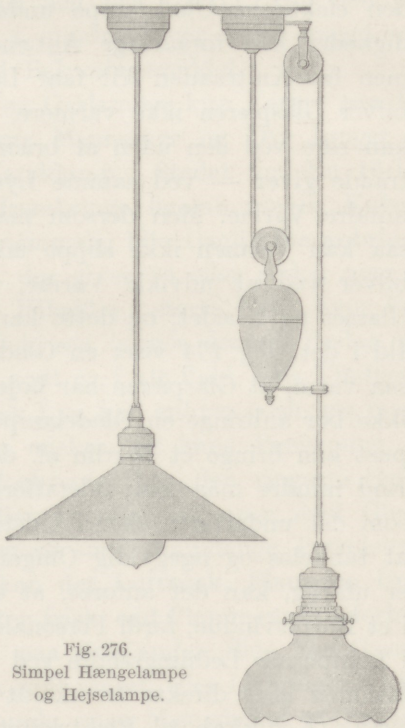


Fig. 276.
Simpel Hængelampe
og Hejselampe.

Belysningsart, fordi man kan anbringe Lamperne hvor som helst og i hvilken som helst Stilling og fremstille dem i alle mulige Størrelser og Lysstyrker fra mægtige Straalecentre, der virker som Hundreder af Stearinlysflammer tilsammen, til smaa bitte Lyspunkter, der tindrer som Stjærner mellem Blomster og Blade.

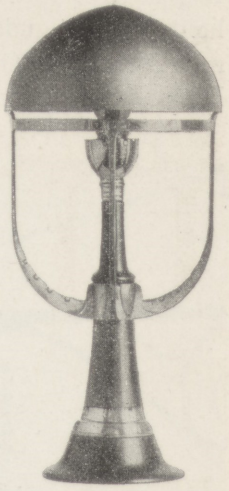


Fig. 277.
Elektrisk Standlampe.

Baade den lette Tænding og Slukning, Arbejdsbesparelsen ved, at man slipper for at rense og fylde Lamper, og endelig den store Frihed med Hensyn til Lampernes Anbringelse og Lysstyrke har Betydning for Bedømmelsen af Lysets Økonomi.

Medens man vanskeligt faar sig selv endsige andre til at slukke en Petroleumslampe, fordi man for en kort Tid forlader et Værelse, skal det være et særlig ødselt eller dovent Menneske, som ikke kan bevæges til at dreje en Hane ved Døren, naar han gaar, og naar han kommer tilbage. I mange Huse kan der paa denne Maade ved den elektriske Belysning spares et saa anseligt Antal Brændetimer, at den Sammenligning, vi før har opstillet mellem de to Belysningsarters Økonomi, derved forrykkes stærkt til Fordel for det elektriske Lys.

Noget lignende gælder ved Sammenligning mellem Gas og Elektricitet, og her er tillige Grund til stærkt at fremhæve, hvor misvisende Lysstyrkeangivelser som eneste Rettesnor kan være, naar Forholdene ikke er ganske ensartede. Hvad det gælder om, er jo dog ikke at faa det størst mulige Antal Normallystimer sendt ud i Rummet, men at faa god Belysning paa de Steder, hvor der er Brug for den.

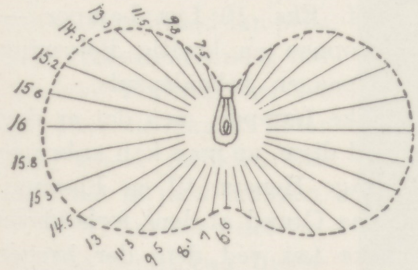


Fig. 278.
Lysfordeling om en Glødelampe med klart Glas.

Naar man angiver en elektrisk Glødelampes Lysstyrke til f. Eks. 16 Normallys, saa vil det blot sige, at den, naar den vender lige opad eller nedad i vandret Retning lyser saa stærkt som 16 Hefnerlamper; men hvis Lyset til Lysmaaleren havde været udsendt i andre Retninger fra Lampen, vilde man have faaet andre Værdier for Lysstyrken. Fig. 278, hvor Tallene angiver Lysstyrken i forskellige Retninger, giver et Begreb om, hvorledes Lyset kan være fordelt omkring en Kultraadslampe; lodret nedad lyser den næppe med 7 Lys'

Styrke (herved maa erindres, at der under en Petroleumslampe uden Kuppel slet ikke kommer Lys, da Beholderen skygger). Ætses Beholderen mat, udsender Lampen noget mindre Lys; men det er jævnere fordelt, og Øjet blændes ikke af den glødende Traads skarpe Lys. Hvor Blikket let træffer selve Glaspæren, er der derfor Grund til at foretrække mat Glas, som dog i Lokaler med meget Støv let bliver snavset og ikke er let at rense. Ogsaa ved Kupler kan man mildne Lyset og fordele det jævnere. Desuden bevirker Lysets Tilbagekastning fra Loftet og Væggene, at Lyset fordeles paa andre Maader og svækkes mindre med Afstanden fra Lampen, end om man kun fik Lys direkte fra den. Ved Anvendelsen af Skærme, som kaster Lyset tilbage i en bestemt Retning, kan man i denne faa 3—4 eller flere Gange saa meget Lys, som Lampen direkte udsender. Paa denne Maade kan man selv med smaa Lamper — f. Eks. 10 Lys Lamper — opnaa en kraftig Belysning paa en Arbejdsplads.

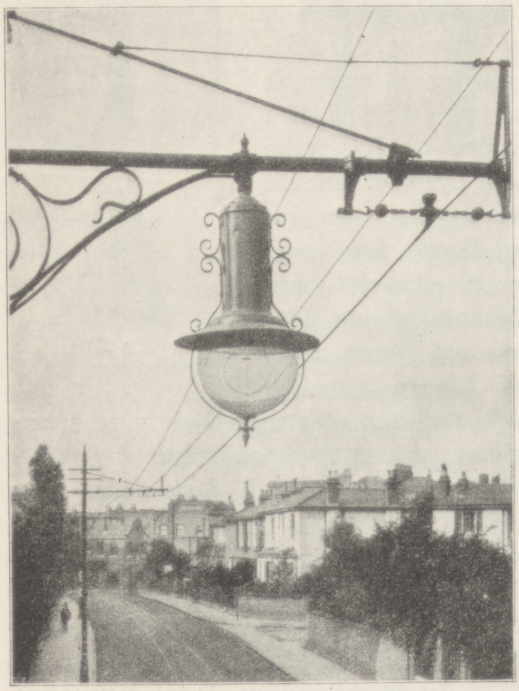


Fig. 279. Metaltraadslamper, anvendt til Gadebelysning i en engelsk By.

Dette gælder vel ikke blot om elektriske Lamper; men det er dog i denne Henseende en betydelig Fordel ved disse, at man kan anbringe Skærmen hvorsomhelst uden at skulle tage Hensyn til en Flamme. Desuden kan en elektrisk Lampe bl. a. paa Grund af dens forholdsvis ringe Varmeudvikling bedre stilles ganske tæt ved den, der bruger den, end en Gas- eller Petroleumslampe. Naar man nu tillige betænker, at man ved elektriske Glødelamper (særlig Kultraadslamper) meget lettere kan dele Lyset i mindre Lysenheder, og at f. Eks. 5 10-Lys elektriske Lamper ved hver sin af 5 Arbejdspladser vilde give de arbejdende en langt bedre Belysning end én 50-Lys Gasglødelampe fælles for dem alle 5, saa forstaar man, at en forstandig ordnet elektrisk

Belysning kan stille sig langt gunstigere i forbrugsøkonomisk Henseende end det kunde se ud efter en Sammenligning af Priser paa Normallystimer.

Da Metaltraadslamperne ikke fremstilles for saa smaa Lysstyrker som Kultraadslamperne, har man ved dem mindre Frihed til at dele Lyset, og ved Valget mellem de forskellige Slags Lamper maa man naturligvis tage dette og andre Forhold i Betragtning. Det vil derfor i Reglen være ufornuftigt at anbringe Metaltraadslamper overalt i et Hus. Ikke blot hvor Lamperne er udsat for ublid Behandling, men ogsaa hvor de kun anvendes ganske lidt, bør Kultraadslamperne foretrækkes, da den Tid, der gaar, inden Metaltraadslampens høje Pris er indvundet ved det lave Forbrug, her let kan blive saa lang, at Alder eller Uheld forinden har gjort det af med Lampen.

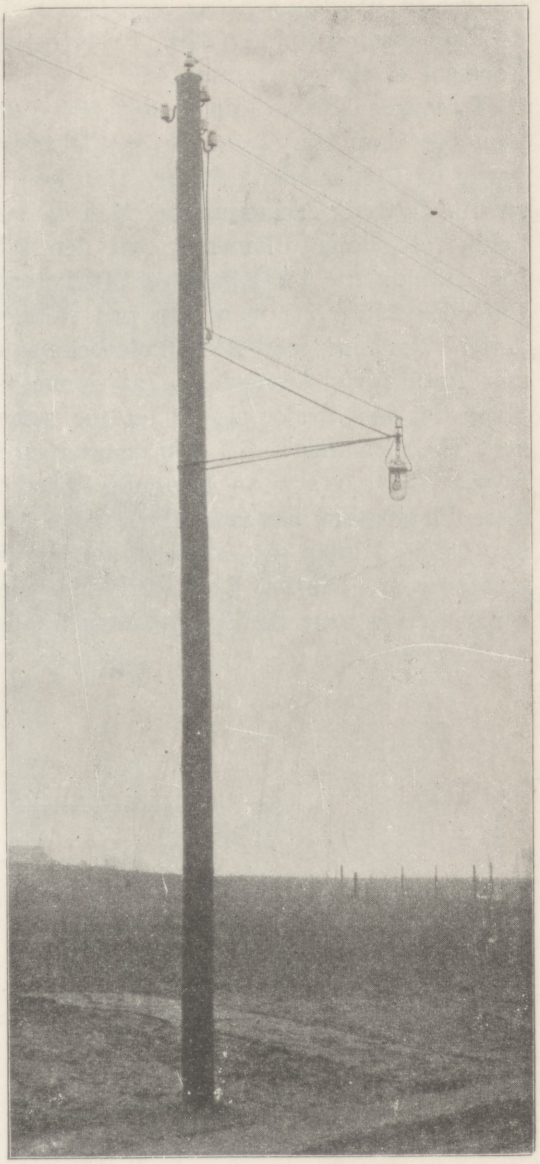


Fig. 280. Elektrisk Lys paa en jysk Landevej.

— Vi har her i det væsentlige tænkt paa Indendørsbelysningen. Ved denne vil man nu efter Metaltraadslampernes Fremkomst kun sjældent anvende Buelamper; men ogsaa til Gadebelysning anvender man nu adskillige Steder Metaltraadslamper, som det ses af Fig. 279. Her er Lampen endogsaa anbragt paa en Sporvejsledningsmast, hvor den synes at være udsat for ret alvorlige Rystelser. Under landlige Forhold, hvor der kun stilles smaa For

dringer til Belysningen har man forøvrigt længe benyttet Glødelamper til Vejbelysning (se Fig. 280). Buelysets Anvendelse til dette og andre Formaal er tidligere omtalt.

I mange Tilfælde kunde man ønske at benytte elektrisk Lys, hvor man ikke kan faa Strøm fra et Elektricitetsværk, f. Eks. paa Motorvogne og Cykler eller i Miner. Her kan man da knytte Lamperne til en lille flyttelig Akkumulator. Men da en saadan ikke godt kan indeholde ret mange Elementer, vil den ikke kunne lades umiddelbart fra Ledningerne i almindelige Stærkstrømsanlæg med Spænding som 110 eller 220 Volt, men kun paa særlig dertil indrettede Steder, og dette i Forening med Akkumulatorernes forholdsvis store Vægt hæmmer naturligvis Anvendelsen af denne Slags elektrisk Belysning. — Hvor det kun drejer sig om at faa smaa Lamper til at lyse ganske kort Tid ad Gangen — f. Eks. naar man i Mørke vil lukke en Dør op, se paa sit Ur o. s. v. — kan man i Stedet for Akkumulatorer (»sekundære Elementer«) anvende almindelige (»primære«) galvaniske Elementer, der kan laves saa smaa, at de kan ligge i en Lomme. Naar Elementerne er gode, og Lyset anvendes med Sparsomhed, kan de vare længe, særlig naar der bruges Metaltraadslamper med ringe Elektricitetsforbrug.

Grp. 621,3

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling.

HELGE HOLST

ELEKTRICITETEN

II. BIND

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling

HELGE HOLST

ELEKTRICITETEN

DE ELEKTRISKE KRÆFTERS FREMBRINGELSE
OG ANVENDELSE I MENNESKETS TJENESTE

II. BIND

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling

KØBENHAVN OG KRISTIANIA
GYLDENDALSKE BOGHANDEL
NORDISK FORLAG
FR. BAGGES KGL. HOF-BOGTRYKKERI
1911

Dansk Ingeniorforenings
Bogsamling.

Dansk Ingeniørforenings
Bogsamling.

VII. ELEKTRISK VARME.

Elektriske Varmeovne — Varmeapparater til Husholdningsbrug. — Elektrisk Smedning. — Elektrisk Tænding.

Elektriske Varmeovne. Da den elektriske Strøm afsætter Varme i enhver Ledningstraad, som den gaar igennem, er der i og for sig ikke noget til Hinder for at opvarme Værelser ved elektriske Strømme. I det paagældende Værelse kan man indføre Stærkstrømsledninger og mellem Plus- og Minusleder indskyde Metaltraade af passende Længde og Tykkelse. Idet Metaltraadene opvarmes af Strømmen vil de afgive Varme til den omgivende Luft. En elektrisk Varmeovn kan derfor dannes paa ganske lignende Maade som Reguleringsmodstande for Dynamoer el. desl. af en Del Metaltraadsspiraler indesluttede i et gennemhullet Hylster, der tillader Stueluften at strømme op om Traadene og tage Varme fra dem.

Naar Varmen saaledes afgives til Luften umiddelbart fra Traadene, maa disse ikke gærne have ret høj Temperatur, dels fordi de i saa Fald let vilde angribes af Luften og ødelægges, dels fordi meget hede Traade ligesom en hed Kakkelovn vilde svide Luftens Støv og derved bringe Luften til at »lugte af Varme«, som det kaldes. Skal Traadspiralerne uden at være meget hede dog kunne afgive en betydelig Varmemængde, maa de imidlertid byde Luften en meget stor Overflade; derfor maa denne indeholde mange lange Spiraler, som enten er af tykkere Traad og indskudt »i Række«, saa at Strømmen passerer gennem den ene efter den anden, eller af tyndere Traad og indskudt »parallelt« mellem Plus- og Minusleder, saa at Strømmen deler sig mellem dem. I sidstnævnte Tilfælde kan man regulere Ovnens Varmeafgivelse ved at indskyde flere eller færre Spiraler, uden at Strømstyrken i de andre forandres derved.

I Stedet for at lade Ledningstraadene (»Varmetraadene«) afgive Varme umiddelbart til Luften, kan man imidlertid omgive dem med et Lag af elektricitetsisolerende Stof. Den svejtsiske Fabrik »Elektra« fremstiller saaledes elektriske »Varmeelementer« eller »Varmelegemer«, hvor Varmetraaden er en Platintraad, der er opviklet om en Snor af det bøjelige ildfaste Mineral Asbest og derefter indesluttet i en ildfast Isolationsmasse (Chamotte), om hvilken der atter er støbt en Beskyttelseskappe af Metal. For at skaffe Varmeelementet en stor Overflade og derved lette Varmeafgivelsen, kan man forsyne Metalkappen med udstaaende Ribber som vist i to af Varmeelementerne i Fig. 2. I elektriske Ovne kan flere Varmeelementer forenes til et »Varmebatteri«.

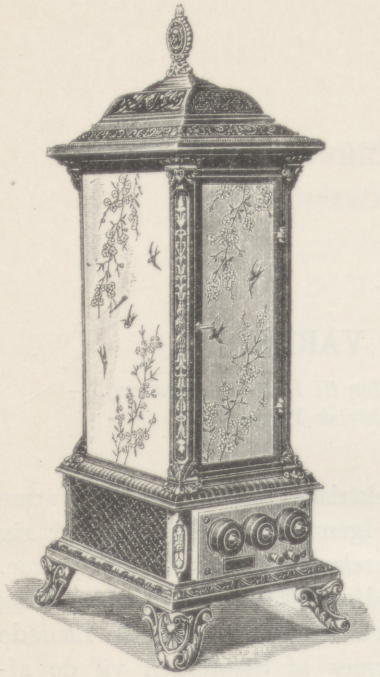


Fig. 1. Elektrisk Ovn med Varme- eller Kogeskab over de forneden anbragte Varmelegemer.

En anden Slags Varmeelementer fremstilles af Fabriken »Prometheus« i Tyskland. Her gaar Strømmen ikke gennem Metaltraade, men gennem overordentlig tynde Strimler af ædelt Metal anbragte paa Emaille, Glimmer el. desl. Da Strimlerne, hvis Tykkelse ofte kun er en Femtusindedel Millimeter, har en langt større Overflade end Traade af ligesaa stort Tværsnitsareal, afgiver de lettere end disse Varme til Omgivelserne, og kan derfor tage langt stærkere Strøm uden at blive for hede. Prometheus-Glimmerelementer, der er meget tynde og lette med stor Hedeflade og ringe varmeholdende Masse, straaler næsten straks Varme ud i Luften. Elementerne kan anbringes mange

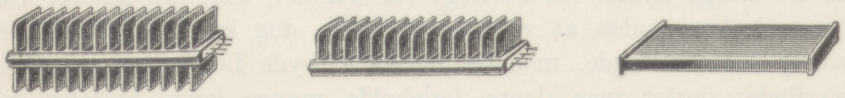


Fig. 2. Varmeelementer eller Varmelegemer.

parallelt i strømførende Rammer, saa at der ingen videre Skade sker, om et enkelt Element skulde brænde over.

Endvidere kan nævnes de saakaldte Kryptolpatroner, der bestaar af isolerende Rør fyldte med en Blanding af Kul, Karborundum og Ler i større eller mindre Korn; Rørene afsluttes med Metalkapsler,

Dansk Ingeniørforenings

som bringes i Forbindelse med et Ledningsnets Plus- og Minusleder, naar Rørene fastklemmes i et strømførende Metalstel. Strømmen gaar da gennem Kornene og udvikler Varme ved deres Berøringspunkter; her er nemlig en betydelig Modstand, fordi Berøringen er temmelig løs.

Fig. 3 er Billede af en lille, flyttelig elektrisk Ovn (efter Elektrasystemet); men forøvrigt kan man give elektriske Ovne en hvilkensomhelst Form; man har f. Eks. lavet elektriske Ovne, der ser ud som en Kakkelovnsskærm. Ovnenes Udseende kan bringes i Overensstemmelse med forskellige Menneskers Smag eller forskellige Værelsers Udstyrelse. Ved at lade nogle af Varmelegemerne være elektriske Glødelamper anbragte bag røde Ruder kan man delvis efterligne Ildskæret fra en Kamin. — Medens en Kakkelovns Plads i Stuen maa rette sig efter Skorstenens Plads i Huset, kan de elektriske Ovne anbringes hvorsomhelst; om det ønskes, kan Varmelegemerne fordeles paa forskellige Steder og skjules paa en eller anden Maade; dog maa det erindres, at de ligesaa lidt som elektriske Lamper maa tildækkes saaledes, at de ikke frit kan afgive Varme; thi i saa Fald kan de blive for varme og selv ødelægges og maaske antænde andre Ting. — En stor Behagelighed ved den elektriske Opvarmning er det selvfølgelig, at man slipper for Besvær og Ulemper ved Optænding, Fyring, Røg, Kakkelovnsrensning o. s. v. og i Stedet for blot skal dreje et Haandtag.

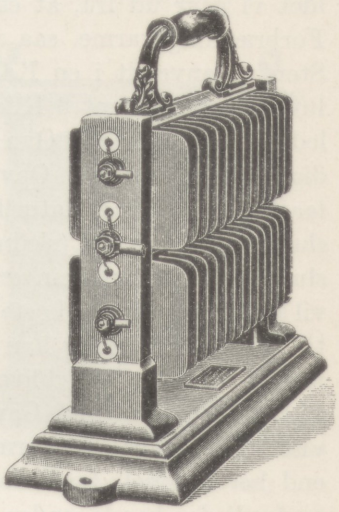


Fig. 3. Flyttelig elektrisk Ovn.

Men medens saaledes Hensynene til Nemhed, Renlighed og Skønhed gør den elektriske Opvarmning i høj Grad eftertragtelsesværdig, staar det desværre kun daarligt til med dette Varmemiddels Økonomi. At det ikke kan være anderledes ved et elektrisk Anlæg, der bruger Dampkraft, er let at indse.

Naar man brænder Stenkul i en god Magasinovn, saa kan denne afgive 70 Procent — eller maaske mere — af Kullenes Forbrændingsvarme til Stueluften. Men brændes Kullene i Stedet for under Dampkedlerne paa Elektricitetsværket, vil højst 15 Procent af deres Forbrændingsvarme forvandles til Arbejdskraft i Dampmaskinen; ved Arbejdskraftens Forvandling til elektrisk Energi i Dynamoen og Forsendelse gennem lange Strækninger gaar yderligere en betydelig Del af Energien tabt, saa at kun under gunstige Omstændigheder en Tiende-

del af Kullenes Forbrændingsvarme kan komme Stueluften til Gode. Naar man nu tillige husker paa, at det elektriske Anlæg skal forrentes, saa bliver det indlysende, at elektrisk Varme maa blive meget kostbarere end Kakkelovnsvarme. Dette vil ogsaa fremgaa af en Sammenligning mellem almindelige Kulpriser og Elektricitetspriser.

Af hvad der er sagt S. 140 Bd. I fremgaar det, at et Kilogram Kul ved sin Forbrænding udvikler ligesaa megen Varme som en Arbejdskraft af 10—12 Hestekrafttimer, naar denne udelukkende anvendes til Varmeudvikling. Idet nu en Kilowattime er $^4/_3$ Hestekrafttime og idet vi gaar ud fra, at en Kakkelovn udnytter 70 Procent af Kullets Forbrændingsvarme, saa vil en lille Udregning vise os, at 1 Kilogram Stenkul anvendt i en Kakkelovn giver ligesaa megen Varme til Stueluften som omtrent 6 Kilowatttimer anvendt i en elektrisk Ovn; hvorledes den elektriske Ovn er indrettet, er i denne Henseende ligegyldigt. Elektricitet til Opvarmning vil vistnok de fleste Steder kunne faas til Motorpris, naturligvis under Forudsætning af, at Ovnen ikke sluttes til Husets Lysledninger, men enten har en særlig Maaler eller sluttes til Motorledninger. Er Motorprisen 10 Øre pr. Kilowatttime, vil 6 Kilowatttimer koste 60 Øre, og da et Kilogram almindeligt Kul til Husholdningsbrug kan regnes at koste ca. 2 Øre (svarende til henimod 3 Kr. Tønden), bliver den elektriske Varme under disse Omstændigheder omtrent 30 Gange saa dyr som Kakkelovnsvarme. Ganske vist kan Kakkelovnsvarmen i mange Tilfælde blive adskilligt dyrere end her antaget, fordi der brændes Kokes og optændes med Brænde, og fordi der baade under Opfyringen og senere ved daarlig Regulering gaar mere Varme tabt end de 30 Procent; men Forskellen bliver dog saa stor, at selv Rigmænd i Reglen vil finde det for dyrt at gennemføre elektrisk Opvarmning for hele deres Hus Vinteren igennem. Og for alle dem, der ikke har Penge i Overflod, kan der kun blive Tale om gennemført elektrisk Opvarmning paa Steder, hvor Elektriciteten kan faas overmaade billig fra Vandkraftselektricitetsværker, medens Brændselet til Gengæld er forholdsvis dyrt. Som nævnt S. 255 Bd. I kunde ved de billigste Aarspriser i Norge den elektriske Varme blive ligesaa billig som Kulvarme; men herved var det rigtignok Forudsætningen, at Strømmen udnyttedes uafbrudt hele Aaret rundt.

Langt gunstigere stiller Sagen sig, naar den elektriske Varme ikke skal erstatte Kakkelovnsvarmen fuldstændig, men blot træde i Stedet for denne i visse Tilfælde, hvor der kun er Brug for lidt Varme i kortere Tid, f. Eks. Aften eller Morgen i et Sovekammer eller en Del af Dagen Foraar og Efteraar inde i Stuer. I saadanne Tilfælde betaler det sig daarligt at lægge i Kakkelovnen; baade Besværet og Varme-

spildet bliver altfor stort i Forhold til, hvad der skal opnaas. Man hjælper sig saa ofte med en saakaldet Petroleumsovn, hvilket blot vil sige en stor Lampe, som bruger megen Petroleum og derfor ogsaa giver megen Varme, men som rigtignok tillige er en slem Luftfordærver, selv naar den ikke just oser; undertiden bruges i Stedet en Gasovn, der er anbragt saaledes, at Forbrændingsprodukterne fra den gaar ud i Skorstenen. En lille flyttelig elektrisk Ovn vilde naturligvis være langt at foretrække, og kunde man have en Kilowatttime til en Pris af 2—3 Øre, vilde dens Varme være ligesaa billig, forudsat at Petroleum koster 18—20 Øre Potten, Gas 3 Kr. pr. 1000 Kubikfod*). Ved Elektricitetspriser som 10—15 Øre bliver den elektriske Varme ganske vist kostbar, men dog til saadant Hjælpebrug ikke uoverkommelig for velhavende Hjem, finere Hoteller o. desl. Ved private elektriske Anlæg eller andetsteds, hvor der ikke skal ydes en bestemt Betaling for Elektriciteten, men hvor det kun gælder om at udnytte Elektricitetsværket paa bedste Maade, kan imidlertid de Udgifter, som elektrisk Opvarmning medfører, vistnok i ikke faa Tilfælde gaa ned til 2—3 Øre pr. Kilowatttime; naar den elektriske Belysning og Motordrift ikke lægger fuldt Beslag paa Værkets Ydeevne, vil der nemlig ofte kunne tages Strøm til en elektrisk Ovn, uden at dette volder andre Udgifter end Forøgelse af Brændselsforbruget. Er Værkets Kraftkilde Vandkraft eller Vind, faar man endogsaa Varmen gratis ved en elektrisk Ovn, dersom denne kun sættes i Virksomhed paa de Tider, da der er Overflod af Kraft, som ellers vilde gaa til Spilde. Det kan her nævnes, at ved et lille Elektricitetsværk, som indrettedes paa en Gaard i Nærheden af Trondhjem for nogle Aar siden, fik Ejeren ikke blot Lys og Drivkraft til sine Maskiner, men ogsaa en væsentlig Del af Varmen til sine Stuer fra en lille Elv, der løber forbi Gaarden.

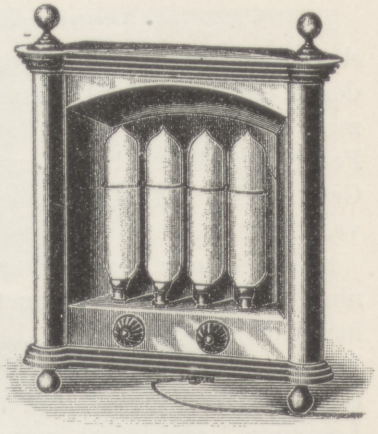


Fig. 4. Elektrisk Straaleovn.

Dersom man kun forlanger, at en enkelt Person eller en Del af ham — ikke al Luften i Stuen, hvor han er — skal opvarmes, saa kan

*) En Pot (Liter) Petroleum giver nemlig ligesaa megen Varme som 9—10 Kilowatttimer. 1000 Kubikfod (ca. 30 Kubikmeter) Gas kan regnes at give ligesaa megen Varme som ca. 175 Kilowatttimer; men naar Forbrændingsprodukterne gaar ud af Stuen, tabes en større eller mindre Del af Varmen med dem.

man nøjes med betydeligt mindre Varme. Man kan da bruge en »Radiator« eller »Straaleovn« som den, der er vist i Fig. 4. Her tjener nogle store Glødelamper som Varmelegemer; de vil kun i ringe Grad opvarme Luften tæt om sig, men Varmen udsendes som Straaler, der af Skærme bag Lamperne alle sendes til samme Side. En Person, der befinder sig paa denne Side Ovnen, ikke for langt fra den, vil da, naar Lamperne tændes, næsten øjeblikkelig faa en Varmefornemmelse. Naar det undertiden paastaas, at det netop er Idealet, at en Ovn virker saaledes ved Straaler — »ligesom Solen« — vil vel de fleste gøre Indsigelse undtagen Englænderne, der er vante til at lade sig stege af Kaminilden paa den ene Side. men en Straaleovn kan dog sikkert gøre god Fyldest under mange Forhold, f. Eks. til et Morgenbad eller paa et Hotelværelse, naar en Gæst en kølig Foraarsdag ønsker lidt Varme og vil have den straks ved sin Ankomst.

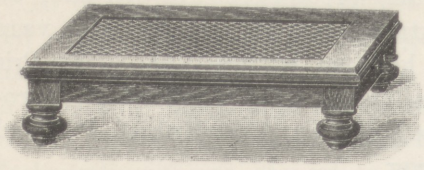


Fig. 5. Elektrisk Varmeskammel.

Elektriciteten egner sig endvidere fortræffeligt til stedlig Opvarmning, fordi elektriske Varmetraade kan anbringes, hvor Flammer ikke kan komme. Man har f. Eks. elektriske Varmeskamler til at sætte Fødderne paa, elektriske Sengevarmere, ja endog elektriske Sengetæpper, der ikke som almindelige Tæpper nøjes med at holde paa Legemets Varme, men selv udvikler Varme. Elektriske Rejsetæpper og maaske andet elektrisk Overtøj skal i Frankrig være bragt i Anvendelse ved Automobilrejser; Automobilet maa naturligvis saa medføre en elektrisk Akkumulator.

Den mest udbredte Anvendelse af elektrisk Opvarmning er maaske dens Benyttelse til at holde Butiksruder fri for Dug eller Is. Tilvejebringelsen af en tilstrækkelig varm, opadstigende Luftstrøm fra en langstrakt Ovn forneden i Vinduet volder kun temmelig ringe Elektricitetsforbrug, og en saadan Vinduesvarmer medfører ikke Brandfare som en Række Gasflammer.

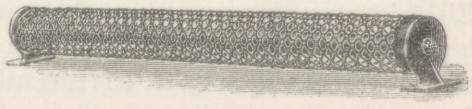


Fig. 6. Elektrisk Vinduesvarmer.

Elektriske Sporvogne har man i nogle Byer opvarmet i Vintertiden ved elektriske Varmeovne anbragte under Sæderne; men selv om de kun skal tage den værste Kulde af Vognen, bliver dette her, hvor Døren stadig gaar, ret kostbart.

Varmeapparater til Husholdningsbrug. Ved en elektrisk Udstilling i London 1905 blev der givet en Middag for 65 Personer, til hvilken alle Retterne var kogt eller stegt ved elektrisk Varme og tilmed inde i selve Spisesalen; til Madens Tilberedning medgik ialt 56 Kilowatttimer, altsaa ved en Pris af 10 Øre pr. Kilowatttime 5—6 Kr. Den elektriske Kogning og Stegning er imidlertid i vore Dage paa ingen Maade indskrænket til saadanne Udstillingsfremvisninger; baade i Hoteller og private Hjem rundt om paa Jorden — navnlig i Lande med rigelig Vandkraft — findes der »elektriske Køkkener«, hvor Varmen hentes fra de elektriske Ledninger.

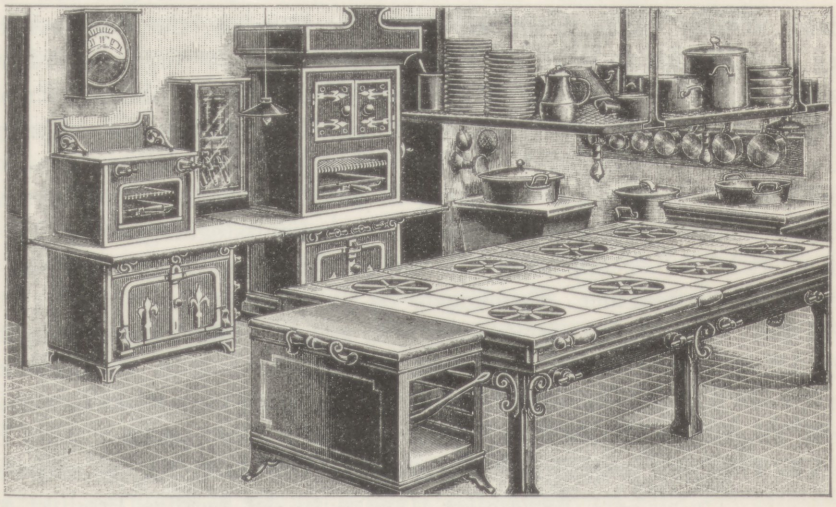


Fig. 7. Elektrisk Køkken fra Pariserudstillingen 1900.

Elektriske Kogeapparater kan indrettes paa mangfoldige Maader. Fig. 8 viser, hvad man kunde kalde en »Dyppekoger«; det er en Stang med 3 Skiver, der indeholder elektriske Varmetraade; dypper man Skiverne ned i en Vandspand og sender Strøm til Apparatet fra elektriske Ledninger, saa bliver Vandet opvarmet og kommer, hvis Varmetilførslen er stærk nok, snart i Kog. Dyppekogere laves i mange forskellige Former og Størrelser; de største kan bruges i store Vaskekedler; de mindste »Varmepinde« kan man stikke ned i et Glas eller en Kop og saaledes faa Indholdet opvarmet.

Til almindeligt Husholdningsbrug anvendes i Reglen ikke Dyppekogere, men enten bruger man særlige elektriske Kogekar, eller man koger paa »Varmeplader«. Fig. 9 viser en lille elektrisk Komfur med to Varmeplader, som indeholder Varmeelementer og kan ophedes stærkt af Strømmen; man kan da koge paa dem ligesom paa Gasblus;

blot maa Kogekarrene, for at der ikke skal tabes for megen Varme, have en flad Bund, som ikke er meget mindre end Pladen. Varmeplader anbragte paa Fødder kan ogsaa benyttes inde i Stuerne, idet de stilles paa et Spisebord eller andetsteds og forbindes med Ledningsnettet ved en Ledningssnor; man kan da holde Maden varm, koge Vand til The o. s. v. inde i Stuen (se Fig. 12 og Fig. 13). Gennemgaaende giver Varmepladerne dog kun en ringe Nyttevirkning.



Fig. 8. Elektrisk Dyppekoger.

Langt fuldstændigere end ved Varmepladerne udnyttes den elektriske Strøms Varme i særlige elektriske Kogekar, der kan indrettes paa den Maade, at man tæt udenom det egentlige Kogekars Sider og under dets Bund anbringer Metaltraade eller Metalstrimler i Emaille eller andet Isolationsstof; det egentlige Kogekar kan saa anbringes indeni et andet Kar, skilt fra det ved et lille Luftmellemrum, hvorved Varmen hindres i at brede sig til den omgivende Luft; Ordningen vil let forstaas ved Betragtning af Gennemsnitstegningen Fig. 10. — Af elektriske Kogeapparater til særligt Brug kan f. Eks. nævnes de elektriske Kaffekedler, Æggekogere og Temaskiner.

Ogsaa til Stegning og Bagning o. s. v. kan Elektriciteten benyttes. Fig. 11 viser en elektrisk Stegeovn, hvor der er indlagt Varmeelementer baade i Bund og Laag; begge Steder kan Varmetilførslen reguleres. Bagning ved elektrisk Varme er hist og her indført i store Bagerier. I en stor amerikansk Fabrik, hvor der tilvirkes de saakaldte Triscuits (Trebakker), forvandles Hveden til det færdige Produkt ved elektrisk Drivkraft og elektrisk Varme uden nogetsteds at berøres af Menneskehaand.

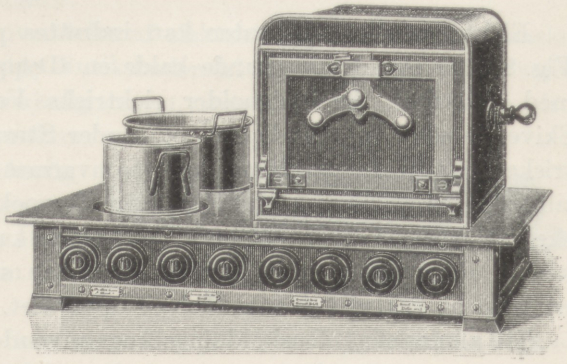


Fig. 9. Elektrisk Komfur med Bage- eller Stegeovn og to Varmeplader.

Af huslige Varmeapparater, som ikke staar i Madlavningens Tjeneste, kan nævnes elektriske Krølle- eller Pibesakse, Barbervandsvarmere og Strygejærn. Det er let at indse, at det maa være en stor Behagelighed at stryge med saadanne Jærn, som stadig faar den fornødne Varme gennem en kold Ledningssnor, i Stedet for med de sæd-

vanlige Jærn, som hvert Øjeblik maa opvarmes paany henne paa en Strygeovn eller paa Gasblus, hvorfra en Mængde overflødig Varme stadig strømmer ud i Stuen og gør Opholdet der utaaleligt i Sommertiden. Elektrisk Strygning er indført mange Steder saa vel i Strygerier som i Privathjem.

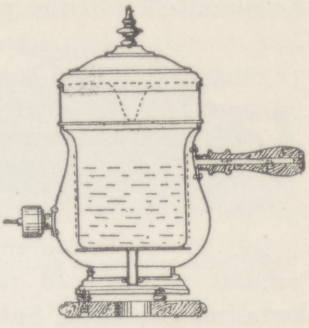


Fig. 10.
Gennemsnit af elektrisk Kogekar.

I økonomisk Henseende har den elektriske Varme til Brug ved Kogning, Stegning o. s. v. betydelig bedre Udsigter til at kunne konkurrere med anden Slags Varme, end hvor det drejer sig om Opvarmning af Værelser. Medens en Kakkelovn som anført kan give Værelset 70 Procent el. lign. af den udviklede Varme, vil et Komfur i Reglen kun give Maden en lille Del af Varmen; det allermeste af den gaar dels ud i Skorstenen, dels ud i Køkkenet uden at komme Maden til Gode. Af denne og andre Grunde foretrækkes i alt Fald i mindre Husholdninger næsten altid Gas, hvor den kan faas. Gassen er vel et meget dyrere Brændstof end Kul eller selv Brænde, men man kan omgaas langt mere økonomisk med den, idet man kun lader den brænde netop saa længe den skal bruges, og saa stærkt, det kræves, og endvidere kun paa det Sted, hvor Varmen gør Nytte. Dog bliver der ogsaa her betydelige Varmetab. Opvarmes Vand i Kedler med bred, flad Bund, vil der i Reglen, inden Vandet kommer i Kog, være tabt omtrent Halvdelen af den tilførte Varme (40 til 60 Procent efter Gaskogerens Godhed), og under mindre gunstige Omstændigheder kan Tabene blive endnu langt større. Ved elektrisk Kogning kan Tabene blive meget mindre. Helt slippe for dem kan man dog ikke. For det første vil de Kar, hvori Maden koges, altid afgive Varme til Luften og Underlaget, og for det andet vil der, saa længe Temperaturen stiger, medgaa Varme til Opvarmning af selve Karvæggene og af de elektriske Varmelegemer, som derfor helst maa være smaa og lette. Ved gode elektriske Kogekar kan Tabene under Ophedning til Kogpunktet gaa ned til 20 Procent eller maaske endnu mindre. Under Hensyn

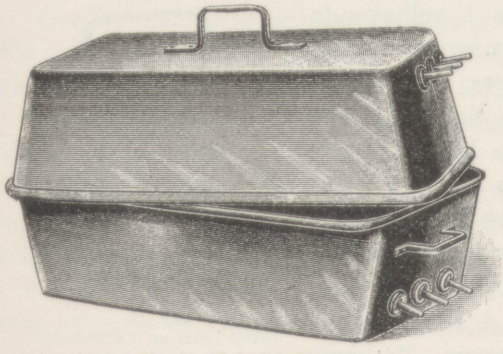


Fig. 11. Elektrisk Stegeovn.

hertil synes det rimeligt, at Elektriciteten til Madlavning i Billighed vil kunne konkurrere med Gassen ved Gaspriser som 3 Kr. pr. 1000 Kubikfod eller 10 Øre pr. Kubikmeter og Elektricitetspriser som 3—5 Øre pr. Kilowatttime.

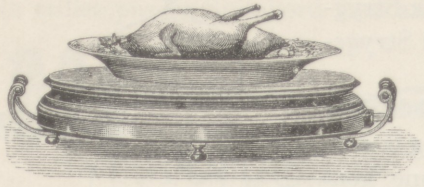


Fig. 12.
Maden holdes varm paa en elektrisk Varmepande.

I Danmark er der ingen elektriske Centralanlæg, der sælger Elektricitet til Forbrugerne for saa lav Pris. Adskilligt højere Priser kunde imidlertid bæres, hvor der ikke findes Gasværk, eller hvor Gassen er særlig dyr, og desuden kunde Værkerne maaske nogle Steder staa sig ved at sælge Elektricitet til Opvarmning til meget lav Pris, naar der samtidig indførtes Dobbelttarif med høje Priser om Aftenen — eller blot Vinteraftener, saa at Forbrugerne, naar Værket var stærkt optaget af Belysningen, saavidt muligt undgik at bruge deres elektriske Kogekar. En Høkasse og en Petroleumskoger kunde gøre denne Ulempe mindre følelig. — Ved private Elektricitetsværker, hvor der paa visse Tider er overflødig Kraft, kunde det ligge nær at anvende denne i elektriske Kogeapparater o. desl. (el. smaa elektriske Varmeovne) og saa spare Brændsel. At noget saadant hist og her kunde betale sig, synes ikke urimeligt. Betingelserne derfor kan være meget forskellige ved de forskellige Værker. En Hindring danner det, at elektriske Kogekar endnu er temmelig kostbare.

Men om end det næppe er rimeligt, at elektrisk Kogning o. desl. ret mange Steder i Danmark i den nærmeste Fremtid kan blive ligefrem billig, saa er den dog heller ikke saa kostbar, at den behøver at regnes for en urimelig Luksus i velhavende Hjem, navnlig naar den kun anvendes i mindre Omfang. En elektrisk Koger, som inde i Stuen om Aftenen kan koge Vand til The eller Toddy eller i det mindste holde Vandet varmt, vil hertil kun bruge for faa Øre Elektricitet og give megen Hygge og Behagelighed for Pengene. Det samme gælder f. Eks. om en elektrisk Mælkevarmer, ved hvilken Mælken til et lille Barn kan opvarmes i Flasken; om Natten i Sovekammeret behøver Moderen blot at dreje en Hane, saa er Mælken varm paa faa Minutter.



Fig. 13.
Tekedel paa en Varmeflade.

Selv elektrisk Opvarmning af Vand til et Badekar bliver ikke meget bekostelig, hvis Elektricitetsprisen kun er 10 Øre pr. Kilowatt-

time. Idet Vandet fra en Vandhane løber langsomt ned i Karret gennem en godt varmeisoleret Beholder med indvendige elektriske Varmelegemer, kan næsten al Varmen blive udnyttet; med et Elektricitetsforbrug af 1 Kilowatttime — f. Eks. 4 Kilowatt i et Kvarter — kan man da faa 25 Liter Vand opvarmet de 32° fra 8° til 40° Celsius.*)

I Norge er Muligheden for en almindelig Udbredelse af »elektrisk Madlavning« betydelig større end i Danmark, og man har allerede adskillige Steder begyndt at sætte Elvene til at koge Maden. Imidlertid har Mangel paa Holdbarhed hos de kostbare Kogekar her og andetsteds hæmmet Udviklingen paa dette Omraade. Det er dog i mange Tilfælde urigtig Behandling, der bærer Skylden for mindre gode Resultater. Ligesaa lidt som man maa tænde Gassen under et almindeligt Kogekar, inden der er kommet Vand i det, ligesaa lidt maa man give et tomt elektrisk Kogekar Strøm; men ved elektrisk Kogning, hvor der ikke ses nogen Ild, glemmes denne Regel lettere. Det er imidlertid muligt at faa de elektriske Kogekar til selv at passe paa, at Husmoderens eller Pigens Glemsomhed ikke faar slemme Følger; Karret kan nemlig forsynes med en Avtomat, som afbryder Strømmen, hvis Ophedningen bliver for stærk.

Elektrisk Smedning. I Haandværk og Storindustri finder den elektriske Opvarmning talrige særlige Anvendelser foruden de tidligere nævnte mere almene. Man har elektrisk varmede Pressejern af alle mulige Slags, Brændejærn, Limkogere, Segllaksmeltere, Loddekolber o. s. v.; men størst Betydning har den elektriske Smedning. Der er paa dette Omraade opfundet mangfoldige Fremgangsmaader, hvoraf her skal nævnes enkelte.

Ganske mærkelig er den Fremgangsmaade, som er illustreret ved Fig. 14. Dette Billede viser en elektrisk Smedeesse, hvor man for at gløde Jærnet ikke stikker det ind i Ild, men derimod dypper det ned i Vand eller rettere i en Sodaopløsning. I det Kar, som indeholder Væsken, anbringes en Blyplade, der sættes i Forbindelse med et Stærkstrømsanlægs Plusleder; det Jærnstykke, som skal glødes, fastholdes som vist med en Tang og støttes mod en Stang, der er forbundet med Minuslederen. Naar Enden af Jærnstykket nu neddyppes i Vandet, saa kommer der en stærk Strøm i Gang fra Blypladen gennem Vandet til Jærnet. Idet Brinten danner et Luftlag omkring

*) Hertil medgaar nemlig $25 \times 32 = 800$ Varmeenheder; og naar en elektrisk Energi af en Kilowatttime forvandles til Varme, opstaar der lidt over 850 Varmeenheder, idet en Hestekrafttime, der er $^3/_4$ af en Kilowatttime, som nævnt S. 140 Bd. I giver omtrent 650 Varmeenheder.

Jærnet, vil Strømmen paa dette Sted under stærk Varmeudvikling og Lysbuedannelse bane sig Vej fra Vandet til Jærnet, og der udvikles da Ilt ved Blypladen, Brint ved Jærnet, og Ophedningen øges desuden ved, at Brinten brænder; Resultatet bliver, at Jærnet bliver hvidglødende paa Neddypningsstedet. Jærnet kan da paa en Ambolt udhamres eller sammensvejses med et andet paa samme Maade ophedet Jærnstykke.

En saadan elektrisk Esse, der hverken kræver Skorsten eller Blæse-

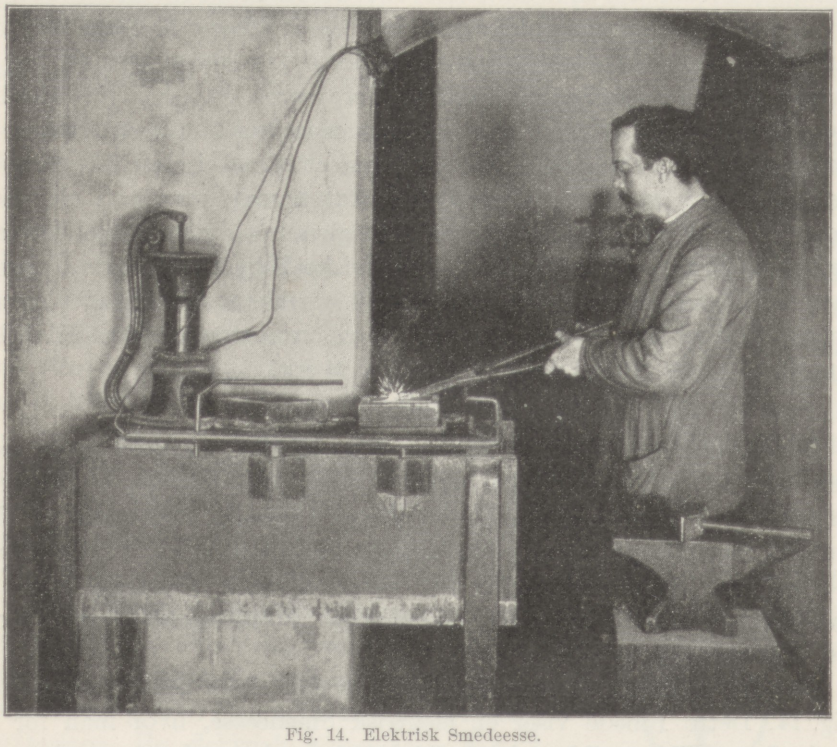


Fig. 14. Elektrisk Smedeesse.

bælg, og ikke giver Røg og Sod, er overmaade bekvem og renlig; men den lider dog af forskellige Mangler og har næppe fundet megen Anvendelse.

Ved andre Fremgangsmaader bliver det i endnu højere Grad muligt at anvende den elektriske Ild hvorsomhelst, selv under Forhold, der slet ikke tillader Anbringelse eller Anvendelse af en Smedeesse. Den elektriske Lysbue mellem to Kulspidser kan saaledes bruges ved Svejse- og Loddearbejder, naar den ved en Blæseelektromagnet (se S. 220 Bd. I) bøjes ud af Linjen mellem Kulspidserne og rettes mod det Sted, som skal ophedes. En efter dette Princip indrettet elektromagnetisk Blæselampe med en kraftig Magnet kan give en hed, spids

Blæseflamme, som bl. a. kan benyttes ved Reparationer paa større Genstande, der saaledes ikke behøver at bringes til et Smedeværksted. Simplere er det, blot at forbinde en enkelt Kulstang med Ledningsnettets ene Side — f. Eks. den negative —, medens selve den Jærngenstand, som skal behandles, forbindes med Ledningsnettets positive Side. Lysbuen dannes da mellem Kulstangen og Genstanden, som saaledes, hvor man ønsker det, kan ophedes til Svejsetemperatur eller bringes til at smelte; Lysbuen kan f. Eks. paa denne Maade lave Huller gennem tykke Plader. Fig. 15 viser Fremgangsmaaden i Brug ved Reparation af en Dampkedel; Arbejderens Haand beskyttes mod Lysbuens Varme ved en Asbestskærm, hans Øje mod det stærke Lys ved en Skærm af rødt Glas. — Erstattes Kulstangen med en Stang af Jærn (eller andet Metal), kan Enden af denne smelte ved Varmen og dryppe ned og udfylde Huller eller Revner i en Genstand; er der f. Eks. sprunget en Tand af et Tandhjul, kan der paa det beskadigede Sted paa denne Maade tilsmeltes et Stykke Jærn, som derefter tildannes. Paa lignende Maade kan Jærnplader eller Jærnstykker af anden Form sammensmeltes.

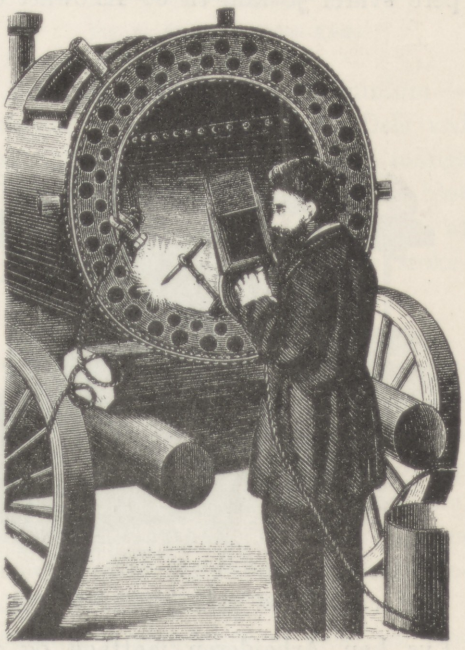


Fig. 15. Reparation af en Dampkedel.

Den Fremgangsmaade, som hidtil har faaet størst Betydning, er imidlertid ubetinget den af Elihu Thomson indførte elektriske Svejsning. Fig. 16 viser et Apparat til Svejsning efter denne Metode. De to Metalstykker, som skal sammensvejses — det er her kun tykke Kobbertraade — fastholdes af to Klemmer og trykkes mod hinanden ved Hjælp af nogle Lodder. Naar der nu sendes en stærk Strøm fra den ene Klemme til den anden gennem Enderne af Kobbertraadene, saa vil disse ved Berøringsstedet, hvor Strømmen møder størst Modstand, blive stærkt opvarmet og sammensvejses ved Trykket. Paa samme Maade kan Jærnstænger og Jærnrør sammensvejses. Paa Svejsestedet fremkommer en Fortykkelse, der om fornødent bagefter kan fjærnes ved Filing eller paa anden Maade

At tage Strømmen til den Thomsonske Svejsning umiddelbart fra et almindeligt Stærkstrømsanlægs Ledninger lader sig ikke gøre, da der paa Svejsestedet kræves ganske ringe Spænding, men meget stor Strømstyrke; undertiden anvendes en Strømstyrke langt over de 20—30 000 Ampère, Gotersgadeværket i København formaar at yde ved fuld Belastning. Men da Spændingen er lav, bliver den anvendte elektriske Energi alligevel ikke urimelig stor; 3 Volt og 20 000 Ampère svarer jo kun til 60 Kilowatt eller 80 Hestekræfter. Skal Strømmen tages fra et Jævnstrømsanlæg, maa man benytte roterende Omformere (S. 256 Bd. I), medens man ved Vekselstrømsanlæg kan nøjes med en fast Transformator, der formindsker Spændingen og forøger Strømstyrken; ogsaa naar Strømmen tages fra en særlig Dynamo er det heldigst at benytte Vekselstrøm, som ved større Svejsninger transformeres til stor Strømstyrke.

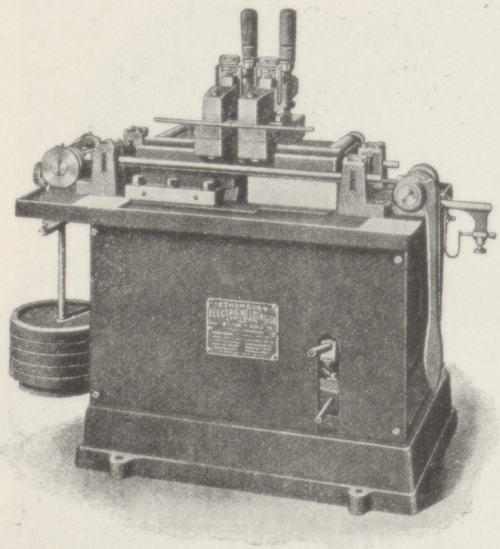


Fig. 16. Apparat til elektrisk Svejsning.

Den elektriske Svejsning har mange store Fordele. Uden at blive generet af Hede, Røg eller blændende Lys kan Arbejderen iagttage og regulere Forløbet af Svejsningen, der her foregaar indefra udad, naar Stykkerne er saaledes tildannede, at deres indre Dele først berører hinanden. Klemmerne fastholder Stykkerne, saa at de ikke kan forskydes under Svejsningen. Ophedningen strækker sig kun et ganske ubetydeligt Stykke ud fra selve Svejsestedet, og den foregaar saa hurtigt. at der bl. a. af denne Grund næsten ingen Glødeskal dannes. Paa Grund af Svejsningens Hurtighed egner Metoden sig særlig til Massefabrikation; ved avtomatiske Svejseapparater skal der i nogle Tilfælde kunne udføres 100 Svejsninger i Minuttet.

Den elektriske Svejsning har vundet overordentlig stor Udbredelse indenfor mangfoldige Fabrikationsgrene; Vognaksler, Cyklestel, Hjulfælge sammensvejses elektrisk, ja, selv Egernes Forbindelser med Nav og Fælg kan udføres paa denne Maade. Elektrisk Kædesvejsning er

meget almindelig og anvendes ogsaa i Danmark (Fig. 17). Sporvejsskinner sammensvejses elektrisk, mens de ligger i Gaden.

Ogsaa Opvarmning ved Knaldluftflamme, Acetylénflamme og ved Thermit er i de senere Aar trængt frem indenfor Metalindustrien og har tilligemed den elektriske Opvarmning bidraget til at give mange af dens Grene et helt nyt Præg; de førstnævnte Metoder kan imidlertid ogsaa kaldes Børn af Elektriciteten, forsaavidt som de Stoffer, der anvendes ved dem — Brint og Ilt, Acetylen, Aluminium — kan fremstilles billigt i store Mængder ad elektrisk Vej, til Dels ved Hjælp af elektriske Ovne. — I elektriske Ovne fremstilles ogsaa mange andre Stoffer, men da det her ikke er godt at adskille, hvad der blot skyldes Ophedningen, og hvad der er direkte kemiske Virkninger af Strømmen, udsættes Omtalen af disse Ting til Afsnit X (Elektrokemisk Virksomhed).

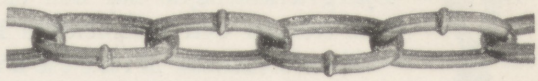


Fig. 17. Elektrisk svejset Kæde.

Elektrisk Tænding. Fig. 18 viser et Billede af en elektrisk Pibe- eller Cigartænder; naar den ved Ledningssnore er sluttet til Stærkstrømsledninger, vil nogle Platintraade, som findes ude i den fremstaaende Spids, blive glødende, saa snart man trykker paa en Knap paa Skaftet, og man kan da tænde Tobakken ved de glødende Traade.

En saadan Tænder er blot en fiks Luksusting, men paa mange andre Omraader har elektrisk Tænding stor Betydning. Navnlig benyttes Elektriciteten til Minetænding, Motortænding og Gastænding.

Medens det ved de tidligere omtalte Anvendelser af elektrisk Opvarmning kunde volde Betænkelighed, at der forbrugtes store Mængder af den ret kostbare elektriske Energi, falder denne Betænkelighed bort ved elektrisk Tænding, hvor der kun kræves en ubetydelig Varmemængde. Et ypperligt Eksempel paa, at en ganske ringe Mængde elektrisk Energi kan sætte mægtige Kræfter i Virksomhed, har vi netop i de elektriske Minesprængninger, hvad enten de anvendes til Krigens Ødelæggelsesværk eller i Fredens Tjeneste til at fjærne Hindringer for Samfærdselen eller til at bane Mennesket Vej til Bjærgenes Skatte. Det er her Sprængstofferne — Krudt, Dynamit o. s. v. —, der spiller Hovedrollen; den elektriske Strøm er

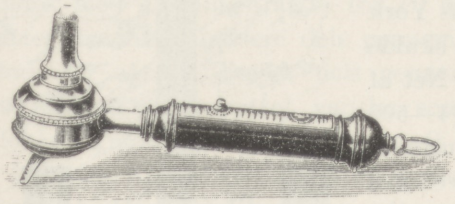


Fig. 18. Elektrisk Pibe- eller Cigartænder.

blot Anstifteren, den, de vækker Sprængstoffets slumrende Kræfter og gør det netop i det Øjeblik, Mennesket bestemmer, paa saa lang Afstand det skal være og, om det ønskes, mange Steder i samme Nu. Disse Egenskaber er navnlig vigtige ved Minesprængning i Krigen; men ogsaa i det fredelige Tunnel- og Bjærgværksarbejde har den elektriske Tænding store Fordele fremfor den gammeldags Luntetænding.



Fig. 19. Elektrisk Gnisttænder.

Den elektriske Minetænding kan fremkaldes enten ved Glødning af en tynd Metaltraad eller ved en elektrisk Gnist. I begge Tilfælde er der ind gennem Minen ført en Ledning, som er isoleret overalt undtagen paa et ganske kort Stykke, omkring hvilket der ligger en eller anden Slags Tændsats. Anvendes Glødning, er det korte, frie Ledningsstykke saa tyndt, at det bringes i Glød af en svag Strøm. Anvendes Gnist, er Traaden paa dette Sted overskaaret, saaledes at der mellem de to Traadender findes en lille Spalte, hvorigennem Gnisten skal slaa over (se Fig. 19). Ved Glødningen eller Gnisten tændes Tændsatsen, og den bringer den omgivende større Sprængladning til at eksplodere. Skal flere Miner tændes samtidig, kan Ledningstraaden føres gennem den ene efter den anden (Rækkeforbindelse), som det er vist ved de to Miner *C* og *D* i Fig. 20; men man kan ogsaa lade Ledningerne forgrene sig til de enkelte Miner (Parallelforbindelse) eller anvende en Blanding af begge Systemer.

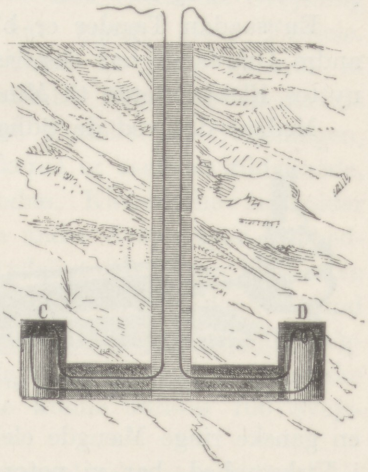


Fig. 20. To Miner, som tændes samtidig.

En af de mægtigste Sprængninger, Historien kender, er den, der foretoges den 23. September 1876 i New York Havn, hvor en undersøisk Klippe skulde fjærnes. Der var forud dannet et Net af Minegange, hvor over 20 000 Kg. (4—500 Centner) Dynamit var fordelt i Tusinder af Borehuller. Til Tændingen anvendtes henved 1000 Kromsyreelementer, samlede i Batterier paa 40 Elementer; fra hvert Batteri førte der Ledninger til 160 Glødetændere, fordelt paa otte Ledningsgrene med 20 Tændere i Række i hver Gren. Sprængningen udførtes af den ledende Ingeniørs treaarige Datter, der ved at dreje et Haandtag samtidig sluttede alle Batteristrømmene og derved i et Nu sønderspræng te langt over 100 000 Tons Klippemasse.

Til Gnisttænding kræves der større Spænding, end et rimeligt Antal galvaniske Elementer umiddelbart kan give. Man kan da tage Gnisterne fra en Kondensator (S. 31 Bd. I) — f. Eks. en eller flere Leidnerflasker —, som lades fra en Elektrisermaskine. Paa Grund af den høje Spænding, som kan tilvejebringes paa denne Vis, kan Elektriciteten føres fra Kondensatoren en temmelig lang Vej gennem tynde (godt isolerede) Ledninger og passere flere Gnisttændere i Række efter hinanden. Denne Fremgangsmaade er i Virkeligheden blevet benyttet ikke saa lidt

Imidlertid kan man ogsaa med Elementer som Strømkilde tilvejebringe en høj Spænding, idet man nemlig sætter Spændingen op ved Hjælp af en Transformator bestaaende af to Traadspoler, én med faa og én med mange Vindinger. Som omtalt S. 230—232 Bd. I, kan man ved at lede en lavspændt Vekselstrøm ind i den førstnævnte Traadspole faa stor Spændingsforskel mellem Polerne af den anden Traadspole. Men naar det — som her — ikke gælder om at omsætte store Energimængder med det ringest mulige Tab, men kun om at faa høj Spænding, kan man imidlertid i Stedet for den lavspændte Vekselstrøm benytte en ensrettet Strøm — f. Eks. en Batteristrøm —, naar denne afvekslende sluttes og afbrydes. Man kan da anvende en Transformator (Induktionsapparat), som den, der er vist i Fig. 21. Naar Klemskruerne k og k_1 forbindes med Ledningstraade fra et galvanisk Batteris Poler, saa vil Batteristrømmen passere dels gennem en Traadspole af temmelig faa Vindinger af tyk Traad, dels gennem en Afbryderindretning, der i Hovedsagen er indrettet ganske som Selvafbryderen i en elektrisk Klokke; Traadspolens Jærnkærne vil det ene Øjeblik trække Ankeret A bort fra Kontaktskruen S og derved afbryde Strømmen, det næste slippe A, hvorved Strømmen atter sluttes. Ved disse Strømafbrydninger og Strømslutninger i Batteristrømmens Traadspole (den primære eller Hovedspolen) opstaar der elektricitetsbevægende Kræfter i en anden Traadspole (den sekundære eller Induktionsspolen), som omgiver Hovedspolen og bestaar af mangfoldige Vindinger af ganske tynd Traad. Dersom en Ledningstraad forbinder Polerne l og l_1 af Induktionsrullen, fremkommer der i denne ved Hovedstrømmens Slutning og Afbrydning Induktionsstrømme, saaledes som det er omtalt

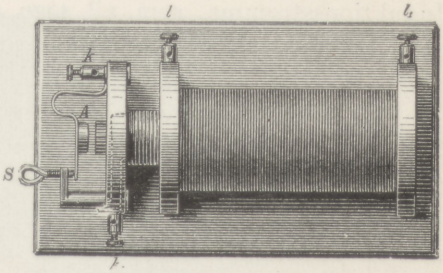


Fig. 21. Induktionsapparat.
Den indre Traadspole er for Tydeligheds Skyld trukket lidt ud af den ydre.

S. 61 Bd. I. Er der ingen Ledning mellem l og l_1, kan Induktionsstrømmene ikke komme i Gang, men der opstaar saa Spændingsforskel mellem l og l_1. Udgaar der fra Klemskruerne l og l_1 Ledningstraade, mellem hvis Ender der kun er en lille Afstand, vil der opstaa Gnister (Induktionsgnister), som danner Ledning for Elektriciteten gennem Luftmellemrummet. Føres Ledningstraadene til hver sit Haandtag, vil man ved at gribe med en Haand om hvert faa Induktionsstrømmene gennem Legemet og derved mærke en ejendommelig dirrende eller rykkende Fornemmelse. I Induktionsapparater til dette Brug findes der i Reglen til Regulering af Virkningen udenom Jærnkærnen et Metalstykke, der kan trækkes ud og ind. I Hylsteret opstaar der Induktionsstrømme, som vil søge at ophæve Hovedstrømmens Virkning paa den ydre Rulle; Apparatets Virkning bliver derfor kun svag, naar Hylsteret er helt indskudt.

For at der ikke i selve Jærnkærnen skal opstaa lignende skadelige Strømme som i Hylsteret, dannes Jærnkærnen af indbyrdes isolerede (ferniserede) Metalpinde.

Skal Induktionsrullen give høj Spænding og lange Gnister, maa den have mange Traadvindinger; men det gælder tillige om, at Hovedstrømmen er meget kort Tid om at vokse fra Nul til sin fulde Styrke, naar den sluttes, og ligeledes om at aftage fra sin fulde Styrke til Nul ved Afbrydningen. Nu ved vi imidlertid, at en Strøm, der — som det her er Tilfældet — gennemløber en Traadrulle med Jærnkærne, sætter sig imod at vokse eller aftage hurtigt (S. 65—66 Bd. I). At paaskynde Strømmens Voksen lader sig ikke saa let gøre; derimod kan vi fremskynde dens Aftagen til Nul. Strømmen kan nemlig kun vedvare, saa længe en Afbrydningsgnist opretholder Ledningen paa det Sted, hvor Kontaktskruen S slipper Ankerfjedren; det gælder altsaa om paa en eller anden Maade at gøre denne Gnist yderst kortvarig, og hertil har man flere Midler.

Naar Kontaktskruen og Ankerfjedren er sat i Forbindelse med hver sin Belægning af en Leidnerflaske eller anden Kondensator, saa vil, naar Skruen slipper Fjedren, det meste af Elektriciteten i første Øjeblik strømme ned i Kondensatoren i Stedet for at gaa gennem Luftmellemrummet, hvor Modstanden er større; idet der saaledes er aabnet Elektriciteten et Afløb, bliver Spændingsforskellen mellem Skrue og Fjeder og dermed Tilbøjeligheden til Gnistdannelse mindre. Ganske vist vil Elektriciteten snart mærke, at den saa at sige er narret ind i en Blindgang, idet Kondensatorens isolerende Lag spærrer den Vejen langt eftertrykkeligere, end Luftmellemrummet gjorde det (smlgn. S. 34—35 Bd. I); men imidlertid er Strømmen afbrudt og Luftmellem-

rummet blevet for stort, saa at Kondensatoren kun kan udlades ved, at Elektriciteten gaar hele den lange Vej gennem Hovedspolen og Batteriet, forsaavidt Ledningen ikke forinden atter er blevet sluttet af Ankerfjedren. Kondensatoren laves i Reglen paa lignende Maade som angivet Bd. I S. 31 L. 9 f. n. o. flg., og den kan da anbringes i en flad Kasse, som danner Fod for Induktionsapparatet eller »Gnistinduktoren«.

Endvidere kan det hjælpe til at forkorte Afbrydningsgnisten, at man anvender en »Kviksølvafbryder«, hvor Strømmen sluttes og afbrydes, idet en Spids dypper ned i og trækkes op af Kviksølv, over hvilket der staar Spiritus; forøvrigt sættes Kviksølvafbryderen i Virksomhed paa ganske lignende Vis som den tidligere beskrevne Selvafbryder.

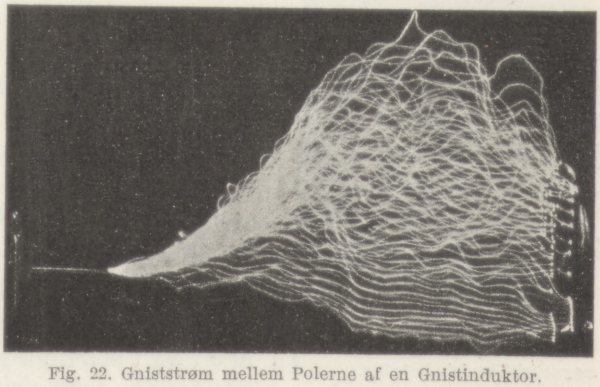


Fig. 22. Gniststrøm mellem Polerne af en Gnistinduktor.

En Gnistinduktor med Kondensator, Kviksølvafbryder og talrige Vindinger i Induktionsspolen kaldes ofte en »Ruhmkorfer« (efter den Mand, der først lavede den). Den kan give lange Induktionsgnister, navnlig ved Hovedstrømmens Afbrydning. Er disse Gnister f. Eks. højst 10 Centimeter, og de, der fremkaldes ved Hovedstrømmens Slutning, kun 5 Ctm., saa vil et Luftmellemrum paa f. Eks. 7 Ctm. mellem Enderne af Induktionsspolens Traad kun slippe elektrisk Strøm igennem i den ene Retning, skønt Hovedstrømmen (ved Slutning og Afbrydning) søger at inducere Strømme i begge Retninger i Induktionsspolen. Man kan da f. Eks. lade Leidnerflasker ved Induktionsstrømmen.

Store Ruhmkorfere kan frembringe Spændinger langt over 100 000 Volt, saa at de i denne Henseende saa vel som med Hensyn til Gnistlængde kan maale sig med de bedste Elektrisermaskiner, som de desuden langt overgaar m. H. t. Antallet af Gnister og den Elektricitetsmængde, hver enkelt Gnist medfører. En engelsk Ruhmkorfer, hvor Induktionsspolens fine Traad er saa lang, at den rigeligt kunde naa fra Kristiania til Trondhjem eller Randers, skal kunne give meterlange Gnister. Gnisttallet bliver ved de ovenfor omtalte Afbrydere næppe over 10—20 i Sekundet; forskellige nyere Afbrydere kan give

langt større Gnisttal og som Følge deraf en langt voldsommere og stærkere lysende Gniststrøm. Paa en mærkværdig simpel Maade opnaas 2—3000 Strømslutninger og -afbrydninger i Sekundet ved W e h n e l t s A f b r y d e r.

Denne bestaar blot af et Glas med fortyndet Svovlsyre, hvori er nedsat en Blyplade og indført en Platinspids. Sendes der Strøm gennem Vandet fra Platinet til Blyet, udvikles der Brint ved Blypladen, Ilt ved Platinspidsen og sidstnævnte Sted vil Strømmen da af sig selv blive afbrudt og atter sluttet det nævnte Antal Gange. Denne Afbryder kræver imidlertid stærkere Spænding, end et galvanisk Batteri af faa Elementer kan give.

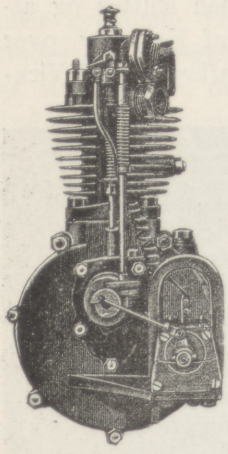


Fig. 23. Cyklemotor med magnetisk Tændeindretning.

Til Minetænding kan man benytte Gnistinduktorer, som i Almindelighed ikke behøver at være særlig mægtige. I de senere Aar bruges imidlertid mere og mere i Stedet for galvaniske Gnistinduktorer mekaniske Induktorer, der giver Tændestrøm til Gnist- eller Glødetændere blot ved Omdrejning af et Haandsving. De kan indrettes som Magnetinduktoren S. 94 Bd. I; men Staalmagneterne erstattes dog ofte af Elektromagneter, der tager Strøm fra Induktorens Anker.

Til M o t o r t æ n d i n g, d. v. s. Tænding af den eksplosive Gas i Eksplosionsmotorers Cylindre, benyttes i talrige Tilfælde elektrisk Tænding. Foregaar denne ved Batteri og Induktionsrulle, besørges Hovedstrømmens Slutning og Afbrydning ikke af en Selvafbryder, men af en lille Mekanik, der bevæges af Motoren og sørger for at tilvejebringe Induktionsgnisten i rette Øjeblik. Batteriet kan dannes enten af primære galvaniske Elementer eller af Akkumulatorer. Men det er naturligvis en Behagelighed at slippe for Batteriet, og derfor anvendes nu i vid Udstrækning mekaniske Induktorer, som bevæges af Motoren, men forøvrigt kan indrettes paa mange forskellige Maader; Fig. 23 viser en Cyklemotor med en Induktor forneden til højre.

Vi har hidtil forudsat, at Gnisten skulde dannes i et Mellemrum mellem faste Traadender. I Motorer kan man imidlertid godt paa selve det Sted, hvor Gnisten skal dannes, anbringe en Mekanisme, som danner et Luftmellemrum mellem to Ledningsdele i det Øjeblik, da der er Brug for Gnisten. Denne kan da ligefrem være Afbrydningsgnisten fra et Batteri af faa Elementer; i saa Fald behøver Spændingen ikke at sættes op ved en Transformator dannet af to Traadspoler; men

Batteristrømmen føres dog gennem en enkelt Traadspole med Jærnkærne, da dette forøger Afbrydningsgnisten. — Ogsaa naar man bruger mekaniske Induktorer, kan Tændingen ske ved Strømafbrydning inde i selve Motorcylinderen (eller et tilstødende Tænderum).

— Under den haarde Kamp mellem det elektriske Lys og Gaslyset har dette sidste stræbt efter at komme til at ligne sin af Naturen mere tiltalende Konkurrent i saa mange Retninger som mulig. Der er som tidligere nævnt lavet store Gasglødelamper, der i Lysstyrke og Hvidhed kappes med de elektriske Buelamper, og smaa dekorative Lamper, der i Form og Stilling efterligner de elektriske Glødelamper. Ogsaa den Egenskab ved det elektriske Lys, at det kan tændes uden Tændstikker, paa lang Afstand og mange Lamper samtidig blot ved Drejning af et Haandtag, har Gassen formaaet at efterligne, men rigtignok kun ved at tage den elektriske Strøm i sin Tjeneste, idet der anvendes elektrisk Tænding efter lignende Metoder som foran omtalt.

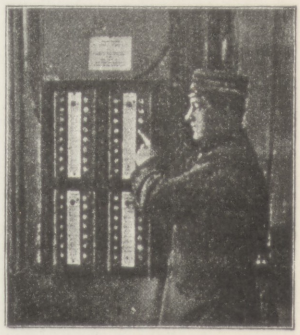


Fig. 24. Gaslamper rundt om i en Banegaard tændes ved Tryk paa elektriske Knapper.

Til Tænding af Gasblus i Butiksvinduer, hvor der findes brændbare Genstande, er den elektriske Tænding mange Steder ligefrem paabudt, og ved den formindskes i høj Grad Brandfaren, om den end ikke bliver saa ringe som ved elektriske Glødelamper. Tændingen kan foregaa paa den Maade, at man først aabner en Gashane, der kan være fælles for en Række Blus i Vinduet og dernæst sætter den elektriske Tændeindretning i Virksomhed og derved fremkalder Gnister udenfor Rørmundingerne i de enkelte Gasbrændere.

Med den elektriske Tænding forenes imidlertid ofte elektrisk Hanedrejning, idet der oppe ved Gasblussene foruden en Gnisttænder anbringes Elektromagneter, som, naar de faar Strøm, drejer Hanen den ene eller anden Vej. Kun paa denne Maade naar man til en egentlig »Gasfjærntænding«, ved hvilken mange Gasblus rundt om i forskellige Lokaler kan tændes og slukkes samtidig eller efter hinanden ved Tryk paa Knapper eller Drejning af et Haandtag. Man kan paa denne Maade ofte spare betydelige Udgifter saa vel til Gas som til Betjening. Paa en Brandstation med elektrisk Gnisttænding kan man saaledes i Almindelighed nøjes med en ganske svag Belysning i Stalde og Vognremiser, men lade den Vagthavende tænde alle Blus inde fra Vagtlokalet, samtidig med at han allarmerer til Udrykning.

IX. ELEKTROMOTORERS ANVENDELSE I INDUSTRI OG LANDBRUG M. M.

Indledning. — Elektromotorers Virkemaade. — Elektromotorers Smaahverv rundt om i en By og deres Virksomhed i Fabrikker. — Elektriske Transportapparater. — Elektromotorer i Landbrugets Tjeneste. — Elektrisk Bjærgværksdrift. — Elektriciteten i Hjemmet.

Indledning. Dampmaskinen har i Følge sin Natur været en Forbundsfælle af Storindustrien imod Haandværket og i det hele taget af Stordrift mod Smaadrift. Thi kun store Dampmaskiner, der stadig skal afgive en betydelig Arbejdskraft, virker økonomisk, og det kan i Reglen slet ikke betale sig at indrette et Dampkraftsanlæg med Ildsted, Skorsten, Kedel og Maskine hos Haandværkere eller andre, der kun har Brug for en ringe Drivkraft i kortere Tidsrum ad Gangen.

Den mægtige industrielle Udvikling, der med Dampmaskinen som Grundlag har fundet Sted i forrige Aarhundrede, blev derfor kun mulig, idet Arbejdet samledes i store Fabrikker, hvor en Dampmaskine kunde yde Arbejdskraft til Spindemaskiner, Maskinvæve, Papirmaskiner eller andre Arbejdsmaskiner. Samtidig hobedes Befolkningen mere og mere sammen i de store Byer, der blev Knudepunkter for Dampskibs- og Banelinjer og Centrer for Fabriksdriften.

Hele denne Centralisering af Arbejdet havde imidlertid alvorlige Skyggesider. Hvor man, som det til at begynde med skete i England, fuldstændig lod Udviklingen følge sine egne Veje, blev Resultatet ofte en frygtelig social Elendighed; og selv hvor man dels ved Arbejdersammenslutning, dels ved Lovgivning har søgt at formindske Ulemperne, er de dog lette nok at faa Øje paa.

I vort Aarhundrede aabner imidlertid bl. a. den elektriske Kraftspredning nye Muligheder for Smaadriften. Elektrisk Drivkraft kan udmærket tages i de smaa Virksomheders Tjeneste og skaffe dem bedre Livsbetingelser. Fra et stort økonomisk virkende Dampkraftsanlæg eller deslige, fra et Vandkraftsanlæg eller fra en Vindmølle kan Arbejdskraften gennem Ledninger for højspændt eller lavspændt Strøm sendes ud til Købstæder og Landsbyer, til Gaarde og Huse, til Snedkerens og Skomagerens Værksteder. Enhver, selv den, der kun har Brug for Drivkraft til en enkelt Arbejdsmaskine, som kræver mindre end en Hestekraft, kan let faa Kraften tilført ved den elektriske Strøm. Der skal blot ledes en Gren af den elektriske Ledning ind i hans Stue, Værksted eller Lade til en lille, lidet kostbar Elektromotor, som, om det skal være, kan befæstes paa selve den Maskine, der bruger Driv-

kraften, ja endog anbringes paa haandført Værktøj (se Fig. 26). Og Arbejdskraften er bestandig tilrede for ham. Drejer han et Haandtag til den ene Side, saa kommer den, drejer han det til den anden Side, saa gaar den hans Hus forbi, eller rettere sagt, Centralstationen udsender straks saa meget mindre Arbejdskraft.

Ogsaa ved Dampdriftens og den elektriske Drifts Anvendelse i Samfærdslens Tjeneste gør den samme Forskel sig gældende. Medens Dampdrift kun passer for særlig dertil anlagte Banelinjer, hvor de

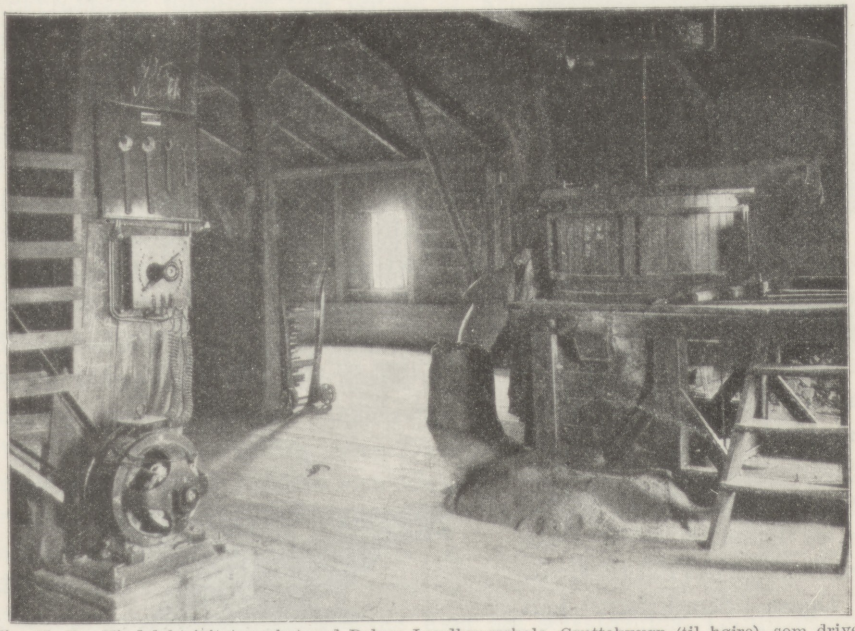


Fig. 25. Fra Vindelektricitetsværket ved Dalum Landbrugsskole. Gruttekværn (til højre), som drives af en Elektromotor (til venstre).

tunge Damplokomotiver kan føre en Mængde Vogne frem ad Gangen, kan elektriske Vogne færdes paa almindelige Veje og Gader med eller uden Spor, og enkelte Vogne eller ganske smaa Tog kan udsendes med Mellemrum af 15, 10, 5 Minutter eller mindre.

Allerede nu har de elektriske Sporvogne bidraget til at sprede Storbyernes Befolkning, idet de har gjort det muligt for mange Mennesker at flytte ud til Forstæder og Villabyer, hvor der er mere Luft og Lys end i Byernes Indre. Allerede nu har mangfoldige Haandværkere i store og smaa Byer saa vel som mange Landmænd skaffet sig elektrisk Drivkraft til deres Maskiner. Og der kan nævnes enkelte Eksempler paa, at Elektriciteten direkte har givet Anledning til Overgang fra Stordrift til Smaadrift. I en fransk By, hvor der drives en



Fig. 26. Boring med elektrisk Bor.

omfattende Kam-Industri, bevirkede saaledes Anlægget af et Vandkrafts-Elektricitetsværk, at talrige Kammagere forlod Fællesværkstederne for i Stedet at arbejde ved elektrisk drevne Maskiner i deres egne Hjem, som i Reglen var smaa Huse med Haver; dette maa tilføjes, thi for Arbejdere, der bor i overfyldte Lejekaserner, er Hjemmearbejde ofte et yderst tvivlsomt Gode. I Anrath i Tyskland fordeler et mindre Elektricitetsværk en Arbejdskraft af henimod 100 Hestekræfter til talrige Elektromotorer paa højst ½ Hestekraft til Drift af Silkebaandsvæve rundt om i Husene. Ogsaa ved adskillige andre tyske Centralanlæg danner den elektriske Drivkraft Grundlaget for en betydelig Husindustri. — Forhaabentlig vil det i de kommende Aar i stedse større Omfang lykkes at virkeliggøre de Muligheder, den elektriske Kraftspredning frembyder for en Arbejdsordning, hvor hver enkelts Selvvirksomhed og Arbejdsglæde saa vel som Hjemmenes Værdier kan faa bedre Livsbetingelser, end det er Tilfældet i vore Dage ved Storbyernes Fabriksdrift.

Ogsaa Stordriften kan imidlertid tage Elektriciteten i Tjeneste og derved opnaa større Økonomi, Renlighed, Bekvemmelighed eller andre Fordele. I det hele taget er Mulighederne for Anvendelse af elektrisk Drivkraft saa mangfoldige, at de kan gribe ind i Samfundets Økonomi paa mange forskellige Maader. Det gælder da om overalt at udnytte dem paa bedste og fyldigste Vis og at forlige de mange i

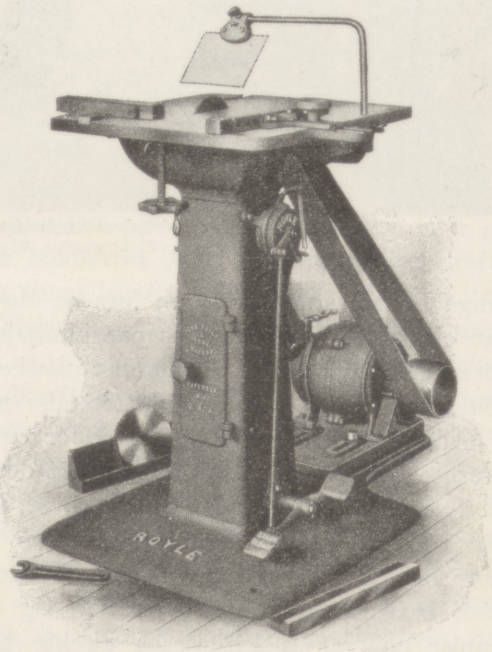


Fig. 27. En lille Rundsav med elektrisk Drift

Smaatingene modstridende, i Hovedsagen fælles Interesser, som knytter sig til de elektriske Anlæg, hvor Landbrug og Industri, Samfundsinstitutioner og Enkeltmænd, Store og Smaa skal mødes i Udnyttelsen af fælles Kraftkilder.

Elektromotorers Virkemaade. Det er flere Steder i det foregaaende omtalt, at naar der udefra sendes en Strøm ind i en Jævnstrømsdynamo, vil Strømmen bringe Ankeret til at dreje sig, og idet Ankerakselen herunder kan udføre et Arbejde, kan Dynamoen altsaa gøre Tjeneste som Elektromotor. I Virkeligheden bygges mindre Dynamoer og Elektromotorer ofte fuldstændig ens; den i Fig. 28 fremstillede Elektromotor kan saaledes lige saa godt arbejde som Dynamo.

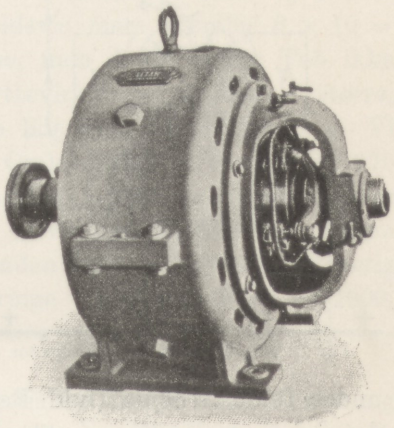


Fig. 28. En Elektromotor

Grunden til at et Ringanker mellem to Magnetpoler vil dreje sig, naar der sendes en Strøm gennem dets Vindinger, er tidligere oplyst ved Fig. 124 S. 146, Bd. I, og Teksten dertil S. 147. Omstaaende Fig. 29 giver i denne Henseende ikke noget nyt; blot er det her forudsat, at den Magnet, mellem hvis Poler Ankeret befinder sig, er en Elektromagnet. Saa vel Ankeret som Elektromagneten (»Feltmagneten«) er indskudt mellem et Ledningsnets Plus- og Minusleder; men Ankervindingerne og Elektromagnetvindingerne danner hver sin selvstændige Ledningsgren. Holdes Ledningsnettets Spænding (Forskellen mellem Plus- og Minusleder) stadig paa en bestemt Værdi — f. Eks. 110 eller 220 Volt —, saa vil Elektromagnetstrømmens Styrke ogsaa stadig holde sig paa en bestemt Værdi uden Hensyn til, hvorledes det gaar med Ankerstrømmen. Naar Elektromagnetens Ledningsgren er dannet af en meget lang tynd Traad, gaar der kun en ringe Strøm gennem den; men da Traaden kan danne talrige Vindinger om Jærnkærnerne, kan den svage Strøm dog frembringe en stærk Magnetisering. Til Magnetiseringen medgaar derfor kun en ringe elektrisk Energi.

Lad os nu se lidt paa, hvorledes det gaar med Ankerstrømmen, naar Elektromotoren er i Virksomhed, idet Ankerets Aksel driver en eller anden Arbejdsmaskine, f. Eks. en Drejebænk.

Idet Strømmene i Ankervindingerne har den ved Pilespidserne angivne Retning, vil de i Jærnringen frembringe en Sydpol foroven (ved s) og en Nordpol forneden (ved n), og Tiltrækningen mellem

disse Poler og Elektromagnetens Poler fører Ankeret rundt som vist ved den indre Pil. Under Ringens Omdrejning vil der imidlertid ligesom i en Dynamo induceres elektricitetsbevægende Kræfter i Ankervindingerne, og disse Kræfter vil søge at drive Elektricitet i modsat Retning af den udefra indsendte Strøm; denne bliver derfor langt svagere end, hvad der umiddelbart svarer til Ankervindingernes Ledningsmodstand og Ledningsnettets Spænding. Vi kan sige, at Ledningsnettets Spænding møder en »Modspænding« i Elektromotoren. Dersom Motoren intet har at trække, vil Ankeret løbe saa hurtigt, at Modspændingen bliver omtrent ligesaa stor som Netspændingen, saa at der næsten slet ingen Strøm gaar gennem Ankervindingerne; hvis Modspændingen f. Eks., naar Ankeret løb 1000 Gange rundt i Minuttet, netop var lig Netspændingen, saa er dette Omløbstal altsaa det højeste, Strømmen kunde give Ankeret, selv om al Modstand mod dets Bevægelse kunde fjærnes. Naar en Elektromotors Størrelse og Bygning er afpasset saaledes efter den Arbejdsmaskine, som den skal drive, at Ankerets Omløbstal under fuldt Arbejde (fuld Belastning) ikke kommer ret langt under denne højeste Værdi, saa vil man opnaa, dels at der kun gaar lidt elektrisk Energi til Spilde, dels at selv ret betydelige Forandringer af Modstanden i Arbejdsmaskinen kun paavirker dens Fart lidt, hvilket i mange Tilfælde er en stor Fordel.

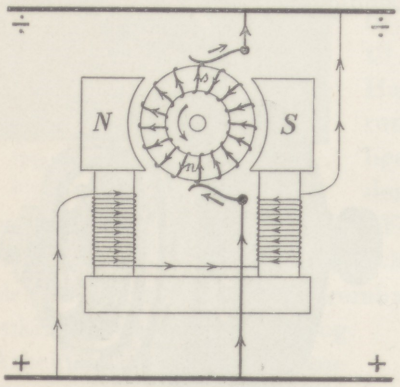


Fig. 29. Hovedtræk af en Elektromotor.

For dem, der ønsker lidt større Klarhed over dette Forhold, vil et Taleksempel være til Nytte. Lad os antage, at Netspændingen er 100 Volt, og Ankerets største Omløbstal, der gør Modspændingen lig Netspændingen, 1000 Omløb i Minuttet. Et Omløbstal 970 vil da omtrent svare til en Modspænding 97 Volt, idet Modspændingen aftager tilnærmelsesvis i samme Forhold som Omløbstallet, naar dette ikke kommer langt under de 1000. Til at overvinde Ledningsmodstanden i Ankervindingerne bliver der da $100 \div 97 = 3$ Volt, og hvis denne Ledningsmodstand er $0{,}6$ Ohm, bliver Strømstyrken (efter Reglen S. 68 Bd. I) $\frac{3}{0{,}6} = 5$ Ampère. Den elektriske Energi, som Ankeret tager fra Ledningsnettet, er (i Følge Reglen S. 155 Bd. I) 100 Volt $\times$ 5 Amp. = 500 Watt = $\frac{1}{2}$ Kilowatt eller $\frac{2}{3}$ Hestekraft; hertil kommer saa Magnetiseringsstrømmens Energiforbrug. Den Energimængde, der bliver

til Varme i Ankervindingerne, finder vi ved at gange Ankerstrømmens 5 Ampère med de 3 Volt, som er Forskellen mellem Netspænding og Modspænding; det herved forvoldte Energitab bliver saaledes 15 Watt, altsaa højst ubetydeligt; men andre Tab — som bl. a. skyldes Varmeudvikling i Ankerets Jærn og Gnidning ved Akslen — vil dog bevirke, at Elektromotorens Arbejdsydelse næppe bliver mere end ½ Hestekraft. — Hvis nu Modstanden i Arbejdsmaskinen forøges, saa vil Motoren gaa noget langsommere. Lad os sige, at Omløbstallet gaar ned til omtrent 940, saa at Modspændingen formindskes til 94 Volt. Der bliver da $100 \div 94 = 6$ Volt til at overvinde de $0{,}_6$ Ohm i Ankervindingerne, saa at Ankerstrømmen nu bliver 10 Amp. Fra Nettet tager Ankeret $100 \times 10 = 1000$ Watt $= 1$ Kilowatt eller $^4/_3$ Hestekraft. Heraf bliver denne Gang forholdsvis mere (nemlig $6 \times 10 =$ 60 Watt) til Varme i Ankervindingerne; men da de andre Tab ikke forøges synderligt, bliver Motorens Nyttevirkning dog snarest større, saa at den rimeligvis kan yde ikke saa lidt over 1 Hestekraft. — Vi ser altsaa, at Motoren uden at ændre Omløbstallet mere end fra 970 til 940 kan rette sin Arbejdsydelse saa stærkt efter Arbejdsmaskinens Krav, at denne i sidste Tilfælde faar mere end dobbelt saa megen Arbejdskraft som i første; paa den anden Side vil selv fuldstændig Aflastning af Arbejdsmaskinen ikke bringe Omløbstallet op til 1000, og under saadan Tomgang bliver Elektromotorens Energiforbrug meget ringe.

I Praksis er en Elektromotors Hastighed under fuld Belastning som oftest kun 5—6 Procent mindre end dens Tomgangshastighed. I Eksemplet ovenfor kunde saaledes Omløbstallet 940 svare til fuld Belastning. Bliver Modstanden i Arbejdsmaskinen større end normalt ved fuld Belastning, kan Motoren ganske vist yde en Del mere Arbejde, idet Omløbstallet gaar noget længere ned, og Ankerstrømmen samtidig vokser. Den magnetiske Virkning af en stærk Ankerstrøm vil imidlertid svække den fra Feltmagneterne udgaaende Magnetkraft; denne Omstændighed gør Forholdene mere indviklede end ovenfor antaget, og hvis man byder Motoren meget større Arbejde end det, der svarer til fuld Belastning, gaar den let i Staa, og desuden bliver Ankerstrømmen stærkere, end Motoren taaler. Hvis Ankeret staar helt stille, saa at der ingen Modspænding fremkommer, faar vi i ovenstaaende Eksempel en Ankerstrøm af $\frac{100}{0{,}6} = 166$ Amp.

Man kan heraf indse, at det i Reglen slet ikke gaar an, at en Elektromotors Anker udsættes for den fulde Netspænding, medens den staar stille, og det bliver derfor nødvendigt, at der under Motorens Igangsætning er indskudt en »Igangsætningsmodstand« i Anke-

rets Ledningsgren; først efterhaanden som Ankeret faar Fart, kan denne Modstand udskydes. Derfor hører der til en Elektromotor et særligt Igangsætningsapparat.

En saadan »Igangsætter« kan være indrettet som antydet i Fig. 30. Her kan en Metalarm bringes til at glide hen over en Række Metalstykker *1*, *2*, *3* og *4* samt en Metalbue. Ved den i Figuren med fuldt optrukne Linjer viste Stilling af Igangsætterarmen er Motoren i Virksomhed. Strømmen fra Ledningsnettets Plusleder gaar til Metalbuen og derfra ud i Armen, hvor den deler sig i Magnetiseringsstrømmen, der gaar over Armens Aksel til Motorens Elektromagnet, og Ankerstrømmen, der gaar fra Kontakt *4* til Ankeret. Naar Motoren skal sættes i Staa, føres Armen h u r t i g t helt til venstre til den ved punkterede Linjer viste Stilling; baade Magnet- og Ankerstrømmen er da afbrudt. Skal Motoren atter sættes i Gang, føres Armen l a n g s o m t til højre; herved sluttes Strømmen, saa snart Armen berører Metalbuen, men Ankerstrømmen maa foreløbig passere gennem 3 Modstandsspiraler, der som antydet danner Forbindelse mellem Metalstykkerne *1*, *2*, *3* og *4*, og Strømmen kan derfor ikke blive stærkere, end Motoren taaler; efterhaanden som Ankeret kommer i Fart, og Modspændingen opstaar, udskydes Modstanden ved Armens Drejning til højre. Man maa aldrig lade Armen blive staaende i en Mellemstilling. — Igangsættere kan bygges paa flere andre Maader; i Fig. 31, i Fig. 25 over Elektromotoren og i flere andre Billeder ses det ydre af forskellige Konstruktioner. — Ganske smaa Elektromotorer kan helt undvære særlige »Igangsættere«, idet de, selv naar de staar stille, ikke faar stærkere Strøm, end de kan indrettes til at taale i alt Fald for en kort Tid.

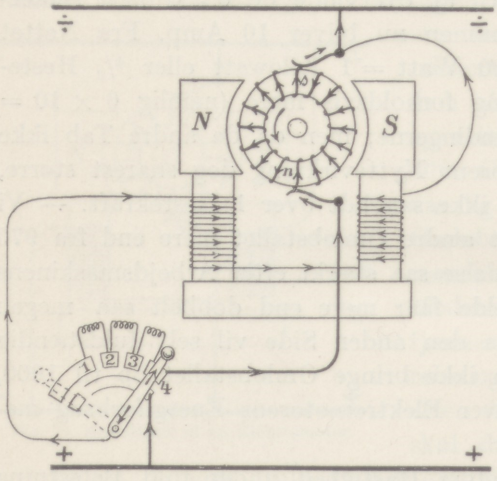


Fig. 30. Elektromotor med Igangsætter.

Skønt det i og for sig er en overmaade let Sag at sætte en Elektromotor i Gang, kræver det dog nogen Opmærksomhed, da Igangsætningsarmen skal drejes med passende Langsomhed. Ønsker man, at en Elektromotor skal kunne bringes i Virksomhed ved en simpel Strømslutning ligesom en elektrisk Lampe, maa der til Motoren knyttes en

avtomatisk Mekanisme, som af sig selv sørger for at udskyde Igangsætningsmodstanden, efterhaanden som Ankeret faar Fart.

Dersom en Elektromotor under sin Virksomhed bliver overbelastet, idet Modstanden i Arbejdsmaskinen af en eller anden Grund bliver meget større end normalt, kan Ankeret komme til at gaa saa langsomt, at Ankerstrømmen bliver for stærk. Man maa da straks gribe ind paa en eller anden Maade; men hvis dette forsømmes, bør en Smeltesikring eller anden selvvirkende Afbryderindretning sørge for at afbryde Strømmen, inden dens Varmeudvikling kan naa at ødelægge Motoren.

Vi er hidtil gaaet ud fra, at Magnetiseringsstrømmen holdtes uforandret under en Elektromotors Virksomhed. Ønsker man, at en Elektromotors Omløbshastighed skal kunne forøges ud over det normale, kan dette imidlertid opnaas derved, at der i Magnetstrømmens Ledningsgren anbringes en Reguleringsmodstand, som forøvrigt ofte sammenbygges med Igangsætningsmodstanden til et enkelt Apparat med kun én drejelig Arm. Naar man ved Hjælp af Reguleringsmodstanden svækker Magnetstrømmen og dermed Magnetismen, vokser Ankerets Omløbstal. Dette kan straks lyde noget mærkeligt, men Sagen er den, at naar Magnetismen bliver svagere, saa maa Ankeret løbe hurtigere for at bringe Modspændingen op i Nærheden af Netspændingen. Ved de moderne Motorer med Vendepoler (S. 151 Bd. I) kan man ofte opnaa Hastighedsforøgelser paa 50 Procent eller mere.

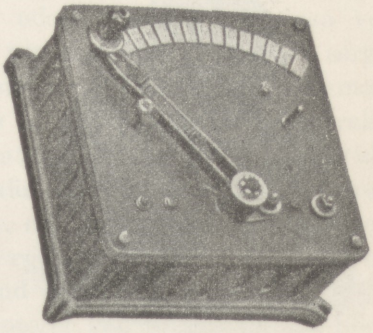


Fig. 31. En Igangsætter.

I Elektromotorer ligesom i Dynamoer anvendes i Reglen Tromle- eller Cylinderanker i Stedet for Ringanker, og større Maskiner gøres flerpolede (S. 150 Bd. I).

De hidtil omtalte Elektromotorer, hvor Elektromagnetbeviklingen danner en særlig Ledningsgren (Sideledning eller »Shunt«), kaldes »Shuntmotorer«. I mange Tilfælde — f. Eks. til Sporvejskørsel, til Drift af Kraner m. m. — benyttes imidlertid »Seriemotorer«, hvor selve Ankerstrømmen ogsaa passerer gennem Elektromagnetbeviklingen, som da maa bestaa af faa Vindinger af tyk Traad; disse Motorer har den Egenskab, at de trækker særlig stærkt, naar de gaar langsomt, altsaa under Igangsætningen.

Ved alle Jævnstrømsmotorer maa Strømmen føres til Ankeret ved

Hjælp af Kulkoste, der glider mod Kommutatorens Kobberskinner (se S. 145 Bd. I). Dette er Motorens svage Punkt; Slid og Gnistdannelse ved Kostene voldte navnlig tidligere store Ulemper. Efterhaanden er det ganske vist lykkedes at bygge Jævnstrømsmotorer, som er baade lette at passe og holdbare, naar de behandles ordentlig; men Drejestrømsmotoren, som benyttes i Vekselstrømsanlæg med Trefasestrøm, maa dog siges at have et stort Fortrin for Jævnstrømsmotoren deri, at den er fri for Kommutatoren. Paa den anden Side kan man ikke saa let som ved Jævnstrømsmotoren regulere Omløbshastigheden. Drejestrømsmotoren og andre Vekselstrømsmotorer er jo omtalt tidligere (S. 233—236 Bd. I). Her skal blot endnu nævnes, at ogsaa Drejestrømsmotorerne kræver i Reglen en Igangsætningsmodstand; den kan forbindes med Løberens Bevikling paa samme Maade som den S. 235 Bd. I omtalte Reguleringsmodstand; men man kan ogsaa i selve Løberen indlægge Igangsætningsindretninger, der af Svingkraften sættes ud af Virksomhed, naar Løberens Fart er blevet stor nok.

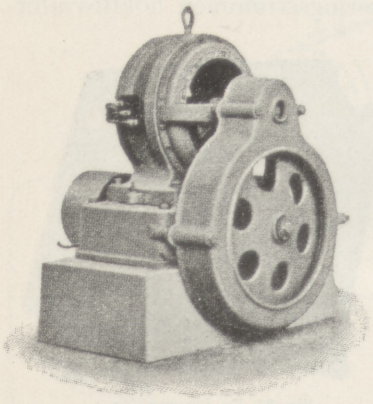


Fig 32.
En Drejestrømsmotor med Tandhjulsforlag.

Hvis Elektromotorer ikke skal blive uforholdsmæssig store og kostbare i Forhold til deres Kraftydelse, maa deres Anker have et meget højt Omløbstal, og derfor kan man kun ved enkelte Arbejdsmaskiner, hvor Bevægelsen er særlig hurtig (f. Eks. Centrifuger, Centrifugalpumper, Ventilatorer, Bor m. m.) uden videre lade Motorakslen ogsaa være Aksel for Maskinen. I Reglen maa der bruges Transmissioner af en eller anden Art som Remme, Snore, Tandhjulsforbindelser o. s. v. Undertiden sammenbygges Elektromotoren som vist i Fig. 32 ved et Tandhjulsforlag med en Remskive, hvis Omløbstal er betydelig ringere end Motorakslens.

Elektromotorers Smaahverv rundt om i Byerne og deres Virksomhed i Fabrikker. Naar der udføres et elektrisk Anlæg i en By, vil der næsten altid være et større eller mindre Antal af Borgerne, som ser deres Fordel ved at anskaffe sig Elektromotorer til et eller andet Formaal. Urtekræmmeren ønsker elektrisk Drivkraft til en Kaffemølle, Bageren til en Æltemaskine, Slagteren til en Kødhakkemaskine, Bogtrykkeren til sin Presse. I ethvert Værksted, hvor Træ eller Metaller formes til Brugsgenstande, kan Elektromotorer komme til Nytte

til Drift af Save, Drejebænke, Høvle- og Fræsemaskiner, Bore-, Slibe- og Poleremaskiner m. m. Ogsaa hos Skomagere og Skræddere eller paa Systuer er der Brug for dem. Vaskerier kan drive Vridemaskiner, Vaskemaskiner, Tørrecentrifuger, Skylleapparater og Ruller ved Elektromotorer, medens Strygningen foregaar ved elektrisk Varme. Elektrisk drevne Pumper med avtomatiske Igangsættere (se S. 33) kan uden Menneskehjælp saa vel fjærne Kloak- og Grundvand, naar det tiltrænges, som omvendt sørge for, at en Beholder stadig holdes forsynet med Vand, idet Strømmen til Elektromotoren sluttes og afbrydes af Svømmere. Et vidtstrakt Virkefelt har de elektrisk bevægede Ventilatorer, der kan skaffe frisk Luft i støvfyldte Værksteder, i Forsamlingssale, Teatre og Restavrationer, i Hospitaler, i Skolestuer o. s. v., eller de elektriske Vifter, der holder Luften i varme Værelser i Bevægelse; saadanne Ventilatorer og Vifter burde anvendes langt mere end det nu er Tilfældet.

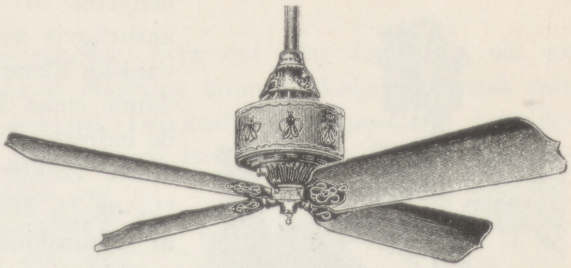


Fig. 33. Loftsventilator eller -vifte med Elektromotor.

Skulde vi nævne alt, hvad Elektromotorer kan bruges til, saa blev vi ikke færdige, før vi havde nævnt saa at sige alle Maskiner og Apparater, som skal holdes i Bevægelse, fra de største og til de mindste. De kan nemlig laves til enhver Kraftydelse fra $^1/_{100}$ Hestekraft og op til flere tusind Hestekræfter.

De mindste Elektromotorer kan f. Eks. benyttes til at drive en Omrører i et Laboratorium, en Reklamemekanik i et Udstillingsvindu, en Musikavtomat, en Tandlæges eller en Urmagers Bor (Fig. 34) o. s. v. En morsom Anvendelse af en lille Elektromotor har vi i »den elektriske Pen« (Fig. 35), som Edison opfandt for mange Aar siden, da man endnu ikke for Alvor havde begyndt at bruge elektrisk Drivkraft til store Ting; naar Pennen føres hen over Papiret, opstaar der paa dette Skrifttræk bestaaende af talrige fine Huller, idet Elektromotoren nemlig bringer en fin Spids til at hoppe overmaade hurtigt op og ned; Skrivelsen kan derefter kopieres mange

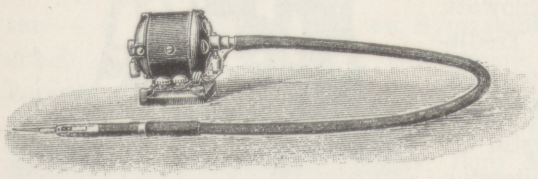


Fig. 34.
Lille Boreapparat med Elektromotor og lang bøjelig Aksel.

Gange derved, at der gennem Hulskriften trykkes Sværte ned paa et andet Stykke Papir. I Amerika og Japan er et lignende Apparat benyttet til Tatovering. — Man kan naturligvis godt bruge Strøm fra galvaniske Elementer til Drivkraft for saadanne smaa Elektromotorer, naar blot de indrettes for lav Spænding. — Noget større Elektromotorer (f. Eks. mellem $^1/_{16}$ og $^1/_6$ Hestekraft) kræves til Drift af Symaskiner. Fig. 36 viser en Symaskine, som efter Behag kan drives ved Trædning eller ved en lille Elektromotor, som ses under Bordpladen; til højre under denne ses Igangsætteren. Anvendes elektrisk Drift, kan man ved Fodens Tryk paa Trædebrædtet regulere Maskinens Hastighed, idet en lille Stramrulle paa denne Maade trykkes mer eller mindre mod den delvis glidende Rem, som forbinder Elektromotor og Maskine. I nogle Symaskiner er det dog en elektrisk Regulering, der fremkaldes ved Fodens Tryk. — Fig. 37 viser en Avtomat, hvor en Elektromotor sætter cylinderformede Skobørster i Omdrejning, naar den faar en Tiøre el. desl.

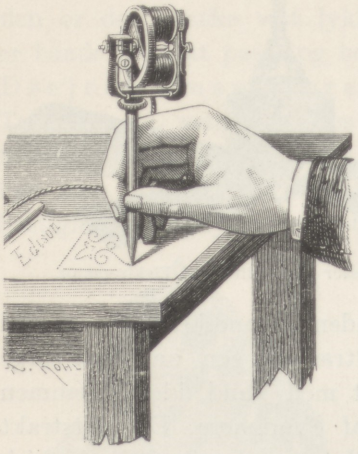


Fig. 35. Edisons elektriske Pen.

Til Københavns Kommunes Elektricitetsværker var der i Foraaret 1910 — foruden Sporvognsmotorer — knyttet over 4000 Elektromotorer, som tilsammen kunde yde henimod 9000 Hestekræfter og derved bruge c. 8000 Kilowatt. Dette er ganske vist ikke Tredjedelen af, hvad de elektriske Lamper repræsenterer; men paa Grund af Motorernes længere Brugstid bliver det helaarlige Elektricitetsforbrug til Motorer langt mere end Tredjedelen af Lysforbruget. Desuden findes der i Tilknytning til Frederiksbergs, Banernes, Frihavnens Værker og de private Værker et stort Antal Elektromotorer, hvis samlede Kraftydelse ogsaa maa



Fig. 36. Symaskine med Elektromotor.

regnes i Tusinder. — Ogsaa ved de elektriske Centralanlæg i Provinsbyer er der adskillige Steder opnaaet en betydelig Motortilslutning. Men alligevel er den elektriske Drivkraft endnu langt fra udnyttet, som den fortjener.

Ved mange Smaavirksomheder, hvor det kun drejer sig om at skaffe Drivkraft til en enkelt Maskine, kommer Valget praktisk talt kun til at staa mellem elektrisk Drivkraft og menneskelig Arbejdskraft. Da nu en voksen Mand næppe kan yde stort mere fysisk Arbejde end en Hestekrafttime om Dagen — f. Eks. $^1/_{10}$ Hestekraft i 10 Timer — saa indses det, at til Drivkraft for en Maskine bliver Menneskekraften som Regel langt dyrere end elektrisk Drivkraft selv ved høje Elektricitetspriser. Regner vi, at en mindre Elektromotor ved et Elektricitetsforbrug af en Kilowatttime yder et nyttigt Arbejde af en Hestekrafttime, saa kommer Prisen for denne ved de fleste danske Centralanlæg til at ligge mellem 10 og 30 Øre, medens Dagløn til en Mand bliver 2—3 Kr. eller mere. Kan man f. Eks. ved Overgang til elektrisk Drift til Stadighed spare Dagløn til et eller to Mennesker, der skulde trække en Rulle, saa vil det i Almindelighed rigeligt lønne sig at ofre 3—400 Kr. eller mere paa Anskaffelse og Anbringelse af en Elektromotor og derefter betale 3—4 Øre eller mere i Timen for Elektriciteten. Det samme gælder, naar en Elektromotor — f. Eks. anbragt paa en Symaskine — gør det muligt for et enkelt Menneske at udrette langt mere, end han før kunde overkomme.

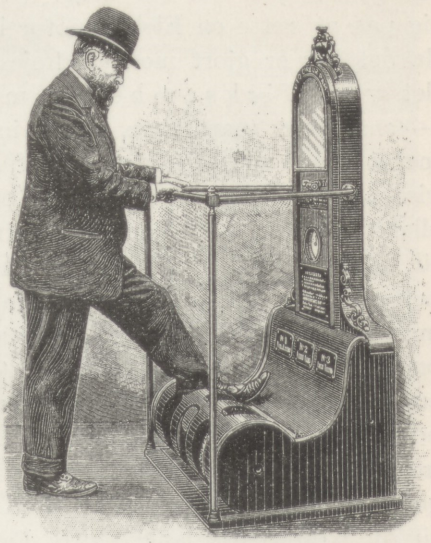


Fig. 37. Elektrisk Skobørsteautomat med 3 Børster (til Rensning, Sværtning og Blankning).

Ved en noget større Virksomhed, hvor der er Brug for nogle faa Hestekræfter til Drift af en eller flere Arbejdsmaskiner, kunde man i mange Tilfælde tage Kraften enten fra en Gasmotor, der næredes med Gas fra Byens Gasværk eller fra en Petroleumsmotor; men hvor elektrisk Kraft kan købes til rimelig Pris fra et Centralanlæg, vil dette som oftest være langt at foretrække. Ganske vist kan man ved en Petroleumsmotor, der arbejder med fuld Kraft, faa en Hestekrafttime

for 7—8 Øre eller maaske lidt mindre til Petroleum, hvad der kun er Halvdelen af Elektricitetsudgiften pr. Hestekrafttime ved en Elektromotor, naar Elektricitetsprisen er 15 Øre pr. Kilowatttime. Men medens Elektromotoren stadig retter sit Forbrug efter Arbejdsmaskinernes Krav, og Udgiften derfor ved den gaar ned i omtrent samme Forhold som den virkelige Arbejdsydelse, er dette paa ingen Maade Tilfældet med Petroleumsmotoren. Og medens man under en kortvarig Stilstand ikke vilde sætte Petroleumsmotoren i Staa, fordi dens Igangsætning er ret besværlig, har man ingen Grund til at betænke sig paa at sætte en Elektromotor i Staa eller i Gang for en kort Tid, da det her er gjort med at dreje et Haandtag. Som Følge heraf vil det *ved Virksomheder med ujævnt Kraftforbrug* — snart én, snart flere, snart ingen Arbejdsmaskiner i Gang eller meget vekslende Anspændelse af den enkelte Maskine — i Reglen vise sig, at Elektromotoren bliver billigere i Brugen end en Petroleums- eller Gasmotor; ved mindre Elektromotorer, der kun benyttes af og til — f. Eks. til Drift af Kaffemøller og Kødhakkemaskiner — vil hele Aarsudgiften ofte indskrænke sig til nogle faa Kr. Hertil kommer saa, at en Petroleumsmotor er langt dyrere baade at anskaffe og at holde vedlige end en Elektromotor, der udretter det samme; en god og godt behandlet Elektromotor kan holde en lang Aarrække uden Vedligeholdelsesudgifter til andet end Kulkostene. En Elektromotor kan desuden anbringes saa at sige hvorsomhelst — paa Væggen, under Loftet, under et Bord o. s. v., — medens den i Forhold til sin Kraftydelse langt større Petroleumsmotor kræver en betydelig Gulvplads, hvor den er let tilgængelig og kan befæstes solidt paa et svært Underlag, der kan taale Rystelserne fra Stempelslagene. Endelig er Elektromotoren renligere og meget nemmere at bruge og holde i Stand.

Ved endnu større Virksomheder i Fabrikker og andetsteds, hvor Arbejdsmaskinernes Drift til Stadighed kræver mange Hestekræfter, kan det kun betale sig at købe Kraften fra et elektrisk Centralanlæg, saafremt Elektricitetsprisen er meget lav. I modsat Fald staar Fabrikken sig ved selv at frembringe den i en Dampmaskine, et Sugegasværk eller en Dieselmotor; men derfor er det ikke udelukket, at der indføres elektrisk Drift. I Stedet for at fordele Kraften til de enkelte Arbejdsmaskiner ved Aksel- og Remtransmissioner, kan man anvende »elektriske Transmissioner«, d. v. s. lade Kraftmaskinen drive en Dynamo, som gennem elektriske Ledninger sender Strøm til Elektromotorer, der atter driver Arbejdsmaskinerne.

For en flygtig Betragtning kunde det synes, at en saadan Ordning

maatte være en besværlig og kostbar Omvej; men ikke desmindre vinder den »elektriske Fabriksdrift« Aar for Aar større Udbredelse, hvad der ogsaa bliver forstaaeligt ved en nærmere Overvejelse af Sagen.

Blandt de Grunde, der taler til Fordel for den elektriske Drift, maa først og fremmest nævnes den Omstændighed, at den giver Fabrikejeren Frihed til at opstille saavel Arbejdsmaskinerne som Dampkedel og Dampmaskine, hvor det passer ham bedst. Dampmaskinen kan anbringes tæt ved Kedel og Ildsted, paa et for Kultilførselen m. m.

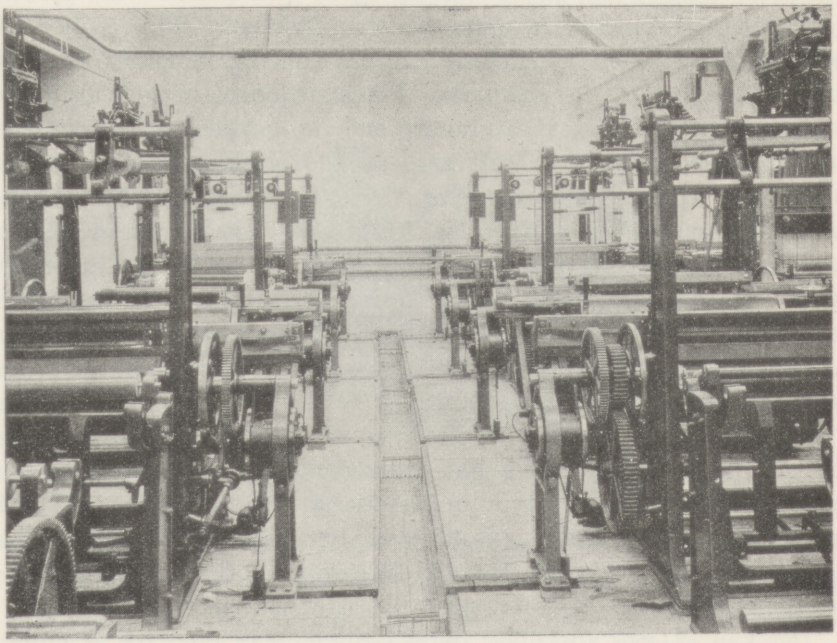


Fig. 38. »Elektrisk Væveri« med Enkeltdrift (hver Maskine sin Elektromotor).

heldigt Sted, og Arbejdsmaskinerne kan anbringes, som Belysningsforholdene gør det ønskeligt, og fordeles i Bygninger rundt om paa Fabrikkens Grund eller opstilles ude i det fri. En saadan Spredning af Arbejdsmaskinerne er praktisk talt umulig, hvis de skal drives ved mekaniske Transmissioner fra en enkelt Dampmaskine (eller anden Kraftmaskine), og skal hver Bygning have sin Dampmaskine, bliver baade Anlægs- og Driftsudgifter forøgede, hvad enten man vil give hver Dampmaskine sin Kedel eller fra et fælles Kedelanlæg fordele Damp til dem gennem Rørledninger. Men selv ved en mindre omfattende Fabriksvirksomhed, der kan samles i en enkelt Bygning, bliver det dog ofte nødvendigt at fordele Arbejdsmaskinerne i forskellige Etager eller Fløje paa en saadan Maade, at de mekaniske

Transmissioner bliver meget indviklede og giver store Krafttab — undertiden over 50 Procent. Navnlig en voksende Virksomhed, der Gang efter Gang maa tage nye Lokaler i Brug til Maskindrift og maaske opføre Tilbygninger, kan let blive slemt belemret med besværlige, kraftslugende Transmissioner, saa at Fabrikejeren tilsidst beslutter sig til at bryde overtvært og helt eller delvis gaa over til den elektriske Kraftfordeling; ofte virker ogsaa Ønsket om elektrisk Belysning af Fabrikken tilskyndende i denne Retning, idet et elektrisk Anlæg jo samtidig kan træde i Belysningens og Maskindriftens Tjeneste.

Ved den elektriske Drift opnaar man imidlertid ikke blot, at Arbejdsmaskinerne kan spredes og anbringes hvorsomhelst; ogsaa paa anden Maade gør de elektriske Transmissioner Arbejdsmaskinerne langt mere uafhængige af hverandre end de mekaniske. Det kan ikke som ved den mekaniske Drift ske, at alle Maskinerne maa standse, fordi f. Eks en Rem skal repareres eller et Leje ved Hovedakslen løber varmt. Medens Arbejdstabet i elektriske Ledninger til Elektromotorer ved Maskinerne retter sig efter disses Forbrug, saa at f. Eks. de Maskiner, som ikke er i Brug, heller ikke giver Anledning til Tab, gælder dette kun meget ufuldkomment om Arbejdstabet i de mekaniske Transmissioner, og dersom der til Tider i en stor Fabrik kun er enkelte mindre Maskiner i Gang, kan Tabet i Transmissionerne blive urimelig stort i Forhold til Maskinernes Forbrug. Endvidere kan ved mekaniske Transmissioner Igangsætning eller Standsning af den ene Maskine fremkalde Uregelmæssigheder i de andres Gang, hvad der i visse Tilfælde kan virke skadeligt f. Eks. i Spinderier; her kan den større Regelmæssighed ved den elektriske Drift muliggøre en hurtigere Bevægelse af Spindemaskinerne.

Der kan anføres adskillige andre Grunde, som taler for at ombytte de mekaniske Transmissioner med elektriske. En elektrisk oplyst — og ventileret — Værkstedshal, hvor Drivkraften tilføres hver Maskine gennem skjulte elektriske Ledninger, er ikke blot skønnere end en gammeldags Hal, hvor Rummet er gennemkrydset af et Virvar af Remme. Den er ogsaa sundere, fordi Remmene ikke stadig hvirvler Støvet rundt. Den kan lettere belyses tilfredsstillende ved Ovenlys om Dagen, store elektriske Buelamper om Natten. Der er mindre Støj i den »elektriske Hal«. Den ledende har lettere Overblik over Virksomheden. Alt dette kan ikke blot gøre Opholdet i Værkstedet behageligere, men ogsaa paa forskellig Maade fremme Arbejdet. — Endvidere kan det nævnes, at selve Bygningen bliver billigere, naar den ikke skal indrettes til at bære tunge Akselledninger og taale stærke Tryk og Rystelser fra dem.

Vi har i det foregaaende tænkt os, at hver Maskine havde sin Elektromotor. Bliver Anskaffelsen af de mange Elektromotorer for kostbar i Forhold til Fordelene ved en saadan »Enkeltdrift«, kan man imidlertid nøjes med »Gruppedrift«, d. v. s. samle Maskinerne i større eller mindre Grupper med en Elektromotor for hver Gruppe. Er det Maskiner med uregelmæssigt Kraftforbrug som f. Eks. Drejebænke, Høvlemaskiner o. s. v., kan man gøre Regning paa, at ikke alle Maskiner i en Gruppe paa én Gang har deres haardeste Arbejde, og derfor kan f. Eks. en Elektromotor paa langt under 20 Hestekræfter ofte være tilstrækkelig til en Gruppe af Maskiner, der i Enkeltdrift vilde kræve Elektromotorer paa tilsammen 20 Hestekræfter. Det almindeligste ved en størreFabriksvirksomhed er vel nok en Blanding af Gruppe- og Enkeltdrift. Af de Maskiner, som man ikke har særlig Grund til at give egen Elektromotor, knytter man flere ved Drivremme til en fælles Aksel, som drives af en Elektromotor; men andre Maskiner faar særskilt Elektromotor, f. Eks. fordi de er for store til at passe ind mellem mindre Maskiner, fordi de ofte skal benyttes udenfor de andre Maskiners Arbejdstid, fordi de skal opstilles i et Lokale for sig selv eller ude i det fri, fordi de har saa hurtig Bevægelse, at de bekvemmest uden Mellemled sammenkobles med en Elektromotor, eller fordi hvilkesomhelst andre Hensyn gør det ønskeligt, at de har en af andre Maskiner uafhængig Drift. Selv i Fabrikker, hvor man ikke vil gennemføre elektrisk Enkeltdrift, giver saaledes Indførelsen af elektrisk Drivkraft stor Frihed m. H. t. Maskinernes Anbringelse og Anvendelse. Denne Frihed forøges yderligere derved, at flyttelige Elektromotorer, der enten kan bæres, køres eller transporteres ved en Løbekran, kan benyttes paa Steder, hvor der kun af og til er Brug for Drivkraft. Paa det paagældende Sted maa der da ogsaa findes eller hidskaffes en Arbejdsmaskine; men ofte forenes Elektromotor og Arbejdsmaskine til et Hele — et transportabelt elektrisk Værktøj. Navnlig Boringer paa større Arbejdsstykker er det almindeligt at udføre

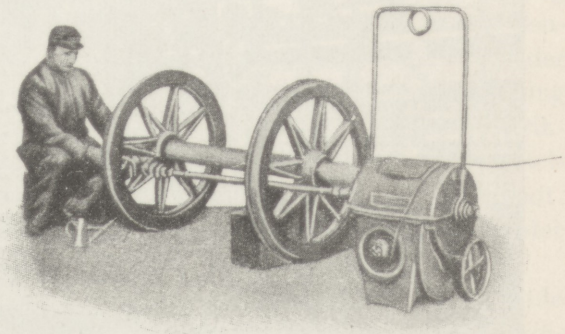


Fig. 39. Et Bor drives af en flyttelig Elektromotor.

saaledes ved elektrisk Drivkraft uden at flytte Arbejdsstykket hen til en fast Boremaskine.

Som Eksempel paa en mægtig Fabriksvirksomhed med elektrisk Drift kan nævnes Danmarks største, nemlig »Burmeister og Wains Fabrikker«. I Maskinfabrikken paa Kristianshavn, Skibsværftet paa Refshaleøen og ved Flydedokken anvendes ialt (i 1910) over 250 Elektromotorer, der tilsammen repræsenterer henimod 4000 Hestekræfter. Overalt anvendes næsten udelukkende elektrisk Drift. Nogle Bore-

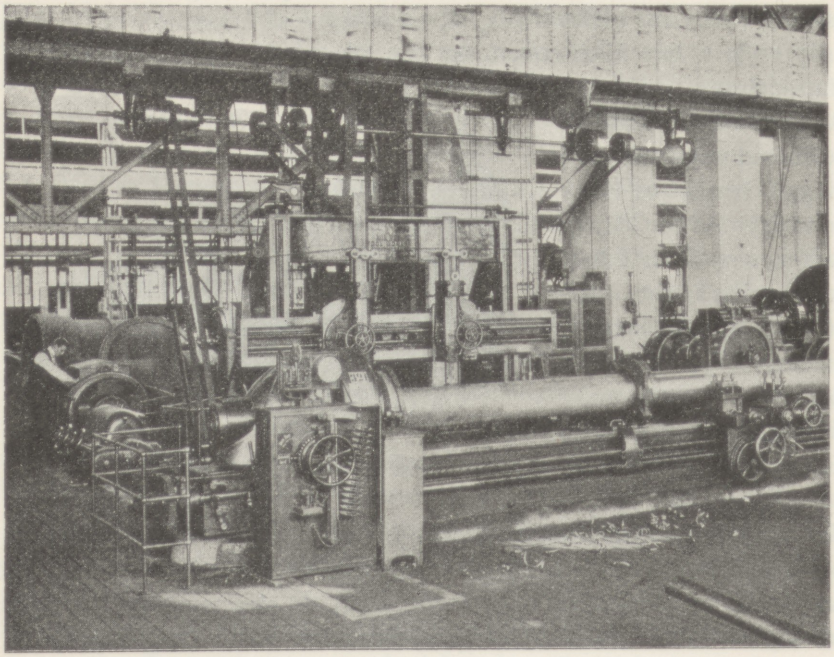


Fig. 40. Stor Drejebænk med elektrisk Drift.

maskiner, Stemmemaskiner, Nittemaskiner og Pladebukkemaskiner drives dog ved Lufttryk eller ved Vandtryk; men det er en Elektromotor, som driver de Trykpumper, der giver henholdsvis Luften og Vandet det fornødne Tryk. Fig. 40 viser en lille Del af et af de kristianshavnske Værksteder, der afgiver et godt Eksempel paa Anvendelse af blandet Enkelt- og Gruppedrift. Den store Akseldrejebænk, som ses i Forgrunden, drives af en særskilt Elektromotor; denne finder man langt tilbage til venstre paa Billedet (foran Arbejderen), medens dens Igangsætter ses længere fremme. En anden Elektromotor, som ogsaa driver en Akseldrejebænk, findes til højre. Men tillige drejer en tredje (ikke synlig) Elektromotor en Aksel foroven paa Billedet, og fra denne drives ved Remme en Gruppe af forskellige Maskiner.

Efterhaanden som flere og flere Fabrikker indfører elektrisk Drift af deres Maskiner, trænger det Spørgsmaal sig frem, om det nu ogsaa er fornuftigt, at hver Fabrik selv frembringer den elektriske Strøm ved egen Dampmaskine el. desl. Naar Elektricitetspriserne ved de hidtil eksisterende elektriske Fællesanlæg som oftest er for dyre, til at Fabrikkerne kan staa sig ved at tage Kraft fra dem, saa er Grunden for en stor Del den, at disse Anlæg oprindelig kun har taget Sigte paa at forsyne mindre Forbrugere indenfor et ret snævert Omraade med Lys og Drivkraft. Men fra vidtstrakte Højspændingsanlægs Storcentraler, hvor Kuludgifterne pr. Kilowatttime er bragt ned til 1 Øre eller lignende, vil der med Fordel kunne sælges elektrisk Energi til langt lavere Priser til Fabrikker, som har et stort og stadigt Forbrug fra Morgen til Aften Aaret rundt, og som derfor udnytter baade Centralens Maskiner og Ledningerne godt. I endnu højere Grad gælder dette, naar Centralen er et Vandkraftsværk; der er da ogsaa omkring Niagara, i Norditalien og andetsteds fremvokset store Industridistrikter, hvor Fabrikkerne faar elektrisk Drivkraft fra Vandkraftselektricitetsværker, og i Norge er en Udvikling i denne Retning godt begyndt. Men ogsaa fra Fællesværker med Dampkraft drives adskillige Steder anselige Fabrikker.

I Nærheden af Manchester blev for nogle Aar siden Side om Side med et ældre Bomuldsspinderi, hvor 75 000 Tene dreves fra en Dampmaskine ved mekaniske Transmissioner, opført et ligesaa stort Spinderi med elektrisk Enkeltdrift, hvortil Kraften hentedes fra et saadant Fællesværk. Ogsaa i andre af de engelske Industriegne har man allerede bygget Højspændingscentraler, hvorfra det er Hensigten at forsyne store Arealer med elektrisk Energi til Lys og Drivkraft for Jærnbaner, Bjærgværker, store Fabrikker og Smaaindustri. Alene i Yorkshiredistriktet, som er halvanden Gang saa stort som Fyn (4—5000 Kvadratkilometer), skal der være Brug for ca. 3 Millioner Hestekræfter, og dersom de storslaaede Planer, hvis Virkeliggørelse nu er godt i Gang, kommer til fuld Udførelse, saa vil denne vældige Kraft komme til at udgaa fra nogle faa kæmpemæssige Elektricitetsværker beliggende tæt ved Kulminer og saaledes, at Kultilførslen bliver overmaade let. De Tusinder af rygende Fabriksskorstene, som nu er spredt overalt i Egnen, vil da forsvinde og blive erstattet af nogle faa ved Elektricitetsværkerne. Om dette Maal naas i en nogenlunde nær Fremtid, er det ikke let at sige; men at Udviklingen rundt om i Verden vil komme til at gaa i denne Retning, derom kan der næppe være Tvivl.



Fig. 41. Kornelevator og Kraner med elektrisk Drift.

Elektriske Transportapparater. En særlig Gruppe af elektrisk drevne Apparater, som ikke er nævnt i det foregaaende, danner de Kraner, Hejseværker, Transportbaand m. m., ved hvilke Skibe losses og lades, Maskiner og Arbejdsstykker flyttes omkring i Fabrikker, Gods og Personer løftes op i høje Huse o. s. v. Netop paa dette Omraade kommer imidlertid den elektriske Drivkraft ganske særlig til sin Ret, dels fordi disse Apparater det ene Øjeblik kræver megen Kraft, det næste slet ingen, dels fordi det som oftest er meget vanskeligt eller ubekvemt at anbringe en Dampmaskine el. desl. der, hvor de skal bruges.

For moderne Havneanlæg, hvor talrige Transportapparater er i Virksomhed ude i det fri eller i Pakhuse rundt om paa et stort Terræn, er den elektriske Kraftspredning næsten uundværlig. I Københavns Frihavn findes der kun 3 dampdrevne Kraner, men 36 elektriske Kraner, endvidere 12 elektriske Hejsespil, 16 Transportbaand, hvoraf det længste løber paa en Strækning af 750 Fod, 3 Kornelevatorer som den i Fig. 41 fremstillede, der kan løfte 100—200 Tons Korn i Timen, en Række andre Kornelevatorer i Pakhusene, 23 Vareelevatorer m. m., alt med elektrisk Drift. Det hele Antal Elektromotorer, som er knyttet til Frihavnens Elektricitetsværk, er ca. 200, re-

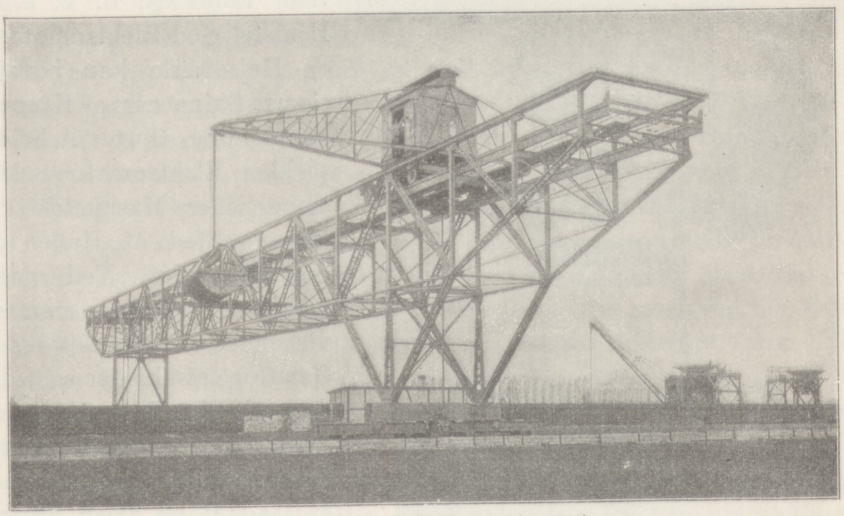


Fig. 42. Elektrisk Kultransportapparat.

præsenterende ialt ca. 2500 Hkr. Tænkte man sig, at Elektricitetsværkets store Kraftmaskiner skulde erstattes med talrige smaa Dampmaskiner ved de enkelte Kraner m. m., saa vilde Udgifterne til Kul og Betjening forøges urimeligt; i mange Tilfælde vilde det rimeligvis blive nødvendigt at nøjes med Haandkraft, og Arbejdet i Havnen vilde komme til at gaa meget langsommere og besværligere.

Fig. 41 viser os en af Frihavnens Kornelevatorer og tilhøjre for den en »Portalkran«. Kranens Bevægelser styres inde fra det lille Hus paa selve Kranen ved Drejning af Igangsætterhaandtag; der findes én Elektromotor, som driver Hejseværket, en anden som svinger Kranarmen rundt saa at den kan bringes til snart at rage ud over et Skib, snart ind over Kajen. Hele Kranen kan køres paa Skinner langs Kajen; denne Bevægelse udføres her ved Haandkraft, men ved andre af Frihavnens Kraner benyttes ogsaa hertil Elektromotor.

Fig. 42 viser et mægtigt elektrisk Kultransportapparat fra en tysk Industriegn. Billedet kræver næppe særlig Forklaring; blot skal det nævnes, at hele Apparatet ved en Elektromotor foroven kan køres paa Skinner, der gaar paa tværs af dets egen Længderetning.

Det samme gælder om de elektriske »Løbekraner«, som nu almindeligt anbringes i Værkstedshaller og andetsteds tværs over Hallen, hvilende paa højtliggende Skinner langs Sidevæggene. Idet en »elektrisk Løbekat«, d. v. s. et Hjulstel med Elektromotorer og Hejseværk, kan bevæge sig paa Skinner langs Kranen, kan denne flytte Arbejdsstykker, Elektromotorer, Maskiner eller Maskindele fra ethvert Sted af Hallen til ethvert andet. Ved nogle Løbekraner sætter man de virkende Elektromotorer i Gang og fremkalder saaledes de forskellige Bevægelser ved Træk i nedhængende Snore; det ser mærkeligt ud, naar et saadant let Træk bringer den store tunge Kran til at vandre af Sted.

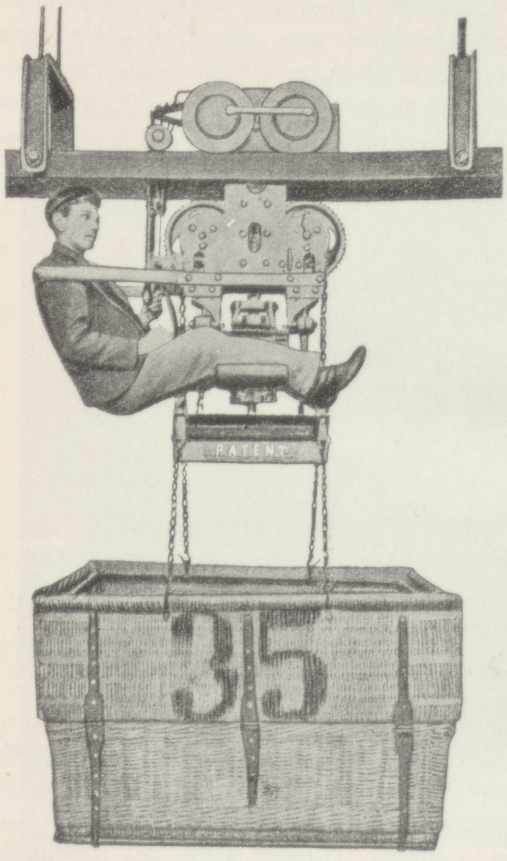


Fig. 43. Elektrisk Transport af Rejsegods.

Ogsaa naar Varer o. desl. skal flyttes længere Strækninger f. Eks. mellem forskellige Bygninger paa et stort Fabriksterræn, undgaar man undertiden at køre dem paa Vogne nede paa Jorden, idet man i Stedet fører dem gennem Luften hængende i en elektrisk Løbekat, hvis Hjul løber paa Tove eller Skinner; gennem disse og Hjulene (eller paa anden Maade) ledes Strømmen til Elektromotoren. Bevægelsen kan ledes fra Banens Ende, idet Strømmen sluttes og afbrydes herfra; men det kan ogsaa gøres af en Mand, der følger med Varerne, som vist i Fig. 43; dette Billede er fra en londonsk Banegaard, hvor Rejsegods paa denne Maade transporteres tværs over Skinnerne.

Til de Elevatorer (Hejser eller Hisser), ved hvilke man i Lagerbygninger og andre Huse hejser Varer op til højere Etager, anvendes i voksende Omfang elektrisk Drivkraft, og i Storbyernes høje Huse vinder tillige de elektriske Person-Elevatorer Aar for Aar større Udbredelse som Afløsere for de ubevægelige Trapper, ad hvilke man besværligt arbejder sig op. Der findes naturligvis mange forskellige Konstruktioner af disse Apparater; men de, der har Fremtiden for sig, er ubetinget de saakaldte Trykknap-Elevatorer, som ikke behøver nogen Fører.

Vi er nu saa vant til Elektricitetens Vidundere, at snart intet mere synes os utroligt og æventyrligt. Alligevel kan det vel hænde den, der første Gang kommer ind i et Hus med Trykknapelevator og drister sig til paa egen Haand at binde an med Apparatet, at han faar en ret levende Følelse af, at dette er jo ganske som Hekseri.

Maaske ser han gennem Gitterdøren til Elevatorskakten eller -brønden, at der er tomt derinde; hvis han alligevel prøver at aabne Skaktdøren, vil han finde, at det gaar ikke; den er laaset. Men trykker han saa paa en Knap ved Døren, vil han straks efter høre en sagte rutsjende Lyd, og skønt han atter har sluppet Knappen, fortsættes og forstærkes Lyden; Elevatoren (»Elevatorstolen«), der er en hel lille Stue med Siddepladser, kommer rutsjende ned, stanser nøjagtigt foran ham og stiller sig til hans Raadighed; Skaktdøren, som nys var laaset, er nu paa en Gang blevet let at lukke op. Gennem denne Dør samt en let bevægelig Dør paa selve Elevatoren træder han ind i den lille Stue.

Dernæst skulde han have Apparatet til at vandre opad og desuden faa det til at standse netop dér, hvor han vilde af, f. Eks. paa 3. Sal. Men ogsaa nu klarer det samme lille Tryllemiddel — et Tryk paa en Knap — hele Sagen. Der findes inde i den lille Stue en Række Trykknapper; han trykker et Øjeblik paa den af dem, som bærer Indskriften 3. Sal; saa ved Elevatoren straks, hvad den skal gøre; den sætter sig i Bevægelse opad og standser netop ud for Elevatorskaktens Dør paa 3. Sal. Han lukker baade Elevatordøren og Skaktdøren op og gaar ud; Farten er endt. — Hvis han nu staar og venter lidt, vil han maaske se Elevatoren sætte sig i Bevægelse opad eller nedad, hidkaldt af en ny Passager; men idet den gaar bort, laaser den Døren af, hvad han let kan prøve ved at tage i den.

Hvis alt dette er Hekseri, saa er det i alt Fald af den ufarlige Slags. De usynlige Magter, som her er i Virksomhed, vaager selv over, at der ikke sker noget forkert. Det blev nævnt, at enhver af Dørene til Elevatorskakten stadig er laaset, undtagen naar Elevatoren staar stille uden for den. Hertil kommer saa, at Elevatoren slet ikke vil

bevæge sig, med mindre alle Døre er lukkede; holdes en Skaktdør eller selve Elevatorens Dør aaben, hjælper det ikke, hvor meget man trykker paa Knapperne; og omvendt vil Elevatoren straks gaa i Staa, dersom man under Farten aabner dens Dør. Endvidere kan det nævnes, at saa længe Elevatoren er under Vejs til eller med Passagerer, bryder den sig slet ikke om andre Passagerers Kalden. Kun i det Øjeblik, medens man inde i Elevatoren betænker sig paa at sætte den i Gang eller omvendt betænker sig paa at aabne Døren og gaa ud, naar den er standset, kan man (ved nogle Elevatorer) blive narret og sat paa ufrivillig Rejse — hvilken man dog let kan standse ved at aabne Elevatordøren.

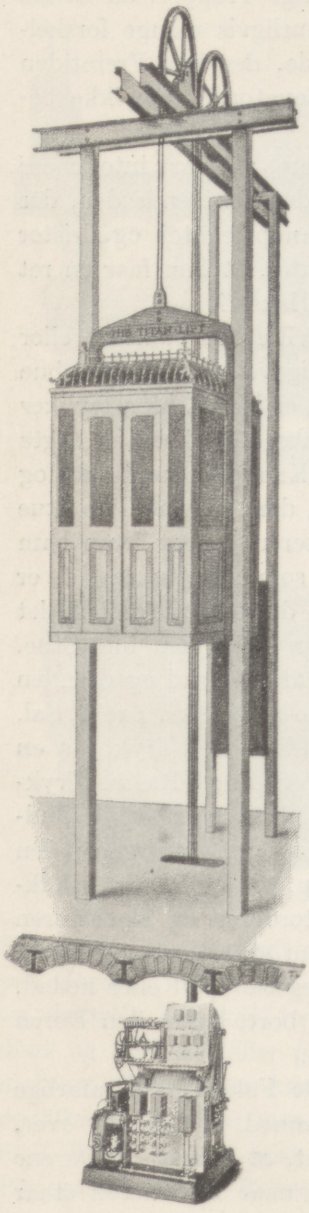


Fig 44. Trykknap-Elevator.

Skønt det i Virkeligheden ikke er nogen Aand, men en Mekanik og tilmed en i al sin Sindrighed forholdsvis simpel Mekanik, der faar Elevatoren til at bære sig tilsyneladende saa fornuftigt ad, vilde en nærmere Beskrivelse af Ordningen dog blive for vidtløftig; her skal blot gøres nogle faa Bemærkninger derom, idet vi herved holder os til en dansk Konstruktion af Trykknapelevatoren (Fabrikken »Titan«s). — Fig. 44 viser, hvorledes Elevatorstolen er ophængt og afbalanceret ved en Modvægt; Elevatorstolens Tov gaar op over en Trisse, ned omkring en Tromle i et i Kælderen anbragt Apparat (Elevatorspillet), derfra op over en anden Trisse og ned til Modvægten. Kælderapparatet indeholder foruden Tromlen en Elektromotor, der driver den, en avtomatisk Ind- og Udskyder af Igangsætningsmodstand, en Strømvender, der ved at omskifte Retningen af Elektromotorens Ankerstrøm forandrer Elevatorstolens Bevægelsesretning, en selvvirkende Bremse og endelig de elektriske Apparater, som bringer Elevatoren til at lystre Trykknapperne. Ledningerne op til Trykknapperne har alle en fælles Tilbageledning, som er ført gennem Kontakter ved Elevatordøren og alle Skaktdørene;

herved kan det opnaas, at Knapperne ikke virker, naar en Dør staar aaben. Ved Skaktdøren er endvidere anbragt elektromagnetiske Dørlaase, som ved Ledninger staar i Forbindelse med Kælderapparatet; men disse Kontakter, Laase og Trykknapper er saa ogsaa de eneste elektriske Indretninger foroven; alt det øvrige findes nede ved Spillet. Den svage Strøm, som sluttes ved Tryk paa en Knap, virker hernede dels paa et Relæ (se S. 93 Bd. I), som sørger for at slutte Stærkstrømmen til Motoren, dels paa et andet Relæ, som afbryder Ledningen til alle Knapperne, men i Stedet byder Svagstrømmen en anden Vej, saa at den ikke ophører, fordi Knappen slippes.

Et Kontaktapparat, som drejes af Spillet, ændrer under Elevatorstolens Vandring Ledningsforbindelserne; herved kan det opnaas, dels at et Tryk paa f. Eks. anden Sals Knap bringer Stolen til at gaa ned, hvis den forud staar paa tredje eller fjerde Sal, men op, hvis den staar ved første Sal eller i Stuen, dels at Strømmene afbrydes, og Stolen standser, naar den kommer til det ønskede Sted.

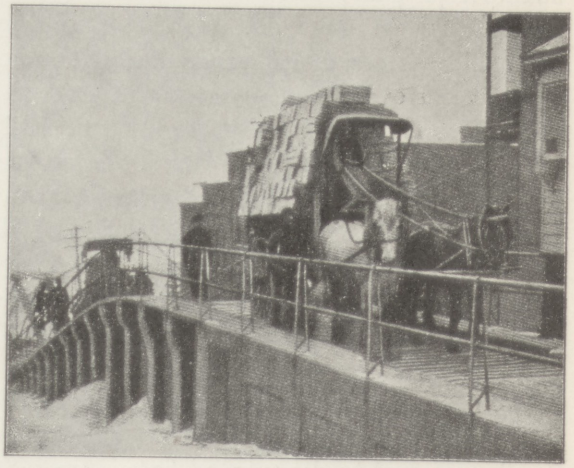


Fig. 45. Elektrisk Gadeskraaplan.

Hvor det gælder om at befordre store Menneskemængder til Vejrs, gaar det for langsomt med en enkelt Elevatorstol. Man kan da i Stedet anvende en hel Kreds af Elevatorstole, som er i stadig Bevægelse — opad i én Skakt og nedad i en anden — og med saa ringe Fart, at Folk kan staa paa under Bevægelsen. I Københavns Raadhus findes en saadan elektrisk »Paternoster-Elevator«. Hvor Pladsen tillader det, kan man føre Folk skraat til Vejrs ved brede i sig selv tilbageløbende »Transportbaand«, der af en Elektromotor ved Kæder, Tandhjul eller andre Midler stadig føres rundt i sin egen Retning og paa én Strækning gaar skraat til Vejrs med saa ringe Hældning, at man let kan staa fast. Forøvrigt kan Baandets Overflade være ujævn, saa at Fødderne ikke let glider, eller det kan endogsaa have Trappetrin, saa at vi faar en »elektrisk Trappe« i Stedet for et »elektrisk Skraaplan«. Bevægelige Skraaplaner benyttes ogsaa ved Losning og Ladning. I Cleve-

land i Amerika har man i en stejl Gadestrækning indbygget et bevægeligt Skraaplan, som drives af 4 store Elektromotorer og befordrer tunge Fragtvogne op ad den 20 Meter (64 Fod) høje Skrænt paa en for Hesten overmaade nem og behagelig Maade.

Vi maa imidlertid standse her for ikke ad disse Skraaplaner at glide ind paa Emner, der hører mere hjemme i Afsnit IX om elektrisk Kørsel og Sejlads.

Elektromotorer i Landbrugets Tjeneste. Selv om det nu efterhaanden er gaaet ind i den almindelige Bevidsthed, at et elektrisk Anlæg er noget mere end blot et »Lysanlæg«, saa er det dog ved de fleste hidtil udførte elektriske Anlæg for smaa og store Byer Lyset, der spiller Hovedrollen — først og fremmest i det ydre, fordi det elektriske Lys falder alle i Øjnene, medens Elektromotorerne virker mere i det skjulte (naar de ikke driver Sporvogne), men ogsaa i det indre, forsaavidt som det oftest er Ønsket om elektrisk Lys, der har givet Stødet til Anlæggets Oprettelse, og den langt overvejende Del af Elektricitetsforbruget de fleste Steder skyldes Lamperne.

Paa Landet er Forholdet noget anderledes. Landboerne sætter naturligvis ogsaa Pris paa det elektriske Lys' Fortrin, baade den Skønhed og Hygge det bringer indenom, og den Bekvemmelighed og Tidsbesparelse, det medfører ved Virksomheden i Udhusene. Men hvis Elektricitetsværkerne ikke kunde gøre andet end at lave Lys, vilde Stærkstrømsanlæg dog næppe have større Betingelser for at vinde almindelig Udbredelse ude i de egentlige Landsogne. Naar man allerede paa talrige store og smaa Gaarde har taget Elektriciteten i Tjeneste, og man paa endnu mange flere venter og haaber paa Lejlighed dertil, saa er det især, fordi den elektriske Strøm ikke blot kan skaffe Lys om Aftenen, men ogsaa slide i det som en Hest i Lo og Lade Dagen igennem.

Vi vil bedst faa en Forestilling om, hvor stor og mangesidig Nytte Elektriciteten kan gøre i Landbruget ved at aflægge Besøg paa en bestemt dansk Gaard, hvor den for flere Aar siden er taget fyldigt i Tjeneste, og se, hvad den udretter der.

Kører man med Banen fra Odense mod Bogense, ser man nær ved Otterup det høje, slanke Møllestativ til Gaardejer Davidsens Vindelektricitetsværk (se S. 205 Bd. I) hæve sig over det flade ensformige Landskab. Med sine fire omdrejende Møllevinger griber det en lille Del af den vældige Vindkraft, som farer hen over Sletten, og gør den til Fange inde i Gaardens Akkumulatorbatteri, hvorfra Kraften naarsomhelst kan hentes frem og sættes til at lyse eller arbejde rundt om

i Gaarden eller dens Nærhed. Det er jo tidligere omtalt, hvorledes Poul la Cour ved Indførelse af Vippeforlag og Avtomatnøgle har gjort det muligt, at et saadant Værk næsten helt kan passe sig selv. Et Træk i en Arm ved Møllestativet, naar Møllen skal sættes i Gang eller i Staa, noget Tilsyn med Batteriet, naar det er ved at være fuldt ladet, og endvidere Spændingsregulering ved Celleskifteren med passende Mellemrum, det er alt, hvad Værkets daglige Drift kræver; naturligvis medfører det ogsaa noget Arbejde at holde Værkets forskel-

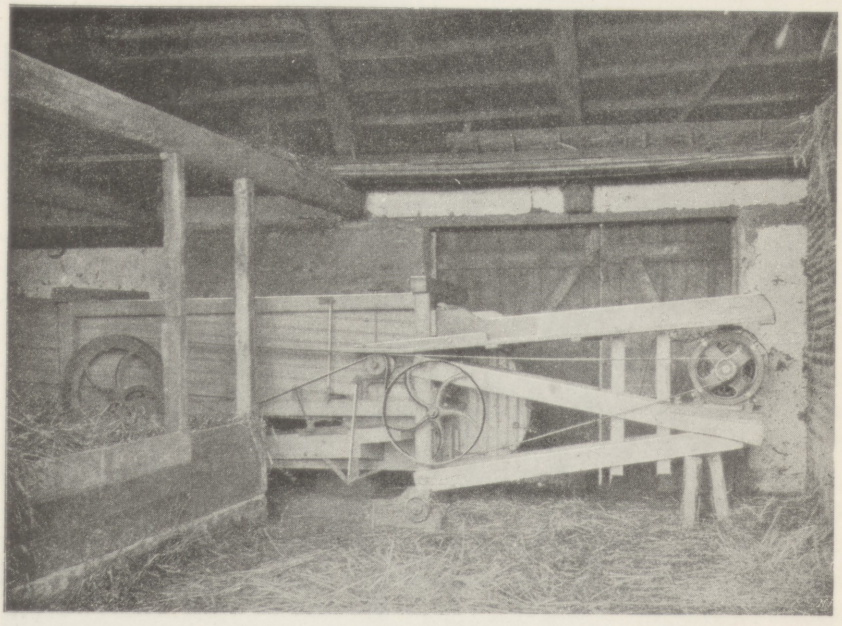


Fig. 46. Elektrisk Tærskeværk fra en Gaard i Askov. Tilhøjre Elektromotoren med Hylsteret aftaget.

lige Dele i god Stand (at smøre Gliderem og Aksellejer f. Eks.), men det samme gælder jo om Cykler, Vogne o. s. v., kort sagt om alt, hvad man ejer, og det er Arbejde, som kan gøres, naar det passer bedst. Det, som vi her skulde have at vide, var imidlertid, hvad Elektriciteten u d r e t t e r. Det bemærkes, at Gaarden er paa 90 Td. Land (50 Hektar), altsaa ikke mere end hvad man vil kalde en stor Bondegaard.

Først og fremmest udføres T æ r s k n i n g e n med elektrisk Drivkraft. Et selvrensende Tærskeværk drives af en Elektromotor paa 6 Hestekræfter, og uden at Motoren derved bliver fuldt belastet, tærskes ca. 100 Td. Vaarsæd paa en Dag. Elektromotoren er, som

Fig. 47 viser, anbragt paa en lille tohjulet Vogn, og Tærskeværket er ligeledes flytteligt, saa at man kan stille det ud for det Korngulv, hvorfra der skal tærskes. Herved bliver 6 Mand i Stand til at betjene det store Tærskeværk; et mindre, der kunde nøjes med 4 Mand, vilde forøvrigt nok kunne gøre Fyldest. For at Elektromotoren skal kunne faa Strøm, hvor den end opstilles, er der flere Steder i Tærskeladen anbragt Stikkontakter, saa at Motoren altid kan forbindes med en af dem ved en bevægelig Ledning. Paa en meget let og simpel Maade kan man faa Remmen mellem Motorens og Tærskeværkets Remskiver

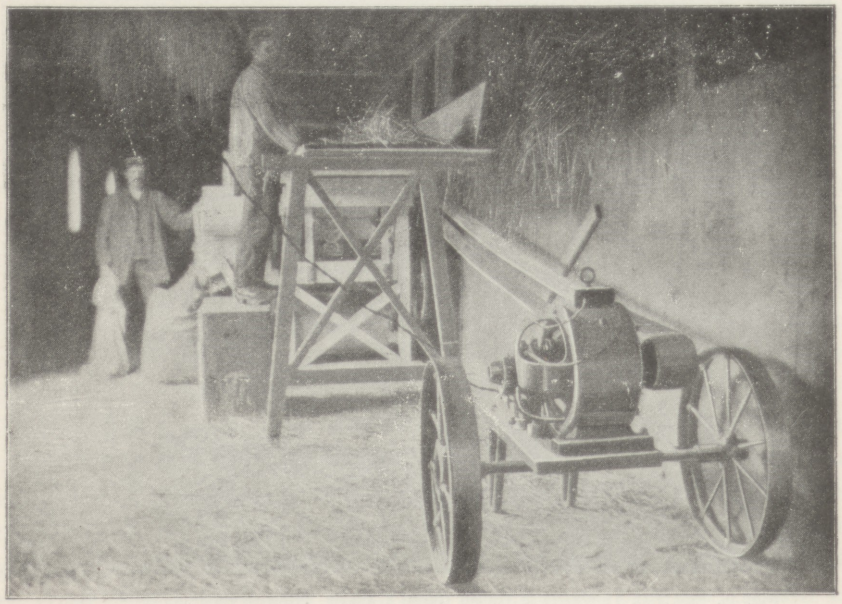


Fig. 47. Elektrisk Tærskning paa en Gaard i Otterup.

passende stram, idet der forskellige Steder i Tærskeladens Væg er anbragt Hasper, hvortil Motorvognen bindes med et langt Tov; dette strammes ved en Kæp, som stikkes gennem en Løkke paa Tovet, drejes rundt og fastbindes til Tovet.

Da der til Tærskningen medgaar saa megen Arbejdskraft, at Batteriet vilde blive udtømt derved paa ca. 3 Timer, maa Tærskningen udføres paa Dage, hvor der er Vind nok til, at Møllen kan fylde omtrent ligesaa megen ny Arbejdskraft i Batteriet, som Tærskeværket samtidig bruger. Dette mærkes ikke som nogen større Ulempe, da der er Blæstdage nok at vælge imellem, og det ikke er nogen Skade til — i visse Henseender endog en Fordel — at tærske i smaa Partier. Bort-

set fra den her nævnte Indskrænkning er den elektriske Tærskning saa bekvem og behagelig som vel tænkeligt. Elektromotoren giver Tærskeværket en jævn og regelmæssig Bevægelse og holder paa det allernærmeste samme Fart, hvad enten Værket er tomt eller fuldt. At sætte Tærskningen i Gang er adskilligt hurtigere end ved Hestedrift, for ikke at tale om Dampdrift; navnlig paa Steder, hvor Gaardens egne Folk alene kan betjene det elektriske Tærskeværk, kan man let sætte det i Virksomhed, naar f. Eks. Regn afbryder Arbejdet paa Marken i nogen Tid.

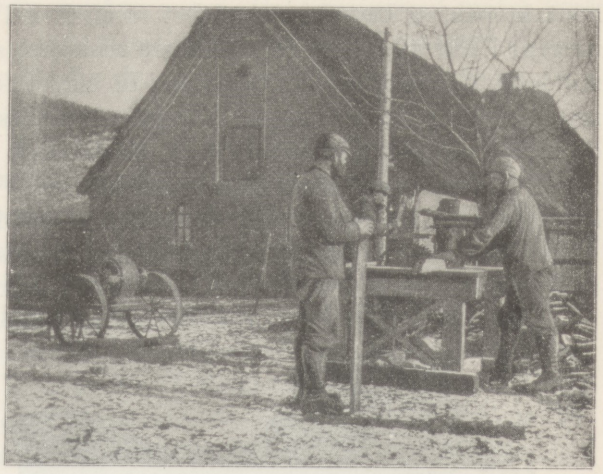


Fig. 48. En Elektromotor driver en Brændesav.

Den samme 6-Hestes Elektromotor, som besørger Tærskningen, anvendes til Drift af en Mængde andre Maskiner: En Langhalmsmaskine, en Gruttekværn, en Kagebrækker, der behandler ca. 1000 Pd. Kager i Timen, en Hakkelsemaskine, et Hejseværk for Kornsække og Kager, en Havreknuser, en Baandsav, en Rundsav og en Ajlepumpe. De fleste af disse Maskiner er anbragt i Materialladen og ved Remme eller Drev knyttet til enTransmissionsaksel, som drives af Elektromotoren ved en Rem. Rundsaven, der bruges til Brændeskæring, kan enten opstilles iBrændehuset eller udenfor Gaarden som vist i Fig. 48; i sidste Tilfælde forbindes Elektromotoren med en Stik-

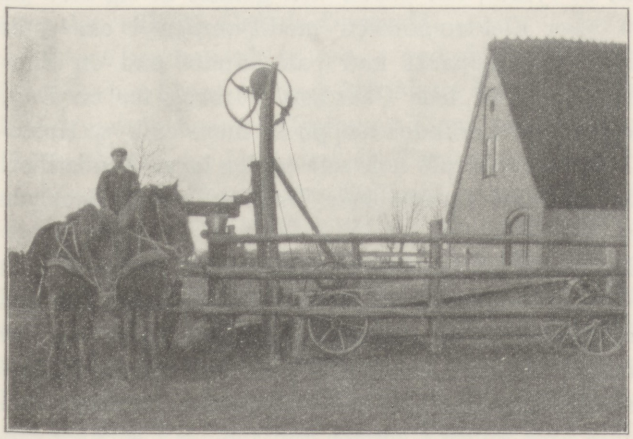


Fig. 49 Ajlepumpning ved elektrisk Drivkraft.

kontakt paa en Ledningsmast. Det samme er Tilfældet ved Ajlepumpningen; i Fig. 49 ses Motoren længst til højre; selve Pumpen er en almindelig Træpost, hvis Pumpestang er blevet forbundet med en Aksel med Krumtap og Svinghjul. — Ogsaa om disse Maskiner, i alt Fald de mest kraftslugende blandt dem, gælder det, at de bør udføre deres meste Arbejde paa Blæstdage. Naar der er Vind nok, skæres Hakkelse og brækkes Kager, saa at der er Forraad for flere Dage.

Foruden den 6-Hestes Elektromotor findes der paa Gaarden en lille Elektromotor, som er direkte sammenbygget med en Centrifugalpumpe, der sørger for Gaardens Vandforsyning; gennem en Rørledning fra Brønden pumper den Vand op i en Beholder, hvorfra der saa fører Ledninger til Vandhaner i Køkkenet og andetsteds. Ingen behøver at minde Elektromotoren om, naar Beholderen trænger til at fyldes, det passer den ganske af sig selv (se herom S. 35). Fig. 50 viser Elektromotoren med Pumpen i ca. $^1/_5$ af naturlig Størrelse; dette lille Apparat kan paa mindre end en Snes Minutter oppumpe Vand nok til hele Gaardens Forbrug for en Dag, og da Motorens Arbejdsydelse herunder næppe er mere end ½ Hestekraft, kan den med Lethed faa Kraft nok selv under lange Vindstiller. Arbejdede en saadan elektrisk Pumpe hele Døgnet, kunde den yde ca. 1000 Tdr. Vand.

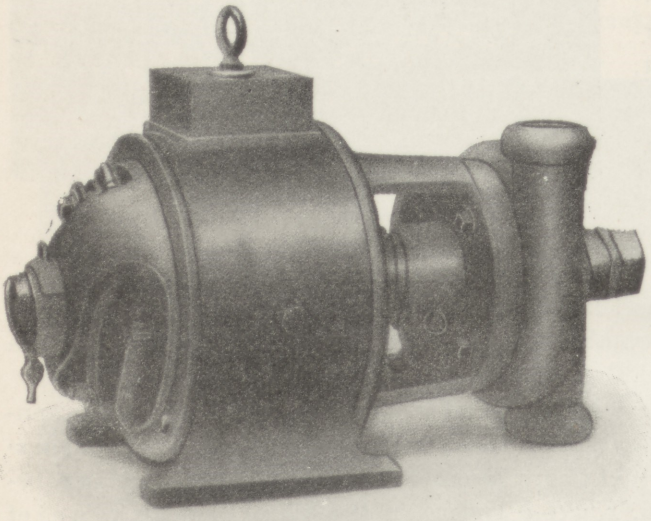


Fig. 50. Elektrisk Vandpumpe.

Elektrisk Belysning anvendes naturligvis overalt i Udhuse og paa Gaardspladsen saa vel som i Stuerne. Naar der ikke er knap Tid paa Vindkraft, kan Gaarden komme til at straale i festlig Glans, om det ønskes, idet alle Lamper tændes. Men ogsaa ved det jævne daglige Arbejde har man fortræffelige Hjælpere i de elektriske Lamper, som uden Besvær, Brandfare eller andre Ulemper kan tændes i et Nu hvor-

somhelst i Stald, Lade, Brændehus o. s. v. En Lampe med meget lang bevægelig Ledning, der kan sluttes til Stikkontakter forskellige Steder, gør det muligt at lyse op, hvor der ingen faste Lamper findes — inde i Hjørner og Kroge og udenfor Husene.

Det er umiddelbart indlysende, at et Elektricitetsværk, som kan udrette alt det, der foran er nævnt, maa være herligt at have paa en Gaard ikke blot for Ejeren, men ogsaa for Tjenestefolkene, der slipper for meget af det strængeste og ubehageligste Arbejde. Tillige medfører det store Besparelser paa forskellige Omraader. Der spares Petroleum til Lamperne, Betaling til Mølleren, naar Strømmen, som det var Tilfældet paa den omtalte Gaard, driver en Kværn, endvidere Leje af og andre store Udgifter til et Damptærskeværk, meget Kraftfoder til Hestene og megen Arbejdsløn for Ekstrahjælp; i mange Tilfælde, hvor der er Spørgsmaal om man skal holde en Hest eller en Karl mere eller mindre, kan Indførelsen af elektrisk Drift gøre Udslaget og derved bringe Besparelsen i Hestehold og Folkehold op i mange hundrede Kroner. Til saadanne direkte Besparelser kommer endvidere den store Fordel, at det elektriske Anlæg giver større Herredømme over Gaardens Drift, gør det muligt at gøre denne mere intensiv og derved skaffe større Indtægt.

Da et Vindelektricitetsværk imidlertid koster adskillige tusind Kroner — det her omtalte havde med Lamper og Elektromotorer kostet henimod 8000 Kr. —, og der altid vil løbe nogle Driftsudgifter paa, navnlig naar Værket bliver ældre og Reparationer og Fornyelser ikke helt kan undgaas, vil det alligevel kun kunne betale sig at anlægge et saadant Gaardværk, naar det ikke blot passes omhyggeligt, men ogsaa bliver udnyttet godt og fyldigt. Det vil naturligvis bidrage til at fremme Rentabiliteten, om Værkets Virkefelt kan strækkes ud over den enkelte Gaards Omraade.

Noget saadant skete netop ved det omtalte Gaardværk, idet der fra Gaarden førtes en over 300 Meter lang Ledning hen til en 2-Hestes Elektromotor hos en Hjulmand, som paa denne Maade fik elektrisk Drivkraft til en Jærn- og en Trædrejebænk, en Jærn- og Træboremaskine og en Baandsav. Tidligere havde Hjulmanden selv en Vindmølle, som uden Elektricitetens Mellemkomst drev hans Maskiner; men han var ikke meget tilfreds med den Drivkraft. Paa en Gaard kan en Ordning af denne Art ofte gøre god Fyldest, om man end langt fra naar den Fuldkommenhed i Arbejdet, den Frihed med Hensyn til Tid og Sted for Maskinernes Virksomhed og den Mangesidighed i Vindkraftens Anvendelse, som opnaas, naar den opsamles og omformes ad elektrisk Vej; men det passer daarligt for en Haandværker, at han,

fordi der er god Vind, skal sørge for at faa saa meget svært Maskinarbejde som muligt sat i Gang, medens hans Maskiner i vindstille Dage helt nægter at arbejde, selv om han har nok saa meget paatrængende Arbejde liggende; heller ikke er det rart, at et Bor eller en Sav pludselig tager stærk Fart ved et Vindstød for saa i næste Øjeblik at holde stille. Nu er det ganske anderledes; naar Elektromotoren bruges, løber den lige hurtigt, enten den har meget eller lidt at trække; og naar den ikke bruges, staar den dér og venter, altid rede til at tage fuld Fart med faa Sekunders Varsel, man skal blot dreje Igangsætterens Haandtag. At det er den ustadige Vind, der yder Drivkraften, vil slet ikke mærkes, med mindre et særlig langvarigt Vindstille en Gang skulde forhindre Værket i at yde den forholdsvis ringe elektriske Energi, en saadan lille Haandværksvirksomhed lægger Beslag paa. Tænkte man sig, at den 2-Hestes Elektromotor arbejdede med fuld Belastning 10 Timer om Dagen, vilde den rigtignok bruge henimod 20 Kilowatttimer paa en Dag og altsaa ved en Elektricitetspris af 20 Øre pr. Kilowatttime kræve en Dagløn af henimod 4 Kr. Men i Virkeligheden viste det sig, at Hjulmanden ved den angivne Elektricitetspris det første Aar ikke brugte Drivkraft for mere end henimod halvhundrede Kroner, svarende til langt under 1 Kilowatttime som gennemsnitligt dagligt Forbrug, til Trods for at Hjulmanden havde fuldt op af Arbejde. Forbruget er selvfølgelig yderst forskelligt i forskellige Værksteder; men de anførte Talangivelser kan dog maaske give et Begreb om, at i Sammenligning med det Forbrug, der svarer til stadig fuld Belastning af Elektromotoren, kan det virkelige Forbrug blive meget ringe ved ujævn Værkstedsdrift, hvor Motoren ikke bruges til Stadighed og kun sjældent arbejder med fuld Kraft.

Forholdene ved det her omtalte Elektricitetsværk afgiver et smukt Eksempel paa et Forbund mellem Landbrug og Smaaindustri, som Elektriciteten kan give Anledning til. I andre Tilfælde kan det være et Par Nabogaarde, som slutter sig sammen om Bygning og Udnyttelse af et Vindelektricitetsværk. I Vrangstrup nær Ringsted har to Gaarde paa 75 og 80 Tdr. Land i Fællesskab anlagt et saadant Værk. Den ene Gaardejer passer Møllen, den anden Strømtavlen, og Arbejdet dermed er ikke større end det, som det kvindelige Personale før havde med at holde Lamper og Lygter i Orden. Hver Gaard har 50 Lamper og 2 Elektromotorer, 1 paa 4½ og 1 paa 1½ Hestekræfter, som anvendes til Tærskning, Maling, Hakkelseskæring m. m. Driftsudgifterne har i de 4 Aar, Værket har været i Virksomhed, gennemsnitlig kun været 30—40 Kr. for den ene Gaard, og skønt

Værket har kostet 7400 Kr. i Anlæg foruden Installation af Lamper og Elektromotorer, mener Ejerne, at Anlægget har svaret godt Regning. Ogsaa Værket i Otterup har givet fuldt tilfredsstillende økonomiske Resultater, og i dets 6 Leveaar har Vindens Lunefuldhed ikke voldt nogen alvorlig Ulempe ved de omtalte Arbejder.

Naturligvis kan den elektriske Strøm fra et privat Vindelektricitetsværk ogsaa paa endnu andre Maader gøre Nytte udenfor den enkelte Gaard. Den kan bruges til at oplyse flere nærliggende Huse, navnlig naar der anvendes Wolframlamper, som tærer forholdsvis lidt paa Batteriets Forraad. Den kan vel ogsaa yde Drivkraft til Tærskning m. m. paa et Par Nabogaarde til Ejerens; eller 3 Gaarde kan slaa sig sammen om et Værk. Men et ret stort Anlæg kan det næppe betale sig at udføre som Vindelektricitetsværk uden Reservekraft og med Pasning af Gaardens Ejer.

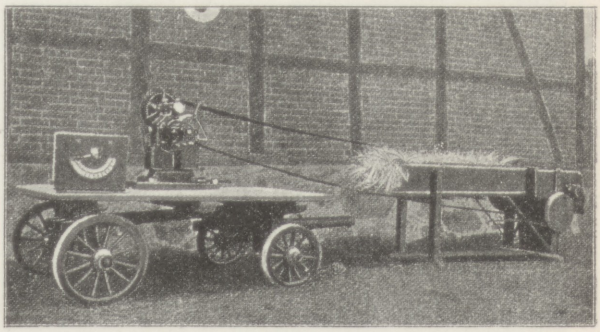


Fig. 51. En Elektromotor driver en Hakkelsemaskine.

Hvor det drejer sig om at skaffe elektrisk Drivkraft til meget store Gaarde paa flere hundrede Tdr. Land og maaske tillige Lys til en stor Hovedbygning, kan man ikke nøjes med Vinden alene som Kraftkilde; man maa enten benytte et Vindelektricitetsværk med Reservekraft eller helt opgive at bruge Vindkraft. Mange Steder findes jo i Forvejen enten et fast Dampkraftanlæg, hvorfra flere Maskiner drives ved mekaniske Transmissioner eller i det mindste et Lokomobil, som driver Tærskeværket. Ved Indførelse af elektrisk Drift bliver det imidlertid muligt at faa langt flere Maskiner rundt om paa Gaarden drevet fra en fælles Dampmaskine el. desl., at blive langt mere Herre over Driften, at undgaa meget Kraftspild o. s. v. Ved Forsøg paa Høvdinggaard ved Præstø fandt man saaledes, at der til Tærskning ikke brugtes mere end det halve Kul og tærskedes mere Korn ved elektrisk Drift fra en faststaaende Dampmaskine end ved umiddelbar Lokomobildrift.

Paa store Gaarde kan der findes endnu flere Virkefelter for Elektriciteten end paa smaa. Den »elektriske Hestestrigling«, som er vist i Fig. 52 passer saaledes særlig for et Sted, hvor der er mange Heste. Paa Billedet er en cylindrisk Striglebørste ved en lang bøjelig Aksel

og flere Transmissionsmellemled forbundet med den Elektromotor, som skal sætte Børsten i Omdrejning; men der vilde næppe være noget i Vejen for at tilvejebringe en mindre sammensat Forbindelse mellem Striglebørsten og en flyttelig Elektromotor eller maaske at sammenbygge Børste og Elektromotor til ét Værktøj. — Ogsaa Faareklipning kan udføres ved elektrisk drevne Klippemaskiner. Baade Malkemaskiner, hvor saadanne anvendes, og Mejerimaskiner kan na-

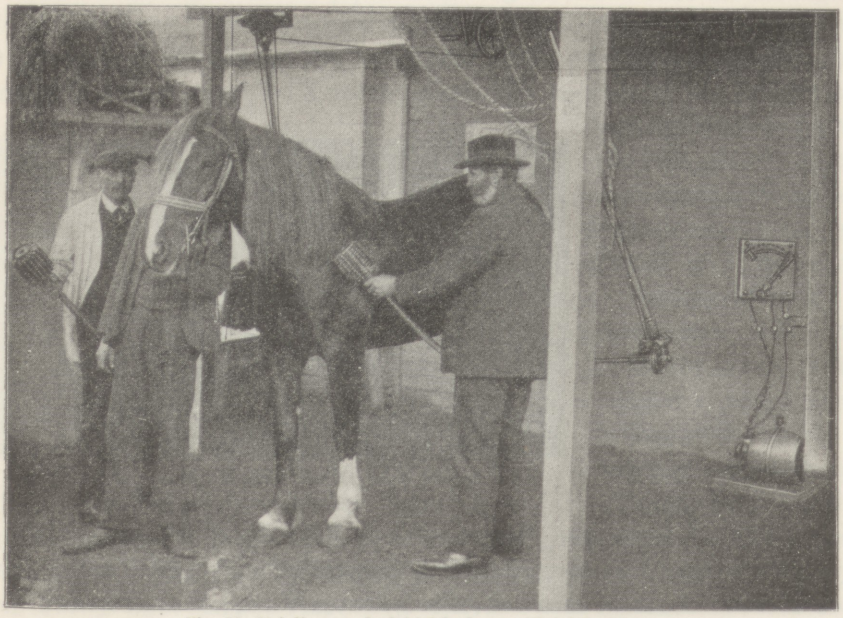


Fig. 52. Strigling med elektrisk drevne Striglebørster.

turligvis drives ved Elektromotorer, og disse kan ligeledes finde Anvendelse i Værksteder paa Gaarden.

Vi vil nu atter vende tilbage til det mindre Landbrug. Vi har set, at elektrisk Lys og Drivkraft til en eller to Gaarde kan faas ved Oprettelse af et privat Vindelektricitetsværk; men hvor der er Mulighed for at skaffe Elektriciteten fra et Fællesværk til rimelige Priser, vil dette i Almindelighed være betydeligt billigere. I Danmark henter allerede et meget anseligt Antal Gaarde Drivkraft fra Elektricitetsværker for Stationsbyer eller Landsbyer, dels Vindværker (eller Vandkraftsværker) med Reserve, dels rene Dampkrafts-, Dieselmotor- eller Sugegas-Elektricitetsværker. Forbrugerne ved saadanne Fællesanlæg er noget anderledes stillede end Ejerne af selvstændige Vindelektricitetsværker. De sidstnævnte maa i meget rette sig efter Vinden, men kan saa ogsaa i Blæsttider uden at betale for Kraften næsten faa saa meget

af den, det skal være, og jo mere de kan give Elektriciteten at bestille, des bedre forrentes Anlægget. De førstnævnte maa, foruden den oprindelige Udgift til Ledningsindlæg, Lamper og Elektromotorer, betale en Afgift, der retter sig efter Forbrugets Størrelse, og det beror derfor ikke alene paa Gaardens Driftsforhold, men ogsaa paa Forbrugsprisens Størrelse, om de vil staa sig ved, at anvende elektrisk Drivkraft i videst muligt Omfang eller kun til visse Arbejder. I Almindelighed kan det dog vist siges, at naar der først er udført elektrisk Installation paa en Gaard, vil det ved Elektricitetspriser som 20, 30 eller selv 40 Øre pr. Kilowatttime være økonomisk at spare paa Lyset, men at anvende elektrisk Drivkraft i vid Udstrækning.

Heri ligger naturligvis ikke, at man skal ødsle med den; det er tværtimod af Vigtighed at anvende den paa sparsommelig Maade, bl. a. derved, at man bruger gode Maskiner og Transmissioner. Thi hvad der gør Elektromotoren til en billig Motor i Brugen til Trods for den ret høje Pris for en virkelig ydet Hestekrafttime, er jo netop dens Evne til saa at sige automatisk at økonomisere med Forbruget, rette det efter det øjeblikkelige Arbejdskrav (se S. 38); men det hjælper ikke, at Elektromotoren vil økonomisere, naar daarlige Transmissioner stadig sluger store Kraftmængder, selv under Tomgang. De store Forskelle, der findes mellem Opgivelser af Elektricitetsforbruget til bestemte Arbejder, beror for en meget væsentlig Del netop paa Forskelligheder i Maskiners og Transmissioners Godhed og Pasning. Et Begreb om, hvilke Summer det drejer sig om, kan man faa gennem nedenstaaende Angivelser efter en Artikel af Ingeniør Bjerre i »Praktisk Landbrug«.

Idet der regnes med en Elektricitetspris af 20 Øre pr. Kilowatttime, angives en Kværn at bruge for 10—25 Øre pr. 100 Pund, en Kageknuser for 1—6 Øre pr. 100 Pd., en Hakkelsemaskine for 5—25 Øre i Timen. Et selvrensende Tærskeværk, der blev drevet af en $4,_5$ Hestes Elektromotor brugte for ca. 10 Øre pr. Td. En Motor paa 1 Hestekraft kan ved en Haandtærskemaskine vistnok tærske 3—4 Tdr. i Timen for 5 Øre pr. Td. Ved en god Ajlepumpe med elektrisk Drift kan en Tønde paa 1000 Liter fyldes i 2 Minutter for 2 Øre, naar Løftehøjden kun er 4 Meter. — Endvidere kan det nævnes, at en 4 Hestes Elektromotor, der gør henved 1200 Omløb i Minuttet, koster med Igangsætter og Spændeslæde ca. 500 Kr., medens en $0,_5$ Hestes Motor med samme Omløbshastighed koster ca. 200 Kr. Elektromotorer til langsommere Løb er dyrere.

For at der ikke skal stilles uforholdsmæssig store Krav til det elektriske Anlægs Ydeevne, maa der ofte paa Landet træffes den

Bestemmelse, at Elektromotorerne eller i alt Fald de største af dem skal standses før Solnedgang. Desuden kan det være nødvendigt at træffe Bestemmelser, der forhindrer, at alle Gaarde tærsker samtidig; det kunde f. Eks. aftales, at nogle Gaarde kun maatte tærske de første Dage i Ugen, andre de sidste. De Vanskeligheder det vilde forvolde, om mange store Tærskeelektromotorer toges i Brug samtidig, vilde ogsaa undgaas, naar ikke hver Gaard havde sit Tærskeværk, men alle Gaardene i en Landsby var fælles om et eller to store Tærskeværker og en transportabel Elektromotor. En saadan kan være anbragt paa en Vogn sammen med en Tromle med en lang oprullet Ledning, hvor-

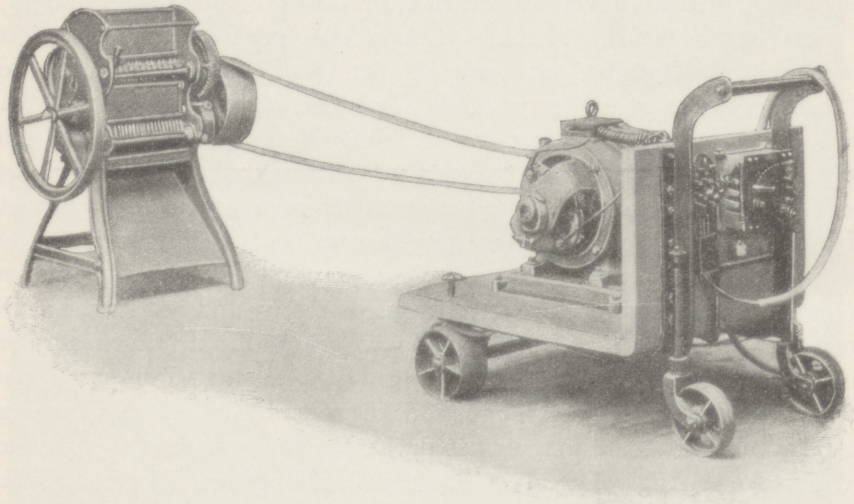


Fig. 53. Vogn med Elektromotor og Igangsætter. Elektromotoren driver en Kagebrækker.

ved det elektrisk drevne Tærskeværk kan bringes i Forbindelse med en af Elektricitetsværkets Luftledninger, selv om Tærskeværket er anbragt over 100 Alen fra Vejen, hvor Ledningen gaar.

Ogsaa paa anden Maade kan et Landsby-Elektricitetsværk udføre Arbejde for Befolkningen. Ved et dansk Landsbyværk har man saaledes i selve Værket indlagt en Kværn, som kan trækkes umiddelbart af Værkets Kraftmaskine, naar denne ikke skal drive Dynamoen. Værket er med andre Ord baade Elektricitetsværk og Kornmølle.

Spørges der, om det er muligt, at ogsaa Smaafolk ude paa Landet vil kunne faa Del i Fordelene ved elektrisk Lys og Drivkraft, saa maa herpaa svares Ja. Allerede nu findes der elektrisk Lys hos talrige Smaahaandværkere, og adskillige Husmænd, ja endog hos enkelte Daglejere. Og efterhaanden som man naar til at lave holdbare Metaltraadslamper med ringe Forbrug for mindre Lysstyrker, vil det elek-

triske Lys kunne blive særdeles billigt i Brugen; en beskeden Installation i en Husmands Stue og Udhuse vil næppe forvolde uoverkommelige Udgifter. I Storbyerne, hvor Husene næsten alle er Lejehuse, Lejers og Ejers Interesser forskellige og Ledningsindlæg ofte vanskelige og kostbare, danner selve Installationsudgiften ofte en alvorligere Hindring for Elektricitetens Indtrængen i mindre bemidlede Hjem end ude paa Landet. — Vanskeligere bliver det maaske at skaffe den elektriske Drivkraft Indgang i det lille Landbrug; men ved at flere Husmænd i Fællesskab anskaffer en transportabel Elektromotor eller ved Fællesskab af anden Art mellem Husmænd indbyrdes eller Husmænd og Gaardmænd kan den elektriske Drivkrafts Goder dog ogsaa komme Husmanden til Gode. I denne Anledning kan det anføres, at ved Gaardejer Davidsens Elektricitetsværk i Otterup fik en Husmand sit Korn tærsket paa den Maade, at han i Stedet for at køre Læssene lige hjem fra Marken kørte dem hen til Gaardens elektriske Tærskeværk og derfra hjem efter Tærskningen. Den lette Tilstelning og hurtige Tærskning gav meget gunstigere Betingelser for en saadan Ordning her end ved Gaarde med Hestetærskning. Hvert af de 4 Læs tærskedes paa en halv Time, ja ved et af dem satte man endog Tiden ned til 20 Minutter.

Muligheden af at forsyne Landbrugerne indenfor et stort Opland med Arbejdskraft og Lys fra et stort Centralværk gennem Højspændingsledninger er tidligere berørt. Naar en Række store Planer om saadanne Anlæg for danske Landsdele er strandede i de sidste Aar, og der foreløbig kun er gjort nogle mindre Begyndelser, saa er det ikke fordi Planerne har savnet Tilslutning hos Landbefolkningen, men bl. a. fordi der har hersket megen Usikkerhed om, hvor stort det virkelige Forbrug omkring paa Gaardene vilde blive (se ogsaa S. 262 Bd. I). De Erfaringer, der er indhøstede ved de mindre Anlæg, kan imidlertid nu afgive et brugbart omend langtfra fuldkomment Grundlag for Beregninger over et saadant »Oplandsanlægs« Økonomi. — Foruden de tidligere omtalte Begyndelser (S. 264 Bd. I) kan der være Grund til at nævne Planerne om en stor Oplandscentral paa Lolland, da de maaske vil blive virkeliggjorte i en nær Fremtid.

Den Tanke ligger nær, at store Højspændingsanlæg bl. a. kunde levere elektrisk Drivkraft til Centrifuger og Kærner m. m. i Andelsmejerierne, saa at disses Dampkraftsanlæg kunde nedlægges, og Mejeriskorstene forsvinde, men Udsigterne hertil er dog kun ringe, fordi der i Mejerierne er Brug for en stor Mængde Damp til Forvarmning og Pasteurisering. Men der er flere andre Arbejder, som staar i nær Forbindelse med Landbruget, til hvilke Elektriciteten fra større Værker

maaske kunde finde Anvendelse, f. Eks. Presning af Hø til Eksport, Vanding af tørre og Afvanding af fugtige Landstrækninger m. m. — Ogsaa i Skovbruget kunde der blive god Brug for elektrisk Drivkraft ved faste eller flyttelige Savværker. Naar en større Fældning skulde foretages ikke for langt fra Stærkstrømsledninger, kunde man føre en Luftledning ud til Stedet og køre en Elektromotor og en Maskinsav derhen; ikke blot ved Behandlingen af det fældede Træ, men ogsaa

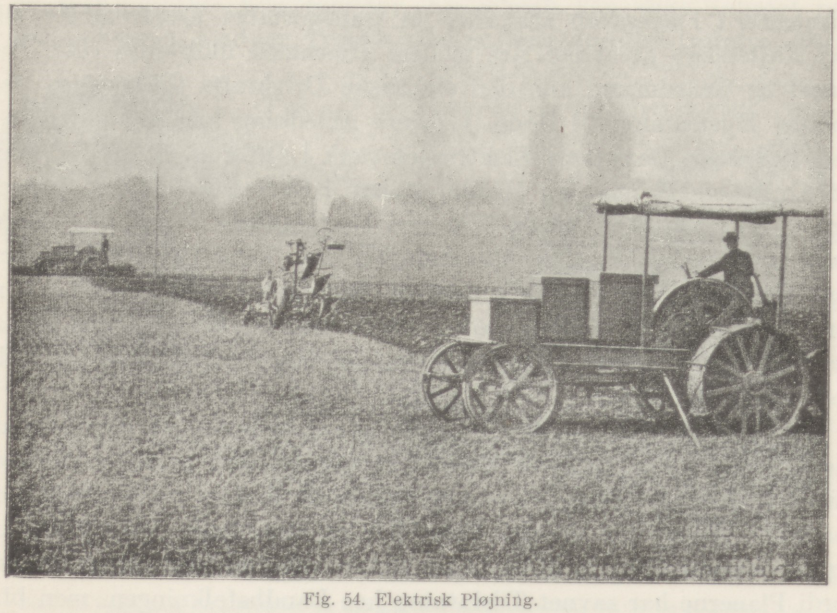


Fig. 54. Elektrisk Pløjning.

ved selve Fældningen kunde en elektrisk dreven Sav af passende Konstruktion gøre Tjeneste.

Tilbage staar endnu Markarbejdet og Kørslen. Kun hvis Elektriciteten ogsaa kunde besørge det, kunde Landmændene afskedige de firbenede Heste og i Stedet lade »den elektriske Hest«, Elektromotoren, ikke blot trække Tærskemaskine o. s. v. hjemme paa Gaarden, men ogsaa trække Ploven, Harven, Mejemaskinen m. m. hen over Marken, køre Sæden hjem, hente Varer i Byen o. s. fr. At Elektriciteten virkelig kan yde Drivkraft til Vogne, faar vi at se i næste Afsnit, og at den en Gang vil blive almindelig benyttet til de nævnte Markarbejder er ikke urimeligt; men foreløbig lader dette sig ikke ordne paa praktisk Maade. Kun den »elektriske Pløjning« har faaet nogen Udbredelse. Den kan udføres paa den Maade, at der ved hver Side af den Mark, som skal pløjes, opstilles en Vogn med en Elektromotor,

hvortil der maa føres elektriske Ledninger; Elektromotoren trækker Ploven over Marken hen mod Vognen ved et Staaltraadstov, som den opruller paa en Tromle; paa samme Maade trækker Elektromotoren paa den anden Vogn Ploven tilbage. Vognene maa efterhaanden flyttes langs Marken. Den elektriske Pløjning er imidlertid kostbar at indføre og betaler sig kun for store Godser.

Elektrisk Bjærgværksdrift. Arbejdet i Bjærgværkernes Gruber var i fordums Tid saa sundhedsfarligt og uhyggeligt, at man kun satte Forbrydere eller Krigsfanger til det. Mange Steder maatte Bjærgmanden med Hammer, Hakke og Mejsel bryde Malmen løs inde i Rum, der var saa snævre, at han maatte arbejde i liggende Stilling, og hvor Luften snart fordærvedes af hans Aande og det matte, osende Lys. Ofte skulde han paa sin Ryg bære Malmen op fra Dybet ad stejle Stiger eller i det mindste krybende paa Hænder og Fødder slæbe og skubbe de tungt belæssede Malmvogne frem i lave Grubegange. Indførelsen af Sprængmidler og mekanisk Drivkraft af forskellig Art har vel forbedret Forholdene meget de fleste Steder, men man kan naa langt videre frem ved at tage Elektriciteten i Bjærgværksdriftens Tjeneste i vidt Omfang.

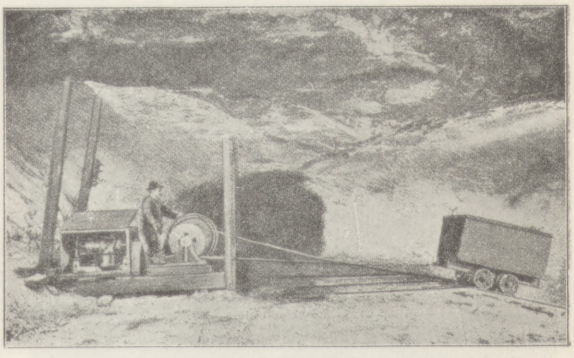


Fig. 55. Elektrisk Vinde i en Bjærgværksgrube.

De dybeste Skakter og de længste Grubegange kan oplyses med elektrisk Lys enten fra faste Ledninger eller fra smaa Lamper med Akkumulator, som Bjærgmanden fører med sig under Arbejdet. Kraftige elektriske Ventilatorer, som anbringes nede i Gruberne, kan suge eller blæse frisk og kølig Luft ind, hvor der arbejdes. Elektriske Pumper dernede kan trykke Vandet til Vejrs. Elektriske Vinder kan ved Tove hale Malmvognene gennem skraanende Grubegange, som vist i Fig. 55, eller de kan, hvor Vejen er mere lige, føres frem af elektriske Lokomotiver. Ogsaa Malmens og Arbejdernes Ophejsning af Gruberne kan naturligvis besørges ved elektrisk Drivkraft. Elektriske Hammere, der giver Hundreder af Slag i Sekundet, kan drive Boremejsler ind i Fjældet langt hurtigere og lettere end Arbejdernes haandførte Hammere.

Og naar Borehullerne er dannet og forsynet med Sprængstof, kan Sprængningen udføres ved elektrisk Strøm, efter at alle har fjærnet sig langt bort fra Sprængstedet. Hvor det er Kul eller endnu blødere Mineralier, der skal brydes, kan elektrisk drevne Save eller andre Apparater hjælpe til ved Brydningen.

Der er dog adskillige praktiske Vanskeligheder, som har hæmmet Indførelsen af elektrisk Bjærgværksdrift. Det kan f. Eks. nævnes, at det ikke er let at lave elektriske Stenboremaskiner; Boremaskiner som den, der er vist i Fig. 56, skal dog have gjort god Fyldest ved Tunnelbygninger i de østrigske Alper — I Kulgruber, hvor der ofte danner sig Grubegas, kan Gnistdannelsen ved Elektromotorernes Børster og i Afbrydere give Anledning til Eksplosioner, og det bliver derfor nødvendigt at indføre særlige Beskyttelsesmidler herimod. Ved Trefasemotorerne undgaas den nævnte Kilde til Gnistdannelse, og disse Elektromotorer egner sig i det hele taget bedre for Grubedrift, idet de lettere kan indkapsles i et vandtæt Hylster, saa at de endogsaa kan arbejde helt nedsænkede i Vand. Ikke blot Elektromotorer men ogsaa elektriske Glødelamper kan i Kulgruber medføre Farer, idet Grubegassen kan antændes af den glødende Traad, hvis Glasbeholderen slaas i Stykker.

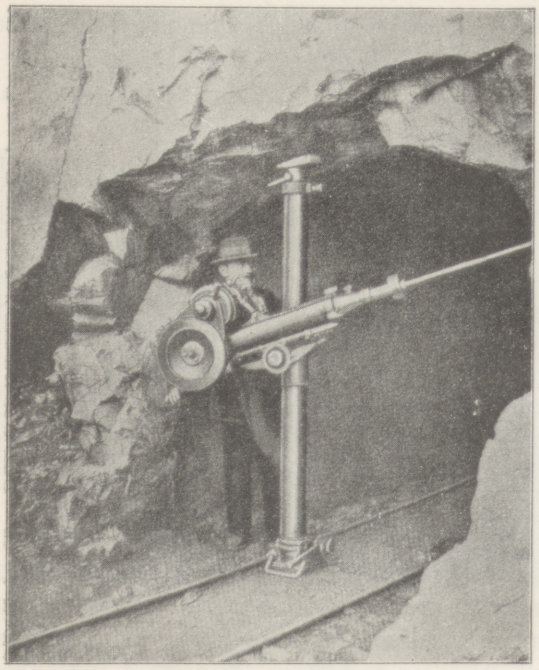


Fig. 56. Elektrisk Stenboremaskine.

Imidlertid er elektrisk Drift i de sidste Aar i større eller mindre Omfang blevet indført i mangfoldige Bjærgværker rundt om i Verden. I Norge faar saaledes Røraas Kobbergruber elektrisk Drivkraft fra Kuraasfossen. Der kan næppe være Tvivl om, at den elektriske Drift efterhaanden vil sejre saa at sige overalt og bidrage til at gøre Arbejdet i Jordens Indre mindre besværligt og farefuldt; tillige vil den gøre det muligt for os at fortsætte Arbejdet ned til hidtil uopnaaelige Dybder, og derigennem f. Eks. bevirke, at Stenkullene ikke saa hurtigt slipper op.

Elektriciteten i Hjemmet. S. 35 omtales flere Anvendelser af Elektromotorer til saadanne Arbejder, som ikke blot udføres i industrielle Virksomheder, men ogsaa i mange Hjem, og der kan nævnes endnu mange flere huslige Sysler, som Elektromotorer kan sættes til at udrette. I Stedet for blot at holde os til Elektromotorers Anvendelse i Hjemmet, vil vi imidlertid her fremmane et lille Fremtidsbillede af et Hjem, hvor Elektriciteten er taget i Brug paa alle mulige Maader.

Hvis det blot var de ydre Ting det kom an paa — Skønhed, Renlighed, Bekvemmelighed o. desl. — vilde et saadant »elektrisk Hjem« komme Idealet nær. Selv det vanskelige Tjenestepige - Spørgsmaal vilde her være løst, idet Tjenestepigen ganske simpelt blev overflødig, fordi Elektriciteten gjorde Virksomheden i saadanne Hjem saa let og behagelig, at Husmødrene vilde foretrække at nøjes med denne tavse Tjener, som aldrig finder paa at sige op til den første, aldrig klager over, at Arbejdet er for strængt, aldrig stiller Fordringer om Fridage og Friaftener, men altid er rede til at gøre Tjeneste, om Natten saa vel som om Dagen.

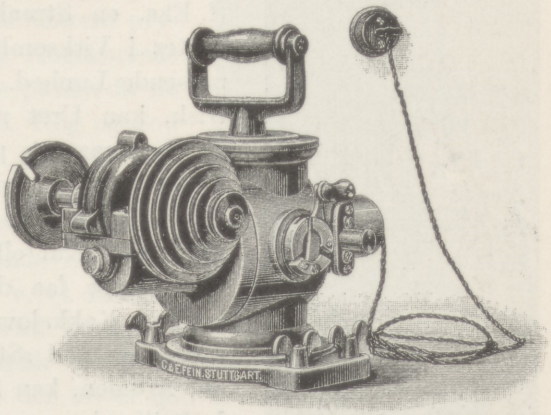


Fig. 57. Lille flyttelig Elektromotor til Husholdningsbrug.

I det elektriske Hjem maa Elektriciteten hver eneste Nat gøre Vagttjeneste, d. v. s. være parat til at sætte en elektrisk Klokke i Soveværelset i Virksomhed, hvis Tyve vil bryde ind, eller hvis der udbryder Ildebrand. Men undertiden kan den ogsaa paa en mere fredelig Maade blive sat i Arbejde om Natten, navnlig hvis der er et lille Barn, som skal opvartes. Vaagner Barnet og forlanger sin Mælkeflaske, drejer Moderen paa to Haner ved Sengen; ved den ene tændes en lille elektrisk Lampe, ved den anden sluttes Strømmen til en elektrisk Mælkevarmer. For et Barn, som har svært ved at falde til Ro, kan Elektriciteten paa forskellige Maader anvendes som Barnepige Nat eller Dag. En lille Elektromotor kan f. Eks. sættes til at vugge, gynge eller køre Barnet eller til at dreje en skinnende eller spraglet Genstand, hvis Bevægelse fanger Barnets Øje; ja, en elektromagnetisk Fonograf (Valdemar Poulsens Telegrafon) kan endogsaa synge Vugge-

viser for Barnet med Moderens Stemme, medens hun selv ligger rolig i Sengen og dysses i Søvn sammen med dette.

Om Morgenen, noget før Familien skal op, tager Elektriciteten fat paa sit Dagsarbejde, i alt Fald om Vinteren. Et elektrisk Ur — som altid gaar rigtigt, da det stilles fra en Urcentral — sørger for, at der paa et forud fastsat Klokkeslet begyndes paa Tilberedningen af et Morgenbad i Sove- eller Badeværelset, og naar Badet er rede, melder en Klokke det. Samtidig med, at Badeapparatets Vandhane aabnes, og den elektriske Strøm, der fører Varme til Vandet, sluttes, kan en lille elektrisk Ovn (f. Eks. en Straaleovn) tæt ved Badekarret sættes i Virksomhed, saa at Luften faar en passende Lunhed. Hvis Huset opvarmes elektrisk, kan Uret naturligvis ogsaa sørge for, at der paa et passende Tidspunkt sendes Strøm til Spisestuovnen og, om det ønskes, Ovne i andre Stuer; sker Opvarmningen derimod med Kul eller Koks, kan man ganske vist næppe faa den elektriske Strøm til at lægge i Kakkelovnen og tænde op, men benyttes en god »Stedsebrænder«, som er fyldt om Aftenen, kan Strømmen nok skrue op for Lufttilførslen og saaledes indlede Stuens Opvarmning. Ved Temperaturkontakter (S. 112 Bd. I) kan Varmeapparaterne reguleres, saa at Varmegraden naar en forud bestemt Højde og holdes derpaa.



Fig. 58. Tallerkenrensning ved elektrisk Skylleapparat.

Efter at disse forberedende Arbejder er udført under Ledelsen af det elektriske Ur, bliver det Husets Folk, som skal lede den elektriske Virksomhed.

Allerede under Badet kan der maaske blive Brug for Elektriciteten til Drift af en roterende Børste eller andre Frottere- eller Massageapparater, som maatte anses for gavnlige for Sundheden.

Under Paaklædningen kan Husmoderen inde fra Soveværelset sende Strøm til den elektriske Tekedel inde i Spisestuen, saa at her straks staar kogende Vand til Te parat, naar Familien samles; da Stuen tillige er opvarmet, og den elektriske Lampe kan tændes i et Nu, mærker man ikke meget til de kolde, mørke Vintermorgeners Uhygge.

Vi vil nu ikke gennemgaa Dagens Arbejder i Tidsfølge, men i Stedet betragte de forskellige Grupper af huslige Arbejder, som paahviler Husmoderen eller Familiens øvrige kvindelige Medlemmer.

Hertil hører først og fremmest Madlavningen. Naar denne foregaar ved elektrisk Varme, saa er der ikke megen Grund til at lade den foregaa i et særligt Køkken. Et lille Rum til det groveste Arbejde kan det være rart at have, men forøvrigt er det bekvemmest at lade Spisestue og Køkken smelte sammen til én Stue. En Vask og en skinnende Messingvandhane saavel som de elektriske Kogekar kan godt udføres saa smagfuldt, at de snarere pryder end skæmmer Stuen, og Kogekarrene er forholdsvis lette at holde pæne, da de aldrig sværtes af Røg og Sod. Røg og Sod kan der heller ikke komme i Stueluften. Men Emmen og Madlugten? vil man spørge.

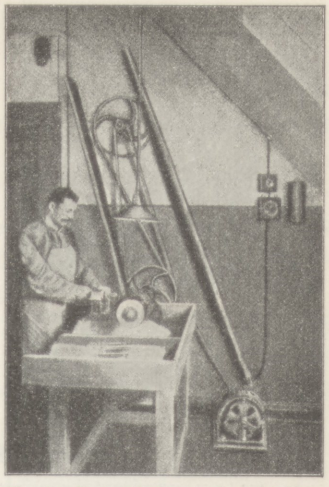


Fig. 59. Knivslibning ved elektrisk Drivkraft

Ja, heller ikke disse Ting behøver at volde videre Ulempe. Madlavningen kan delvis foregaa inde i, hvad man i kemiske Laboratorier kalder et »Stinkskab«, d. s. v. et Rum, som ved Nedtræksruder kan afspærres fra Stuen, og hvorfra Dampen o. s. v. kan føres bort gennem en Luftkanal. En elektrisk Ventilator, som anbringes ved denne Luftkanal, kan sørge for, at der bliver god Træk ud igennem den. — Naar Madlavningen foregaar i Stuen, kan Husmoderen sidde rolig med sit Haandarbejde o. desl. medens hun venter paa, at en eller anden Ret skal blive færdig til videre Behandling. Og under Maaltiderne undgaas al Løben frem og tilbage mellem Køkken og Spisestue.

Madlavningen kan endvidere lettes ikke saa lidt ved Anvendelsen af elektrisk drevne Smaamaskiner til Hakning af Kød og Grøntsager, Røring af Fars, Æltning af Dejg og lignende Arbejder, der lægger Beslag paa temmelig megen Tid og fysisk Arbejde. En Elektromotor kan ogsaa hjælpe godt ved Rengøringen af de brugte Sager. Den kan drive en Maskine, som pudser eller sliber Knivene; den kan sætte skindbetrukne Skiver i hurtig Omdrejning; ved at holde Sølvtøj, Tallerkener o. a. mod Skiverne, faar man dem let smukke og blanke. Selv den egentlige Opvask kan besørges af et elektrisk Skylleapparat; Tallerkener, Gafler o. s. v. anbringes i et Staaltraadsstativ med særskilt Plads til de enkelte Stykker



Fig. 60. Hakkemaskine med elektrisk Drivkraft.

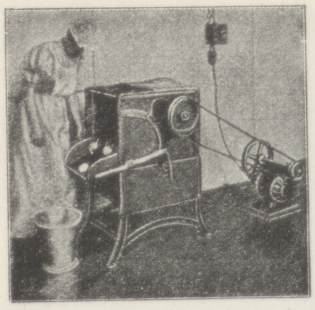


Fig. 61. Kartoffelskrælning ved elektrisk Drivkraft.

og sænkes ned i et Kar med Vand, som af en elektrisk dreven Turbine piskes saa voldsomt rundt, at alle Madrester afskures fuldstændig; der kan anvendes to—tre Hold Vand af forskellig Slags — varmt Soda- og Sæbevand, koldt Vand og kogende Vand. Efter Rensningen sættes Stativet ind i et elektrisk opvarmet Tørreskab, hvor Tallerkenerne af sig selv bliver blanke ved Lufttørringen.

Rengøringen i Huset kan naturligvis ikke besørges helt af Elektriciteten; det vil f. Eks. næppe lykkes nogen at lave en Maskine, der kan rede Senge eller af sig selv gaa rundt i Stuerne og gøre rent, hvor det tiltrænges. Men Elektriciteten kan yde en overordentlig virksom Hjælp ved mange af de sværeste Rengøringsarbejder.

En elektrisk dreven Luftpumpe kan gennem en lang Slange, hvis Mundstykke lægges mod Klæder, Tæpper eller polstrede Møbler, suge Støvet af disse ud og føre det til en Beholder. Ved en saadan »Støvsuger« befries man i det elektriske Hjem for at aftage Tæpper og slæbe Møbler og Tæpper ud for at banke dem. Idet Mundstykket besættes med Haar eller Børster, kan Støvsugeren tage Form af en »elektrisk Fejekost«, der ikke som en almindelig Kost hvirvler Støvet rundt i Stuen, men æder det i sig, suger alt Støv og Snavs og Fnug, den faar fat i, til sig gennem det hule Kosteskaft og fører det til Støvsugerpumpens Beholder.

Cylindriske Børster, der ligesom Striglebørsten S. 58 ved en lang, bøjelig Aksel er forbundet med en Elektromotor og drejes hurtigt rundt af den, kan sammen med en Støvsuger eller alene anvendes paa mange Maader til Rensning af Vægge, Børstning af Tæpper o. s. v. Skuring af Gulve og Borde udføres af en elektrisk dreven Skrubbebørste, der af et Vægtlod trykkes ned mod Træet, medens den snurrer rundt. Ogsaa Skobørstningen udføres ved roterende Børster (se S. 37).

Allerede ved Rengøringen kan Husmoderen saaledes paa mange Maader hente Hjælp fra Renseapparater med elektrisk



Fig. 62. Køkken med elektr. Ventilator.

Drift; men i endnu højere Grad formindsker Elektriciteten de Besværligheder, der følger med en Storvask.

Endnu, medens alle sover, slutter det elektriske Ur Strømmen til Vaskekedlens elektriske Varmeelementer, saa at Tøjet har kogt en passende Tid, inden Husmoderen staar op, og under Vaskens videre Fremskriden skrubbes Tøjet — i alt Fald de grovere Stykker — i en elektrisk dreven Vaskemaskine, skylles i et Kar med elektrisk Omrører og vrides i en Vridemaskine med elektrisk Drift. Det afvredne Tøj føres fra Vaskekælderen op til Tørreloftet af en elektrisk Elevator, som forøvrigt ogsaa kan gøre Nytte ved mange andre Lejligheder. Naar Tøjet er hængt op, kan Tørringen fremskyndes derved, at en elektrisk Ventilator sætter Luften deroppe i Bevægelse, forsaavidt man ikke foretrækker at anvende en Tørrecentrifuge med elektrisk Drift. At Tøjet rulles med en elektrisk Rulle og stryges med elektrisk Strygejærn er en Selvfølge.



Fig. 63.
Gulvboning med elektrisk Børste.

Et meget vigtigt Arbejde, som ikke er nævnt i det foregaaende, er Besørgelse af Byærinder; kan Elektriciteten ogsaa udføre det? Ja, ingen kan løbe saa hurtigt i Byen og sige Besked som de elektriske Strømme, der fører Talen gennem Telefontraaden, og jo mere almindeligt det bliver, at alle Forretninger har Telefon og sender bestilte Varer til Kunderne, desto mere overflødigt bliver det for Hjemmene at benytte anden Hjælper til Byærinder end Telefonen.

Der kan i det elektriske Hjem være endnu mange andre Arbejder for Elektriciteten. Har Huset ikke Forbindelse med et Vandværk, sørger en elektrisk Pumpe for Vandforsyningen som omtalt S. 54. — Dersom der udføres meget Syarbejde, kan det være bekvemt at lade en Elektromotor trække Symaskinen; ogsaa ved andet Haandværk i Hjemmet kan Elektromotoren hjælpe. — Ved en Fest kan et »elektrisk Vandspring«, hvor det faldende Vand belyses af elektriske Glødelamper og stadig pumpes op paany af en lille Elektromotor, gøre udmærket Virkning i Have eller i Stue. — En Kølemaskine med elektrisk Drift kan om Sommeren frembringe lav Temperatur i et Køleskab til Fødevarernes Opbevaring, ligesom den ogsaa kan lave Is, naar det ønskes. — Elektriske Vifter, som stilles paa et Bord eller

befæstes paa en Stol, kan paa hede Sommerdage utrætteligere end nogen Negerslave tilvifte den, der sidder ved Bordet eller i Stolen, Køling. — En meget virksom Afkøling og Forfriskning af Luften i en Stue kan sikkert frembringes af en elektrisk Luftbefugter, som anbringes under Loftet eller paa et Bord. I Fig. 64 er vist et saadant Bordapparat, hvor en lille Elektromotor, der ikke bruger mere Strøm end en 16 Lys Glødelampe, kan sende over en Pot Vand i Timen ud i Luften som fint Vandstøv.

Det her skildrede elektriske Hjem er som sagt et Fremtidsbillede, og det kan tilføjes, at det har lange Udsigter, inden det bliver til Virkelighed. Men er det end et Fantasiprodukt, maa det dog siges, at Fantasien er kørt i ret stramme Tøjler. Thi der er næppe blandt de i det foregaaende omtalte Indretninger og Apparater noget, som ikke enten forefindes i Virkeligheden eller let kunde tilvejebringes; ja, en fransk Ingeniør Knap har endogsaa for et Par Aar siden bygget sig en Villa, hvor han ikke blot har bragt Elektriciteten i Anvendelse paa en stor Del af de her skildrede Maader, men ogsaa gjort flere andre til Dels fuldt saa mærkelige Anvendelser af den elektriske Strøm.

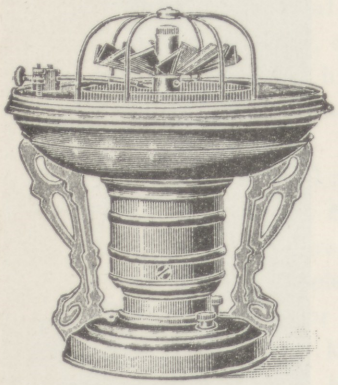


Fig. 64.
Elektrisk Luftbefugter.

Naar en Fremmed kommer til Haveporten til dette elektriske Hus og trykker paa Ringeknappen, vil en Stemme, der synes at komme fra Porten selv, spørge om hans Navn og Ærinde, og naar Stemmen efter hans Svar byder ham ind, aabner Porten sig for ham og lukker sig atter efter ham. Paa sin Vej op i Huset modtager han — stadig uden at se nogen — af samme Stemme Besked om, hvor han kan træffe Ejeren. Alt dette opnaas dels ved et System af fintmærkende Mikrofoner og højttalende Telefoner, hvorigennem Ejeren fra sin Stue kan samtale med den ankommende, som han tillige kan iagttage gennem et System af Spejle, dels ved elektriske Lukke- og Oplukkeindretninger, som Ejeren kan sætte i Virksomhed ved Strømsluttere. — Inde i Huset findes bl. a. et »elektrisk Bord« med elektriske Elevatorer, som bringer Retterne fra Køkkenet op gennem Gulvet og Bordpladen, en elektrisk Ringbane, som fører Fadene rundt til Gæsterne, Opsatser med talrige smaa elektriske Lamper, o. s. v., alt styret fra Husfruens Plads.

Men ved dette Hus er der ikke spurgt, hvad det kostede, og for

mindre Hjem, hvor Omkostningerne spiller en Rolle, vil naturligvis baade de Knap'ske Indretninger og de fleste af dem, der fandtes i det tænkte elektriske Hjem, være uoverkommelige, i alt Fald saa længe, til saavel den elektriske Energi som Elektromotorer og tilhørende Husholdningsmaskiner, elektriske Kogekar o. a. bliver langt billigere, end de er nu for Tiden.

I store Husholdninger som f. Eks. i Hoteller, Hospitaler o. desl., hvor mange Mennesker bespises, har imidlertid elektrisk drevne Hus-

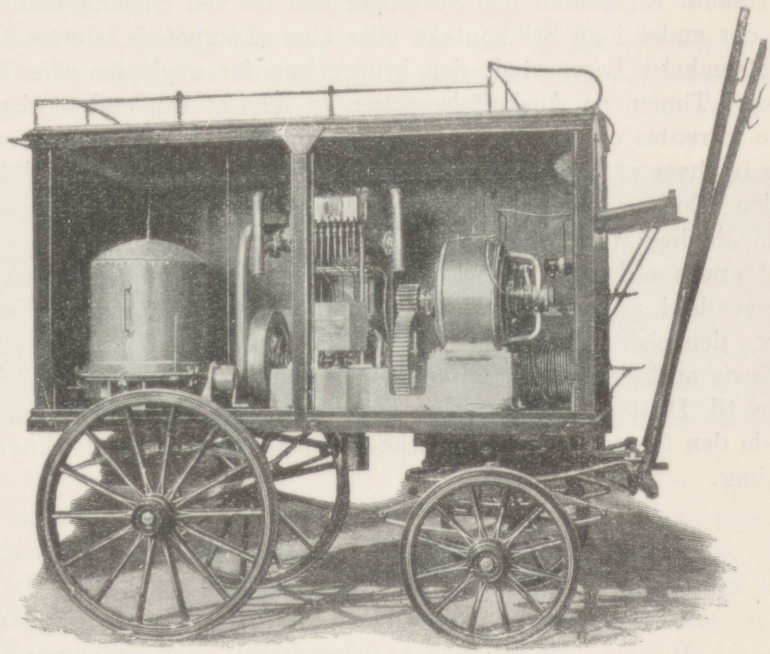


Fig. 65. Vogn med Støvsuger og Elektromotor.

holdningsmaskiner som Tallerkenskyllere, Hakke- og Æltemaskiner, Knivslibe- og Poleremaskiner o. m. a. allerede fundet Indgang. Ogsaa til Storvask — særlig Rulningen — anvendes mange Steder elektrisk drevne Maskiner. Ligesaa til Rengøring; har man end næppe elektrisk drevne Skurebørster, anvendes dog roterende Børster paa lignende Maade som de tænkte Skurebørster til Boning af Gulve (Fig. 63), og Støvsugerne, ja selv den støvsugende Fejekost, er saa langt fra at være Fantasiprodukter, at de tværtimod har erobret sig et vidtstrakt Virkefelt i de senere Aar. Disse Rensemaskiner anvendes ikke blot i Teatre, Møbelmagasiner og andre større Virksomheder, men ogsaa i mange private Hjem. Ganske vist er de for dyre til, at det kan betale sig for det enkelte Hjem at anskaffe sig en Støvsuger; men et saadant

Apparat kan lejes ved Foraars- og Efteraarsrengøringen. En Støvsuger med Elektromotor kan være anbragt paa en Vogn (Fig. 65), som køres hen til det paagældende Hus og forretter sit Arbejde i dette ved en lang Slange, som føres op fra Vognen og ind gennem et Vindu. Naturligvis kunde Støvsugerpumpen ved en saadan Ordning drives af en Eksplosionsmotor i Stedet for af en Elektromotor; men dette er udelukket ved de moderne smaa Støvsugere, hvor Elektromotor, Suger og Støvbeholder er forenede til et eneste Apparat, der let kan bæres i en Haand. En saadan lille Støvsuger kan let ved en lang Ledningssnor, der ender i en Stikkontakt eller i en »Lampefod«, sluttes til et hvilketsomhelst Lampested; den bruger kun for nogle faa Øre Elektricitet i Timen, og Anskaffelsesprisen er ikke større, end at den let kunde forrentes og amortiseres ved en Lejeafgift af nogle faa Kroner aarlig fra hver af Lejlighederne i et større Hus, hvis Beboere var fælles om den. Det maa dog herved erindres, at Støvsugere ikke egner sig til den daglige Rengøring, dertil arbejder de for langsomt.

Af andre elektrisk drevne Maskiner, som der kan være Tale om at anvende i private Hjem, maa for Byernes Vedkommende særlig nævnes den elektriske Vifte eller Ventilator. Ude paa Landet, vil det rimeligvis adskillige Steder, hvor man bruger en lille flyttelig Elektromotor til Drift af Landbrugsmaskiner, kunne betale sig ogsaa at spænde den for en Rulle og maaske andre til Husholdningen knyttede Maskiner.

IX. ELEKTRISK KØRSEL OG SEJLADS

Elektriske Sporveje og Bybaner. — Elektriske Baner af forskellig Art. — Elektromobiler. — Elektrisk Sejlads.

Elektriske Sporveje og Bybaner. Den 31. Maj 1879 aabnedes paa en Industriudstilling i Berlin den første elektriske Bane. Denne Bane, hvis Ophavsmand var Tyskeren Werner v. Siemens, var kun en 4—500 Alen lang Kredsbane, hvor et ganske lille elektrisk Lokomotiv kørte rundt med 3 lave aabne Personvogne. Den lille Elektromotor, som drev Lokomotivhjulene rundt, fik Strøm fra en Dynamo, idet dennes ene Pol blev forbundet med de to Skinner, Toget kørte paa, medens den anden blev sat i Forbindelse med en mellemliggende

godt isoleret tredje Skinne; Strømmen kunde da gaa fra Dynamoen ad Midterskinnen og gennem en paa Skinnen glidende Kobberkost til Elektromotoren og fra denne gennem Hjulene og Køreskinnerne tilbage til Dynamoen.

Saa uanselig denne Udstillingsbane end var, vakte den dog stor Opmærksomhed; Folk strømmede til for at se og prøve dette Forvarsel om en Omvæltning paa Samfærdselsmidlernes Omraade, og i Sommerens Løb kørte henimod 100 000 Mennesker rundt paa den lille Skinnekreds.

I Løbet af de følgende Aar blev der hist og her i Evropa udført nogle smaa elektriske Baneanlæg til praktisk Brug dels efter et lignende System som Udstillingsbanen, dels med en Tilledningstraad



Fig. 66. Det første elektriske Tog.

eller -skinne i Luften i Stedet for en Tilledningsskinne nede paa Jorden. Men det var Amerikanerne, der fik sat Fart i Sagen. De udformede den elektriske Kørsel saaledes i Enkelthederne, at den uden Vanskelighed kunde anvendes paa Sporveje i Byernes Gader og her tage Kampen op med Hestekørslen. I 1890 fandtes der i De forenede Stater Hestesporveje med en samlet Længde af over 1200 danske Mil og 300 Mil Sporveje med elektrisk Drift; men i 1902 var Hestesporvejenes Længde gaaet ned til 50 Mil, de elektriske Sporvejes op til 4—5000 Mil, en Længde, der ikke er meget mindre end Jordens Omkreds. Ogsaa i Evropas Byer har Elektriciteten nu næsten fortrængt Hesten fra Sporvejene.

Blandt andet fordi man frygtede for, at Ledningstraade i Luften skulde skæmme Gadernes Udseende, indførte man i flere Byer til at begynde med »Akkumulatorsporvogne«, hvis Elektromotorer fik Strøm fra et i Vognen anbragt Akkumulatorbatteri. Men Batterierne gjorde Vognene tunge og klodsede og fremkaldte desuden Syrelugt; endvidere besværede det Driften, at Vognene maatte holde stille i den temmelig lange Tid, der gik med til at lade Batteriet fra Elektricitets-

værkets Ledninger. Man har derfor næsten forladt denne Fremgangsmaade og tilfører de fleste Steder Sporvognen Strøm fra Luftledninger under Kørslen.

De fleste vil vist ogsaa nu indrømme, at herved er ingen Skade sket, i alt Fald hvor Gaderne er brede, og Luftledningernes Bære-

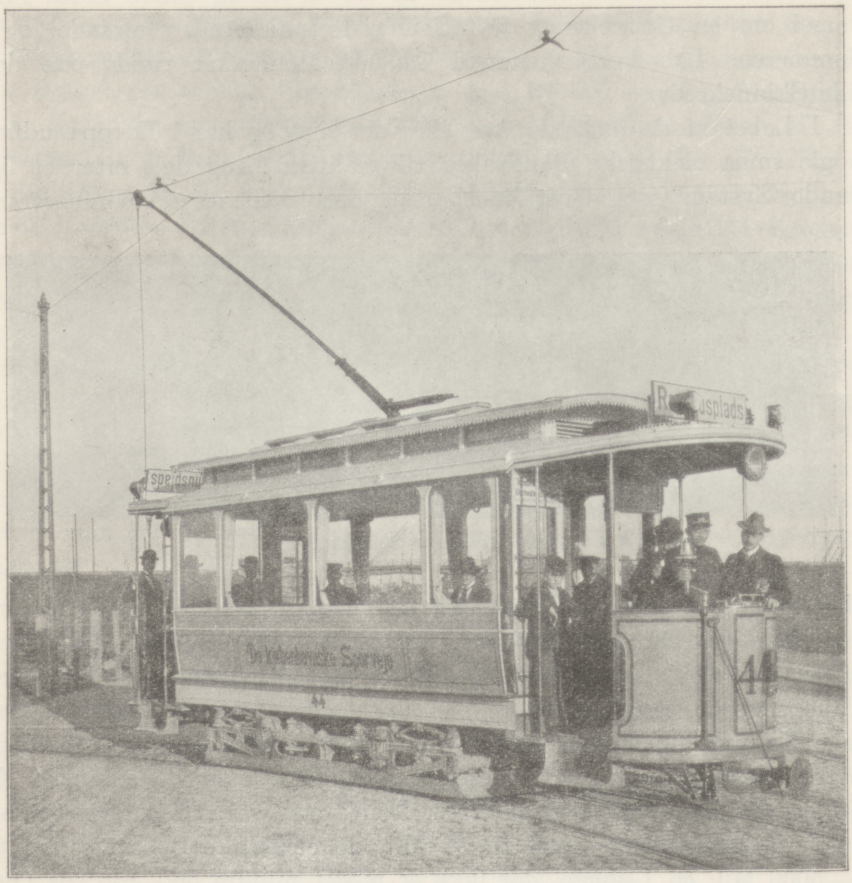


Fig. 67. En elektrisk Sporvogn.

master er smukt udført. Og alt i alt maa det siges, at de elektriske Sporvogne, der menneskefyldte glider gennem Gaderne uden synderlig Støj, uden Røg og uden Lugt, giver et stærkt og skønt Udtryk for Storbyens travle Liv, især om Aftenen, naar Vognene er elektrisk oplyste, og Gnister ses at springe frem ved Skinner og Luftledning. Hertil kommer endnu dette, at ved den elektriske Sporvejsdrift føres et mægtigt Udslag af Elektricitetens forunderlige Virksomhed daglig frem for vore Øjne paa Gader og Torve. Naar Vognstyreren udfører en

lille, let Drejning af et Haandtag, strømmer Elektriciteten usynligt og lydløst fra Kobbertraaden oppe i Luften gennem Vognen ned i Skinnerne og afgiver derved til Vognen Arbejdskraft, som den henter fra et Elektricitetsværk maaske flere tusind Alen borte. Med et Billede hentet fra Hestedriften kunde vi sige, at Vognstyreren pludselig spænder over halvhundrede usynlige Heste for Sporvognen, naar den skal sættes i Gang; naar den ved deres stærke Træk er kommet i Fart, sender han de fleste af dem eller dem alle bort, og derefter henter eller bortsender han under Kørslen fle_e eller færre efter Øjeblikkets Behov.

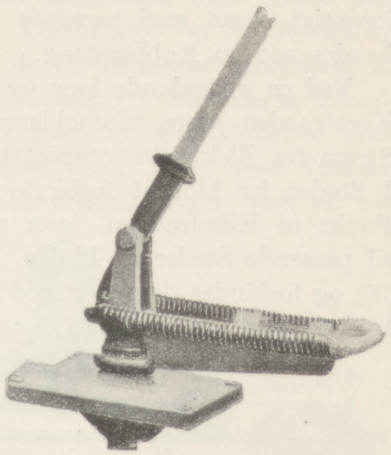


Fig. 68.
En Kørestangs nederste Del.

Men skønt Elektriciteten under Igangsætningen yder over 50 Hestekræfter, kunde dog den hele Virksomhed hindres af et Stykke Papir; hvis man — som det er forsøgt paa Sporvognsstationer — lagde en Avis under hvert Vognhjul, vilde Elektricitetens Overgang fra Hjul til Skinner hindres, og Vognstyreren kunde da ikke sætte Vognen i Gang.

Lad os imidlertid se lidt næ_mere paa Strømtilførslen til de elektriske Sporvogne, idet vi foreløbig holder os til den almindelige Ordning, som f. Eks. anvendes i København og i Kristiania.

Paa Vognens Tag er anbragt en Stang, Kørestangen, som paa en eller anden Maade (f. Eks. som vist i Fig. 68) af stærke Fjedre trykkes opad mod den over Sporet ophængte blanke Kobberledning, »Køretraaden«, saaledes at en »Kontaktrulle« (se Fig. 69) kan rulle mod Traadens Underside, medens to »Vinger« omfatter Traaden og hindrer, at Rullen glider af den. Under Kørslen ledes der fra Køretraaden, som staar i ledende Forbindelse med den positive Pol af Elektricitetsværkets Dynamo eller Akkumulatorbatteri, Strøm gennem Kontaktrullen og Stangen ned til to Elektromotorer under Vognen og derfra gennem Hjulene til Skinnerne, som staar i Forbindelse med den negative Pol. For at Skinnerne kan tjene

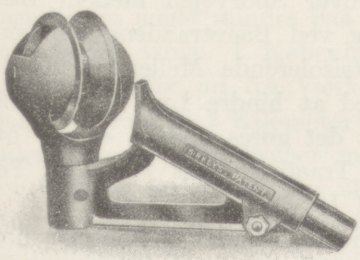


Fig. 69. Kontaktrulle.

som Tilbageledning for Strømmen er det nødvendigt, at hvert enkelt Skinnestykke bringes i særdeles god metallisk Forbindelse med det følgende (undertiden sammensvejses de endogsaa); de to Skinner sættes forøvrigt ogsaa med passende Mellemrum i ledende Forbindelse indbyrdes ved en Kobberstang.

Ved en nogenlunde lang og stærkt befærdet Sporvognslinje maatte Køretraaden gøres uforholdsmæssig tyk, om den skulde kunne føre Strøm fra Elektricitetsværket til alle de samtidig kørende Sporvogne. I Stedet for blot at forbinde Elektricitetsværket med det nærmeste Punkt af Køretraaden, fører man derfor særlige »Fødeledninger« ud til passende Steder af Linjen, de saakaldte Fødepunkter (*F* paa Fig. 70) og forbinder dem her med Køretraaden. Denne skal da ikke være tykkere end, at den kan forsyne Sporvognene mellem de to Føde-

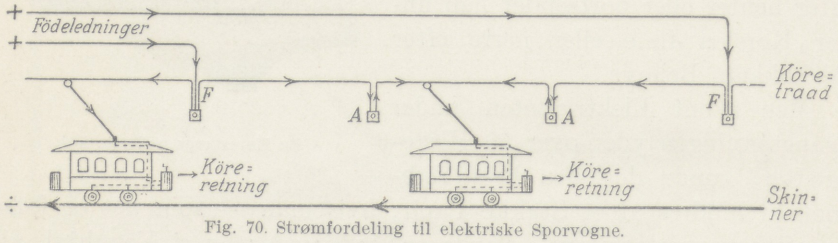


Fig. 70. Strømfordeling til elektriske Sporvogne.

punkter med Strøm fra disse. Fødeledningerne er i København underjordiske Kabler; men de kan ogsaa være Luftledninger.

Køretraaden er med Mellemrum af ca. 100 Fod fastgjort til Bærestykker paa en saadan Maade, at Kontaktrullens Bevægelse ikke hindres. Fig. 71 viser et Bærestykke, hvori to Klemmer fatter om Overdelen af Traaden, der har en Rille langs hver Side. Bærestykkerne kan enten være fastgjort til Bæremasters fremstrakte Arme eller til Bæretraade, som er udspændt tværs over Sporvejen mellem Bæremaster eller Huse. I Bærestykkerne og ved Bæretraadenes Ophængningspunkter er der indsat elektricitetsisolerende Mellemled. Endvidere søger man ved elastiske Mellemled at hindre Lyd og Rystelser i at forplante sig til Husene. — Hvor det gøres nødigt, er der over Køretraaden anbragt en jordforbunden Traad til Beskyttelse for Telefon- eller Telegraftraade (se S. 186 Bd. I).

Køretraaden danner ikke en sammenhængende Ledning; i nogle af Bærestykkerne — f. Eks. for hver halve Kilometer (1600 Fod) — er der i Køretraaden indsat et isolerende Stykke, og fra hver Side af dette er ført Ledningstraade langs Bæretraaden og ned til en lille Kasse (*A* Fig. 70) paa Bæremasten (eller Huset). I denne Kasse findes dels en Ledningslynafleder (se S. 218 Bd. I), dels en Afbryder.

Under almindelige Forhold er Ledningen sluttet i Afbryderen, saa at Strømmen ad denne Vej kan passere mellem de adskilte Dele af Køretraaden, som antydet ved Pilene i Fig. 70; men hvis der f. Eks. sker et Brud paa Køretraaden, saa at Mennesker eller Heste kan komme i Berøring med nedhængende Traadender (se S. 210 Bd. I), kan disse gøres ufarlige ved Hjælp af de to nærmeste Afbrydere. Er Traadenderne afklippet og Ledningsforbindelsen i Afbryderne genoprettet, kan Kørslen genoptages, da Vognene i Almindelighed godt kan faa Fart nok til uden Strøm at køre det Stykke, hvor Traaden mellem to Bærestykker mangler. Men naturligvis sørger man for saa hurtig som mulig at faa Skaden udbedret; denne og andre Reparationer udføres fra Vogne med en Arbejdsplatform anbragt paa Toppen af et Taarn.

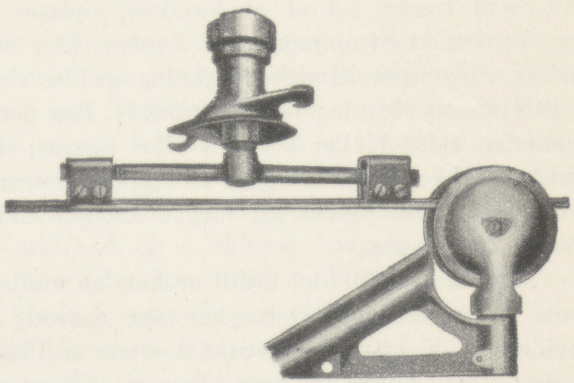


Fig. 71. Bærestykke og Køretraad (til højre ses en Kontaktrulle).

I større Byer findes der i Reglen et helt Net af Sporveje; Køretraaden kommer saaledes ogsaa til at danne et sammenhængende Net med Fødepunkter rundt omkring paa passende Steder.

Sporvejene i og ved København forsynes med Strøm fra Østre-, Vestre-, Frederiksberg- og Skovshoved-Elektricitetsværker. Ved disse Sporveje og i det hele taget i de fleste Byer anvendes en Spænding af ca. 550 à 600 Volt inde paa Værkerne; ude ved Vognene bliver Spændingen noget mindre paa Grund af Tabet i Ledningerne, der kan være meget lange. I København strækker den længste Fødeledning sig 4 Kilometer ud fra Værket, og fra det paagældende Fødepunkt gaar Køretraaden 2 Kilometer længere ud (til Bispebjerg). Da Vognene under Igangsætning bruger mange Gange stærkere Strøm end under jævn Kørsel, og da det kan ske, at mange Vogne sættes i Gang samtidig, anvendes paa Elektricitetsværkerne saakaldte Pufferbatterier eller Stødpudebatterier, som taaler en forholdsvis stærkere Udladestrøm end de sædvanlige Akkumulatorbatterier, og derfor uden at være uforholdsmæssig store kan virke udjævnende overfor de stødvise stærke Strømkrav.

Det er i det foregaaende antaget, at Sporvejsskinnerne brugtes

som Tilbageledning for Strømmen. Da Skinnerne imidlertid ikke er isolerede fra Jorden, hvori de ligger, kan en Del af Elektriciteten slippe ud af Skinnerne og vandre tilbage til Elektricitetsværket ad andre Veje. Denne Elektricitet, som saaledes flakker om paa egen Haand, kan gøre megen Skade. Den har stor Tilbøjelighed til at gaa ind i et Vandrør eller Gasrør, følge denne godt ledende Vej en lang Strækning for saa maaske at gaa ud af dette Rør og over i et andet endnu mere tillokkende Vandrør eller smutte tilbage i Skinnerne et Sted, hvor den elektriske Spænding er lavere end ved Udgangspunktet; paa det Sted, hvor en saadan »vagabonderende« elektrisk Strøm træder ud af et Vandrør, opløses imidlertid Rørets Jærn, og føres med Strømmen ud i Jorden, idet her som overalt for elektriske Strømmes kemiske Virkning gælder den Regel, at Metal føres i Strømmens Retning (se S. 54 Bd. I). Paa denne Maade kan der efterhaanden ædes Huller i Vand- eller Gasrør; ogsaa underjordiske elektriske Kabler kan ødelægges af Vagabondstrømmene. Man kan da forstaa, at der er blevet sat meget Arbejde ind paa at bekæmpe dette Vagabonduvæsen.

Det sikreste Middel hertil er helt at undlade at benytte Skinnerne som Tilbageledning. Dette kan ske derved, at der over Sporet anbringes to Køretraade, hvoraf den ene er Plusleder, den anden Minusleder; Vognen maa da ogsaa have to Kørestænger. Denne Fremgangsmaade benyttes flere Steder, hvor særlige Grunde taler derfor; i København er der saaledes dobbelt Køretraad i Gotersgade, hvor det derværende Elektricitetsværks Kabler nødig maatte udsættes for Vagabondernes Angreb, samt i flere andre Gader, hvor de underjordiske Rør eller Kabler ligger særlig tæt. Naar dobbelt Køretraad ikke anvendes i langt større Udstrækning, skyldes det vistnok mindre Bekostningshensynet end de Vanskeligheder, som opstaar ved Krydsningspunkter for flere Sporvejslinjer.

Anvendes kun én Køretraad, kan Vagabonderingen ikke helt undgaas; men den kan indskrænkes meget derved, at der i Kablerne til Fødepunkterne ikke blot indlægges en Plusleder til Køretraaden, men ogsaa en Minusleder, som forbindes med Skinnerne, saa at Elektriciteten altsaa fra mange Punkter af Ledningsnettet kan gaa tilbage til Elektricitetsværkerne gennem Fødekablerne. Denne Fremgangsmaade benyttes ved det københavnske Sporvejsnet taget i snævrere Forstand; ved de frederiksbergske Sporveje tjener Skinnerne alene som Tilbageledning.

Professor Absalon Larsen ved Polyteknisk Læreanstalt i København har angivet et andet Middel til at indskrænke Vagabondstrømmenes

ødelæggende Virkninger; han har paavist, at disse udebliver eller i alt Fald formindskes stærkt, naar Sporvejsstrømmenes Retning ændres med visse Mellemrum — f. Eks. 1 Gang i Døgnet. Det Jærn eller Bly, som de vagabonderende Strømme tagei fra Rør og Kabler, naar de gaar den ene Vej, vil de da føre tilbage igen, naar de skifter Retning. For Sporvognenes Fremdrift er det ligegyldigt, om Strømmen sendes ud gennem Køretraaden og tilbage gennem Skinnerne eller omvendt, og for den Sags Skyld kan Strømmen altsaa godt vendes. Der er imidlertid andre Vanskeligheder forbundet med Anvendelsen af denne tiltalende Fremgangsmaade, som derfor foreløbig ikke er ført ud i Praksis.

De vagabonderende Sporvejsstrømme er ogsaa yderst generende for Laboratorier eller Observatorier, hvor der skal foretages fine Maalinger af Jordmagnetismen, idet Vagabondstrømmene paavirker Magnetnaalenes Stillinger; selv mange Kilometer fra en Sporvejslinje kan Forstyrrelsen undertiden mærkes. Ogsaa den umiddelbare Virkning af de ikke vagabonderende Strømme kan forstyrre saadanne Maalinger; selv om Strømmene i Køretraad og i Skinner overalt var modsat rettede og lige stærke — hvad der ikke altid er Tilfældet (se f. Eks. Fig. 70) — vilde deres Virkninger paa Magnetnaale i Nærheden ikke helt ophæve hinanden, da der er en ikke saa ringe Afstand mellem Traad og Skinne. De magnetiske Observationer har derfor mange Steder maattet flygte for elektriske Sporvejsanlæg; de, der findes i København, er saaledes flyttede ud til Rude Skov ved Holte. Forøvrigt har Stærkstrømsteknikkens Fremgang i det hele taget ofte voldt Vanskeligheder for Udførelsen af nøjagtige elektriske og magnetiske Maalinger; paa elektriske Laboratorier maa man i mange Tilfælde benytte »Pansergalvanometre«, der af et Jærnhylster beskyttes mod Paavirkning af stærke Strømme i Nærheden.

Vi skal nu dvæle lidt ved selve de elektriske Sporvognes Indretning.

Der er for det første Kørestangen paa Taget. Den er anbragt saaledes, at den ved Hjælp af en til Rullen fastgjort Snor kan svinges rundt, naar Vognen skal skifte Køreretning. Idet Stangen saaledes er drejelig og Kontaktrullen ligesaa, kan Rullen godt følge Traaden, selv om denne ikke forløber over Midten af Vognen. Dette kan den naturligvis ikke gøre overalt i Krumninger, skønt man ved tættere Bæremaster og paa passende Maade anbragte Spændetraade søger at gøre Afvigelserne smaa.

Det kan ske, at Kontaktrullen springer af Køretraaden, og der hører da nogen Øvelse til hurtigt at trække Stangen saaledes i Stilling,

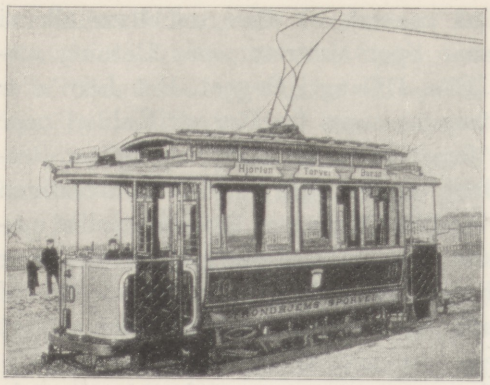


Fig. 72. Sporvogn med Kontaktbøjle.

at Rullen atter tager fat. I nogle Byer (f. Eks. i Trondhjem og i Aarhus) bruges derfor i Stedet for en Stang med Rulle en »Kontaktbøjle«, som den man ser i Fig. 72. Selv ved stærke Svingninger af Vognen kan Bøjlens brede Overdel ikke glide bort fra Køretraaden; men denne slides stærkere end, hvor der anvendes Kontaktrulle.

Fra Kørestangen (eller Kontaktbøjlen) er der lagt Ledninger langs Vogntaget. Strømmen kan dele sig mellem flere Ledningsgrene, nemlig to eller tre til Lamperne i Hovedvognen og i Bi- eller Tilhængsvognen, hvis en saadan benyttes, samt én, der fører selve Driftsstrømmen. Sidstnævnte Ledningsgren er i Reglen ført ned gennem en af Vognens Hjørnestolper. Dels umiddelbart under Taget, dels under Vognbunden passerer Strømmen gennem Afbrydere, Smeltesikring og Lynafleder. Den gaar derefter hen til en Igangsætnings- og Reguleringsindretning paa den forreste af Vognens Perroner; er Vognen indrettet til at køre i begge Retninger, findes der en saadan Igangsætter, Strømfordeler, Regulator, »Kontrolle.« — eller hvad man nu vil kalde den — paa hver Perron. Fra Igangsætteren udgaar et helt Bundt af Ledninger, dels til Reguleringsmodstande, dels til Motorerne, der er anbragt paa Undervognen som vist i Fig. 73, hvor de to Kasser med Hanke indeholder Motorerne

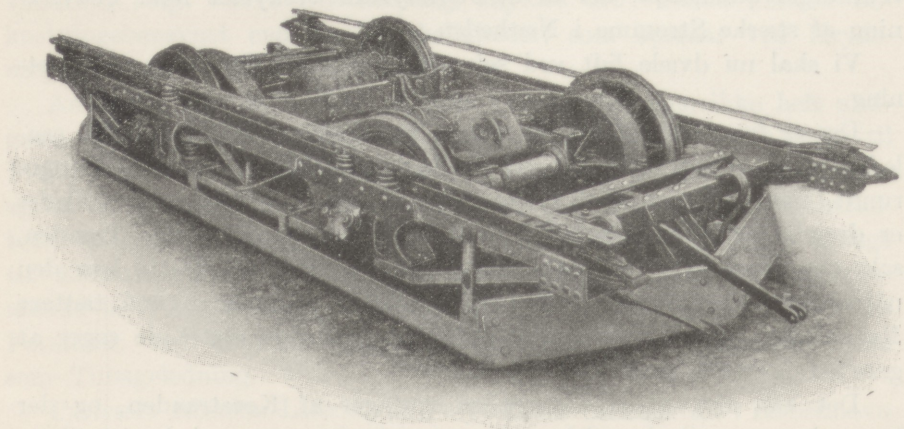


Fig. 73. Underdelen af en Sporvogn.

eller snarere Motorankrene; thi Kassehylstret danner selv den Jærnmasse, hvorfra Feltmagneternes korte, flade Jærnkærner — 4 i alt — udgaar. Indretningen af Motoren og dens Forbindelse med Hjulakslen kan forstaas af Fig. 74, som dog ikke just fremstiller Motoren til den københavnske Undervogn Fig. 73; man ser — lige ovenfra — et Stykke af en Hjulaksel med et stort Tandhjul og Motorkassens underste Halvdel, medens Kassens øvre Halvdel tillige med Motorankeret er smækket tilbage; lægges de atter paa Plads, vil Ankerakslens lille Tandhjul gribe ind i Hjulakslens store.

Igangsætteren er en høj Kasse med et Hylster af langagtigt, afrundet Tværsnit. Over dens Laag ses to Haandtag; kun det ene af disse (»Kørenøglen«) bruges under almindelige Forhold; men Vognstyreren kan med det andet vende Motorstrømmen, saa at den vil drive Vognen baglæns. I Igangsætterens Indre findes bl. a. en »Kontaktvalse« eller »Styrevalse«, som drejes ved Hjælp af Kørenøglen. Paa denne Valse er anbragt en Række vandrette Kobberskinner af forskellig Længde og Form; disse Skinner kommer ved Valsens Drejning i eller ud af Berøring med faste Kontaktstykker, og paa denne Maade opnaas de Forbindelser, der svarer til Vognens Igangsætning, forskellige Kørehastigheder og Standsning; Blæsemagneter (S. 220 Bd. I) forhindrer Dannelsen af Lysbuer ved Strømafbrydningerne i Apparatet. — I Almindelighed opnaas Reguleringen derved, at Strømmen bringes enten til at dele sig mellem de to Motorer (der er Seriemotorer) eller til at passere dem efter hinanden, samt ved Ind- eller Udskydning af Modstand i Ledningerne. Der kan dog ogsaa anvendes andre Systemer. — Fig. 75 viser det indre af en Igangsætter, dog af noget anden Konstruktion end almindeligt ved Sporvogne.

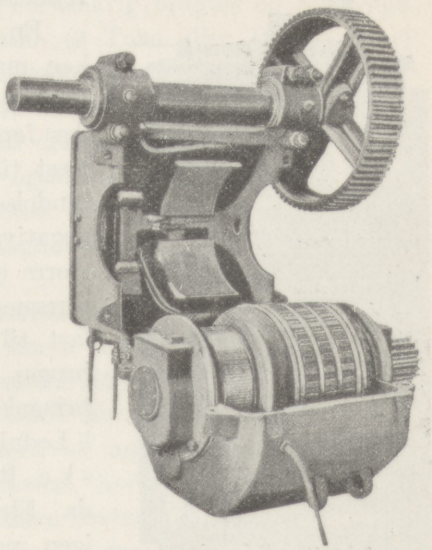


Fig. 74. Hjulaksel med Elektromotor.

En Vogn, der kører gennem befærdede Gader med en Fart af 2—3 Mil i Timen, maa nødvendigvis kunne standses hurtigt, om den ikke skal foraarsage Ulykker. I denne Henseende som i saa mange andre har elektrisk Kørsel imidlertid store Fortrin for al anden Slags

Kørsel. Skal f. Eks. et Jærnbanetog standses hurtigt, saa sørger man for at presse Bremseklodser mod saa mange af dets Hjul som muligt; ved Gnidningen mellem Hjul og Klodser omdannes da Togets Bevægelsesenergi (den Arbejdskraft, det har paa Grund af sin Fart; se S. 138 Bd. I) til Varme; men herved foraarsages Slid paa Klodser og Hjul, og trykkes Klodserne stærkt mod Hjulene, bliver Resultatet let, at disse standser deres Omdrejning og i Stedet slæber paa Skinnerne, hvilket giver en langsommere Standsning af Vognene og er meget skadeligt for Hjulene.

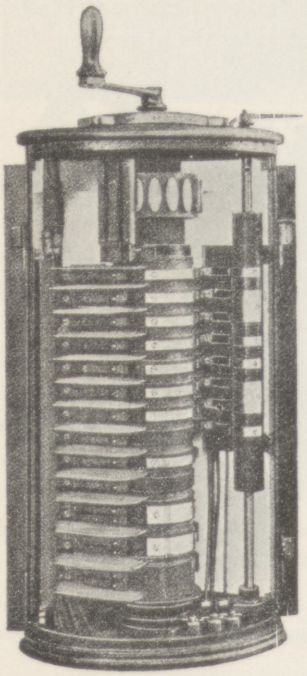


Fig. 75. Igangsætter og Regulator.

En elektrisk Sporvogns Bevægelsesenergi kan man faa omdannet til Varme paa en helt anden Maade. Ved Kørenøglen afbrydes først Strømmen fra Køretraaden; dernæst tilvejebringes i selve Vognen en Forbindelse mellem Motorernes positive og negative Poler gennem Ledningstraad med større eller mindre Ledningsmodstand. Motorerne kommer da under Vognens Fremfart til at virke som Dynamoer, der forbruger Vognens Bevægelsesenergi til Frembringelse af Strøm, som bliver til Varme i Ledningstraadene. Ved denne elektriske Bremsning forvoldes intet Slid, da Elektromotorens Feltmagneter holder igen paa Ankrene uden at berøre dem, og Bremsningen kan tillige fuldstændig beherskes af Vognstyreren; med nogen Øvelse kan han tilvejebringe en kraftig Bremsning uden at bringe Hjulene til at slæbe. Naar Farten bliver ringe, bliver Bremsestrømmen fra Motorerne svag, og den sidste Fart tages derfor bedst af Vognen ved Bremseklodser, der bevæges ved en Haandbremse; navnlig naar Banen hælder, er et saadant Hjælpemiddel nødvendigt. — Kræves der endnu hurtigere Standsning end den, der kan opnaas ved den omtalte elektriske Bremsning i Forening med Haandbremsning, kan der tæt over Skinnerne anbringes nogle langstrakte Elektromagneter, som i Almindelighed af Fjedre holdes lidt fra Skinnerne, men saa snart de faar Strøm — enten Bremsestrøm fra Motorerne eller Strøm fra Køretraaden — drages ned mod Skinnerne ved magnetisk Tiltrækning og saa at sige suger sig fast til dem. — Medfører en elektrisk Sporvogn Tilhængsvogne uden Motorer, kan disse bremses med Haandbremser eller henne fra Motorvognen ved Vakuums- eller

Lufttryksbremser ligesom Jærnbanevogne; men Bremsningen kan ogsaa fremkaldes af Motorvognens Vognstyrer ved en elektrisk Strøm, som sætter en eller anden Bremseindretning i Virksomhed; enten kan Elektromagneter ligefrem trække Bremseklodser mod Hjulene, eller en Jærnskive paa Hjulakslerne kan ved magnetisk Tiltrækning bringes i Berøring med en Kreds af Elektromagneter, der er i fast Forbindelse med Undervognens faste Dele, eller der kan anvendes magnetisk Skinnebremse som før omtalt. — Der er saaledes Muligheder nok. Som Eksempel paa, hvor vidt man kan naa i Retning af hurtig Standsning, kan det anføres, at ved Forsøg i Frankrig bragtes en Sporvogn af lignende Vægt som de københavnske (9 Tons eller 180 Centner) paa lige Bane til Standsning paa en Strækning af 10 Meter (32 Fod) fra en Fart af 30 Kilometer (4 Mil) i Timen, d. v. s. langt mer end der er tilladt i Byernes Gader; men den havde ogsaa baade almindelig elektrisk Bremsning, magnetisk Skinnebremse og Hjulbremse med elektromagnetisk bevægede Bremseklodser.



Fig. 76. Sporvognsskinne med Ledningskanal under Arbejde.

I nogle Byer har Uviljen mod Luftledninger været saa stærk, at man i alt Fald i finere Kvarterer har foretrukket at skaffe Sporvognene Strøm ved andre kostbarere og mindre driftssikre Fremgangsmaader. En af disse bestaar deri, at man under den ene Skinne udmurer en Kanal, hvori Strømtilførselsledningen anbringes. Skinnen bestaar som vist i Fig. 76 af to Dele med en Spalte imellem. Fra Sporvognen gaar en Kørestang gennem Spalten ned i Kanalen, hvor en paa Stangen anbragt Kontaktrulle eller Kontaktslæde glider paa Ledningen. Kanalen har mange Steder Afløb til Kloakerne. Systemet er blandt andet anvendt i Paris. — Andetsteds har man indført det saakaldte Overfladekontaktsystem. Her er Strømtilførselsledningen ogsaa nedlagt i en Kanal under Sporet, men denne Kanal er lukket, og Sporvognen kan kun komme i Forbindelse med Ledningen gennem Metalklodser, »Gadekontakterne«, som er nedlagt i Gaden med Mellemrum kortere end Sporvognens Længde. I Almindelighed er Gadekontakterne ikke i Forbindelse med Ledningen og derfor ufarlige at træde paa; men naar Sporvognen kører hen over en Kontakt, vil en stærk Magnet under Vognen tiltrække et Jærnstykke nede i Kanalen og derved tilvejebringe en ledende Forbindelse mellem den strømførende Ledning og Gadekontakten. Vognen kan derfor faa Strøm gennem Metalbørster el. desl., der under Kørslen glider hen over Kon-

takterne. Naar Vognen forlader en Kontakt, falder Jærnstykket atter ned og gør Gadekontakten strømløs; men det skete til at begynde med ikke sjældent, at Heste blev dræbt ved at træde paa Kontakterne, idet Jærnstykket var blevet siddende.

De elektriske Sporvogne har vist sig at være ypperlige Afløsere af Hestesporvognene; idet de kan befordre flere Mennesker og køre langt hurtigere, har de saa at sige forkortet Afstandene mellem de forskellige Bykvarterer; de har derved som tidligere fremhævet gjort det muligt for mange Mennesker at flytte fra Byens Indre ud til Forstæder, ja til Dels endog til landlige Villakvarterer helt udenfor Byen. Imidlertid kan det ikke være andet end, at et Køretøj, der skal forliges om Gaden med almindelige Vogne, Cykler og Fodgængere, maa nøjes med en Kørehastighed betydeligt under, hvad der tillades paa Jærnbaner, som alene er forbeholdt en planmæssig Skinnekørsel; desuden begrænses Kørehastigheden stærkt ved Kravene om Stoppesteder med korte Mellemrum. Derfor kunde Indførelse af elektrisk Drift paa Sporvejene ikke overflødiggøre særlige B y b a n e r, som dem, der i London, New York, Paris, Berlin og andre Millionbyer tilvejebringer en hurtig Forbindelse mellem milevidt adskilte Bydele.

Men ligesaa vist som den elektriske Drift er Hestedriften overlegen i Gaderne, ligesaa vist er den Dampdriften overlegen paa disse Bybaner. At Røgen forsvinder og Støjen formindskes, er allerede en ikke ringe Fordel ved den elektriske Drift, men langt vigtigere er det, at den muliggør en meget bedre Ordning af Trafikken, idet talrige smaa Tog kan træde i Stedet for færre store Tog; en saadan Forøgelse af Togenes Hyppighed uden tilsvarende Formindskelse af deres Hurtighed, er selvfølgelig en overordentlig stor Vinding for Samkvemmet.

Grunden til, at den elektriske Drift begunstiger hyppige Tog, er let at se. Et Damptog maa medføre et helt Dampkraftsanlæg; foruden selve Motoren, der driver Hjulene — d. v. s. den egentlige Dampmaskine —, maa der findes Kedel med Fyrrum og Skorsten samt Kul og Vand; alt dette maa anbringes paa 1 eller 2 særlige Køretøjer — Lokomotiv og Tender —, som ikke kan optage Passagerer, og der kræves to Mand — Lokomotivfører og Fyrbøder — til at passe det. Da nu tilmed smaa Lokomotiver arbejder mindre økonomisk end store, er det indlysende, at talrige smaa Tog vilde volde meget større Udgifter end nogle faa med mange Vogne hægtede til ét Lokomotiv. — Ved den elektriske Kørsel stiller Sagen sig ganske anderledes. Her skal kun selve de elektriske Motorer medføres; Kraften sendes dem inde fra Elektricitetsværkets faste Dampkraftsanlæg; endvidere kan

Motorerne anbringes under Passagervognene, og det bliver ikke uforholdsmæssigt kostbart at forsyne de fleste eller alle Vogne med Motorer. Mange Motorvogne (og eventuelt nogle Tilhængsvogne) kan i og for sig godt forenes til et langt Tog, og der kan tilvejebringes saadanne elektriske Forbindelser mellem dem, at Elektromotorerne i dem alle styres ved en enkelt Kørenøgle af en Vognstyrer paa den forreste Vogn. Men Kraftforbruget bliver ikke væsentlig større, om man lader hver Motorvogn køre for sig, ja, en saadan stærkt gennemført Deling er ovenikøbet heldig for Elektricitetsværkets Drift, da Kraftforbruget bliver jævnest fordelt paa denne Maade.

Den elektriske Drift tillader ogsaa et ret rigeligt Antal Holdepladser, uden at Kørehastigheden lider for stærkt derved, idet nemlig de elektriske Tog hurtigere end Damptog kan faa fuld Fart efter en Standsning. Til Dels hidrører dette fra, at en Elektromotor, som blot ved Kørenøglens Drejning kan hente mer eller mindre Arbejdskraft inde fra Elektricitetsværkets rige Kraftforraad, lettere kan udfolde en meget stor Kraft under Igangsætningen end et Damplokomotivs Maskine, der maa tage Kraften fra den medførte Dampkedel; men tillige er det af stor Betydning, at den elektriske Drivkraft virker umiddelbart paa alle eller de fleste Vognhjul, medens en Lokomotivdampmaskine kun tager fat i ét, to eller allerhøjst 3 Hjulpar; idet disse faa Hjul ved deres Tryk bagud paa Skinnerne skal trække hele Toget frem, kan der let blive stillet saa store Krav til dem, at de glider paa Skinnerne, og dermed er Grænsen for Lokomotivets Kraftydelse naaet, selv om Dampmaskinen er nok saa kraftig. For at en stærk Maskines Kraft skal kunne udnyttes fuldt ud, maa Lokomotivet være saa tungt, at Hjulene hindres i at glide; men paa den anden Side er det naturligvis, naar et Tog hurtigt skal sættes i Fart, heldigst, at det er saa let som muligt. — Ogsaa med Hensyn til hurtig Standsning har de elektriske Tog store Fortrin for Damptogene (se S. 82).

Paa Grund af det større Herredømme man saaledes har over de smaa lette elektriske Tog, tør man tillade en hurtigere Togfølge ved elektrisk Drift end ved Dampdrift. I denne Henseende er det imidlertid ogsaa af Betydning, at man let kan knytte betryggende, selvvirkende Signal- og Sikringsmidler til elektrisk Kørsel. Et lille Eksempel paa, hvorledes noget saadant kan ordnes, kan vi hente fra den elektriske Sporvej til Klampenborg ad Strandvejen. Denne Sporvej er paa sin nordligste Strækning enkeltsporet med Vigespor i ret store Afstande, saa at man ikke overalt kan se fra det ene til det næste, og det maa derfor ved Signaler forhindres, at Vogne fra to Sider mødes

mellem Vigesporene. Dette opnaas ved Hjælp af røde eller grønne elektriske Glødelamper, som tændes af Vognene selv. Lad os f. Eks. antage, at en Vogn kommer Syd fra til Enkeltsporstrækningens første Vigespor (lidt Nord for Charlottenlund Skov), og at her ikke er tændt nogen Lanterne. Vognen kan da frit køre videre; men inden den forlader Vigesporet, vil Vingerne paa dens Kontaktrulle slaa til en lille over Køretraaden ophængt Bøjle og derved et Øjeblik slutte en Strøm, som atter ved at paavirke en elektromagnetisk Strømslutter slutter en anden Strøm gennem en grøn og en rød Signallanterne. Den grønne Lanterne befinder sig umiddelbart Nord for Vigesporet og tjener dels til at vise Vognstyreren, at Signalindretningen er i Orden, dels til foreløbig at standse en efterfølgende Vogn. Den røde Lanterne er derimod anbragt langt forude ved det næste Vigespor (ved Skovshovedvej) og forbyder Nord fra kommende Vogne at passere dette. Naar nu den Vogn, vi betragter, naar hen til det næste Vigespor, vil Kontaktrullens Vinger her træffe en Bøjle, ved hvis Udsving Strømmen gennem de to omtalte Lanterner afbrydes, saa at de slukkes og frigiver den Enkeltsporstrækning, Vognen har forladt; men tillige rammes, inden Vognen forlader Vigesporet, en anden Bøjle, hvorved en grøn Lanterne paa Stedet og en rød Lanterne ved det tredje Vigespor bliver tændt; og saaledes fremdeles. Vogne Nord fra træffer ved Vigesporene andre Bøjler, hvorved andre Lanterner tændes eller slukkes. — Paa denne Maade holder Sporvognene altid Enkeltsporstrækningen foran sig og bag sig fri for andre Sporvogne.

Ved de grønne Signallanterner, der dækker Vognens Ryg, fremkommer et Bloksystem, som ligner det S. 97—99 Bd. I beskrevne, men ikke kræver Banevogtere. Selvvirkende Bloksystemer med forskelligt farvede elektriske Signallamper er i langt større Omfang end paa Strandvejen indført paa elektriske Bybaner med større, hurtigere og hyppigere Tog — f. Eks. paa New Yorks underjordiske Bane, hvor desuden Strømmen til Motorerne afbrydes og Vognene bremses, hvis Vognstyreren ikke respekterer Signalerne.

Ogsaa andre selvvirkende Signaler, som ikke har noget med Sikkerhedstjenesten at gøre, kan bringes i Virksomhed paa elektriske Baner. Den norske Værkfører Ole Løken har saaledes opfundet en selvvirkende Stationsmelder. Skal denne anvendes paa en Sporvejslinje, anbringes der mellem Stoppestederne paa passende Steder oppe ved Køretraaden Kontaktindretninger, som ved Vognens Forbifart sender Strøm fra Køretraaden ned gennem en isoleret Ledning langs Kørestangen og til Skinnerne gennem en i Vognen anbragt elektromagnetisk Mekanik; denne bringer da Navnet paa næste Stoppested til

at træde frem bag en Rude i Stedet for Navnet paa det Stoppested, Vognen sidst forlod.

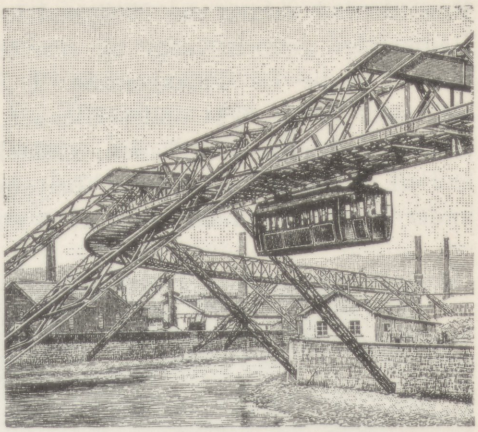


Fig. 77. Hængebane i Barmen-Elberfeld.

Til de i det foregaaende fremhævede Fordele ved elektrisk Kørsel paa Bybaner kommer endnu den Omstændighed, at den muliggør ejendommelige Baneanlæg, som daarlig kunde passe for Dampdrift. Allerede ved Dampbanerne har man enkelte Steder for at undgaa Konflikt med Gadefærdslen søgt op i Luften over dem eller ned i Jorden under dem; men begge disse Fremgangsmaader kan meget lettere sættes i Værk ved elektriske Baner.

En »Højbane« eller »Luftbane«, ad hvilken lange, tunge Damptog skal kunne køre hen over Gadefærdselen, maa saaledes bygges betydeligt sværere, end det er nødvendigt ved en Luftbane for elektrisk Drift; navnlig gælder dette, naar man i Stedet for at lade de elektriske Vogne løbe ovenpaa to Skinner lader dem være ophængt under en enkelt Skinne, paa hvilken Hjulene ruller. Hvorledes dette kan ordnes, fremgaar af Fig. 77 og 78. Det første Billede viser et Parti af en énskinnet Hængebane, som i flere Aar har været i Drift i Barmen-Elberfeld i Tyskland; Banelinjen, som har to Spor, er befæstet til Skraastøtter, der skræver over en Flod; den Vogn, som ses at køre paa det ene Spor, bæres af to buede Arme, der er fastgjort til Hjulstel med Elektromotorer over Skinnen. Der har ogsaa været Planer fremme om i Berlin at bygge en saadan Bane; i nogle Gader skulde begge Spor bæres af en enkelt Række Bærestøtter midt i Gaden; nede i denne skulde der under Hængebanevognene køre elektriske Sporvogne, som antydet i Fig. 78.

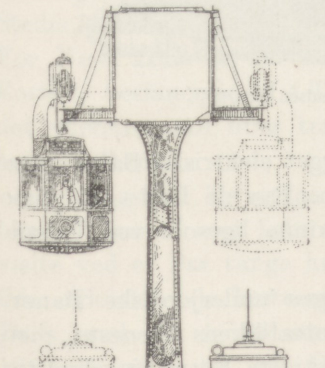


Fig. 78. Bærestøtte for en planlagt Hængebane i Berlin.

For Baner, der skal anlægges i Tunneler, er det af særlig Betydning, at elektriske Tog ikke har Skorstene og ikke giver

Røg; derved aabnes der Mulighed for at føre Tog efter Tog i hurtig Rækkefølge gennem lange og snævre Tunnelrør dybt nede i Jorden uden Ulempe for Passagererne. I London er der anlagt saadanne elektriske Baner dybt under Kloaker, Vandrør o. s. v. indtil 50 Meter (160 Fod) under Overfladen; elektriske Elevatorer fører Passagerer ned til og op fra de elektrisk belyste underjordiske Stationer. Jorden under Paris er gennemtrængt af et storslaaet Net af elektriske Baner.

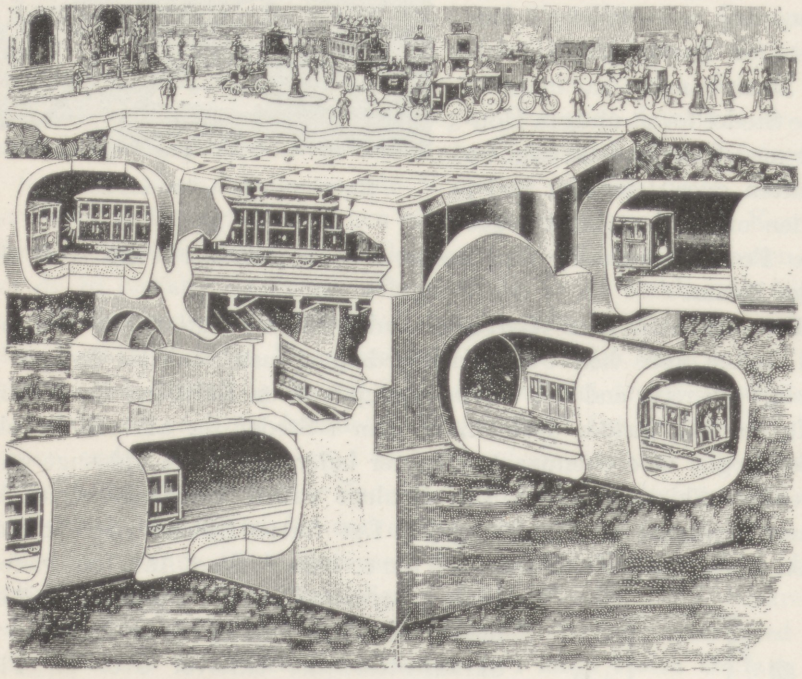


Fig. 79. Elektriske Baner under Operapladsen i Paris.

I New York og i Berlin er der ligeledes bygget elektriske Baner, som i det mindste til Dels er ført under Jorden. Paa de fleste af disse Baner faar Togene Strøm fra en isoleret Skinne ligesom ved Udstillingsbanen S. 73.

Ganske enestaaende i sin Art er Chikagos underjordiske Baner; de staar ikke som de foran nævnte i Persontrafikkens Tjeneste, men benyttes til Godsbefordring. Under Byens vigtigste Forretningskvarter ligger i en Dybde af 9—10 Meter (30 Fod) et Net af Tunneler med en samlet Længde af 60—70 Kilometer eller henimod en halv Snes Mil. Nettet bestaar dels af videre Hovedtunneler med Dobbeltspor, dels af meget snævre ikke stort mer end mandshøje Sidetunneler med

Enkeltspor; disse sidste gaar hen til Kvarterets store Forretningshuse og Varelagre, hvor Varerne befordres op eller ned ved Elevator. I Fig. 80 ses to Godstog trukne af elektriske Lokomotiver i Færd med at komme ud af Sidetunneler. Da Tunnelerne paa dette Sted har stærk Hældning, griber Lokomotiverne her ved Tandhjul ind i en Tandstang mellem Køreskinnerne; denne tandede Skinne er isoleret og tjener som Tilledning for Strømmen, men andre Steder anvendes Køretraad. — Det angives, at der gennem Tunnelerne daglig befordres langt over 100 000 Tons (200 Millioner Pund) fra og til Banegaardene.

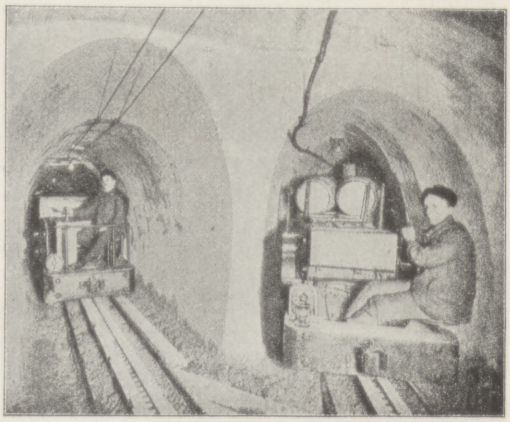


Fig. 80. Elektrisk Godsbefordring under Chikago.

Af ejendommelige elektriske Bybaner kan endnu nævnes det »rullende Fortov«, som gjorde Tjeneste paa Verdensudstillingen i Paris i1900. Det bestod af to jævnsides løbende, aldrig standsende »Transportbaand« (smlgn. S. 49) med forskellig Hastighed; fra faste Platformer kunde man uden Vanskelighed træde op paa det langsomt løbende Baand og fra dette paa det andet. Selv om man ikke ligefrem vil anlægge rullende Fortove i Byernes Gader, er det ikke usandsynligt, at denne Slags Baner vil finde Anvendelse adskillige Steder, hvor det gælder om at magte en overvældende stærk Færdsel. For New York er der saaledes projekteret et underjordisk rullende Fortov, bestaaende af 4 Transportbaand med voksende Hastighed fra det yderste, man først træder op paa, til det inderste, hvor der anbringes Bænke.

Endelig skal her ogsaa omtales Brennans mærkelige Enskinnebane, hvor Vognen kører helt ovenpaa en enkelt Skinne og holdes fra at vælte ved et Par tunge hurtigt drejende Snurrer. Dette System er vel ikke udelukkende bestemt til at anvendes til Bybaner med elektrisk Drift; ved det første større Forsøg, Brennan udførte — i Foraaret 1910 — var det en Eksplosionsmotor, der drev Forsøgsvognen; men det er dog rimeligt, at den nye Banetype først vil blive forsøgt i Praksis som elektrisk Sporvogn. Og i hvert Fald maa der anvendes Elektromotorer til det Arbejde at holde Snurrerne i Gang.

Elektriske Baner af forskellig Art. Den elektriske Kørsel har i Byerne allerede sejret saa fuldstændigt, at Hestedrift og Dampdrift paa Sporveje og Bybaner i Grunden kun træffes som Fortidsrester. Vi staar nu overfor det Spørgsmaal, om de elektriske Tog ogsaa vil fortrænge Damptogene fra Banerne udenfor Byerne. Her er Kampen mellem Elektricitet og Damp kun i sin Begyndelse. Der er leveret en Række Forpostfægtninger, ved hvilke Elektriciteten har sejret, idet den rettede Angrebet mod saadanne Punkter, hvor den havde særlig gunstige Betingelser for at vise sig Dampen overlegen. Men samtidig har Elektriciteten drevet Rustningerne med stor Kraft, og dens Evne til at udføre Hovedangreb er særlig i de sidste Par Aar vokset overmaade stærkt.

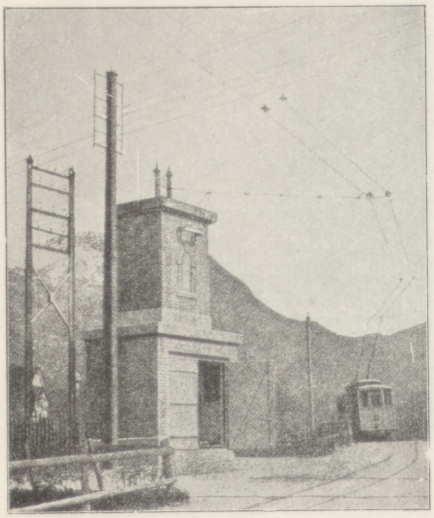


Fig. 81. Transformatorhus ved en elektrisk Bane i Svejts.

Det, der fra først af syntes at være den største Hindring for den almindelige Udbredelse af elektrisk Banedrift, var de lange Veje, Kraften maatte sendes til Togene gennem elektriske Ledninger. Men denne Hindring er ikke længere afskrækkende, efter at vi, som omtalt i Afsnit V Bd. I, har lært at sende Hundreder af Hestekræfter uden synderligt Krafttab milevidt gennem tynde Kobbertraade under Anvendelse af højspændt Vekselstrøm, som ved faste Transformatorer kan forvandles til Vekselstrøm af lavere, for Togene passende, Spænding. Fig. 81 viser et Transformatorhus, som fra et Elektricitetsværk faar tilført trefaset Vekselstrøm (se S. 234—37 Bd. I) af 7500 Volts Spænding og til en Banelinje — her kun en Sporvej — afgiver Trefasestrøm af 550 Volts Spænding. Trefasestrøm kræver jo 3 Ledere; der er dog kun udspændt to Ledningstraade over Sporet, idet Skinnerne nemlig anvendes som tredje Leder. Den elektriske Sporvogn, som kører paa Linjen, aftager Strømmen fra de to Køretraade ved to Stænger med Kontaktrulle; men ved større elektriske Baneanlæg efter dette System anvendes altid Kontaktbøjler, enten to, som glider hver mod sin Køretraad, eller én, som er delt i to indbyrdes isolerede Dele.

Imidlertid er Udgiften til Ledninger, selv om den ved Anvendelse af høje Spændinger kan holdes indenfor rimelige Grænser, en stor

Ekstraudgift, som ikke kræves ved Dampbaner, og den elektriske Drift maa altsaa, om den skal faa Overtaget, byde Fordele, som berettiger Bekostningerne ved Ledningsanlægget.

Vi vil nu først betragte nogle Omraader, hvor særlige Forhold begunstiger den elektriske Drift.



Fig. 82. Jomfrubanen. Station »Eisergletsjer«. 2325 Meter (7300 Fod) over Havet.

Dette er bl. a. Tilfældet ved Bjærgbaner, navnlig de egentlige Bjærgbestigningsbaner, som f. Eks. »Jomfrubanen«, ad hvilken Turister føres mange Tusind Fod til Vejrs op i Alpernes evige Sne. Medens en »Damphest« foruden Vogne og Rejsende maatte slæbe den »Mad og Drikke« — d. v. s. Kul og Vand —, som skulde give den Kræfter til den anstrængende Tur, med sig op ad Bjærget, næres »den elektriske Hest« af den koncentrerede, vægtløse Kraft, som strømmer

op til den gennem de elektriske Ledninger. 400 Hestekræfter kan hvert af Jomfrubanens Lokomotiver ad denne Vej drage til sig fra Elektricitetsværket; og dog bestaar hvert Tog kun af en enkelt — med Lokomotivet delvis sammenbygget — Vogn. Naturligvis bringer de elektriske Ledninger ogsaa Lys til Stationerne, af hvilke de øverste — saa vel som selve Banens øverste Del — er udsprængt i Fjældet; ved en af dem er anbragt en mægtig elektrisk Lyskaster, som med et Straalebundt af 100 Millioner Normallys' Styrke belyser Fjældene rundt omkring og selv kan ses i 20 Mils Afstand som en stor lysende Stjærne. Det storslaaede Baneanlæg er allerede for nogle Aar siden ført op til en Højde af over 3000 Meter. For Tiden arbejdes der paa en Tunnel, som skal gaa 7 Kilometer gennem Fjældet og munde ud i en Højde af 3400 Meter, og i Aarenes Løb skal Banen føres til Toppen af »Jomfruen«; det allersidste Stykke op til Toppen skal den alperejsende dog tilbagelægge ved en elektrisk Elevator. — Idet Elektricitetsværket drives ved Vandkraft fra en Bjærgbæk, kan vi sige, at Drivkraften til Togene ydes af Bjærgets Sne i Stedet for af Stenkul.

Ikke blot i Højfjældsegnene ved »Jomfruen«, men mange andre Steder i det bjærgrige Svejts har man anlagt elektriske Baner, fordi Vandkraft er let at skaffe, men Stenkul dyrt, fordi den livlige Turisttrafik kræver hyppige Tog, og fordi smaa elektriske Tog, der faar Drivkraft ude fra efter Øjeblikkets Behov, lettere end lange Damptog kan overvinde ret betydelige Stigninger. Et smukt Eksempel paa, hvad dette kan have at sige for et Baneanlæg, kan hentes fra Lötschenberg-Banen (Frutigen-Brieg). Her kom Valget til at staa mellem en Linje, der var egnet for Dampdrift, hvorved der kun kunde tillades en Stigning af $1,_5$ Meter paa 100 Meter, og en anden for elektrisk Drift beregnet Linje, hvor der kunde tillades en Stigning af $3,_5$ Procent. Den første Linje vilde faa en Længde af $21,_5$ Kilometer, medens den anden kunde gøres 8 Km. kortere, og Anlægsomkostningerne ansloges til at blive 16 Millioner Kr. mere for Damplinjen end for den elektriske Linje, hvilken sidste derfor blev foretrukket.

Af stor Betydning i bakkede Egne er det ogsaa, at man ved elektrisk Drift kan indrette det saaledes, at den Arbejdskraft, som medgaar til at løfte et Tog, naar det kører op ad Bakke, til Dels kan tilbagegives af Toget, naar det kører ned ad Bakke. Naar Kørehastigheden overskrider en vis Grænse, kan Togets Elektromotorer nemlig virke som Dynamoer, der hjælper Elektricitetsværkets Dynamoer med at frembringe Strøm — de giver Strøm tilbage til Ledningsnettet i Stedet for at tage Strøm fra det, siger man. Paa denne Maade kan Tog, der kører nedad, i Stedet for selv at køre løbsk eller lave Varme

i Bremseapparater, hjælpe til at trække andre Tog — maaske i Miles Afstand — op ad Bakke. At noget saadant kan lade sig gøre, er let at forstaa, dersom Elektromotorerne er indrettet som beskrevet Side 29—31 (Shuntmotorer for Jævnstrøm); thi naar Elektromotorankerets Omløbshastighed under Farten nedad Bakke naar en vis Størrelse, bliver jo »Modspændingen« ligesaa stor som Netspændingen, og ved endnu større Fart faar Modspændingen Overtaget, saa at Elektromotoren nu ligesom Elektricitetsværkets Dynamoer sender Strøm fra Minus- til Plusleder. Ogsaa de ved Trefaseanlæg anvendte Drejestrømsmotorer kan give Strøm tilbage til Nettet. Ved andre Systemer stiller der sig imidlertid forskellige Vanskeligheder i Vejen for en saadan Ordning; ved almindelig Sporvejskørsel, hvorved der anvendes Seriemotorer, gives der saaledes ikke Strøm tilbage til Nettet. I England blev der dog for nogle Aar siden udført Forsøg med elektriske Sporvogne, der kunde afgive Arbejdskraft til andre Sporvogne eller til Elektricitetsværket, ikke blot naar de kørte ned ad Bakke, men ogsaa naar de mindskede Fart; men nogen større Udbredelse har denne Fremgangsmaade dog næppe faaet ved Sporvejskørsel.

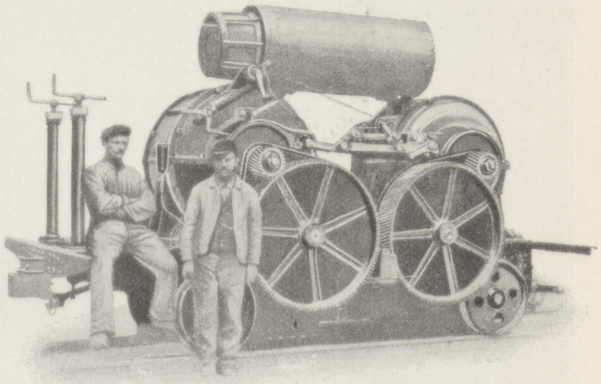


Fig. 83. Afdækket elektrisk Lokomotiv til Jomfrubanen. Øverst ses en Cylinder, som indeholder Reguleringsmodstand o. desl.

Ikke alene som Bjærgbestiger, men ogsaa som Hurtigløber er det elektriske Tog Damptoget overlegent. En af Grundene hertil er den, at Maskinens Stempelslag bringer et Damplokomotiv til at støde, hoppe og slingre, medens Elektromotorens regelmæssige Omdrejning ikke giver Anledning til noget saadant. Ved en Kørehastighed af 120 Kilometer (16 Mil) i Timen bliver Lokomotivets Stød o. s. v. saa stærke, at man er nærved Grænsen for det tilladelige. Derimod blev det ved storslaaede H u r t i g k ø r s e l s f o r s ø g, som for nogle Aar siden udførtes paa en Banestrækning ved Berlin, godtgjort, at man ved elektrisk Kørsel uden Fare kunde gaa op over 200 Kilometer i Timen. Den største Fart, som opnaaedes, var 210 Kilometer (28 Mil), og der var ingen Grund til at antage, at man ikke kunde naa endnu højere op.

Nogle geografiske Eksempler kan bedst vise os Betydningen af Tallet 210 Km. i Timen. Med denne Fart paa Baner i lige Linje vilde der blive 8—9 Minutters Vej mellem København og Roskilde, knap ½ Time mellem Aalborg og Aarhus, 1½ Time mellem Kristiania og Bergen, henved 2 Timer mellem Trondhjem og Kristiania o. s. v. Rigtignok er disse Eksempler rene Tankeeksperimenter; kun mellem to Storstæder kunde der være Haab om, at en saadan elektrisk Hurtigbane kunde betale sig. Anlæggelsen vilde blive overmaade kostbar,

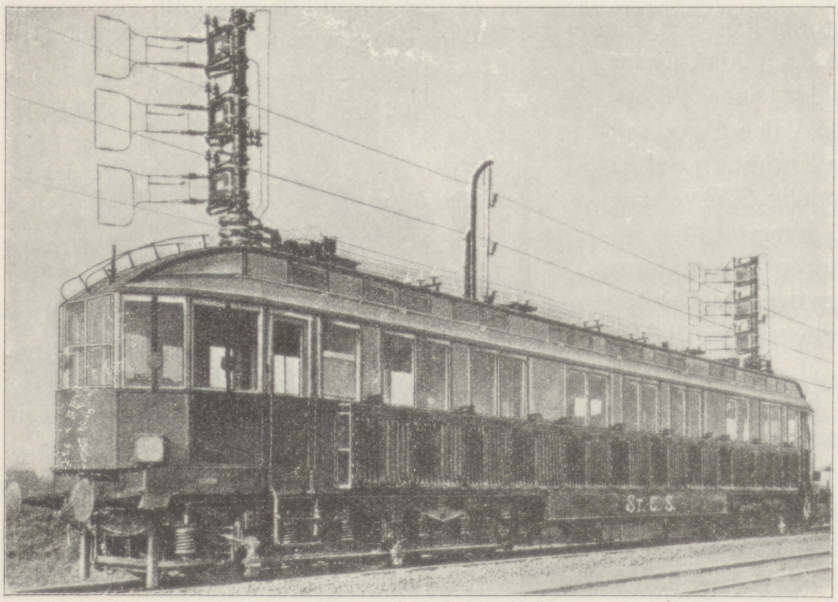


Fig. 84. Motorvogn fra Hurtigkørselsforsøgene ved Berlin.

fordi Skinnelægningen maatte være yderst solid og nøjagtigt udført, og fordi alle Veje maatte føres under eller højt over Banelinjen, og Driften vilde blive kostbar, fordi den uhyre Hastighed og deraf følgende stærke Luftmodstand mod Togenes Bevægelse vilde kræve en mægtig Drivkraft; til at drive en Motorvogn med Plads til 50 Personer som den, der er vist i Fig. 84, medgik ved Forsøgene 1400 Hestekræfter under den stærkeste Fart. Til Gengæld kunde en saadan Bane med Tog i hurtig Rækkefølge i visse Tilfælde faa en uberegnelig Betydning. Bygget mellem Millionbyerne Hamborg og Berlin (250 Km.) kunde den saa at sige gøre Hamborg til en Forstad af Berlin. Forretningsfolk kunde bo i den ene af disse Byer og have deres daglige Arbejde i den anden eller deres daglige Virksomhed delt mellem begge. — Tænker vi os en saadan Bane lagt gennem Rus-

land og Sibirien, da kunde den paa to Døgn eller mindre føre os til Stillehavets Kyst.

Elektriske Hurtigbaner gennem Landene vilde ogsaa fremme en hurtig Postbefordring; men forøvrig har flere Opfindere fremsat Planer om særlige elektriske Postbaner, hvor en lille i begge Ender tilspidset Brev- og Pakkebeholder paa egen Haand skulde fare af Sted med 2-300 Kilometers Fart hængende i en Skinne i Luften paa lignende Maade som den S. 87 omtalte Hængebanes Vogne. I Frankrig har der været gjort Forsøg med en saadan Postbane, som dog var bygget i et Tunnelrør i Jorden.

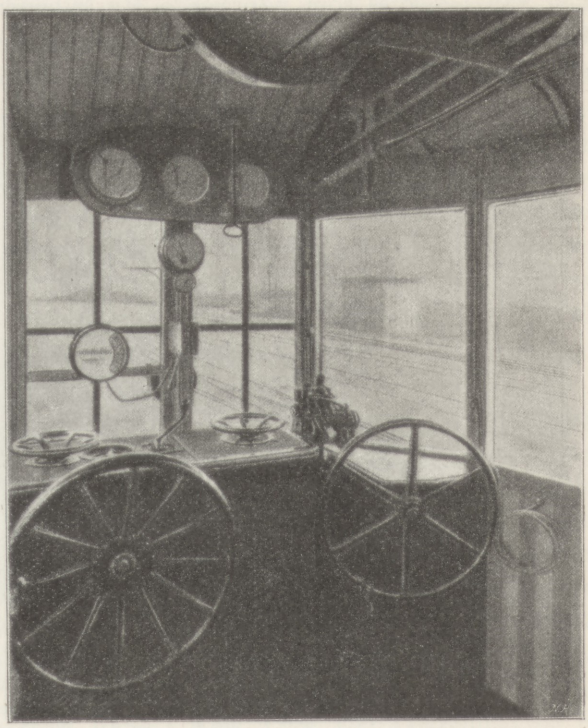


Fig. 85. Togstyrerens Plads i et elektrisk Tog.

Fig. 85 fremstiller Vognstyrerrummet i en af de elektriske Vogne, som brugtes ved Hurtigkørselsforsøgene ved Berlin. Det er jo noget forskelligt fra Lokomotivførerens Plads paa et Damplokomotiv. IngenHede fra Ildstedet, ingen Kulde fra den ydre Luft generer Vognstyreren; godt beskyttet mod Regn og Storm og med fri Udsigt gennem store Glasruder kan han staa og dreje sine Styrehjul, betragte Maaleinstrumenterne, der angiver Strømmens Styrke, Vognens Hastighed o. s. v., og afvente de Signaler, som han skal rette sig efter. Selv i taaget Vejr behøver han ikke at frygte for at opdage dem for sent under den rasende Fart; thi de træder frem for hans Øjne inde i Vognen, idet nemlig Kontaktindretninger langs Banen bringer Signalskiver til at falde derinde. Hvis man ikke paa denne og andre Maader sørgede for at fjærne alle Muligheder for Fejl, vilde det ogsaa være et altfor nervepirrende Arbejde at føre Tog, der for frem med en saadan Fart. Den var saa stor, at Fuglene ikke altid kunde naa

at komme hurtigt nok til Side for det elektriske Uhyre og saa maatte bøde med Livet for deres Langsomhed.

Spørgsmaalet om, hvor hurtigt elektriske Tog kan køre, er i og for sig meget interessant; men vigtigere var det dog at vide, under hvilken Form og i hvilket Omfang den elektriske Drift har Udsigt til at vinde Indgang paa almindelige Jærnbaner, som hverken kan betegnes som udprægede Hurtigbaner, Bjærgbaner eller Bybaner. For at faa en Smule Begreb herom, vil vi nu se lidt paa, hvad der i denne Henseende allerede er naaet eller planlagt.

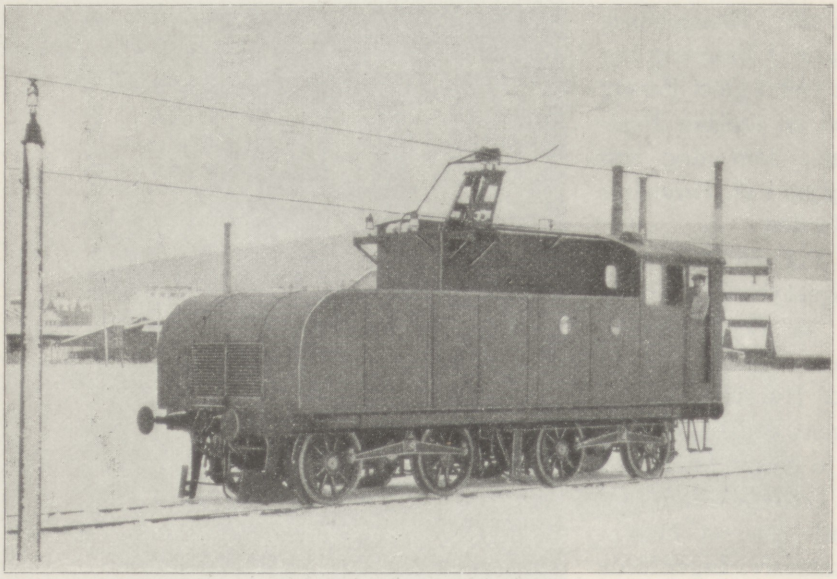


Fig. 86. Elektrisk Lokomotiv fra en svejtsisk Bane.

Den i Fig. 84 fremstillede Motorvogn har ikke mindre end 6 Kontaktbøjler, anbragte 3 og 3 paa to Opstandere; disse Bøjler tager Strøm fra 3 Køretraade, der fører Trefasestrøm af 10 000 Volts Spænding. Som tidligere nævnt kan man imidlertid ved Trefasestrøm nøjes med 2 Køretraade, og endnu nemmere slipper man ved at anvende »Enfasestrøm«, d. v. s. enkelt Vekselstrøm, der tilføres gennem en enkelt Køretraad, idet Skinnerne tjener som anden Ledning. Denne Fremgangsmaade er anvendt ved det i Fig. 86 viste elektriske Lokomotiv, som gør Tjeneste paa en Bane i Svejts; det tager Strøm fra Køretraaden ved et bøjet Rør, der glider mod Traaden; denne kan have meget høj Spænding, 5000—15 000 Volt, saa at det bliver muligt at forsyne en Banestrækning af flere Mils Længde fra et Elektricitetsværk uden at bygge Transformatorhuse ved Banen.

I det omtalte Lokomotiv omformedes den højspændte Vekselstrøm ved roterende Omformere (S. 256 Bd. I.) til lavspændt Jævnstrøm, som saa driver Hjulmotorerne. Denne besværlige Fremgangsmaade er dog nu overflødig, da man i de senere Aar har faaet fuldt brugbare Enfasemotorer (se S. 237 Bd. I.); naar saadanne Motorer anvendes, behøver Køretraadens Spænding — hvis den er for høj til at anvendes direkte i Motoren — blot at nedsættes ved en fast Transformator i Lokomotivet eller Motorvognen.

Af »Enfasebaner« findes der nu et anseligt Antal rundt om i Evropa og Amerika. Blandt de ældre evropæiske kan nævnes Stubaithal-Banen i Tyrol (1904) og Murnau-Oberammergau-Banen i Tyskland (elektrisk Drift indført i 1905). Begge disse Baner er om Sommeren væsentlig Turistbaner, men der finder ogsaa Godsbefordring Sted; den sidstnævnte Bane besørger saaledes om Vinteren store Trætransporter. Paa de nævnte Banelinjer er der betydelige Stigninger. En ren Lavlandsbane er derimod Blankenese-Hamborg-Ohlsdorf-Banen, som i 1907 indrettedes for elektrisk Enfasedrift med ca. 6000 Volts Spænding i Køretraaden.

Denne Banelinje kan nærmest sammenlignes med Klampenborgbanen ved København, idet den forbinder Hamborg med tætbebyggede Distrikter i Omegnen. Ligesom ved de egentlige Bybaner var det her ønskeligt, at man kunde skabe en Ordning med mange smaa Tog og hurtig Igangsætning efter Stansning ved Stationerne. Til Belysning af de store Fordele, den elektriske Drift frembyder i sidstnævnte Henseende skal anføres nogle Tal: Medens man i Løbet af en halv Snes Sekunder ved Damplokomotiver næppe vil kunne sætte Hurtigheden op til mere end højst 7 Kilometer (ca. 1 Mil) i Timen, naar man paa samme Tid ved en elektrisk Bane i New York ved Lokomotivtog op til over den dobbelte Hastighed; ved Motorvognstog naar man paa Høj- og Undergrundsbanen i Berlin i nævnte Tid op til 20 Km. i Timen; ved Liverpool-Southporth-Crossens-Banen i England naaes den største Hastighed, 93 Km. i Timen, endogsaa paa mindre end et halvt Minut, svarende til over 30 Kilometers Hastighedsforøgelse i Løbet af 10 Sekunder. Den sidstnævnte Banelinje har en lignende Karakter som Hamborgbanen, men Togene faar her gennem en isoleret Skinne (se S. 88) 650 Volts Jævnstrøm fra 4 Understationer, der fødes med 7500 Volts Trefasestrøm fra en Kraftcentral. En ren Jævnstrømsbane er den 22 Km. lange Linje mellem Nabobyerne Køln og Bonn. Her anvendes den for Jævnstrøm forholdsvis høje Spænding 1000 Volt (med Tilførsel fra Køretraade). Ved enkelte Baner er man gaaet op til endnu højere Spænding som 1500 eller 2000 Volt ved Jævnstrøm, eller man

har brugt Treledersystem (se S. 176 Bd. I.) med Skinnerne som Nulleder, og to Køretraade med 2—3000 Volts Spændingsforskel som Plus- og Minusledere.

I Staterne omkring de store amerikanske Søer findes der et stort Antal større og mindre elektriske Baner efter det ene eller det andet af de nævnte Systemer; særlig Staterne Indiana og Ohio er overspændte med et tætmasket Net af elektriske Baner. De er af en væsentlig anden Karakter end de før nævnte, idet de ikke blot tjener til at forbinde to større Nabobyer eller en Storby med dens Forstæder og Villakvarterer, men ogsaa er, hvad man kan kalde »O p l a n d s b a n e r«,



Fig. 87. Elektrisk Tog paa Murnau—Oberammergau-Banen.

d. v. s. for en stor Del har til Opgave at besørge Gods- og Persontrafikken mellem Byerne og deres Opland. Banerne er gennemgaaende byggede ligesaa solidt som almindelige Dampbaner, men med stærkere Krumninger og Stigninger, saa at de tilpasses bedre efter de lokale Forhold — baade Terrænforholdene og Landsbyernes Beliggenhed. Tillige er man ikke sparsom med Holdepladser; udfor større Gaarde bygges Perroner, hvor Landbrugsprodukter kan optages, Landbrugsmaskiner afleveres o. s. v. Ogsaa Toghyppigheden er større end ved Dampbanerne; nogle Steder nærmer Driften sig i Karakter stærkt til Sporvognsdrift med Personvogne afgaaende hvert Kvarter, Godstog hver Time. Selv paa lange Banelinjer er Toghyppigheden stor; mellem Columbus og Dayton (112 Km. el. omtrent som fra København til Korsør) gaar der saaledes Tog hver halve Time, og Turen tager kun 2 Timer 10 Minutter. Endnu meget længere Strækninger kan man tilbagelægge paa elektrisk Bane — f. Eks. 300 Kilometer fra Columbus over Spring-

field og Lima til Toledo — og paa flere Banelinjer er der indført Sovevogne og Spisevogne. Medens Banelinjerne ude paa Landet har deres eget indhegnede Banelegeme, foregaar Kørslen inde i Byerne oftest paa Sporveje i Gaderne. Selv svære Tog, hvis Motorer repræsenterer et Par Tusind Hestekræfter, lader man færdes paa denne Maade i Byerne. Dog anvendes der her i Reglen lavere Spænding og ringere Kørehastighed end ude paa Banelegemet. Dette, at Byernes Sporveje saaledes kan danne en umiddelbar Fortsættelse af Banelinjerne til Byen, er aabenbart en stor Fordel ved den elektriske Banedrift, og man kan forstaa, at Befolkningen paa Grund af dette og de andre nævnte Forhold sætter stor Pris paa de elektriske Baner og ser med en vis Foragt paa Dampbaner. Der bygges da ogsaa stadig nye elektriske Baner af den omtalte Art, og Konkurrencen med dem har bragt flere Dampbaner til at indføre elektrisk Drift.

Den omtalte Forbindelse mellem Banelinjer og Sporveje kan godt tilvejebringes, selv om der paa Banelinjen anvendes Enfasestrøm, paa Sporvejen Jævnstrøm; thi da Enfasemotorerne i Hovedsagen er byggede ligesom Jævnstrømsmotorer, kunde de uden videre drives ved Jævnstrøm inde i Byerne. Forøvrigt kan der ogsaa godt anvendes enfaset Vekselstrøm paa Sporvejene, hvilket tilmed vilde have den Fordel, at Vagabondstrømmene ikke gjorde Skade. I det hele maa det siges, at hvis der skulde indføres en fælles Driftsart for alle elektriske Baner, saa var Enfasedriften sikkert den eneste, der for Alvor kunde være Tale om. En saadan Ensartethed vilde i mange Tilfælde være en stor Fordel, særlig naar de elektriske Baner vinder saadan Udbredelse, at de væver sig sammen til Banenet. Men det er dog tvivlsomt, om den er stor nok til at skaffe Enfasedriften Overtaget overalt, da andre Driftsarter i og for sig vil være at foretrække i flere Tilfælde. Jævnstrøm har saaledes det Fortrin, at man med den kan anvende opsamlet Energi i Akkumulatorer som Reserve ved Maskinuheld og til Udjævning af de store Ujævnheder i Kraftforbruget, som Toggangen medfører; bl. a. af denne Grund vil Jævnstrøm som oftest være fordelagtigst paa kortere Banestrækninger, hvor man kan nøjes med ret lave Spændinger. Endvidere kan det anføres, at man i alt Fald ikke foreløbig kan lade Enfasemotorer give Strøm tilbage til Nettet under Kørsel ned ad Bakke (S. 93), og at Trefasedrift giver ringere Krafttab end Enfasedrift, naar anselige Tog eller tunge Godstog skal trækkes lange Strækninger uden Standsning.

Til saadan »Fjærntrafik« paa store H o v e d b a n e r har den elektriske Drift endnu kun fundet ringe Anvendelse. Den er ganske vist indført paa enkelte vigtige Hovedbanelinjer, men som oftest kun paa

enkelte Stykker, hvor ganske særlige Forhold har gjort sig gældende som paa Tunnelstrækninger og Storbystrækninger. Paa Paris-Orleans-Banen indførtes allerede i Aaret 1900 elektrisk Drift paa en Tunnelstrækning indenfor Paris, og senere har man udvidet den elektriske Drift til hele Banelinjen gennem Byen og Forstæderne. Paa »New York Central & Hudson River Railroad«s to Hovedlinjer besørges baade Fjærn- og Nærtrafikken paa Strækninger af 40—50 Km. ved elektrisk Drivkraft, for Fjærntrafikkens Vedkommende ved elektriske Lokomotiver, som længere ude ombyttes med Damplokomotiver. Ved den 20 Km. lange Simplontunnel, som i 1906 aabnedes for Banetrafik, nødvendiggjorde de store Ventilationsvanskeligheder, at man indførte elektrisk Drift; det ordnedes paa den Maade, at Togene førtes nordfra og sydfra til Tunnellen ved Damplokomotiver, som saa ombyttedes med elektriske. Den elektriske Drift bliver imidlertid udvidet i alt Fald til den italienske Side og rimeligvis senere ogsaa til den svejtsiske.

Indførelse af elektrisk Drift paa Hovedbaner af international Betydning vanskeliggøres bl. a. ved den indbyrdes Forbindelse mellem de forskellige Baner, som gør, at Toggangen paa den ene maa indrettes efter Toggangen paa de andre, saa at man ikke uden at bryde et internationalt System kan omordne Toggangen, saaledes som det passer bedst for elektrisk Drift (med et større Antal mindre Tog), og et Elektricitetsværk for en enkelt saadan Banelinje vil da let blive altfor ujævnt belastet.

Endnu uheldigere vilde Elektricitetsforbruget fordele sig over Døgnet ved et Elektricitetsværk, der skulde forsyne en lille landlig Bane, hvor 3—4 smaa Tog daglig i hver Retning er fuldt tilstrækkeligt til at besørge Trafikken; antager vi, at der højst kører to Tog samtidig, saa skulde Værket gærne være i Stand til at yde Strøm nok til det let indtræffende Tilfælde, at begge Tog samtidig sættes i Gang; men under almindelige Forhold er Kraftforbruget flere Gange ringere eller helt Nul. Baade Værkets Anlæg og Drift vilde derfor blive uforholdsmæssig kostbar, og det kunde slet ikke betale sig at bygge Elektricitetsværk og udføre Ledningsanlæg alene for at skaffe en saadan Bane elektrisk Drift.

Langt gunstigere stiller Sagen sig, naar mange Banelinjer faar Drivkraft fra et fælles Elektricitetsværk. Selv om dette skal kunne drive 20 Tog samtidig, behøver det langtfra at have 10 Gange saa stor Maskinkraft som det lille Værk for 2 Tog; thi det vil aldrig ske, at alle 20 Tog samtidig sættes i Gang. Hertil kommer, at Brændselsøkonomien bliver bedre og Driften i det hele taget forholdsvis billigere ved det store end ved det lille Værk.

En Tysker, Pforr, har for et Par Aar siden opstillet et Overslag, i Følge hvilket det skulde kunne betale sig at anvende elektrisk Drift i Stedet for Dampdrift paa alle de prøjsisk-hessiske Jærnbaner, selv om Toggangen foregik som før, blot med elektriske Lokomotiver i Stedet for Damplokomotiver, og selv om Arbejdskraften ikke uddroges af Vandfaldene, men af Brændsel anvendt i 30 store Elektricitetsværker i Stedet for i Dampbanernes 15 000 Lokomotiver.

Til Transformatorstationer og det hele Ledningsanlæg til og paa Banerne regner Pforr, at der vilde medgaa henimod Tusind Millioner Mark, som altsaa skulde forrentes ved Besparelser i Driften. Den Besparelse, de fleste først vilde tænke paa, er vel den, der opnaas, ved at Brændslet udnyttes i Elektricitetsværkernes store økonomisk virkende Kraftanlæg i Stedet for i Lokomotiverne. Men naar man betænker, at Arbejdskraften fra Værkernes Dampmaskiner skal omsættes til elektrisk Energi i Dynamoer, føres mange Mil gennem Ledninger, omsættes i Transformatorstationer og Lokomotivernes Transformatorer, alt med større eller mindre Tab, at endvidere Elektricitetsværkernes Anlægskapital — som ikke var indbefattet i de 1000 Millioner — skal forrentes, og deres Driftsudgifter udover Kullene betales, saa synes det dog paa Forhaand lidet rimeligt, at Drivkraften kan faas billigere i de elektriske Lokomotiver end i Damplokomotiverne, endsige at Besparelsen skulde kunne forrente henimod en Milliard Mark. Nu beregner Pforr ganske vist, at selve Kuludgifterne skulde kunne bringes ned til ca. en Tredjedel, bl. a. fordi Lokomotiverne skal opfyres længe inden Brugen (gennemsnitlig et Par Timer) og holdes opfyrede under Ophold paa Stationerne, fordi de skal slæbe en betydelig død Vægt (Kul og Vand) med sig, fordi de kræver bedre Kulsorter end faste Anlæg, og fordi Lokomotivkullene skal transporteres til Stationernes Lagere, medens Elektricitetsværkerne kan lægges nær Kulgruber og Tørvemoser. Men medregnes Elektricitetsværkernes øvrige Driftsudgifter samt 10 Procent af deres Anlægskapital til Forrentning og Fornyelse, saa bliver det endelige Resultat, at Drivkraften ved elektrisk Drift vil komme til at koste mere end ved Dampdrift. Ved den første tilkommer endvidere Vedligeholdelsesudgifter til Transformatorstationer og Ledningsanlæg. Til Gengæld spares der, ved at Vand- og Kulstationer, Drejeskiver m. m. falder bort, og ved at Vedligeholdelsen af Lokomotiverne og af Lokomotivhaller m. m. bliver billigere; betydelige Summer spares paa Udgifterne til Belysning (Gas, Olje eller Elektricitet fra fremmede Værker) Smøreoljer, Pudsematerialier m. m.; endelig spares der mange Millioner paa Lønningskontoen dels ved Afskaffelse af Lokomotivfyrbøderne, dels ved at meget andet Arbejde

formindskes eller bortfalder. Alt i alt antages Besparelserne at overgaa Merudgifterne med henimod halvhundrede Millioner aarlig, saa at Anlægsudgifterne kunde forrentes med 5 Procent. Hertil kommer saa endda, at de elektriske Lokomotiver antages at repræsentere en ca. 150 Millioner Mark ringere Anskaffelsessum end Damplokomotiverne; ganske vist er et elektrisk Lokomotiv dyrere end et Damplokomotiv, men til Gengæld kan man nøjes med færre elektriske paa Grund af deres hurtigere og længere Driftsberedskab.

Hvad der end kan indvendes mod Pforr's Beregninger, som i Følge Sagens Natur er højst usikre, har det sin Interesse at se, paa hvilke Punkter Besparelserne og Merudgifterne kan antages at falde. Ved en retfærdig Sammenligning mellem Dampdriften og den elektriske Drift maatte man imidlertid ogsaa tage i Betragtning, at den Ordning af Jærnbanedriften, som i Tidernes Løb har fæstnet sig som den mest praktiske, maa fraviges, hvis Fordelene ved den elektriske Drift fuldt ud skal komme til dens Ret. Den udadtil vigtigste af disse er Muligheden for hyppigere Toggang, til Dels ogsaa større Kørehastighed; men at overse Følgerne heraf er ikke let. Utvivlsomt vil mange Steder den større Toghyppighed medføre en Forøgelse af Trafikken — i alt Fald Persontrafikken — navnlig efterhaanden som den bedre Lejlighed avler større Rejselyst blandt Befolkningen; men hvor meget det bliver, kan kun gættes ikke udregnes. Ogsaa paa andre Maader kan økonomiske Fordele udspringe af den elektriske Drifts større Smidighed og Tilpasningsevne efter de forskelligste Forhold (smlgn. f. Eks. hvad der S. 99 er sagt om Sammenspil mellem Banelinjer og Sporveje). Drejer det sig ikke om Indførelsen af elektrisk Drift paa en allerede eksisterende Banelinje, men derimod om et nyt Baneanlæg, saa giver Elektriciteten friere Spillerum for forskellige Planer end Dampen. Som tidligere nævnt kan der ved en elektrisk Bane tillades større Stigninger end ved en Dampbane.

Det vilde desuden være et altfor ensidigt Synspunkt at anlægge, om man ved Sammenligning mellem elektrisk Drift og Dampdrift blot vilde spørge om, hvilken der betaler sig bedst; og set fra Befolkningens Side er den elektriske Drift sikkert at foretrække; den hyppigere Toggang er i hvert Fald en Behagelighed og kan for mange medføre økonomiske Fordele. De elektriske Baner kan imidlertid ogsaa paa anden Maade komme Befolkningen til Gode, idet Egnen om saadanne Baner kan forsynes med elektrisk Lys og Drivkraft fra samme Elektricitetsværk som Banerne, der naturligvis ligesaa fuldt paa deres Side kan have Fordel af dette Fællesskab. I København og mange andre Byer faar Sporvognsmotorerne jo Strøm fra samme Værker som faste Elek-

tromotorer og Lamper rundt om i Byen. En saadan Ordning vilde f. Eks. være i høj Grad ønskelig ved Banerne Nord for København, da Togene her har Brug for megen Drivkraft paa Helligdagene, de faste Elektromotorer (i Fabrikker, hos Handlende o. s. v.) om Hverdagene.

Tilvejebringelsen af et Fællesskab mellem en Jærnbane og Elektricitetsforbrugere i Omegnen vilde dog medføre nogle Vanskeligheder, dels saadanne Administrationsvanskeligheder, som gærne gør sig gældende, naar Jærnbanevæsenet eller andre offentlige Væsener skal gaa udenfor de tilvante Rammer, dels tekniske Vanskeligheder. Allerede Togenes ujævne Kraftforbrug og de derved frembragte Spændingsuregelmæssigheder vil bevirke, at Banerne maa have deres egne Ledninger fra Værket (eller i alt Fald fra Understationer). En mer eller mindre vidtgaaende Adskillelse mellem de Maskiner, der frembringer Strøm til Banen, og dem, der forsyner de private Forbrugere, vil ogsaa ofte være fornøden dels paa Grund af de nævnte Uregelmæssigheder, dels fordi enkelt Vekselstrøm som oftest passer bedst for Banerne, Trefasestrøm eller Jævnstrøm for andre, dels endelig fordi Banemotorer — særlig til svært Brug, og ved lange Kraftoverføringer — helst skal have Vekselstrøm med lavt Vekseltal (se S. 270 Bd. I. nederst); Periodetallet (S. 222 Bd. I.) maa ikke gærne være større end 25 i Sekundet, hvad der allerede giver et noget uroligt Lys, og endnu hellere maa det være nede paa 15, hvad der er højst uheldigt til Belysning.

Foreløbig gaar man i de Lande, hvor man er henvist til at hente Drivkraften fra Brændsel, meget langsomt frem, indskrænker sig til at indføre elektrisk Drift paa enkelte nye eller gamle Baner, hvor særlige Grunde taler for det. I Tyskland har man begyndt at elektrificere den 160 Km. lange Banelinje Magdeburg-Bitterfeld-Leipzig-Halle, som skal have Kraften fra Brunkulslejer. I Danmark synes Banelinjerne København-Rungsted og København-Holte (til Dels ogsaa København-Roskilde) med deres overvældende Persontrafik at være som skabte for elektrisk Drift, der har ogsaa været udarbejdet Planer for Overgang til denne Driftsmaade; men de store Anlægsomkostninger og andre Vanskeligheder har bevirket, at Planerne foreløbig er lagt til Side. Forhaabentlig vil de dog blive bragt til Udførelse i en ikke fjærn Fremtid, og er det først sket, vil den elektriske Drift rimeligvis hurtigt brede sig til andre Baner, der kan faa Strøm fra samme Elektricitetsværk som de nævnte. Paa disse vil den elektriske Drift antagelig medføre en Forøgelse af det daglige Togantal til det dobbelte, tredobbelte eller mere, hvad der utvivlsomt vil have en betydelig Forøgelse af Persontrafikken til Følge, bl. a. fordi en Bane, hvor Sporvejenes Tog-

hyppighed forenes med Banetogenes Kørehastighed, i høj Grad vil formindske Folks Betænkelighed ved at flytte ud fra Byen.

I Lande med rigelig Vandkraft er Interessen for Indførelse af elektrisk Banedrift gennemgaaende betydelig større. For den elektriske Kraft taler her baade det rent økonomiske Hensyn, at man kan spare Kullet, og for de ikke kulproducerende Lande tillige det nationale, at man hellere maa udnytte Landets egne Hjælpekilder end lade Pengene gaa til Udlandet. Mange Steder har man da ogsaa allerede taget godt fat i det mindste paa Overvejelser og Forberedelser til Indførelse af elektrisk Banedrift.

I Italien aabnedes for snart en halv Snes Aar siden et Par ret anselige elektriske Baner, nemlig en Jævnstrømsbane med Strømtilledningsskinne fra Milano til Porto Cerensio, og den ca. 100 Kilometer lange Valtellinabane, hvor der anvendes Trefasestrøm. Senere er elektrisk Drift indført eller projekteret paa flere andre Banestrækninger, dog alle kortere Linjer. I Svejts, hvor der som før nævnt findes mange mindre Bjærg- og Turistbaner, paatænkes det bl. a. at »elektrificere« St. Gotthardbanen, og Staten har begyndt at indkøbe Vandfald dels til dette Formaal, dels til Brug ved Elektrificering af det hele Banenet. Ogsaa i Bayern har man udarbejdet Planer for en almindelig Overgang til elektrisk Banedrift.

Videst frem mod dette Maal synes man dog at være naaet i Sverrig. Her blev der for flere Aar siden udarbejdet Planer og Overslag, i Følge hvilke det syntes rimeligt, at det paa Grund af Besparelser paa Brændsels-, Lønnings- og Reparationskontoen kunde betale sig at indføre elektrisk Drift paa hele det svenske Statsbanenet, idet Drivkraften skulde hentes fra 22 Elektricitetsværker, 18 med Vandkraft, 4 med Tørv som Kraftkilde. Herefter bevilgede den svenske Stat henimod en halv Million Kr. til omfangsrige Forsøg paa en Banelinje Tomteboda-Värtan i Nærheden af Stockholm. Her prøvedes særlig enkelt Vekselstrøm, idet man anvendte forskellige elektriske Motorvogne, Lokomotiver, Togsammensætninger, Ledningsophængninger, Spændinger, Sikringsmidler o. s. v. Selvfølgelig er det af allerstørste Vigtighed at skaffe Tryghed imod, at Brud paa Køretraad eller Fødeledning saa vel som Uheld i Elektricitetsværket foraarsager Togstansning eller endog lammer hele Trafikken yaa store Strækninger. Den Frygt man tidligere nærede for denne Fare ved elektrisk Banedrift, er imidlertid mindsket meget gennem de hidtidige Erfaringer fra elektrisk Kørsel; ved passende Forholdsregler kan man gøre Faren meget ringe — i alt Fald i Fredstid. Blandt de forskellige Midler, hvorved man søger at sikre en regelmæssig Strømaftagning og hindre Brud paa Køre-



Fig. 88. Elektrisk Tog paa den svenske Forsøgsbane.

traaden, er bl. a. den i Fig. 89 viste Kædeophængning; Køretraaden er her, som man ser, ophængt under et Bæretov ved lodrette Bæretraade i korte Afstande. Det er dog ikke denne Ophængningsmaade, man er blevet staaende ved ved de svenske Forsøg. Fig. 88 fremstiller et af Forsøgstogene, bestaaende af et Lokomotiv og 8 Vogne; Lokomotivet er i Stand til at tage Strøm med indtil 20 000 Volts Spænding fra Køretraaden.

De tekniske og økonomiske Resultater, man indhøstede ved Forsøgene, har været af stor og vidtrækkende Betydning. Den svenske Stat har ikke blot indkøbt en Række Vandfald, men ogsaa begyndt at anlægge Elektricitetsværker ved dem (f. Eks. ved Trollhättanfaldene), og man er nu ved at skride til Elektrificering af Banelinjen fra Kiruna til den norske Grænse. Man har valgt denne Bane, der særlig har Betydning for Malmtransport, men ogsaa tjener Persontrafikken, bl. a. fordi man ikke uden at lægge Dobbeltspor kunde bestride den voksende Malmtrafik ved Dampdrift, idet Damplokomotiver med deres stødvise Kraftvirkning ikke kunde trække tilstrækkelig lange Tog tilstrækkelig hurligt, uden at Koblingerne sprang; ved Indførelse af elektrisk Drift bliver det muligt at gøre Togene længere og føre dem hurtigere frem og derved at udnytte det ene Spor bedre. Tillige vil man her faa rig Lejlighed til at indhøste Erfaringer angaaende elektrisk Kørsel med svære Tog, og mulige Begynderuheld vil ikke virke saa generende paa denne nordlige Banestrækning som i sydligere Egne, hvor forskellige Linjers Drift griber stærkt ind i hverandre. Det er Hensigten at anvende Enfasestrøm med 15 000 Volt i Køretraaden. Til Kraftoverføring vil man benytte 80 000 Volt.

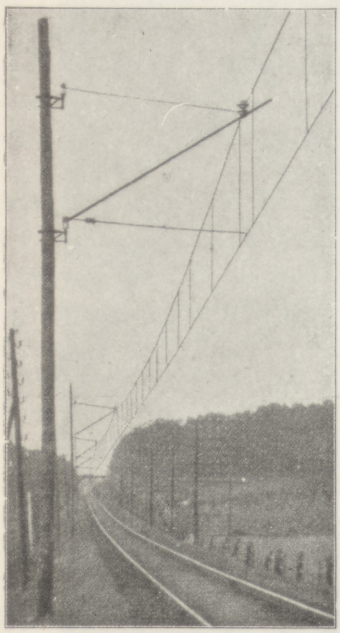


Fig. 89. Ledningsophængning paa den svenske Forsøgsbane.

I Norge er Betingelserne for en almindelig Indførelse af elektrisk Banedrift næppe saa gode som i Sverrig, bl. a. paa Grund af den ringere Trafik. Men Ønsket om at drive Togene ved den hjemlige Vandkraft i Stedet for ved indført Stenkul er naturligvis ogsaa her stærkt fremme. Foreløbig er der udarbejdet Planer og Overslag over Bekost-

ningerne ved Indførelsen af elektrisk Drift paa Kristiania-Drammen-Banen. Endvidere er der anlagt en ca. 30 Kilometer lang Enfasebane fra Thamshavn ved Orkedalsfjorden (nær Trondhjem) til Minerne ved Løkken. Banen befordrer baade Personer og Gods, men Godstrafikken er den overvejende. En anden ny Bane som nu elektrificeres i hele sin Udstrækning er Rjukanbanen, der skal føre Produkterne fra det nye mægtige Salpeterværk ved Saaheim til Notodden ved Nordenden af Hitterdalsvandet. Det er egentlig to Baner, nemlig Vestfjordbanen fra Saaheim til Tinnsøen (ca. 15 Km.) og Banen fra Tinnsøens Sydende til Notodden (ca. 30 Km.), indbyrdes forbundne ved Dampfærgefart paa Tinnsøen.

I det foregaaende har vi ved »elektriske Baner« tænkt paa særlige Banelinjer i Modsætning til »Sporveje« med Skinner i en Færdselsvej fælles for forskellige Slags Trafik. Men Elektricitetens store Tilpasningsevne gør alle gamle Grænser flydende. Vi har jo set, at Byernes Sporveje kunde gaa over i indhegnede elektriske Baner paa Landet. De kan ogsaa forlænge sig lange Strækninger ud paa Landevejene — som f. Eks. Sporvejene fra København til Klampenborg og Ordrup eller fra Kristiania til Holmenkollen. I andre Lande findes der adskillige Eksempler paa elektriske Sporveje, som forbinder to Byer i ikke helt ringe Afstand, og som befordrer baade Personer og Gods, saa at de har Karakter af og gør Fyldest for Baner.

Er der ikke en Gang Raad til at nedlægge Spor i en Landevej, saa kunde man maaske nøjes med at ophænge elektriske Traade, hvorfra elektriske Vogne, som kører paa Landevejen, kan tage Drivkraft ved Kørestænger; da her ikke er Skinner, der kan tjene som Tilbageledning for Elektriciteten, maa der findes to Køretraade og to Kørestænger; disse bør tillige anbringes saaledes, at de ikke slipper Traadene, selv om Vognen viger betydeligt ud til Siden. I Tyskland er bygget flere saadanne »s k i n n e l ø s e B a n e r«, som baade i teknisk og økonomisk Henseende har givet gode Resultater. En af dem forbinder Byen Manheim ved Rhinen med en Jærnbanestation en god halv Mil (4 Kilometer) derfra. Persontrafikken besørges af en elektrisk Omnibus, Godstrafikken af en elektrisk Forspandsvogn, der selv kan optage Varer af 2—3000 Punds Vægt og desuden trække 2—4 Tilhængsvogne, hver belastet med indtil 10 000 Pund (5 Tons). Naar to Tog mødes, viger det ene ud til Siden, og dets Kørestænger nedtages, medens det andet passerer. Der bruges naturligvis mere Drivkraft (det dobbelte, angives der, eller mere) end paa en Skinnevej; men dette har ikke stort at sige i Sammenligning med Besparelsen ved Anlægget. Tilmed har det visse Fordele, at der ikke er Skinner; den gode Vedhængning mellem Hju-

lene og Vejen gør det nemlig muligt for en temmelig let Forspandsvogn at trække Togene op ad Bakker, hvor dens Hjul blot vilde løbe rundt paa Stedet, om den kørte paa Skinner. Godstrafikken foraarsager naturligvis noget Slid paa Landevejen, men naar denne er god, skal Vejen ikke lide saa meget ved det; idet Forspandsvognen har brede Hjulringe og Elektromotor ved begge Hjulpar, fordeles Hjulenes Træk i Vejen over en ikke saa lille Flade; endvidere kan man befæste Tilhængsvognene saaledes, at de ikke gaar lige i hverandres Spor. Om



Fig. 90. Elektrisk Godsvogn paa en tysk Landevej.

Vinteren, naar der er Sne eller Isslag, bruges Trækhjul med fremspringende Riller el. desl., svarende til Brodder paa Hestesko, og Tilhængsvognene kan sættes paa Slædemeder.

Naturligvis kan elektriske Landevejsbaner — navnlig de skinneløse — ikke erstatte egentlige Jærnbaner, hvor det drejer sig om at befordre større Mængder af Rejsende og Gods længere Strækninger. Men det synes rimeligt, at de i adskillige Tilfælde vil kunne gøre god Nytte som Udløbere fra Jærnbanenettet til Steder, hvorhen det ikke kan betale sig at føre særlige Banelinjer. En af Forudsætningerne for, at saadanne smaa Landevejsbaner kan svare Regning, vil i Reglen være, at Strømmen kan tages fra et Elektricitetsværk, som ogsaa tjener andre Formaal. — I det hele taget kan det siges, at elektrisk Godsbefordring over kortere Strækninger har gode Udsigter til at konkur-

rere med al anden Kørsel, naar Drivkraften kan tages fra et forhaandenværende elektrisk Anlæg uden store Udvidelser af dette og naar der til Stadighed skal befordres ret betydelige Godsmængder — f. Eks. fra eller til Fabrikker, Stenbrud o.desl. I denne Sammenhæng kan bl.a. henvises til den elektriske Kørsel i Bjærgværker, f. Eks. i og ved Røraas Kobberværk.

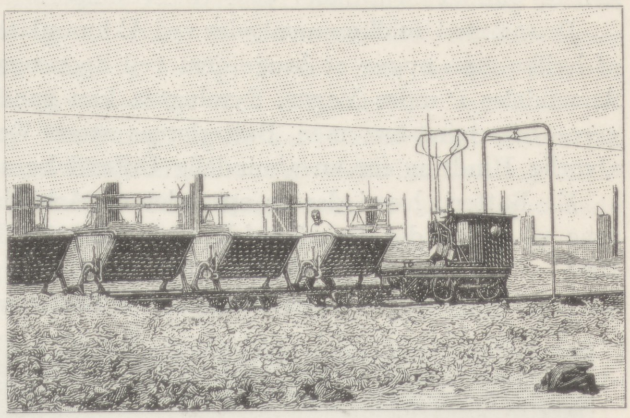


Fig. 91. Elektrisk Bane til Jordarbejder.

Ogsaa til at trække Tipvogne med Mærgel, Jord fra Udgravninger eller lignende er der Mulighed for at anvende elektrisk Drivkraft, som føres til et lille Lokomotiv gennem Ledninger, der flyttes eller forlænges under Arbejdets Fremskridning. Fig. 91 viser en saadan lille flyttelig elektrisk Bane, som benyttes ved Jordarbejder.

Elektromobiler. Ordet Elektromobil, der er en Sammentrækning af »elektrisk Avtomobil«, kan bruges til at betegne de »avtomobile« d. v. s. »selvbevægende« elektriske Vogne, hvis Elektromotorer faar Arbejdskraft fra en Kraftkilde i selve Vognen, i Modsætning til de elektriske Køretøjer, som under Kørslen faar Drivkraften tilført gennem Ledninger. I denne Forstand var de elektriske Akkumulatorsporvogne (S. 73) Elektromobiler. De maatte som nævnt næsten overalt vige for Sporvogne med Strømtilførsel fra en Køretraad. Til Gengæld har Akkumulatorvogne i den senere Tid vundet betydelig Udbredelse paa mindre Banelinjer, her anvendes de i en Række Tilfælde, hvor det vilde blive for bekosteligt eller tidsspildende at sætte Damptog i Gang f. Eks. til Iværksættelse af Tilslutning til Iltog eller til Fremme af Samkvemmet mellem to Nabobyer eller en By og dens Forstæder. Paa de prøjsiske Statsbaner har man gjort gode Erfaringer med saadanne Akkumulatorvogne, og ved Slutningen af 1910 fandtes der over 100 saadanne Vogne. Ogsaa Akkumulatorlokomotiver anvendes hist og her, hvor særlige Grunde gør elektrisk Drift uden Ledninger ønskelig f. Eks. til Bortkørsel af den udgravede Jord ved underjordisk Tunnelbygning,

til Rangering af Vogne paa en elektrisk Banegaard, i visse Tilfælde til Godsbefordring paa et Fabriksterræn o. s. v. I Reglen bruges Navnet Elektromobil dog kun om saadanne elektriske Vogne, som hverken er bundet til Skinner eller til Ledninger.

De samme Ufuldkommenheder ved Akkumulatorbatterier, paa Grund af hvilke man opgav at bruge dem ved Sporvognsdrift, hæmmer deres Anvendelse i andre Vogne. Syrelugten kan ganske vist undgaas eller gøres betydningsløs; men Batteriernes store Vægt danner en meget alvorlig Hindring for en almindelig Udbredelse af Elektromobiler.

Et Batteri, hvori der er opsamlet en Arbejdskraft af 1 Kilowatttime, — saa at det, hvis ¾ af Kraften udnyttes, kan yde 1 Hestekrafttime — vilde veje 150 Kilogram (300 Pund) eller deromkring, saafremt det var bygget ligesom de faststaaende Batterier, som almindelig an-

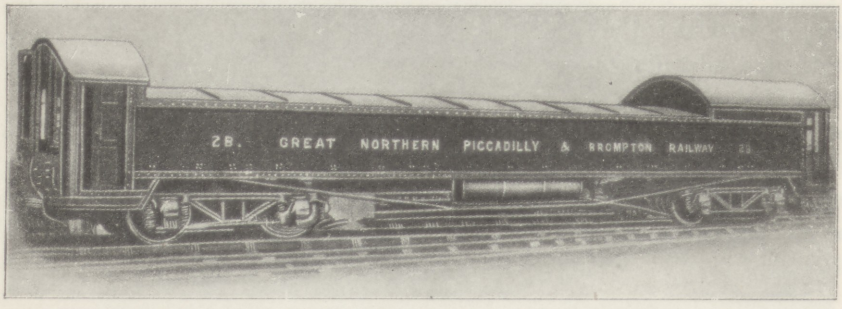


Fig. 92. Akkumulatorlokomotiv.

vendes paa Elektricitetsværker. Elektromobilbatterier bygges imidlertid altid meget lettere; man er naaet ned til 40, 35 eller endog under 30 Kilogram for hver Hestekrafttime, Elektromotorerne kan yde. Men saa vidt er man kun kommet ved at slaa af paa Kravene til Batteriets Holdbarhed. Efter et temmelig ringe Antal Udladninger — f. Eks. 50 eller 100 — bliver det nødvendigt at udveksle Akkumulatorens positive Blyplader.

Lad os antage, at en firsædet Elektromobil vejer ca. 1500 Kg. tom, og at dens Batteri vejer 6—800 Kg. (svarende til omtrent en Snes Hestekrafttimer), saa at Vognen med Batteri og Passager vil veje ca. 2500 Kg. Man kan da regne, at den uden ny Ladning af Batteriet med en Fart af højst en Snes Kilometer (2—3 Mil) i Timen paa god lige Vej kan tilbagelægge henved 100 Km., d. v. s. ikke stort mere end fra København til Helsingør og hjem igen. Krav om en væsentlig Forøgelse af Vejlængden eller Kørehastigheden vilde medføre ikke blot større Batterivægt, men ogsaa større Vognvægt, da Undervognen maa bygges sværere for at bære det større Batteri. Der bliver saaledes en be-

tydelig større Vægt at trække, og man kommer snart til en Grænse for, hvad der kan naas.

I Praksis kan Forholdene stille sig noget gunstigere eller meget ugunstigere end i ovenstaaende Taleksempel; men det kan dog give en Forestilling om Sagen, og det viser, at Elektromobiler slet ikke egner sig til at udføre meget lange og hurtige Rejser, naar de ikke kan faa ny Ladning undervejs; Avtomobiler med Benzinmotor kan holde ud til langt mere uden ny Forsyning, og de kan tilmed langt lettere faa ny Benzinbeholdning, end Elektromobilerne ny elektrisk Ladning. Elektromobilernes Underlegenhed i disse Henseender er saa meget mere beklagelig, som elektriske Vogne i andre Henseender er langt at foretrække for Benzinvognene.

En Vogn med Benzinmotor er en overmaade indviklet og lidet driftssikker Maskine; at bringe Benzinmotoren i Forbindelse med Vognhjulene paa en praktisk Maade, at tilvejebringe en let og hurtig Igangsætning af Vognen, at muliggøre Regulering af Kørehastigheden o. s. v. har voldt Konstruktørerne store Vanskeligheder, som langtfra er overvundet paa nogen ideel Maade; ved Elektromobiler gaar alt dette lettere. Endvidere kan man i Benzinavtomobiler ikke, eller kun yderst vanskeligt, gøre Forhjulene til Drivhjul; da Forhjulene af Hensyn til Vognens Styring maa kunne drejes — og tilmed drejes ulige meget, hvis Styringen om skarpe Hjørner skal blive paalidelig — kan de nemlig ikke godt forbindes med Vognens Benzinmotor; men i Elektromobiler, hvor man kan give hvert Drivhjul sin Elektromotor, er der ikke noget til Hinder for at anvende Forhjulsdrift, som giver bedre Herredømme over Vognen end Baghjulsdrift.

Ogsaa i Elektromobiler med Baghjulsdrift har ofte hvert Hjul sin Elektromotor, hvad der bl. a. har den Fordel, at der ikke kræves indviklede Transmissioner til at gøre det muligt for Hjulene at løbe ulige hurtigt, hvor Vejen krummer. I Reglen forbindes hver Elektromotor med sit Drivhjul ved Tandhjul eller Kæde; men i nogle Vogne, hvor der anvendes langsomt løbende Elektromotorer af ejendommelig Bygning, er Motorankret befæstet umiddelbart paa Vognhjulet og løber rundt med dette.

Disse og andre Fordele ved elektrisk Drift er saa store, at man endogsaa har indført elektrisk Hjuldrift i Avtomobiler med Benzinmotor. Denne driver da en Dynamo, som sender Strøm til et Akkumulatorbatteri, hvorfra Hjulelektromotorerne tager Strøm. Benzinmotorerne kan da arbejde jævnt til Trods for det ujævne Kraftforbrug under Kørslen; under kortvarige Standsninger f. Eks. behøver Benzinmotoren ikke at løbe tom, men gør Nytte ved at lade Batteriet. En saadan

Ordning er indført i adskillige tungere Køretøjer som Omnibusser og Varetransportvogne; men anvendes ogsaa i andre Tilfælde. I nogle »Benzinelektromobiler« findes kun én elektrisk Maskine, som snart anvendes som Dynamo, snart som Elektromotor, i andre anvendes et ganske lille Batteri, som kun skal hjælpe ved Benzinmotorens Igangsætning.

Ogsaa paa Skinneveje anvendes »benzinelektriske« Vogne — paa lignende Maade som de S. 109 omtalte Akkumulatorvogne. I Lokomotiver havde en fransk Ingeniør Heilmann allerede for mange Aar siden prøvet at indføre elektrisk Transmission fra Dampmaskinen til Hjulene. Denne Fremgangsmaade blev dog snart opgivet; men man har

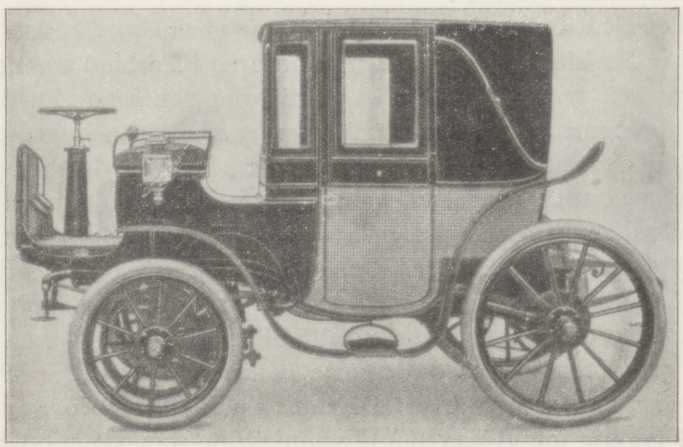


Fig. 93. Elektrisk Droske.

senere taget den op paany for Dieselmotorers og Dampturbiners Vedkommende. Disse Kraftmaskiner kan nemlig ikke umiddelbart anvendes som Lokomotivmaskiner, men naar Dynamo og Elektromotor er Mellemled, gaar det. De prøjsiske Statsbaner har bestilt et Par »dieselelektriske« Lokomotiver, og et »turboelektrisk« Lokomotiv er nylig bygget i England.

Ikke blot fra et Konstruktør-Standpunkt, men end mere fra et Publikums-Standpunkt maa Elektromobiler foretrækkes for de pustende og stinkende Benzinuhyrer, som, navnlig efter at de har vundet Udbredelse som Drosker, i mange Storbyer er en hel Plage. Enkelte Steder har man da ogsaa gaaet angrebsvis til Værks mod Benzindroskerne og begunstiget de elektriske. I Berlin tog man allerede for nogle Aar siden fat paa at indføre elektriske Drosker.

Som Drosker, hvis Virkefelt ligger indenfor en Bys Grænser, og som derfor ikke skal fjærne sig meget langt fra Ladestationer, kan det og-

saa meget godt gaa at bruge Elektrobiler, særlig naar de indrettes, saa at de udtømte Batterier paa Ladestationen hurtigt kan ombyttes med friskladede og Vognen altsaa ikke behøver at vente under Ladningen. Men at udrydde Benzinvognene af Byernes Gader lader sig ikke gøre allerede af den Grund, at dér færdes mange Vogne, som ogsaa har Ærinde eller Hjemstavn udenfor dem. Selv Droskerne vilde det imidlertid i Reglen blive dyrere at drive ved Elektricitet end ved Benzin, fordi den uregelmæssige Kørsel bevirker, at Batteriet i Almindelighed ikke kan udnyttes fuldt ud. Vogne, der udfører regelmæssige Ture paa en bestemt Rute — f. Eks. mellem to Banegaarde i forskellige Bydele — er i denne Henseende gunstigere stillede, idet Batteriets Størrelse her kan afpasses efter den bestemte Vejlængde; i København befordres Rejsende saaledes fra Hovedbanegaarden til Frihavnen ved et Elektromobil.

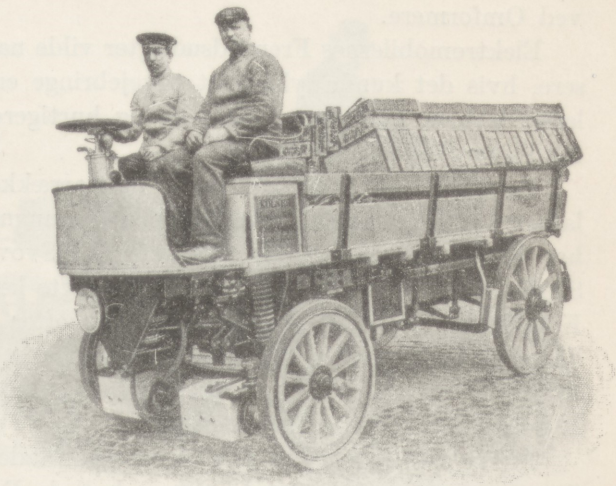


Fig. 94. Elektrisk Arbejdsvogn.

Elektromobiler har ogsaa fundet en Del Anvendelse i Postvæsenets og Brandvæsenets Tjeneste, i sidstnævnte endog som Stige- og Sprøjtevogne. I Berlin udrustedes saaledes i 1908 en Brandstation med et elektrisk Slukningstog, bestaaende af en Kulsyretrykssprøjte, en Brandstige, en Tender og en Dampsprøjte alle med Elektromotorer i Forhjulene og Batteriet anbragt dels over disse dels under Førersædet, hvorved der bliver udmærket Plads til Apparaterne. Disse Vogne har virket saa tilfredsstillende, at Brandvæsenet har anskaffet et Par Tog til af samme Slags. Endvidere kan det nævnes, at Elektromobiler bruges en Del til Varetransport saa vel sværere som lettere.

Naar elektrisk Kørsel vinder almindelig Udbredelse i Byerne, kan der paa passende Steder baade i den indre By og i Forstæderne anbringes Ladestationer, hvor Kuskene kan fylde ny Arbejdskraft i deres udmattede Batterier, muligvis fra en elektrisk Avtomat (eller hvor Batteriet kan ombyttes). Sagen vanskeliggøres noget derved, at Elek-

tromobilbatterier billigst indrettes for lavere Spænding (ikke gærne over 110 Volt) end den, der almindelig anvendes i større Byers elektriske Anlæg (220 Volt).

Efterhaanden som elektriske Stærkstrømsanlæg breder sig over Landene, aabner der sig Mulighed for Oprettelsen af Ladestationer rundt om i mindre Byer og paa passende Steder ved Hovedlandevejene, saa at Elektromobiler uden at medføre meget store Batterier kan færdes rundt om i Landet og saaledes faa Betydning ogsaa udenfor de store Byer. Det maa dog herved erindres, at Batterier ikke kan lades ved Vekselstrøm uden ved Anvendelse af Ensrettere (S. 271 Bd. I.) eller ved Omformere.

Elektromobilernes Fremtidsudsigter vilde naturligvis blive meget lysere, hvis det kunde lykkes at tilvejebringe en Akkumulator, der var langt lettere, holdbarere, billigere og hurtigere at lade end Blyakkumulatorerne.

Store Forhaabninger har man i en Aarrække sat til en ny Akkumulatortype, som skyldes dels Svenskeren Jungner, dels Edison, og som har Kaliopløsning i Stedet for fortyndet Svovlsyre, Nikkel og Jærn i Stedet for Bly. Disse Akkumulatorer bragte længe kun Skuffelser; men Edison og hans Medarbejdere synes nu efter et mangeaarigt utrætteligt Arbejde, hvorpaa der er ofret store Summer, at være naaet til Resultater, der vel ikke opfylder de højt spændte Forventninger, men dog er af ikke ringe Betydning.

Edison-Akkumulatorens Plader bestaar af forniklet Staal og indeholder i tynde gennemhullede Rør eller i »Lommer« den virksomme Masse, som for den positive Plades Vedkommende bestaar af Nikkelilte (eller rettere Nikkelhydroxyd), for den negative af Jærnilte; med fine Nikkelfnug eller andre Tilsætninger er Massen gjort ledende. Den ventede »lette Akkumulator« er Edison-Akkumulatoren ikke, da den for samme Energiydelse ikke vejer mindre end de lette Blyakkumulatorer. Den har langt ringere Nyttevirkning end disse, idet den under Ladningen skal optage mer end det dobbelte af den Energi, den senere kan yde; derfor bliver Driftsudgifterne til Elektricitet betydelig større. Ogsaa Anskaffelsesprisen er større. Til Gengæld bliver man ved Edison-Akkumulatoren helt fri for Syrelugt, og hvad der er meget vigtigere, den skal være langt mere holdbar baade overfor Rystelser og overfor den elektriske Strøms nedbrydende Virkninger. Den skulde som Følge heraf kunne erstatte de usolide lette Blyakkumulatorer i Elektromobiler, og ved sværere Kørsel med Sporvogne, Akkumulatorlokomotiver o. desl., hvor man tidligere har maattet anvende

en tungere og solidere Type af Blyakkumulatoren, kan man nu benytte Edison-Akkumulatoren og derved spare megen Plads og Vægt, som paakræves til andre Formaal. Et tysk Skibsværft har anskaffet sig et Lokomotiv med de nye Akkumulatorer, og de er bragt i Anvendelse til Sporvognskørsel i New York og New Yersey. Endnu er de dog prøvet for lidt i Praksis til, at man kan dømme sikkert om deres Værd.

Faar vi en Gang en ideal Akkumulator, saa bliver det let at løse mange hidtil uløselige Opgaver.

Man kunde da f. Eks. bygge Cykler, hvor et Batteri under Kørsel ned ad Bakke og i det hele taget, naar Naturen eller Cyklisten yder mere Arbejdskraft end fornødent til Fremdriften, faar Strøm fra en af det ene Hjul drevet Dynamo og derved opsamler den overflødige Arbejdskraft; under Kørsel opad Bakke eller naar det ellers tiltrænges, kunde det opsparede Kraftforraad saa bruges til Fremdriften, idet Dynamoen herunder virkede som Elektromotor. Ikke just ved Cykler, men ved nogle større Elektromobiler, er den her antydede Ordning forøvrigt allerede forsøgt, men hvor ikke ejendommelige Terrænforhold i ganske særlig Grad begunstiger denne Ordning, er Udsigterne til et godt Resultat vistnok foreløbig yderst ringe, navnlig fordi Blyakkumulatoren ikke godt taaler hurtig Ladning og Afladning; i denne Henseende skal Jærn-Nikkelakkumulatoren være bedre.

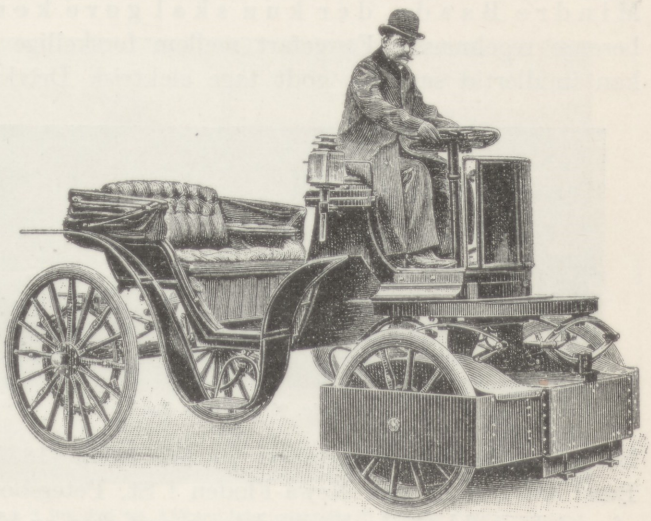


Fig. 95. Vogn med elektrisk Forspand.

En vigtigere Opgave for Fremtidens Akkumulatorer er det at gøre Hesten overflødig baade ved Markarbejde og al Slags Kørsel ude paa Landet. Til Løsningen af denne Opgave kræves ikke nødvendigvis et Batteri med Elektromotor for hver enkelt Markmaskine eller Vogn. Man kan have »elektrisk Forspand«, der ligesom Heste kan spændes for Plove, Mejemaskiner, Arbejdsvogne, Stadsvogne o. s. v. efter Be-

hag. Fig. 95 viser en elektrisk Vogn, hvor Batteri, Elektromotorer og Forhjul udgør et saadant elektrisk Forspand, der kan skilles fra den egentlige Vogn og derefter anvendes til at trække andre Vogne.

Elektrisk Sejlads. Da et Kilogram Kul anvendt i en Dampmaskine kan yde et Arbejde af over en Hestekrafttime, medens et Akkumulatorbatteri vanskelig kan bringes til at veje mindre end 30 Kg. pr. Hestekrafttime og tilmed er meget kostbart og lidet holdbart, er det indlysende, at der slet ikke kan være Tale om at drive store Skibe ved Akkumulator og Elektromotor i Stedet for ved Kul og Dampmaskine. Mindre Baade, der kun skal gøre korte Ture, f. Eks. besørge regelmæssig Færgefart mellem forskellige Punkter af en By, kan imidlertid særdeles godt tage elektrisk Drivkraft fra et medført

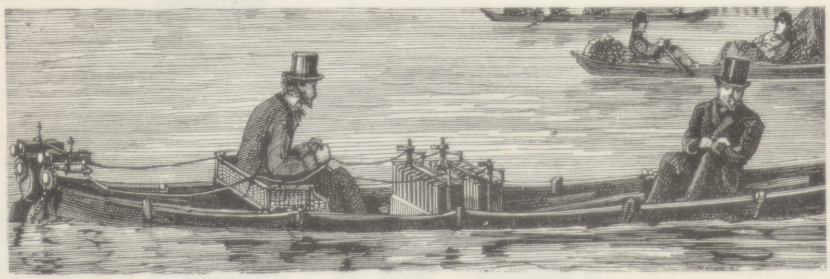


Fig. 96. Elektrisk Baad fra 1881.

Batteri. Allerede for henimod 70 Aar siden (1839) blev en elektrisk Baad sat i Gang paa Newa-Floden i St. Petersborg; den blev drevet af en i Forhold til sin Kraftydelse meget stor og klodset Elektromotor, som fik Strøm fra 128 store galvaniske Elementer. Driften var meget kostbar, og Forsøget blev først gentaget paa Verdensudstillingen i Paris 1881; men ogsaa den her benyttede Baad (Fig. 96) blev drevet med primære galvaniske Elementer og var, som det ret tydelig fremgaar af Billedet, ikke egnet for praktisk Brug. Senere har »Akkumulatorbaade« fundet Anvendelse adskillige Steder. Paa Søerne i København gik der saaledes en Tid elektriske Baade; denne elektriske Sejlads betalte sig dog ikke, og de elektriske Baade er nu afløst af Baade med Benzinmotor; men ikke alle Steder er det gaaet de elektriske Baade saa uheldigt.

Der er én Slags Sejlads, for hvilken elektrisk Akkumulatordrift ikke alene er fordelagtig, men endogsaa næsten nødvendig. Det er Sejladsen under Vandet. Forsøgene paa at bygge Baade, der kan færdes nede under Havfladen, gaar over 100 Aar tilbage; men praktisk anvendelige Resultater naaedes først, da man kunde forsyne Baa-

dene med elektrisk Drivkraft. Nutidens »Undervandsbaade« benytter Akkumulatorbatteri og Elektromotor til Sejladsen under Vandfladen, selv om de større af dem ogsaa har Petroleumsmotor el. desl., der ved Sejlads oven Vande besørger Fremdriften og desuden lader Batteriet.

Foreløbig er det væsentlig kun til Krigsbrug, man bygger Undervandsbaade. At de ogsaa skulde blive brugt som Passagerskibe, som nogle Opfindere har foreslaaet, er lidet sandsynligt; snarere kan de faa Betydning for Havforskningen. Smaa Baade, der er bygget saa stærke, at de kan taale Vandtrykket, vil rimeligvis kunne gaa ned til betydelig større Dybder, end Dykkere kan naa; hernede kan de belyse Bun-

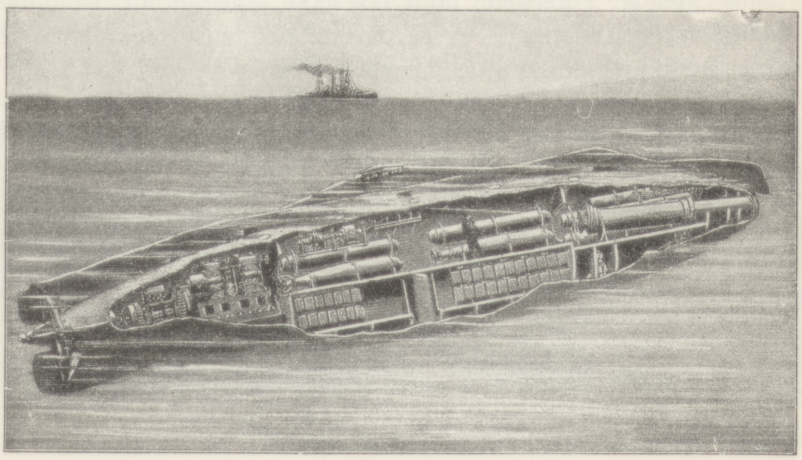


Fig. 97. Undervandsbaad. I Bunden ses Akkumulatorbatteriet, til venstre Elektromotorer.

den ved elektriske Lyskastere og ved elektrisk drevne Griberedskaber, Skrabere o. dels., som styres inde fra Baaden, optage Planter og andre Genstande. Italieneren Pino skal have bygget en saadan Baad, som dog ikke drives ved Akkumulatorer, men faar Strøm til Lys og Kraft ovenfra gennem et elektrisk Kabel, der tillige indeholder Telefonledninger. — Da Undervandsbaade kan følge Fiskene ned under Vandfladen, kunde den Tanke ligge nær at anvende dem til Fiskeri. Dette lader sig ganske vist ikke let gøre, bl. a. paa Grund af Vandets ringe Gennemsigtighed; men urimeligt er det dog ikke, at Undervandsbaade under adskillige Forhold ikke blot indirekte, men ogsaa direkte vil gavne Fiskeriet. I det hele taget maa det siges, at Elektriciteten giver os Muligheder for at forøge baade vor Kundskab til og vort Herredømme over, hvad der skjuler sig under Havfladen. I Danmark forsøgte man for nogle Aar siden at hindre Aalene i at vandre ud mod Havet ved at nedsænke elektriske Lamper paa deres Vej; Forsøgene

gav vel ikke opmuntrende Resultater; men under gunstigere Forhold og med stærkere elektriske Lamper kunde man maaske naa det tilstræbte Maal.

Vi maa imidlertid vende tilbage til vort Emne, den elektriske Sejlads, d. v. s. Skibes Fremdrift ved elektrisk Drivkraft. Denne behøver ikke nødvendigvis at komme fra Akkumulatorbatterier. Ved Sejlads paa Floder og Kanaler er der Mulighed for gennem Luftledninger at føre Strøm til et Skib under Sejladsen ligesom til Sporvogne under Kørslen. Paa Teltow Kanalen ved Berlin har man virkelig udført Forsøg med et elektrisk drevet Slæbeskib, som fik Strøm paa denne Maade; Forsøgene faldt dog ikke gunstigt ud. Derimod lader man her og andetsteds et elektrisk Lokomotiv, som løber langs Kanalen, trække Pramme o. s. v. ved et Slæbetov, som vist i Fig. 98.



Fig. 98. Pramme slæbes af et elektrisk Lokomotiv.

Ved fri Sejlads ude paa Havet kunde elektrisk Drivkraft benyttes paa den Maade, at Skibsskruen blev drevet af en Elektromotor ved Strøm, som frembragtes i Skibet selv. En saadan Ordning kunde der være Grund til at indføre, naar der anvendes Dampturbiner eller Dieselmotorer. Dampturbiner kan nemlig ikke omstyres, saa at man i Turbinskibe maa have særlige »Bakturbiner«, hvad man kunde undgaa ved at indføre elektrisk Kraftoverføring fra Kraftmaskine til Skrue. Dette samme Middel kunde gøre Dieselmotoren anvendelig i Skibe. I et Petroleumstransportskib, som for nogle Aar siden blev sat i Gang paa Volgafloden, drev 3 Dieselmotorer, hver paa 120 Hestekræfter, 3 Dynamoer, disse sendte Strøm til 3 Elektromotorer, som drejede hver sin af 3 Skrueaksler. Kaptajnen kunde staa paa Kommandobroen og sætte Elektromotorerne i Gang eller standse dem, vende deres Omløbsretning eller forandre deres Omløbstal fra 300 til 30 Omløb i Minuttet, altsammen blot ved at dreje Haandtaget paa en elektrisk Regulator; han har saaledes et langt større Herredømme over Skibet, end om det var en Damper, hvor han maatte give Maskinisten

Ordre om, hvad der skulde gøres. Ogsaa Rorets Drejninger udførtes ved en lille elektrisk Motor, som sattes i Bevægelse fra Kommandobroen. Da det nu er lykkedes at bygge omstyrbare Dieselmotorer, har denne Fremgangsmaade dog næppe Udsigt til at vinde Udbredelse.

I Stedet for en fuldstændig elektrisk Kraftoverføring fra et Skibs Kraftmaskine til dets Skruer kunde man tænke sig en saadan Ordning, at Skrueakslerne bragtes til at gaa i Gang eller skifte Omløbsretning ved elektriske Strømme, der sammenkoblede dem paa forskellig Maade med Kraftmaskinens stedse ensløbende Aksel. Danskeren Frantz Jensen har taget Patent paa en »elektromagnetisk Omstyringsindretning«, hvorved dette skulde kunne opnaaes. — Drejer det sig blot om at sammenkoble to Aksler, der ligger i hinandens Forlængelse og skal løbe samme Vej rundt, er Sagen forsaavidt simpel nok, idet en Elektromagnet, naar den faar Strøm, kan bringe Skiver paa de to Aksler til at lægge sig saa fast mod hinanden, at de maa følges ad (smlgn. hermed den S. 83 omtalte Bremsning ved en Jærnskive og en Kreds af Elektromagneter. Elektromagnetiske Koblinger efter saadanne Principper har fundet nogen Anvendelse (bl. a. i Værksteder); men ved Aksler med meget stor Kraftydelse kan Metoden næppe anvendes uden særlige Kunstgreb.

Forøvrigt kan Elektriciteten, selv om den ikke besørger Fremdriften, gøre Nytte paa mangfoldige Maader ved Kørsel og Sejlads. Paa Nutidens kæmpemæssige Oceanflyvere sørger Elektriciteten saaledes for Lys over hele Skibet og for Varme i de fine Kahytter; Elektromotorer driver talrige Smaamaskiner rundt om i Skibet; Kommandobroen, der kunde kaldes Skibets Hjærne, er Hovedcentret for Telefonledninger, Ringeledninger, Ledninger for Maskin- og Rortelegraf o. s. v., der som Nervestrænge gennemkrydser Skibslegemet; ved traadløs Telegrafi staar Skibet stadig i Forbindelse med Land; o. s. fr. Saadan Anvendelse af Elektriciteten hører imidlertid ind under foregaaende og følgende Afsnit af denne Bog.

X. ELEKTROKEMISK INDUSTRI.

Galvanisk Metalplettering og Galvanoplastik. — Forskellige elektrokemiske Virksomheder (Fremstilling af Soda, Metaller, Karbid, Ozon, Kvælstofgødning m. m.)

Galvanisk Metalplettering og Galvanoplastik. Det er S. 54 Bd. I omtalt, at en elektrisk Strøm, der ledes gennem Kobbervitriolopløsning fra en Kobberstrimmel til en Metalgenstand, bevirker, at Kobberstrimlen opløses og derved svinder ind, medens Metalgenstanden overtrækkes med et Kobberlag af voksende Tykkelse; man siger, at Kobberet »udfældes« paa Genstanden. Kobberlaget kan efter Omstændighederne (f. Eks. eftersom Genstanden er ren eller noget fedtet) sætte sig fast paa eller være til at løsne fra Genstanden. I sidste Tilfælde fremviser Kobberlagets Inderflade et nøjagtigt Aftryk af Genstandens Overflade, blot er Aftrykket »negativt«, d. v. s. Fordybninger er gengivet som Forhøjninger og omvendt.

Med disse Kendsgerninger som Grundlag fremvoksede allerede for 60—70 Aar siden to betydningsfulde elektriske Industrigrene, der har faaet Navnene galvanisk Metalplettering eller Galvanostegi (Overtrækning med fastsiddende Metallag) og Galvanoplastik (Tilvejebringelse af Metalaftryk).

Ved den galvaniske Metalplettering eller »Elektroplettering« er det i Reglen ikke Kobber, man vil have udfældet paa en Genstand, men andre Metaller, f. Eks. Sølv, Guld eller Nikkel. Fremgangsmaaden er imidlertid den samme som ved Kobberudfældning, blot anvendes i Stedet for Kobbervitriol andre Væsker, som indeholder Sølv, Guld eller Nikkel, og en Strimmel, Stang eller Plade af samme Metal erstatter Kobberstrimlen. De saakaldte Pletsager er Genstande af billigt Metal — f. Eks. Nysølv —, der er forsølvet paa denne Maade. Den galvaniske Fornikling har i de sidste 10—20 Aar paa Grund af Cykleindustriens Udvikling faaet stor Betydning.

Fig. 99 viser Strømmens Gang under galvanisk Metaludfældning. I en Kumme med Sølvopløsning hænger Skeer og Gafler, idet de ved tynde Metaltraade er fastgjort til en Metalstang. Denne er ved en Ledningstraad forbundet med den negative Pol af et galvanisk Element eller Batteri, medens den anden Metalstang, hvorfra der hænger en Sølvplade ned i Væsken, er forbundet med den positive Pol, Strømmen gaar da, som Pilene viser, og fører Sølv fra Pladen til Genstandene. — Det Metal, hvorfra Strømmen træder ud i Væsken — altsaa her Sølvpladen —, kaldes Anoden; det Metal, ved hvilket den atter

forlader Væsken — altsaa her Skeer og Gafler —, kaldes Katoden. Anode og Katode tilsammen kaldes Elektroderne.

En Sølvopløsning kan man faa ved at opløse Sølv i fortyndet Salpetersyre; derved opstaar der i Opløsningen et Sølvsalt (se S. 41, Bd. I.) salpetersurt Sølvilte eller Helvedessten; ubenyttet Syre, som endnu findes i Væsken, kan man uskadeliggøre ved at ryste Væsken med Kridt. Lettere er det at købe Helvedessten og opløse det i Vand. For at faa en god Sølvudfældning maa man imidlertid bruge en mere sammensat Opløsning; en passende Væske kan dannes af 12 Gram Helvedessten, 20 Gr. af det yderst giftige Stof Cyankalium og henved en Liter (Pot) Vand. Ved Kogning med stærk Sodalud, Skuring med Sand eller Pimpsten o. s. v. maa man gøre de Genstande, der skal forsølves, skinnende blanke og fuldstændig fri for Fedt; er de af Tin, maa man tilmed forkobre dem, for at Sølvet kan hænge ved. Strømstyrken maa kun være svag, hvis det ikke er store Overflader, der skal forsølves. Man maa endvidere — om fornødent ved af og til at vende Genstanden — sørge for, at Strømmen og dermed Sølvet fordeles nogenlunde jævnt over deres Overflade. Der er saaledes mange Ting at iagttage, hvis man vil naa gode Resultater. — Til Fornikling anvendes Nikkelsulfat eller Ammoniumnikkelsulfat (100 Gram i 1 Liter Vand). Hertil kan sættes f. Eks. Borsyre eller citronsurt Natron.

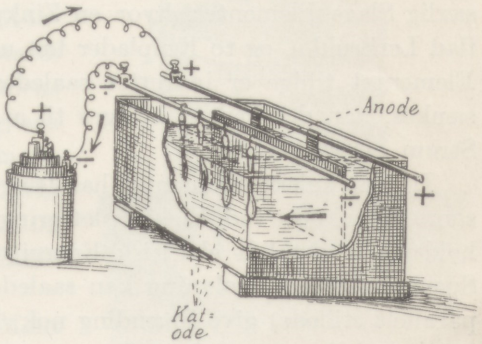


Fig. 99. Forsølvning ved elektrisk Strøm.

Som Strømkilde brugtes indtil de sidste Aar almindeligt de saakaldte Bunsen-Elementer, der ligesom det S. 88 Bd. I. omtalte Daniell-Element bestaar af et stort Glas (eller en Stentøjskrukke) med en Zinkcylinder staaende i fortyndet Svovlsyre udenom en porøs Lerkrukke, i hvilken der imidlertid ikke findes Kobber og Kobbervitriol, men derimod et Kulstykke og stærk Salpetersyre. Dette Element er i visse Henseender det bedste, man har; dets elektromotoriske Kraft er henimod 2 Volt, dets Væsker leder Strømmen godt, saa at det, naar ogsaa den ydre Modstand er ringe, kan give en stærk Strøm, og dets Virkning kan holde sig nogenlunde uforandret i adskillige Timer, ja, det kan endog bruges flere Dage ad Gangen. Det var derfor tidligere — og er til Dels endnu — meget anvendt ikke blot til Metaludfældning, men ogsaa til større fysiske Forsøg. Men det er ikke rart

at have at gøre med. Salpetersyren udsender ubehagelige Dampe, der er skadelige for Metalgenstande. Metalklemskruerne maa derfor ofte renses. Endvidere bør Elementerne skilles ad efter Brugen. Kulstykkerne udskylles og sættes til Tørring, og Lerkrukkerne maa helst, efter at Salpetersyren er hældt over i en Flaske med Glasprop, udskylles og nedlægges i et Vandkar; herved forhindres det, at der i Lerets Porer sætter sig Zinksalte, som kan skørne Leret. — De værste Ulemper ved Bunsen-Elementet undgaar man ved at fylde den S. 50 Bd. 1. omtalte Kromsyreblanding i Lerkrukken i Stedet for Salpetersyre. Herved forøges ganske vist Elementets indre Ledningsmodstand; men er det af Vigtighed, at denne er lille, kan man enten bruge større Elementer, eller sætte flere parallelt sammen (se S. 69, Bd. I.) eller anskaffe en særlig Slags Elementer, hvor en Zinkplade er anbragt i Svovlsyre i en flad Lerkrukke, og to Kulplader tæt udenom i Kromsyreblanding; naar Elementet tillige er indrettet saaledes, at Pladerne let kan hæves og sænkes, kan det herved bringes til at give stærk, svag eller slet ingen Strøm efter Behag.

De galvaniske Elementer har længe holdt Stand overfor Dynamoer som Strømkilde ved Elektroplettering o. desl., fordi her benyttes forholdsvis meget lidt elektrisk Energi, og fordi der kræves meget ringe Spænding. Til Forsølvning kan saaledes et Bunsen-Element (eller flere parallelt stillede) give Spænding nok. Men man anvender nu i alt Fald i større Anlæg som oftest Dynamoer, der saa er indrettet til at give meget lav Spænding; de kan drives af en Dampmaskine, Petroleumsmotor el. desl., men ogsaa af en Elektromotor, der faar Strøm fra en Stærkstrømscentrals Ledningsnet; ved Motor og Dynamo omformes denne Strøm fra høj Spænding og ringe Strømstyrke til lav Spænding og stor Strømstyrke.

Samme Fremgangsmaade kan benyttes ved den egentlige Galvanoplastik. Men da det ved denne gælder om at udfælde tykke Metallag, som kan skilles fra de Genstande, hvorpaa de er udfældet, skal en svag Strøm virke i lang Tid, og det er derfor ofte praktisk at anvende Elementer af Daniell-Typen med Kobber i Kobbervitriol, Zink i Svovlsyre eller Bittersalt, eller man kan nøjes med ganske simple Voltaelementer (S. 46 Bd. I.).

Man kan ogsaa, naar det er Kobber, der skal udfældes, ligefrem erstatte Kobberet i et Daniell-Element med Genstandene, som det er sket i Elementet Fig. 99. Her er Zinken og den omgivende Svovlsyre anbragt inden i en Lerkrukke; udenom den er Kobbervitriolopløsning, og i denne hænger Medailler o. desl., som ved Kobbertraade er befæstet til en Kobberring. Naar denne bringes i ledende Forbindelse

med Zinken, kommer Strømmen i Gang; den gaar fra Zink gennem Lerkrukken til Genstandene og afsætter Kobber paa dem. — Et endnu simplere »galvanoplastisk Element« kan enhver lave sig selv, idet et Lampeglas el. lign., som forneden er ombundet med et Stykke Svineblære eller Pergamentpapir, erstatter Lerkrukken; Lampeglasset stilles ikke paa Bunden af det ydre Glas, men holdes oppe ved Traade af passende Stivhed (f. Eks. tyk Ringeledning), som snoes fast om Lampeglasset og tildannes med tre paa det ydre Glas hvilende Udløbere. Under Svineblæren lægges Genstanden, og en Kobbertraad forbinder den med et Stykke amalgameret Zink, der paa en eller anden Maade bringes til at hænge ned i Svovlsyren i Lampeglasset; i Væsken i det ydre Glas nedlægges udenom Genstanden Kobbervitriolkrystaller, der kan erstatte hvad der forbruges under Strømmens Gang. Denne maa kun være svag, saa at det varer en Dags Tid eller mere, inden det udfældede Kobberlag bliver tykt nok til at aftages, hvad man bl. a. kan opnaa ved kun at dyppe Zinkstykket lidt ned i Svovlsyren.

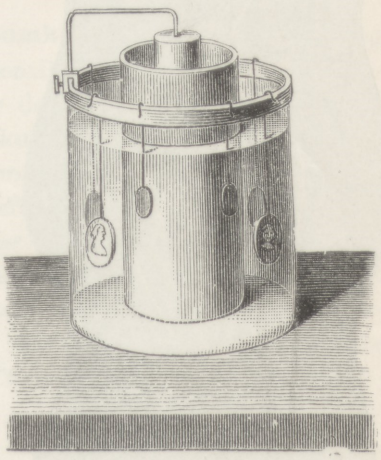


Fig. 100. Element til Galvanoplastik.

Dersom Genstanden er en Mønt eller Medaille, af hvis Overflade man vil tage et negativt Aftryk, maa man ved Indfedtning af Overfladen, Behandling med Joddampe eller andre Midler hindre, at Kobberlaget sætter sig fast. Ledningstraaden kan man lakke eller lodde til Møntens Bagside, hvorefter denne samt Møntens Rand og Ledningstraaden overtrækkes med et isolerende Stof, f. Eks. ved Paastrygning af den Opløsning af Gummi (Kavtsjuk), der under Navn af »Solution« anvendes til Reparation af Cykleslanger.

Ønsker man derimod et positivt Aftryk, maa man først danne et negativt Aftryk — en »Matrice« — f. Eks. ved at presse Mønten stærkt sammen med Guttaperka, som er gjort blødt i varmt Vand. Paa Guttaperkamatricen udfældes saa Kobberet; men da Guttaperka ikke leder Elektricitet, maa man først omhyggeligt paastryge fint Pulver af Grafit (Blyant), eller bedre Sølvpulver*) dér, hvor Kobberet skal ud-

*) Et saadant Sølvpulver kan man faa ved at dyppe et Stykke Zink i en Opløsning af Helvedessten. Idet Zinken ikke er helt ren og ensartet, vil der hist og her opstaa smaa elektriske Strømme, som gaar fra de Punkter, hvor Zinken er renest, til de Punkter, hvor den er iblandet andre Metaller; ved de sidstnævnte Punkter udskiller Opløsningen Sølv som fint sort Pulver, medens der ved Strømmenes Udgangspunkter opløses Zink. — Det er i Virkeligheden lignende smaa, »lokale« Strømme, der er Skyld

fældes, samt saa langt udenfor, at Enden af Ledningstraaden kan berøre Pulverlaget. — Ogsaa ved Udfældning paa Metal kan det forøvrig være heldigt eller nødvendigt at paastryge ledende Pulver, da Fedt leder meget daarligt. I det hele taget maa den, der vil udføre Smaaforsøg med galvanisk Metaludfældning, ikke vente, at det straks gaar saa glat og let. Man maa her som ved andre fysiske Forsøg prøve sig frem og tænke sig om for at naa gode Resultater.

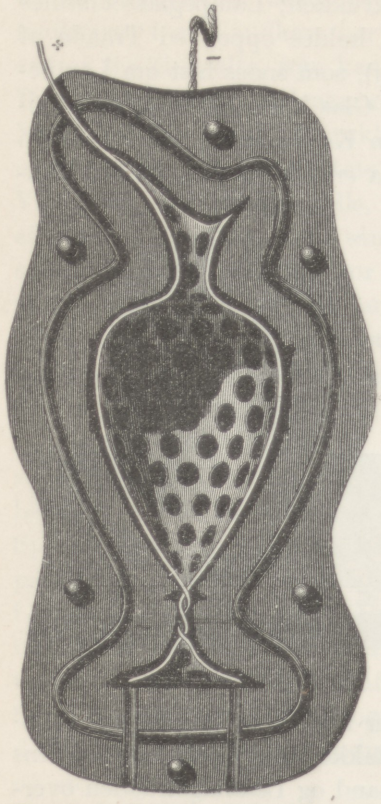


Fig. 101. En Kobberkande frembringes ved elektrisk Strøm.

Galvanoplastikken egner sig bedst til Gengivelse af temmelig flade Genstande som f. Eks. Portrætmedailloner i fladt Relief eller Billedtrykplader. Navnlig for Billedtrykningen har den stor Betydning, idet man med galvanoplastiske Kopier — de saakaldte Galvano'er — kan trykke et Billede i utallige Tusinder af Eksemplarer og samtidig i forskellige Lande, medens den originale Plade opbevares uslidt.

Galvanoplastik kan dog ogsaa anvendes over for Genstande af helt andre Former. Fig. 101 antyder, hvorledes dette kan ske. En hul, af flere Stykker sammensat Matrice, der er dannet over det ydre af en Kande, er fyldt med Kobbervitriol. Inden i Matricen er som Anode anbragt et gennemhullet Blyskelet, der nogenlunde har Form efter Matricen, hvorved det opnaaes, at det Kobberlag, der afsætter sig paa denne, faar nogenlunde samme Tykkelse overalt. Den elektriske Strøm laver saaledes en hel Kobberkande af samme Form som Originalen. Paa denne eller andre Maader har man fremstillet hele Statuer endog af kæmpemæssig Størrelse.

Der kan nævnes endnu mangfoldige Anvendelser af galvanisk Metaludfældning. Kobbertrykplader kan hærdes ved Udfældning af et tyndt Jærnlag (»Forstaaling«). Ikke-metalliske Genstande kan overtrækkes med et Lag af Kobber, Sølv el. a., idet man først paastryger et ledende Pulver. Jærngenstande kan beskyttes mod Rust ved galvanisk udfæl-

---

i, at uren Zink opløses i Svovlsyre, at Jærn, der dyppes i Kobbervitriol, forkobres, og i mange andre tilsyneladende rent kemiske Virkninger; ja, i Grunden fremkaldes al kemisk Virksomhed af elektriske Kræfter.

det Zink; men i Reglen forzinkes Jærn ved Neddypning i smeltet Zink, og den for forzinket Jærn almindeligt anvendte Betegnelse »galvaniseret« Jærn hentyder blot til, at Zinkens beskyttende Virkning til Dels er af elektrisk (galvanisk) Natur. Tænker vi os, at Jærnet var blottet paa en ganske lille Plet, og at denne var dækket af en Vanddraabe saa vilde Zink, Vand og Jærn danne et lille galvanisk Element, hvor Strømmen vilde gaa fra Zink gennem Væske til Jærn og ved dette udskille lidt Brint; hvis Jærnet i Forvejen var lidt iltet (rustet), vilde Brinten tage Ilten og saaledes rense Jærnet; Strømmen vilde ogsaa være tilbøjelig til at føre Zink hen paa Jærnet (smlgn. S. 44 Bd. I.).

Forskellige elektrokemiske Virksomheder. Galvanoplastik og galvanisk Metalplettering kan kun i uegentlig Forstand kaldes elektrokemisk Industri; ganske vist fremkalder den elektriske Strøm her kemiske Omsætninger; men Formaalet er kun at forme visse Genstande, forandre deres Udseende o. desl. Ved den egentlige elektrokemiske Industri er Formaalet for de elektriske Kræfters kemiske Virksomhed derimod Frembringelsen af bestemte Stoffer. Til saadanne Formaal har Elektriciteten først i de sidste Par Aartier faaet nævneværdig praktisk Anvendelse; men meget er allerede naaet, og større Ting er i Fremvækst, og det er ikke usandsynligt, at Elektrokemien vil faa endnu større Betydning for Menneskehedens Fremskridt end nogen af Elektricitetens øvrige Virksomhedsgrene.

Efter Elektricitetens Virkemaade — »vaad« Elektrolyse, Anvendelsen af elektriske Smelteovne eller elektriske Udladningers Virkning paa Luftarter — kan den elektrokemiske Industri inddeles i 3 Grupper, der dog ikke er helt skarpt adskilte.

I den første Gruppe benyttes vaad Elektrolyse, d. v. s. en elektrisk Strøm ledes gennem en Vædske og udskiller derved én eller flere af dens Bestanddele.

Det er omtalt S. 199 Bd. I., at la Cour ved sine Forsøg paa at opsamle Vindkraften en Tid gik den Vej at lade en elektrisk Strøm adskille Vand i Ilt og Brint, som opsamledes i hver sin Beholder. Fig. 102 viser et af de Vandadskillelsesapparater, han herved benyttede. Det er ligesom en Akkumulator et Kar med parallelt stillede Plader af hvilke hveranden staar i Forbindelse med en Dynamos positive Pol, hveranden med den negative. Pladerne er dog ikke af Bly, men af Jærn, og Væsken er ikke svovlsyret Vand, men Vand, hvori der er opløst Ætsnatron. Naar en Strøm ledes gennem Apparatet udvikles der Ilt og Brint henholdsvis ved de »positive« og de »negative« Plader og Apparatet er saaledes indrettet, at Brinten og Ilten stiger op i hver sin af de to pyramideformede Hætter, som ses i Figuren. Naar nu Brinten

og Ilten opsamledes hver for sig, kunde man senere anvende dem til Belysning, idet de gennem to Rørledninger lededes til Lamper af særlig Konstruktion, hvor de strømmede ud sammen og, naar Blandingen (»Knaldluft«) antændtes, gav en meget hed Flamme, som gjorde et ildfast Stof hvidglødende. Paa denne Maade belystes Askov Højskole i flere Aar. — Ilten og Brinten kunde imidlertid ogsaa, sammenpressede i Staalflasker, sendes andetsteds hen og anvendes ved forskellige Metalarbejder, hvorved Knaldluftflammen er særlig værdifuld, baade fordi den er meget hed, og fordi man ved at anvende Brint i Overskud kan hindre Metallet i at ilte sig (ruste) under Ophedningen. Det voldte dog en Del Vanskeligheder at faa tilvejebragt en for Forsøgsmøllen passende Iltsammenpresningspumpe, og da man gik over til at udnytte Vindkraften ved et Elektricitetsværk med Akkumulator, indstilledes disse Forsøg. Andetsteds har man imidlertid anvendt elektrolytisk fremstillet Ilt og Brint paa den nævnte Maade.

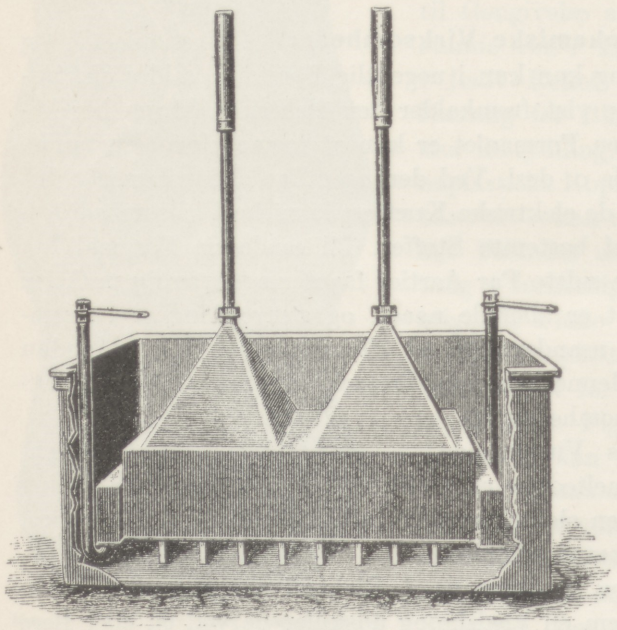


Fig. 102. Vandadskillelsesapparat.

Større Betydning end Vandadskillelse har Elektrolyse af Saltvand, d. v. s. en Opløsning af almindeligt Salt, der er en kemisk Forbindelse af de to Grundstoffer, Luftarten Klor og Metallet Natrium. Naar to ledende Plader sættes ned i en Saltopløsning og forbindes henholdsvis med den positive og negative Pol af en Strømkilde, gaar Natrium med Strømretningen til den negative Plade, Katoden, Klor mod Strømretningen til Anoden.*) Er denne

*) Vi maa antage, at Atomerne af det Stof, som sønderdeles ved Elektrolyse, er elektriske (smlgn. S. 54 Bd. I). Kloratomerne er negativt elektriske og tiltrækkes derfor af den positive Plade, som saa afgiver Elektricitet til de ankommende Kloratomer, medens Natriumatomerne, der er positivt elektriske, vandrer til den negative Plade og afleverer Elektricitet til den. Her og ved enhver Elektrolyse tjener Atomerne af de Stoffer, der sønderdeles, paa denne Maade som Bærere for den Elektricitet, der strømmer gennem Væsken fra Anode til Katode.

af Kul eller Platin, som ikke angribes af Klor, bobler dette ligefrem op ved Anoden; det kan opsamles og benyttes til Fremstilling af Blege- og Desinfektionsmidlet Klorkalk. Natrium kommer derimod ikke frem som Metal ved Katoden, da det straks med Vandet danner Natronlud, idet der samtidig udvikles Brint; en porøs Skillevæg i Væsken mellem Katode og Anode hindrer Natronluden i at brede sig til sidstnævnte. Af Natronluden kan man ved Tilledning af Kulsyre faa Soda. For at Elektrolysen kan foregaa uafbrudt og med det mindst mulige Tab, har man indført forskellige Forbedringer. Den danske Ingeniør Rink har saaledes udarbejdet en meget fuldkommen Metode; han lader Katoden være et Metaltraadsnet, som stadig overrisles af Kviksølv; dette vil da optage Natriummetallet og føre det med sig til en Vandbeholder; først her danner det med Vandet Natron og Brint; det for Natrium befriede Kviksølv pumpes tilbage til Elektrolysekarret, hvor tillige Væskens Saltholdighed stadig holdes vedlige, idet Væsken om Anode og Katode stadig kredser rundt mellem Elektrolysekarret og to Kar med Salt. — »Elektrolytisk« Fremstilling af Soda, Klor, Natron og Kali efter saadanne eller lignende Metoder er meget mere lige til end de rent kemiske Fremgangsmaader med deres mange Omveje; men der medgaar store Mængder af elektrisk Energi, og kun hvor denne kan faas meget billig, altsaa navnlig ved store Vandkraftselektricitetsværker, betaler den elektrolytiske Metode sig. Rinks Metode er bragt i Anvendelse paa en norsk Cellulosefabrik, hvor Kloret direkte bruges til Blegning af Cellulosen.

Elektrisk Metallurgi, d. v. s. elektrisk Fremstilling eller Rensning af Metaller, vil utvivlsomt komme til at spille en meget stor Rolle i Fremtiden. Der anvendes baade vaad Elektrolyse og elektriske Smelteovne.

Størst Betydning har vel foreløbig den elektriske Rensning af Kobber, som foregaar ganske som Galvanoplastik; idet urent Kobber bruges som Anode i en Kobbervitriolopløsning, udfælder Strømmen rent Kobber paa Katoden. Man kan imidlertid ogsaa lade Strømmen udfælde Kobberet af Opløsninger, som vindes af selve Kobberertsen.

Ved en af Englænderen Cowper-Coles opfundet Metode kan Kobberet umiddelbart fremstilles ad elektrolytisk Vej i en ligesaa stærk og sejg Tilstand som det bedste valsede eller trukne Kobber. Udfældningen foregaar paa en hurtigt roterende cylindrisk Katode, hvorpaa Kobberet afsætter sig i et jævnt Lag med ganske glat Overflade. Naar Kobberlaget er blevet tilstrækkelig tykt og derefter løsnet fra Katoden, har man et stærkt Kobberrør, der kan anvendes som saadant. Vil man fremstille Plader, anvender man Katodecylindre med stort Tværmaal og udfolder det dannede Lag. Ogsaa Kobbertraad kan man faa ad

denne Vej, idet man skærer en skarp Rille som en Skruegang rundt om Cylindren, derved bliver Kobberlaget, der afsætter sig paa Cylindren, tilbøjeligt til at spalte sig efter Skruelinjen, saa at man kan trække Kobberet af i Form af en kantet Traad. — »Nordiske Kabel- og Traadfabrikker« har i flere Aar arbejdet paa denne Metodes videre Udvikling for at bringe den i Anvendelse overfor Kobbererts fra de grønlandske Lejer.

En mindre elektrokemisk Industri blev for nogle Aar siden grundlagt i København paa en dansk Opfindelse, nemlig Poul Bergsøes Metode til elektrolytisk Udvinding af rent Tin af Blikaffald eller gamle Genstande af Blik (fortinnet Jærn). Ogsaa overfor andre Metaller har man med større eller mindre Held anvendt Elektrolyse af Væsker, der indeholder Metallet.

Store Resultater saa vel indenfor Metallurgien som paa andre Omraader har man endvidere opnaaet ved den anden Gruppe af Metoder, hvorved der anvendes elektriske Smelteovne.

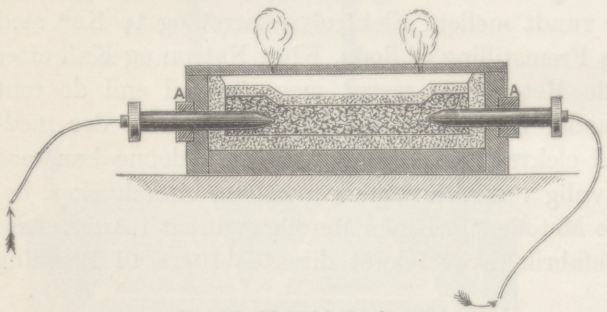


Fig. 103. Elektrisk Smelteovn.

Disse kan indrettes paa forskellig Maade, og de kemiske Virkninger i dem kan enten skyldes Varmen alene eller fremkaldes direkte af elektriske Kræfter. — Fig. 103 viser en elektrisk Smelteovn, hvor man mellem to Kulstænger (Elektroderne) har anbragt det Stof, som skal paavirkes; naar det er daarligt ledende, og Strømmen er stærk nok, vil det blive saa varmt, at det gløder og smelter, og Strømmen kan da sønderdele det; »tør Elektrolyse« kalder man undertiden dette i Modsætning til Elektrolyse af Opløsninger. Man kunde ogsaa indrette Ovnen saaledes, at Kulstængerne kunde skydes sammen og derefter skilles ad under Dannelsen af en stærk Lysbue, som blot ved sin Varme paavirker Stoffer, som anbringes under den.

Navnlig ved Ovne af sidstnævnte Slags har den franske Kemiker Moissan udført talrige kemiske Forsøg; bl. a. synes det at være lykkedes ham at forvandle Kul til Diamanter, dog kun af mikroskopisk Størrelse.

I Metallurgien har de elektriske Ovne bl. a. fundet praktisk Anvendelse til Fremstilling af Aluminium, det lette, hvide Metal, som udgør en væsentlig Bestanddel af Ler og af alle Metaller er det, der forekommer almindeligst i Naturen. De store Vanskeligheder ved at udrage det af Ler eller, hvad det ellers findes i, bevirkede imidlertid,

at Aluminium længe var et overmaade kostbart Metal; endnu for en Snes Aar siden kostede det henved 100 Kr. pr. Kg. Dette Forhold forandredes ganske, da man slog ind paa at fremstille Metallet ved elektrisk Smeltning og Elektrolyse af Aluminiumilte i Ovne, hvor undertiden en elektrisk Energi af flere hundrede Hestekræfter er virksom. I Svejts, Frankrig, De forenede Stater m. m. tilvirkes der nu ved Vandkraftselektricitet aarlig Millioner af Kilogram Aluminium, og Prisen pr. Kilogram er gaaet ned til et Par Kroner. Mange Steder — bl. a. ogsaa ved flere danske og norske Stærkstrømsanlæg — har man anvendt Aluminium i Stedet for Kobber til elektriske Ledninger.

En af de vigtigste Opgaver den elektriske Metallurgi har at løse, er elektrisk Fremstilling af Jærn. Hidtil har en Jærnproduktion af større Omfang kun fundet Sted i Lande, der var rige paa Stenkul. Selv Sverrigs berømte Malmlejer har kun givet Anledning til en temmelig ringe indenlandsk Produktion, og baade fra Sverrig og fra Norge, hvor der ogsaa findes mægtige Lejer, sendes store Malmmængder til Tyskland eller England. Men kan man ved Elektricitetens Hjælp udsmelte Jærnet ved det »hvide Kul« — Vandkraften —, saa er der Mulighed for, at der baade i Norge, Sverrig, Svejts, Italien og andre kulfattige Lande kan opstaa en omfangsrig Jærnproduktion.

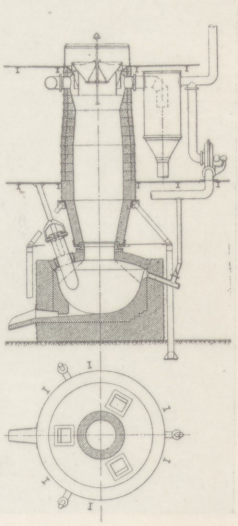


Fig. 104. Elektrisk Ovn til Jærnmalmsmeltning. Højdesnit samt Tværsnit af Ovnens nedre Del.

Ganske vist kan man ikke helt undgaa at bruge Kul. Jærnmalmen, der indeholder Jærnet i kemisk Forbindelse med Ilt, maa blandes med saa meget Kul, at Ilten kan gaa over til dette, men idet den elektriske Strøm yder Smeltevarmen, spares der saa store Kulmængder, at Resten uden urimelig Bekostning kan hentes fra andre Lande (eller uddrages af Træer i nærliggende Skove). Da det er som Varmekilde den elektriske Energi skulde benyttes, og da den elektriske Varme næppe nogetsteds kan ydes saa billigt fra Vandfald, som Kulvarmen i Stenkulslandene, vilde det være umuligt for den elektriske Malmsmeltning at optage Konkurrencen, hvis den ikke frembød visse særlige Fordele. Dette gør den imidlertid i flere Henseender; da man skal tilføre meget mindre Kul og slet ikke Luft, faar Jærnet ringere Lejlighed til at optage visse skadelige Bestanddele (Svovl fra Kullet og Kvælstof fra Luften) og bliver derfor af bedre Kvalitet. Der har imidlertid været mange Vanskeligheder at kæmpe mod, og først i de sidste Aar synes

disse at være overvundet paa en tilfredsstillende Maade. Navnlig i Sverrig har man naaet smukke Resultater ved Forsøg der er udført af Aktieselskabet »Elektrometall«, Fig. 104 og 105 viser den af dette Selskab udviklede Ovnstype; den elektriske Energi tilføres gennem tre Elektrodespidser i Ovnens nedre Del. Ved Domnarfvet Jærnværk var en Forsøgsovn af denne Type i Sommeren 1909 i uafbrudt Brug 3 Maaneder; derefter tog man her og ved Troldhättan-Faldene fat paa at opføre større Ovne, saaledes ved Troldhättan en til et Energiforbrug af 2500 Hestekræfter. Ogsaa i Norge er man i Færd med en lignende Udvikling.

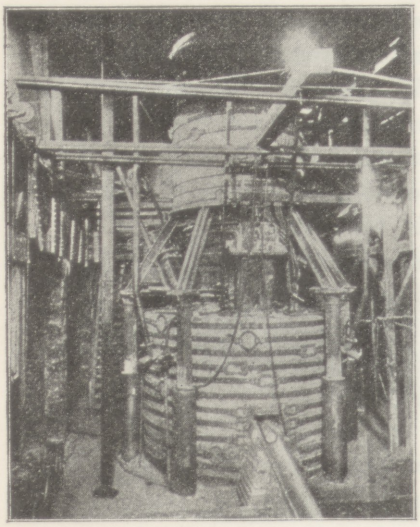


Fig. 105. Elektrisk Ovn til Jærnmalmsmeltning.

Medens man ved almindelig Jærn udsmeltning af forskellige Grunde først maa frembringe et kulstofrigt »Rujærn«, som saa senere i særlige Ovne maa forædles til kulstoffattigere Staal, er der i det mindste en Mulighed for ved elektrisk Jærnmalmsmeltning umiddelbart at fremstille Staal. Men hvorledes det nu end gaar med den praktiske Løsaf denne Opgave, saa er i alt Fald elektriske Ovne bragt i Anvendelse ved Forædling af Rujærn til Staal.

En højst interessant og udmærket elektrisk Ovn til Staaltilvirkning er udtænkt af Svenskeren Kjellin. Fig. 106 viser denne Ovns Indretning, idet Ovnen er skaaret midt igennem, og den ene Halvdel fjærnet. Man ser her en stor firkantet, lagdelt Jærnramme, hvis ene Side er omgivet af en Traadspole; uden om denne ligger der i Murværk en ringformet Rende (det helt hvide i Gennemsnittet), i hvilken det Jærn m. m., der smeltes til Staal, befinder sig. Det hele danner da en stor Transformator (se S. 230 Bd. I), hvor selve Ovnen med Jærnet kan betragtes som den ene Traadrulle, der her kun har en eneste i sig selv tilbageløbende Vinding af meget tyk Traad, nemlig selve den ringformede, ledende Jærnmasse. Ledes der nu gennem den indre Traadrulles Traad en Vekselstrøm, af f. Eks. 3000 Volts Spænding og 60 Ampères Styrke, saa opstaar der ude i Jærnmassen en lavspændt Vekselstrøm af flere tusind Ampères Styrke, og Følgen bliver, at Jærnmassen, som ligger ganske for sig selv inde i det baade varme- og elektricitetsisolerende Murværk, bliver hvidglø-

dende. Paa denne geniale Maade overvinder Kjellin de Vanskeligheder, det ellers volder at lede de stærke Strømme til Jærnmassen, og i hans Ovn fremstilles med Lethed det ypperligste »Digelstaal« eller »Støbestaal«.

Medens den elektriske Smelteovns Betydning for Metallurgien er steget jævnt og stadigt, er der et andet Omraade, hvor Anvendelsen af Ovnen i Løbet af faa Aar vandt en forbløffende Udbredelse rundt om i Verden. Der tænkes herved paa Fremstillingen af Stoffet Kalcium-Karbid eller Kalkkul, der fremkommer, naar man opheder brændt Kalk og Kul sammen i en elektrisk Smelteovn. Dette gjorde Amerikaneren Wilson i 1894 under nogle Eksperimenter med den elektriske Smelteovn, og det derved dannede efter hans Antagelse værdiløse Stof kastede han i noget Vand. Det viste sig, at der steg Luftbobler op fra Stoffet, og da den udviklede Luft strøg hen over en nærstaaende Kokesovn, indtraadte der en Eksplosion. Ved nærmere Undersøgelse af denne tilfældige Iagttagelse, fandt Wilson, at den udviklede Luft var en velkendt Luftart, Acetylén, der kan brænde med stærkt lysende Flamme, og han indsaa straks, at et Stof, der saaledes kunde frembringe Belysningsgas blot ved Indvirkning af Vand, paa ingen Maade var værdiløst, men tværtimod kunde blive ham en ren Guldgrube. Han anlagde selv en Fabrik for Kalcium-Karbid, og Rygter om den nye Opfindelse fremkaldte »Karbidfeber« rundt om i Verden. I de følgende Aar fremvoksede der i Lande med rigelig Vandkraft (bl. a. ogsaa i Norge) saa mange Karbidfabrikker, at der slet ikke kunde blive Arbejde nok til dem, skønt Acetylénbelysningen virkelig fik en betydelig Udbredelse.

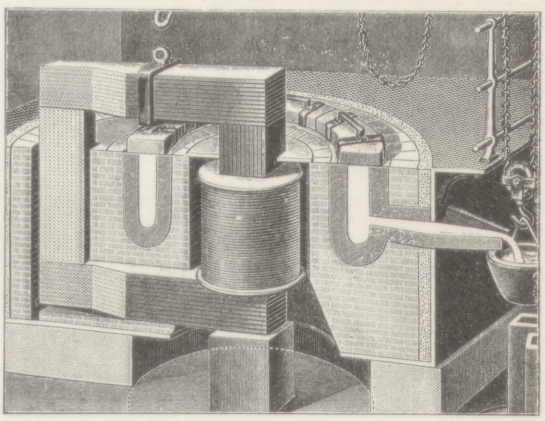


Fig. 106. Kjellins Staalsmelteovn.

En bestemt Mængde Acetylén vil ved at brænde udvikle mere Varme og altsaa indeholde mere Energi end det Kul, der er brugt til Fremstilling af Karbidet. Den Energi, der findes i Acetylénet (eller Karbidet) er altsaa delvis tilført det fra selve den Vandkraft, som brugtes til Fremstillingen. Det er saaledes paa denne Vis muligt at forvandle

Vandkraft fra norske Elve til Lys paa en jysk Gæstgivergaard eller i Cyklelygter paa danske Veje.

Ved at anvende Acetyléngassen i Gasmotorer af passende Konstruktion, kunde man ogsaa udnytte den i Karbidet hengemte Vandkraft til Maskindrift. Det vilde paa denne Maade være muligt at hente Arbejdskraften til Skibes Fremdrift ude paa Havet fra Vandfald i Bjærgegne. Det samme Maal kunde naas derved, at Brint, som vindes ved Elektrolyse af Vand i store Vandkraftselektricitetsværker, opsamledes og benyttedes som Brændsel til Drift af Motorer i Skibene. Økonomiske og andre praktiske Hensyn hindrer dog Anvendelsen af disse Fremgangsmaader. Navnlig er det temmelig umuligt at forsyne Skibe med et tilstrækkeligt Brintforraad. Ved at sammenpresse Brinten i svære Staalflasker vilde man faa en altfor stor Vægt. Snarere kunde det lade sig gøre at anvende Brint, som ved stærk Afkøling blev gjort flydende og derefter opbevaret i udmærket varmeisolerede Beholdere; en teknisk Umulighed er dette næppe, og den flydende Brint vilde veje langt mindre end Kul, der kunde udrette samme Arbejde; men den vilde fylde meget mere end Kul. Maaske kan den flydende Brint en Gang finde Anvendelse til Luftsejlads. — Alt dette er imidlertid Fremtidsmuligheder, som kun er fremdraget for at vise, at der i og for sig ikke er noget urimeligt i Tanken om ad elektrisk Vej at fremstille kunstigt Brændsel, hvis Energi er forvandlet og hengemt Vandkraft. Maaske vil man naa til at frembringe kunstigt Kul, idet Kulsyre ved elektriske Kræfter spaltes i sine Bestanddele: Kulstof og Ilt.

Vi kommer nu til den tredje Gruppe af elektrokemiske Virksomheder, nemlig dem, hvis Grundlag er elektriske Udladningers Virkning paa Luftarter. Naar Elektricitet strømmer gennem almindelig atmosfærisk Luft, vil noget af dennes Ilt omdannes til det saakaldte Ozon, som virker stærkere iltende end almindelig Ilt og af denne Grund bl. a. er et godt Desinfektionsmiddel, Ozon frembringes ikke blot, naar elektriske Gnister gennembryder Luften, men ogsaa ved de stille Udladninger, som f. Eks. finder Sted gennem Lyskoste o. desl. paa Elektrisermaskiners Konduktorer (S. 29) I større Mængder kan Ozon bl. a. fremstilles derved, at en Luftstrøm ledes mellem to Glasplader, hvis Ydersider er beklædt med Metalbelægninger, der forbindes med hver sin af to Ledere for Vekselstrøm af høj Spænding og stort Vekseltal; der opstaar da i Luften mellem Pladerne en hurtigt frem- og tilbagesvingende Elektricitetsbevægelse, som er ledsaget af et blaaligt Lys og fremkalder rigelig Ozondannelse, navnlig naar man ved særlige Midler sørger for, at Svingningerne kommer til at foregaa overmaade hurtigt.

»Ozoniseret Luft« anvendes til mange Ting, mest til Blegning af Garn og til Desinfektion (Sterilisering) af Vand. Flodvand, som vrimler af Bakterier o. desl., kan forvandles til uskadeligt Drikkevand, naar det bringes i Berøring med ozoniseret Luft. I Udlandet findes der flere Steder Ozonvandværker. I Tyskland har et saadant Anlæg efter Sigende befriet Byen Paderhorn for Tyfusepidemier, hvoraf den tidligere stadig hjemsøgtes. — Under den japansk-russiske Krig benyttedes ved Krigsskuepladsen mindre Ozonsteriliseringsapparater, som var anbragt paa Vogne. — I Frankrig har man endogsaa forsøgt at anbringe ganske smaa Apparater til Ozonsterilisering i Forbindelse med Vandrør i Huse (Fig. 107).

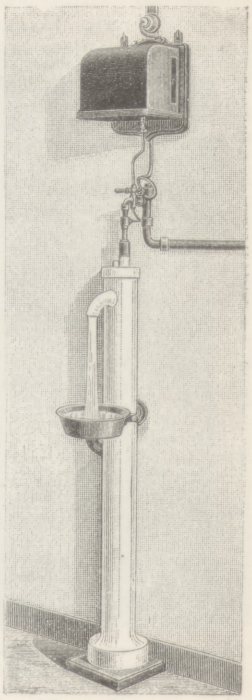


Fig. 107. Elektrisk Steriliseringsapparat.

Elektrisk Udladning frembringer ogsaa andre Virkninger i atmosfærisk Luft; naar elektriske Gnister eller bedre en elektrisk Lysbue fører Elektricitet gennem den, »brænder« den, d. v. s. dens to Hovedbestanddele Kvælstof og Ilt indgaar en kemisk Forbindelse med hinanden. I en almindelig Lysbue er det dog meget lidt Kvælstofilte, der saaledes opstaar. Dette beror bl. a. paa, at Lysbuen kun har ringe Udstrækning og kun passeres af smaa Luftmængder; man maa paa en eller anden Maade bringe Lysbuen i Berøring med langt mere Luft, hvis man vil have dannet større Mængder af Kvælstofilte.

Dette er i Virkeligheden en overmaade vigtig Opgave, da Kvælstofilte kan danne Udgangspunktet for Fremstillingen af en Række andre Kvælstofforbindelser som Salpetersyre, Kali-, Natron- og Kalksalpeter m. fl., der er af stor Betydning, ja ganske uundværlige for Sprængstofindustrien og andre kemiske Virksomheder og fremfor alt for Landbruget. Kun enkelte Plantearter — navnlig Bælgplanter — kan hente det Kvælstof, de behøver, direkte fra Luften, skønt denne, der ikke blot omgiver Planterne foroven, men ogsaa gennemtrænger Porerne i Jorden om deres Rødder, for Størstedelen bestaar af Kvælstof. Hvor der drives intensiv Kornavl, vil det derfor i Reglen være nødvendigt at tilføre Jorden kunstig »Kvælstofgødning«. Som saadan anvendes i størst Mængde Natronsalpeter fra naturlige Salpeterlejer i Chile; men disse Lejer vil maaske allerede om 2—3 Aartier udtømmes, og da staar Menneskeheden overfor det Spørgsmaal — et Livs- og Døds-Spørgs-

maal for kommende Slægter —, hvorledes man saa kan tilvejebringe den Kvælstofgødning, man maa have for at skaffe Brød til Jordens tiltagende Befolkning. Kvælstoffet findes imidlertid i Atmosfæren i saa uhyre Mængder, at Ejeren af en Jordlod paa 5—6 Hektar (10 Tdr. Land) i Luften over sin Mark har Kvælstof nok for hele Jordens Behov i et Aar. Det gælder altsaa blot om at finde praktiske Midler til at »b i n d e L u f t e n s K v æ l s t o f« — overføre det i nyttige Kvælstofforbindelser.

Det første Forsøg paa i stor Stil at anvende elektriske Lysbuer

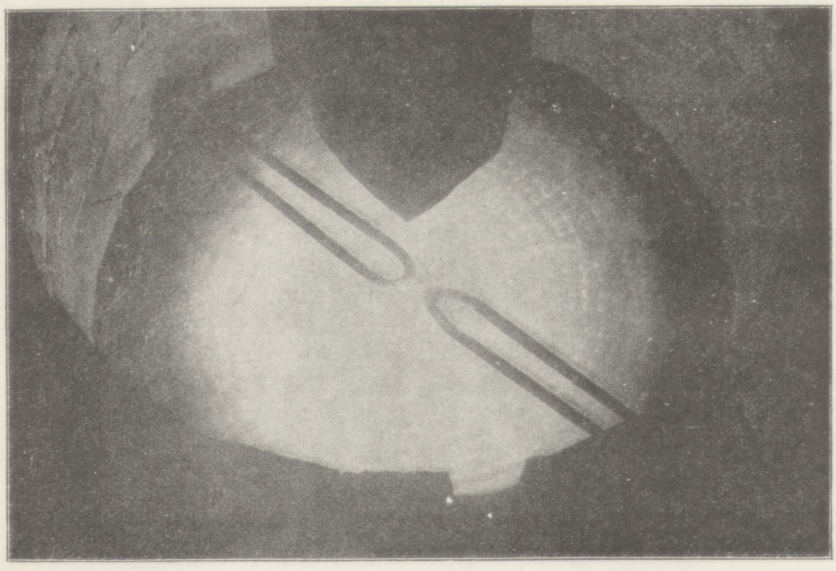


Fig. 108. Birkelands elektromagnetiske Flammeskive.

til en saadan Kvælstofbinding blev gjort i Amerika, hvor der ved Niagara anlagdes en Fabrik med dette Formaal. I en Beholder frembragtes mellem to Sæt Elektroder et stort Antal Lysbuer, som blev trukket langt ud, afbrudt og atter tændt, idet det ene Sæt Elektroder blev sat i Omdrejning. Udbyttet svarede dog ikke til Omkostningerne, og Fabrikken stansede snart sin Virksomhed.

Praktiske Resultater opnaaedes først ved en af Nordmændene Professor Birkeland og Ingeniør Eyde opfundet og udarbejdet Fremgangsmaade, som i 1905 bragtes i Anvendelse paa en Fabrik ved Notodden i Telemarken. For at bringe en Lysbue i Berøring med store Luftmængder gaar de norske Opfindere den Vej ved magnetisk Paavirkning at brede Buen ud til en stor Flammeskive som den, der er fremstillet i Fig. 108. I Stedet for Kulstænger er her som Elek-

troder anvendt to hule ombøjede Kobberrør, som holdes afkølede, idet de gennemstrømmes af Vand. Tænker vi os, at der tilvejebringes og vedligeholdes en stor Spændingsforskel mellem Elektroderne, vil der mellem deres hinanden nærmeste Punkter (Spidserne) dannes en Lysbue; men anbringes én eller to stærke Magnetpoler paa passende Maade tæt ved Lysbuen, saa vil Magnetkraften drive Lysbuen ud til den ene Side (smlgn. S. 220 Bd. I), saa at den i Stedet for at overbro det smalleste Sted mellem Elektroderne, vil komme til at danne en Halvcirkel, hvis Berøringspunkter med Elektroderne flytter sig længere og længere bort fra Spidserne. Idet Lysbuens Længde saaledes vokser, frembyder den en større og større Modstand mod den elektriske Strøm, som da tilsidst foretrækker at bryde igennem paa det smalleste Sted og her danner en ny Lysbue, medens den ydre, lange Lysbue slukkes. Ogsaa den nye Lysbue vandrer udad, slukkes og efterfølges af en ny o. s. fr. Naar Magnetkraften er stærk, foregaar Bevægelsen saa hurtigt, at der kan dannes 1000 eller flere Lysbuer i Sekundet. Øjet kan slet ikke skelne de enkelte Lysbuer, men man ser blot en flad Lysskive, medens man samtidig hører en kraftig Lyd, som undertiden kan stige til et øredøvende Hvin. Ved Anvendelse af ensrettet Strøm vil alle Lysbuerne vandre til samme Side, saa at der kun fremkommer en halv Cirkelskive; men naar der benyttes Vekselstrøm, vil Lysbuerne afvekslende drives til den ene eller den anden Side, saa at man faar en fuld Cirkelskive som vist paa Fig. 108. Her ses foroven en stærk Elektromagnets ene Pol, den anden er skjult af Lysbuen. I Praksis frembringes Flammeskiven inde i et skiveformet, udmuret Hulrum, udenfor hvilket Elektromagneten er anbragt. I Ovne af denne Art, hvor Hulrummet er et Par Meter i Tværmaal, kan over 1000 Hestekræfter bringes i Virksomhed. Gennem

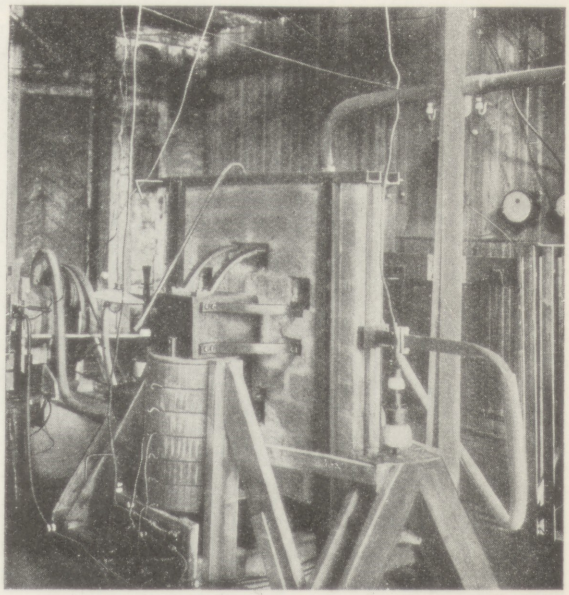


Fig. 109. En af Birkeland-Eydes første Forsøgsovne; Flammeskiven er udbredt inde i Ovnens flade Hulrum.

Ovnen ledes stadig atmosfærisk Luft, af hvilken en Del da omdannes til Kvælstofilte; heraf fremstilles gennem en Række kemiske Processer Kalksalpeter, der umiddelbart kan anvendes som Gødning, samt andre Kvælstofforbindelser.

Paa en helt anden Maade bringes store Luftmængder i Berøring med en Lysbue i Tyskeren Dr. Schönherr's Ovn. Her er den ene Elektrode et langt Rør, den anden en Jærnstang, som er anbragt inden i Rørets nederste Ende. Mellem Stangen og Rørvæggen dannes en Lysbue, som drives til Vejrs af en Luftstrøm, der hvirvler i Skruelinjer op gennem Metalrøret. Først oppe ved dettes øvre, vandafkølede Ende kan Lysbuen slutte sig til Rørvæggen, og paa hele den lange Strækning faar den god Lejlighed til at paavirke Luften og danne Kvælstofilte. — Patenterne paa Schönherr's Metode ejes af »Badische Anilin- og Sodafabrik«.

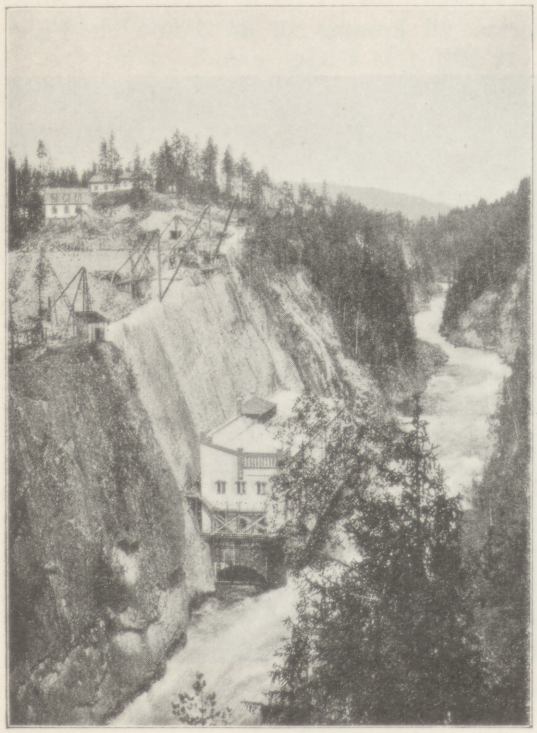


Fig. 110. Kraftværket ved Svælgfos.

Efter at Brugbarheden af Birkeland-Eydes Metode var godtgjort ved omfattende Forsøg, lykkedes det fra Norge og Udlandet at skaffe finansiel Støtte til mægtige Vandbygningsarbejder og store Fabriksanlæg i Telemarken til Udnyttelse af Metoden. Imidlertid arbejdedes der ogsaa paa Udviklingen af Schönherrs Metode, først ved et mindre Forsøgsanlæg i Ludvigshafen og dernæst ved en Forsøgsfabrik i Christianssand (1907). Da der ogsaa ad denne Vej opnaaedes lovende Resultater, blev der mellem Lederne af de to Foretagender truffet Overenskomst om Samarbejde, saa at begge Metoder nu anvendes i Telemarksanlæggene.

Hvad der hidtil er udført er i Hovedsagen følgende: Regulering af Tinnsøen og Møsvandet, saaledes at der i sidstnævnte Sø kan opspares ca. 860 Millioner Kubikmeter, og Maaneelven fra Møsvand til Tinnsø

til Stadighed kan føre henimod 50 Kubikmeter pr. Sekund, medens der sikres en Vandføring i Tinnelven af 90 Kubm. pr. Sek. i den vandfattigste Tid. Kraftværksanlæg ved Tinnelven (Tinnfos, Svælgfos og Lienfos) og ved Maaneelven (Rjukanfosserne). Oprettelsen af Salpeterfabrikker ved Notodden og ved Saaheim. Anlæggelse af Vestfjords- og Tinnsø—Notodden-Banen (se S. 107).

I Salpeterfabrikken ved Notodden var der i 1909 anbragt 36 Birkeland-Eyde'ske Ovne, hvoraf de 32 fik Strøm fra Svælgfos, de 4 fra Tinnfos. — Langt mægtigere er Fabriksanlæggene ved Saaheim, hvor



Fig. 111. De elektriske Ovne i Notodden Salpeterfabrik.

Kraften fra Rjukan skal udnyttes; som nævnt S. 244 Bd. I vil de to Kraftværker Rjukan I og Rjukan II, hvoraf det første er fuldført i 1911, tilsammen anvende ca. 250 000 Hestekræfter fra Fosserne. Afstanden fra Kraftværk I til Fabrik er ca. 5 Km., hvilken Vej Kraften føres gennem 60 Aluminiumsledninger. I Saaheim anvendes overvejende Schönherr'ske Ovne.

Tilsammen udgør alle disse storslaaede Anlæg vistnok Verdens mægtigste elektrokemiske Foretagende. For de paagældende Egne betyder de en stærk Opblomstring; ved Notodden er der i de sidste Aar fremvokset en hel lille By, og endnu større bliver Opsvinget for den øde Vestfjordsdal, hvor der hidtil kun har levet nogle faa hundrede Mennesker, men hvor nu Saaheimfabrikkerne vil give flere tusind Brødet. For Landet betegner de et stort Skridt hen imod Virkelig-

gørelsen af Fremtidsdrømmen om, at Norge skal blive et af Verdens store Industrilande — et Industriland af en ny Art uden rygende Fabriksskorstene og Menneskers Sammenhobning i Storbyer, et Land, hvor Raastofferne tvinges sammen til nyttige Forbindelser, Metallerne uddrages af Malmen, Jærnet smeddes og Træet skæres, alt ved Kræfter, som vindes og virker rundt om ved Fjæld og Fjord, uddraget af Fossernes brusende Vandmasser og ført gennem elektriske Ledninger til Maskiner og Smelteovne.

Ogsaa i andre Lande er der imidlertid bygget eller projekteret Anlæg til Udvinding af Luftens Kvælstof dels efter samme eller lignende Metoder som i Norge, dels efter en helt anden Metode, som for nogle Aar siden er angivet af Tyskeren Franke, og som beror paa, at Kvælstof, der ledes hen over ophedet Kalcium-Karbid, optages af dette under Dannelsen af et til Kvælstofgødning egnet Stof, »Kalkkvælstof«. Da baade Karbidets Dannelse og dets senere Ophedning foregaar ved elektrisk Opvarmning, hører ogsaa denne Kvælstofvinding ind under den elektrokemiske Industri.

Foruden at lade de elektriske Kræfter tilberede Gødningsstoffer til Brug for Planterne kunde man ogsaa forsøge at lade dem virke direkte paa Planterne, fremmende den kemiske Virksomhed, som betinger deres Vækst og Udvikling. Saadan »Elektrokultur« er søgt iværksat paa mange forskellige Maader.

Nogle Eksperimentatorer nedgravede to Metalplader i nogen Afstand fra hinanden og forbandt dem hver med sin Pol af en Strømkilde; den elektriske Strøm, som derved opstod gennem Jorden mellem Pladerne, skulde da virke paa Planterødder her. Andre søgte at naa samme Maal blot ved at forbinde de nedgravede Plader ved en Ledningstraad og lade Pladerne være af hver sit Metal (Zink og Kobber), saa at de selv sammen med den fugtige Jord dannede et strømfrembringende galvanisk Element. Atter andre har prøvet at lede Strømmen gennem Plantens overjordiske Del ved at stikke strømtilledende Kroge eller Naale ind paa passende Steder. Det er dog lidet eller intet, man har naaet ad disse Veje; snart har Strømmen været for svag til at gøre Virkning, snart har den været saa stærk, at den har gjort Skade.

En anden Gruppe af Forsøg gaar ud paa at tilvejebringe en stor elektrisk Spændingsforskel mellem Planterne og et over dem udspændt Metaltraadsnet, idet Nettet forbindes med den ene Pol (»Konduktor«) af en Elektrisermaskine, hvis anden Pol er afledet til Jorden; den stille Udladning, som opstaar mellem Nettet og Planternes Spidser, naar Maskinen sættes i Virksomhed, skulde saa paa en eller anden Maade paavirke Planterne. Den nu afdøde finske Professor Lemstrøm

udførte gennem en lang Aarrække omfattende Forsøg efter denne Metode saavel med Potteplanter som med dyrkede Jordstykker, og da Resultaterne i mange Tilfælde syntes overordentlig lovende, blev Metoden indført i større Stil et Par Steder, men kun for en kort Tid, da Elektricitetsfrembringelsen ved Elektrisermaskiner var besværlig og upraktisk, og Traadnettet, der maatte anbringes tæt over Planterne, hæmmede Markarbejdet.

Disse Ulemper er imidlertid fjærnede ved et Anlæg, som for nogle Aar siden indrettedes paa et Gods i Nærheden af Birmingham. Her anvendtes en af en 2 Hestes Petroleumsmotor dreven Dynamo som Strømkilde; ved et Induktionsapparat bragtes Spændingen op fra 220 til 100 000 Volt, og ved et System af Ligerettere (S. 271 Bd. I) forvandledes Vekselstrømmen fra Induktionsapparatet til ensrettet Strøm. Ved denne høje Spænding kunde Metaltraadsnettet anbringes saa højt over Marken, at Kornlæs kunde køre under dem, og med saa vide Masker, at det ikke blev meget kostbart. Til en Mark paa henved 8 Hektar (ca. 14 Tdr. Land) krævedes kun godt en Snes Bæremaster; mellem disse udspændtes temmelig svære Telegraftraade, og paa tværs af dem med 35 Fods Mellemrum de egentlige Udladningstraade — tynde galvaniserede Jærntraade, hvorfra Elektriciteten siver ud, om Natten med en svag Lysning.

Ogsaa fra dette Anlæg fremkom der meget gunstige Beretninger, som bevirkede, at Sagen blev taget op baade i Tyskland og andetsteds i England. Men som det fremgaar af en Beretning af Professor Fr. Weiss, der nærmere har underøgt Sagen (Tidsskrift for Landøkonomi 1910) har Erfaringerne fra de sidste Aar været lidet opmuntrende. Det kan vel endogsaa være tvivlsomt, om der overhovedet sikkert er paavist nogen Virkning, som ikke kan skyldes andre Aarsager end Elektriseringen, og i hvert Fald ved man ikke, hvilke Vejr-, Jordbunds- og Gødningsforhold, der betinger en gunstig eller ugunstig Virkning af Elektriseringen. Uklarheden herover staar i Sammenhæng med vor Uvidenhed om, paa hvad Maade de elektriske Udladninger indvirker paa Planten. Sikkert er det, at de Stofmængder, den elektriske Strøm, der ledes gennem Planten fra Top til Rod eller omvendt, kan føre med sig ved sin umiddelbare elektrokemiske Virkning, er højst ubetydelige. Ved det omtalte Anlæg kunde Dynamoen næppe yde en Strøm af halvanden Ampères Styrke; idet Spændingen sattes op fra 220 til 100 000 Volt, maatte Strømstyrken gaa ned under $0{,}_{003}$ Amp., fordelt over den hele Mark. Som angivet S. 68 Bd. I kan en Strøm af 1 Amp. udskille $1{,}_{2}$ Gram Kobber af en Væske i Timen; af andre Stoffer faar man andre Vægtmængder, undertiden noget mere,

ofte meget mindre; men i hvert Fald vil de Stofmængder, der kan være Tale om, at en Strøm paa $0{,}003$ Amp. i 1000 Timer (saa længe var Strømmen i Gang et Aar) — svarende til 3 Amp. i 1 Time — kan føre ind i eller ud af alle Planterne tilsammen, højt regnet løbe op til nogle faa Gram, hvad der naturligvis er for intet at regne paa en Mark af mange Tønder Lands Størrelse. Selv om de direkte »elektrolytiske« Virkninger er forsvindende, kunde det nok tænkes, at Strømmen havde andre mere indirekte kemiske Virkninger, der kunde være nyttige; man har bl. a. — dog næppe med megen Grund — henpeget paa den ved Udladningerne fremkaldte Dannelse af Ozon og af Kvælstofforbindelser. Der kunde ogsaa være Mulighed for Virkninger af mere mekanisk Art, f. Eks. en Forøgelse af Fordampningen, fremkaldt af de stærke elektriske Kræfter ved Plantespidserne, eller som Lemstrøm mente, en direkte Forøgelse af Saftstigningen. Men det hele staar foreløbig uopklaret, og før man gennem Forsøg faar nærmere Rede paa disse Forhold, er det tvivlsomt, om man vil faa nogen varig Glæde af »Elektrokulturen«.

En Slags Elektrokultur — om man vil give den det Navn —, nemlig Bestraaling af Planter fra elektriske Buelamper, har imidlertid længe været anvendt med Fordel i Drivhuse; men der er herved ikke Tale om nogen elektrisk Indvirkning paa Planterne; Buelyset fremmer deres Vækst, fordi det ligesom Dagslyset indeholder mange af de stærkt brydbare Straaler (blaa, violette og ultraviolette; se S. 276 Bd. I), der er særlig kemisk virksomme.

XI. TELEGRAFEN.

Morstelegrafi. — Telegrafens Fremtrængen over Jorden. — Telegrafens Fjender. — Særlige Slags Telegrafi (Kabel-, Hurtig-, Flerfolds- og Tryktelegrafi).

Ordet Telegrafi betyder egentlig Fjærnskrivning; i videre Forstand bruges det som Navn for den Kunst at sende Meddelelser mellem to Steder i lang Afstand ved Lysstraaler (optisk Telegrafi), elektriske Strømme eller paa anden Maade, uden at noget Brev eller Bud med mundtlig Besked tilbagelægger Vejen. I denne Bog er det kun Telegrafi ved elektriske Midler, vi skal beskæftige os med, og idet Telefoni (der kunde betegnes som Taletelegrafi), traadløs Telegrafi m. m.

omtales i senere Afsnit, medens forskellige Slags Signaltelegrafi (se S. 72 Bd. I) er omtalt tidligere, saa begrænses Emnet for det Afsnit, vi nu tager fat paa, paa det nærmeste til det, man i daglig Tale oftest forstaar ved Ordet »Telegrafen«.

For en Menneskealder siden var Telegrafen den eneste af Elektricitetens Anvendelser, der havde større praktisk Betydning, det var mod den, Tankerne fremfor alt rettedes, naar der blev Tale om den forunderlige elektriske Kraft. Saaledes er det ikke nu; andre Anvendelser af Elektriciteten er vokset frem og tiltvinger sig mere umiddelbart vor Opmærksomhed. I alt Fald gælder dette for de store Byer, hvor elektriske Lamper hver Aften lyser for Folk paa Gader, i Butikker eller i deres Stuer, — hvor elektriske Sporvogne daglig fører Tusinder mellem Hjem og Arbejdssted, — og hvor saa at sige enhver mangfoldige Gange har løftet en Telefon til Mund og Øre, medens derimod det store Flertal kun en sjælden Gang ved særlige Lejligheder gør Brug af Telegrafen og da kun gennem Mellemmænd, nemlig Telegrafisterne. Men selv om Telegrafen virker mere i det skjulte end Lamper, Sporvogne og Telefoner, saa træder den dog daglig ad Omveje i Forhold til de videste Kredse, idet den gennem Dagbladene bringer os Bud om, hvad der sker rundt om i alle Jordens Lande, og hvis Telegrafens Virksomhed stansede, vilde der opstaa en uberegnelig Forvirring i Handel, Samfærdsel, Landenes Styrelse og mange andre Forhold. Alt i alt maa det vistnok siges, at endnu har ingen anden elektrisk Virksomhedsgren faaet en saa mangfoldigt indgribende Betydning for Nutidslivet som Telegrafen.

Morsetelegrafi. Som tidligere omtalt havde man allerede i det 18. Aarhundrede gjort nogle mislykkede Forsøg paa at telegrafere ved Gnidningselektricitet. Senere prøvede man med ligesaa ringe Held at grunde en elektrisk Telegrafi paa de kemiske Virkninger (Vandadskillelse), som frembringes af en elektrisk Strøm fra galvaniske Elementer. Men et godt Grundlag at bygge paa fik man, da H. C. Ørsted i 1820 opdagede, at en elektrisk Strøm kan bevæge en Magnetnaal. Den franske Fysiker Ampère foreslog straks efter, at man skulde benytte Magnetnaalens Udslag til Oversendelse af Meddelelser paa lange Afstande; men han vilde bruge 24 eller flere Ledningstraade med hver sin Magnetnaal for at faa særlige Tegn for hvert Bogstav. Senere indsaa man, at 2 Ledningstraade kunde være nok, og endnu senere (1838) viste Tyskeren Steinheil, at man kunde nøjes med én Traad. Steinheil konstruerede ogsaa et Skriveapparat, ved hvilket den elektriske Strøm kunde frembringe varige Tegn paa en Papirstrimmel. Ogsaa andre

Tyskere har gjort sig fortjent af den elektromagnetiske Telegrafs Udvikling; men det var i England og Amerika, at der først kom noget rigtig praktisk ud af Sagen.

Den første Telegraflinje, som tjente praktiske Formaal, traadte i 1837 i Virksomhed ved en engelsk Jærnbane. Her anvendtes en af Cooke og Wheatstone konstrueret »Naaletelegraf«, hvor Strømmen bragte Magnetnaale til at slaa ud til den ene eller anden Side.

To Aar i Forvejen havde en amerikansk Maler Samuel Morse under Hjemrejsen fra et Evropabesøg af en Medrejsende hørt lidt om de evropæiske Forsøg med elektriske Telegrafer, og han fik saa stor Interesse for denne Sag, at han straks efter sin Hjemkomst prøvede selv at lave en Telegraf, ved hvilken han imidlertid for at faa Kraft nok til Telegrammets Opskrivning anvendte en Elektromagnet i Stedet for en Magnetnaal. Da Morse ikke i Forvejen havde noget Kendskab til Fysik, gik det langsomt for ham, men efter en Aarrækkes ihærdigt Arbejde naaede han endelig sit Maal. Den første amerikanske Telegraflinje indrettedes i 1843 mellem Baltimore og Washington efter Morses System, og i de følgende Aar vandt Morsetelegrafen ikke blot stor Udbredelse i Amerika, men blev ogsaa i de fleste evropæiske Lande foretrukket for den engelske Naaletelegraf.

Fig. 112 viser, hvorledes Morsetelegrafen i Hovedsagen er indrettet. A og A_1 er to Telegrafstationer. Paa Stationen A ser vi til venstre den saakaldte Telegrafnøgle N. Det er et lille Strømslutningsapparat med en Metalstang, som kan drejes lidt om sit Midtpunkt. Naar Nøglen er overladt til sig selv, bevirker en lille Fjeder, at Metalstangens højre Ende berører en paa et isoleret Underlag anbragt Kontakt (Metaltap) n, hvorfra en Ledningstraad gaar hen til en Elektromagnet E i Skriveapparatet M og derfra dels ned til en Jordplade P, dels hen til den ene Pol af et galvanisk Batteri B. Trykker man derimod paa en Knap, der er anbragt til venstre paa Metalstangen, saa vil dennes højre Ende løftes op fra n, medens dens venstre Ende kommer i Berøring med en anden Kontakt a, hvorfra en Ledningstraad gaar ned til den anden Pol af Batteriet B. Fra Metalstangens Drejningspunkt udgaar en tredje Ledningstraad, som er sat i Forbindelse med den ydre Ledning, der gaar hen til Stationen A_1, hvor der findes de samme Apparater som paa A.

For Øjeblikket telegraferes der fra Stationen A_1. Idet Nøglen her er nedtrykket, gaar der en Strøm fra Batteriet B_1 gennem Metaltappen a_1 til Nøglens Metalstang og derfra gennem Telegrafledningen til Stationen A, hvor den gennem Nøglen og Elektromagnetens Traadvindinger gaar ned til Jordpladen P; fra denne kan Elektriciteten

saa gaa gennem Jorden til Jordpladen P_1 og derfra tilbage til Batteriet B_1*). Strømmen bringer Elektromagneten til at tiltrække et »Anker«, der er anbragt paa den ene Ende af en Vægtstang; derved slaar en Spids d paa Vægtstangens anden Ende op mod en Papirstrimmel, som af et Hjulværk trækkes hen over Spidsen, saa at denne kommer til at ridse en Streg i Papiret. Fjederen s sørger for at trække Spidsen ned og Ankeret op, saa snart Strømmen afbrydes ved, at Haanden slipper Nøglen henne paa Stationen A_1. — Naar der ikke

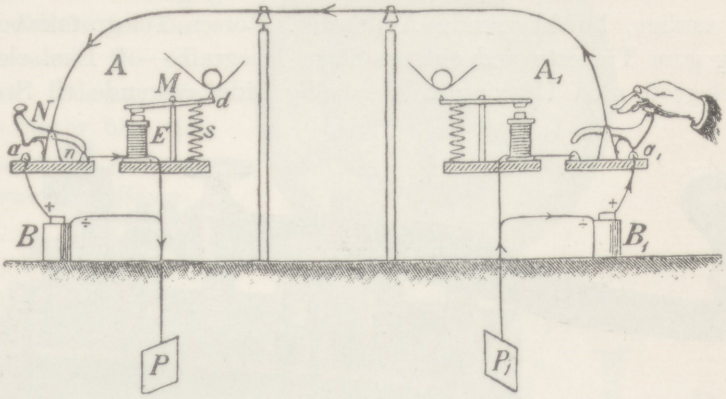


Fig. 112. Morse-Telegraf.

telegraferes, staar Apparaterne paa hver af de to Stationer rede til at tage mod Strøm fra den anden.

Hvis Telegrafstrømmen kun varer et Øjeblik, ridses der kun en »Prik« (d. v. s. en meget kort Streg) paa Papirstrimlen, holdes Nøglen paa Afsenderstationen nedtrykket lidt længere, fremkommer der en »Streg« (d. v. s. en lidt længere Streg). Tegnene for de forskellige Bogstaver sammensættes paa forskellig Maade af Prikker og Streger, saaledes som det er vist i nedenstaaende internationale Telegrafalfabet, der med faa Undtagelser er det samme, som Morse indførte:

a - —, *b* — - - -, *c* — - — -, *d* — - -, *e* -, *f* - - — -, *g* — — -, *h* - - - -, *i* - -, *j* - — — —, *k* — - —, *l* - — - -, *m* — —, *n* — -, *o* — — —, *p* - — — -, *q* — — - —, *r* - — -, *s* - - -, *t* —, *u* - - —, *v* - - - —, *x* — - - —, *y* — - — —, *z* — — - -, *æ* - — - —, *ø* — — — -.

*) Paa denne Maade kan Sagen betragtes, og i en vis Forstand er det ogsaa rigtigt nok, at Jorden slutter det elektriske Kredsløb eller danner Tilbageledning for Elektriciteten; men man maa dog ikke tro, at den Elektricitet, der sendes fra København til Korsør gennem en Telegraftraad, løber den lige Vej gennem Jorden tilbage til København. Snarere maa det siges, at Elektriciteten, som det er antydet i Fig. 78 S. 90 Bd. I, breder sig til alle Sider ud i Jorden, hvor der jo mange andre Steder end i Korsør og København »pumpes« Elektricitet ned eller op.

Hertil kommer saa Taltegn, Skilletegn og forskellige Tegn med særlig Betydning i Telegrafien.

I Stedet for at lade en Spids indridse »Morsetegnene« paa Papirstrimlen kan man lade et lille Hjul, hvis Rand holdes forsynet med Farver, tegne dem derpaa. Eller man kan helt udelade Papirstrimlen, idet en øvet Telegrafist af Vægtstangens Klapren kan afhøre Telegrammet og nedskrive det med almindelig Skrift umiddelbart efter Lyden i Stedet for efter Streger og Prikker paa en Papirstrimmel; i Amerika benytter man meget denne Fremgangsmaade, idet man saa bruger særlige, højtklaprende Apparater. Morses Telegrafalfabet kan forøvrig gøre Tjeneste ved enhver Slags Telegrafi — f. Eks. elektrisk Naaletelegrafi med Udsving til forskellig Side svarende til Streg og

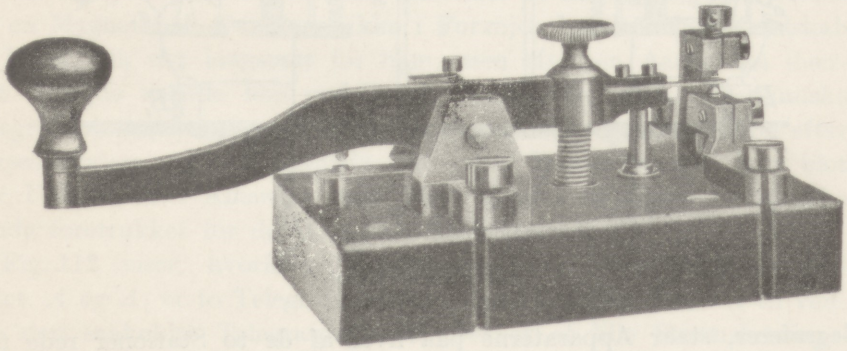


Fig. 113. Telegrafnøgle.

Prik, Lydtelegrafi ved Banken, Fløjten, Ringen o. desl. bestaaende af lange eller korte, stærke eller svage Enkeltlyd, Lystelegrafi under Benyttelsen af lange eller korte Lysblink o. s. v.

Morses Telegrafsystem er endnu den Dag i Dag det almindeligst benyttede til Telegrafering paa ikke altfor lange Linjer, men i Enkelthederne er det udformet forskelligt paa forskellige Steder. I Danmark benyttes mest en Telegrafnøgle af den Konstruktion, der er vist i Fig. 113. Her findes de til Kontakterne *a* og *n* i Fig. 112 svarende Kontakter til højre over og under en Metaltunge, som udgaar fra Nøglens Metalstang. En Spiralfjeder med Reguleringsskrue holder Metalstangens højre Ende nede, saaledes at Metaltungen, naar Nøglen er overladt til sig selv, berører den nederste Kontakt, der ved en Ledning forbindes med Skriveapparatet, og altsaa svarer til *n* i Fig. 112, medens et Tryk paa Nøgleknappen fører Metaltungen op mod den øverste Kontakt, der staar i Forbindelse med Batteriet. Metalstangens Bevægelse begrænses af de smaa Tapper, der ses under

Stangen til venstre for den Omdrejningsaksel; denne forbindes som sædvanlig med den ydre Ledning.

Fig. 114 viser et af det danske Telegrafvæsen benyttet Morseskriveapparat, hvor Elektromagnetens Tiltrækning af Ankeret bevirker, at den opadbøjede Kant af en Metalstrimmel trykker den af et skjult Urværk bevægede Papirstrimmel op mod et lille Hjul, som stadig faar Farve fra en Farvevalse. De to Skruer yderst til højre tjener blot til at begrænse Ankervægtstangens Bevægelse.

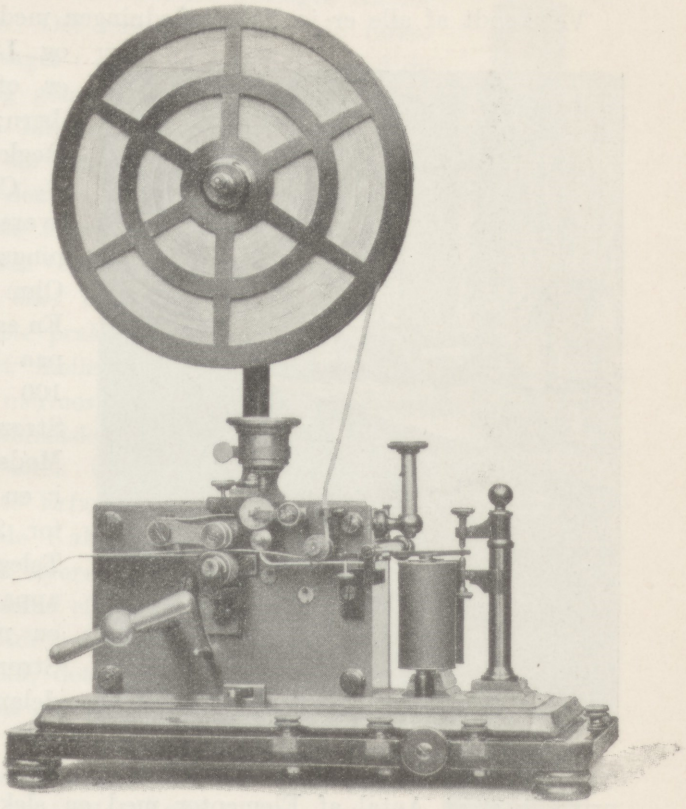


Fig. 114. Telegrafisk Skriveapparat.

Ved et saadant Skriveapparat kræves der kun et meget ringe Arbejde af Strømmen, og selv meget svage Telegrafstrømme kan derfor umiddelbart opskrive Telegrammet. Anvender man derimod »Reliefapparater«, hvor en Spids ridser i Papirstrimlen — eller rettere laver fordybede Mærker i den —, maa man i Reglen lade Telegrafstrømmen virke paa en eller anden Slags Relæ (se S. 93 Bd. I), som sender Strøm fra et Lokalbatteri gennem Skriveapparatet.

Til Telegrafering anvender man nu mere og mere Tørelementer (S. 87 Bd. I), forsaavidt man ikke bruger Akkumulatorbatteri, som det ofte er Tilfældet paa store Stationer. — Paa Telegrafstationer findes foruden Nøgler, Skriveapparater og muligvis Relæer, endvidere Galvanoskoper (Strømvisere), Ledningslynafledere og Apparater til Omskiftning af Ledningsforbindelser.

Naar der telegraferes mellem to Stationer, gennem Ledninger,

der er ført ind paa Mellemstationer, kan man her ved de sidstnævnte Apparater bevirke, enten at Strømmen kun gaar gennem en Strømviser, eller at den tillige passerer et Skriveapparat, saa at Stationen »læser med«; den kan da ogsaa selv telegrafere samtidig til begge Sider. Endvidere kan Stationens Apparater indstilles til Korrespondance med den ene eller anden Side alene.

Vel kendt af alle er jo Telegrafledningen med dens Pæle, Klokker og Ledningstraade. Disse er oftest af galvaniseret Jærn; deres Tykkelse er i Reglen lidt over eller under ½ Centimeter, hvad der svarer til en elektrisk Ledningsmodstand af ca. 60 Ohm for hver dansk Mil. En saadan Telegrafledning paa 15 danske Mil (over 100 Kilometer) byder Strømmen en lignende Modstand som Kultraaden i en 16-Lys Glødelampe for 220 Volt; da nu en Telegrafstations Modtagerapparater kan nøjes med en mange Gange ringere Strøm end en saadan Glødelampe, følger heraf, at man kan telegrafere mange Mil uden at anvende et urimelig stort Antal af Elementer med en elektromotorisk Kraft af 1 til 2 Volt.



Fig. 115. Telegrafering ved et »Morsebord«.

Ved Telegrafering paa meget lange Strækninger lader man imidlertid ikke Afsenderstationens Batteri sende Strøm hele Vejen; men en eller flere af Mellemstationerne indrettes til »Overdragning«, d. v. s. man lader her Strømmen fra Afsenderstationen virke paa et »Overdragerrelæ«, som sender Strøm fra Overdragerstationens Batteri ud i Linjestrækningen til Modtagerstationen — eller til den følgende Overdragerstation.

Telegrafens Fremtrængen over Jorden. I Løbet af Fyrrerne og Halvtredserne blev Telegrafen indført i næsten alle civiliserede

Lande, deriblandt de nordiske. Her aabnedes den første Telegraflinje 1853 i Sverrig mellem Stockholm og Upsala. I 1854 fulgte Danmark efter med en Linje Helsingør—Hamborg, ved hvilken der anvendtes Kabler ikke blot i Bælterne, men ogsaa paa Landjorden; her ombyttede man dog snart de i Jorden nedlagte Kabler med fri Luftledninger. Det næste Aar blev de første norske Telegraflinjer taget i Brug og forbundet med de svenske, som samtidig gennem et Øresundskabel kom i Forbindelse med de danske.

I 1852, da Planen for det danske Anlæg med undersøisk Kabel gennem det to Mil brede Storebælt blev vedtaget, maatte dette Foretagende betegnes som ret dristigt; thi der var den Gang ikke gaaet et Aar, siden man efter flere mer eller mindre mislykkede Forsøg havde nedlagt det første praktisk brugbare undersøiske Kabel, nemlig Kablet mellem England og Frankrig (Dover—Calais). I de nærmest følgende Aar udkastedes talrige Planer om undersøiske Telegrafledninger; nogle af disse blev udført uden Uheld, men der høstedes ogsaa mange dyrekøbte Erfaringer, inden man naaede til fuldt tilfredsstillende Kabelkonstruktioner. Fig. 116 viser et Stykke af et nyere Telegrafkabel delvis afklædt. Den ledende Kærne eller »Kore« dannes af sammensnoede Kobbertraade; det første Lag uden om Kobberet er Guttaperka, det næste Jute-Garn og det tredje en Beklædning af galvaniserede Jærntraade; derefter følger flere Lag af »Kompound« (Asfalt, Tjære m. m.) og tjæret Jute-Garn. Kablet, der vejer noget over 1 Ton pr. Kilometer (godt 16 000 Pund pr. dansk Mil), er afbildet paa det nærmeste i $\frac{3}{4}$ af naturlig Størrelse.

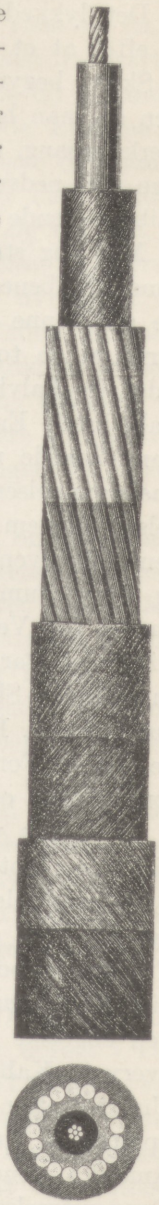


Fig. 116.
Telegrafkabel.

Den dristigste og mest storslaaede af de i Halvtredserne udkastede Planer var den, der gik ud paa Tilvejebringelsen af en Telegrafforbindelse gennem Atlanterhavet mellem den gamle og den ny Verden. Det var den amerikanske Rigmand Cyrus Field, der satte sig i Spidsen for dette Foretagende. Han havde i 1855 faaet nedlagt et Kabel mellem Amerikas Fastland og Nyfundland, hvorfra der er ca. 400 Mil (3000 Kilometer) til Irland; paa denne Strækning, som har Havdybder paa henved en halv Mils Vej, skulde Atlanterhavskablet anbringes.

Det lykkedes ham at faa tilvejebragt de fornødne Pengemidler, og efter at et tilstrækkelig langt Kabel var fabrikeret og indladet i to Skibe, begyndte Udlægningen i August 1857 fra Valentia i Irland; men da man havde udlagt henimod 100 Mil, skete det en Dag under stærk Søgang, at Kablet sprang. Da man ikke havde Midler til at optage den nedsunkne Kabelende, var der ikke andet for end at lade Skibene vende om med Resterne af Kablet.

Man tog straks fat paa at lave et nyt Stykke Kabel, og i 1858 kunde Skibene atter sejle ud med meget rigelige Længder ombord. De gik denne Gang straks midt ud paa Oceanet, splidsede her Enderne af de to Kabelhalvdele sammen og lagde saa ud hver til sin Side. Da halvhundrede Mil var udlagt, skete der imidlertid atter et Kabelbrud. Endnu to Gange gik det galt, men endelig den fjerde Gang naaede man Maalet; den 5. August 1858, netop et Aar efter Paabegyndelsen af den første Udlægning, tilvejebragte man Forbindelsen mellem Evropa og Amerika. Navnlig det sidste Sted vakte denne Begivenhed uhyre Jubel. I New-York ringede Kirkeklokkerne, og Byen illumineredes, da de første Hilsener og Lykønskninger i Sekunder fløj Vejen mellem de to Verdensdele, hvis Tidsafstand før var mindst et Par Uger. Men Glæden varede kun kort og efterfulgtes af en frygtelig Skuffelse, da Kablet 20 Dage efter Landingen ikke mere kunde virke. Det 400 Mil lange Tov, der havde kostet Millioner, vakt de største Forhaabninger og voldt utallige Bryderier, hvilede nu blot som en død og unyttig Ting paa Havets Bund.

Det, som var udrettet, var dog ikke helt spildt. Det havde paavist ikke blot Telegrafforbindelsens Mulighed, men ogsaa dens store Betydning, idet Kablet i sin korte Levetid bl. a. havde gjort det muligt for den engelske Regering at hindre en overflødig og kostbar Troppetransport fra Kanada. Da et Kabel mellem Ægypten og Indien fik samme ulykkelige Skæbne som Atlanterhavskablet, besluttede den engelske Regering at nedsætte en Kommission, der nøje skulde overveje Kabelsagen. Da denne Kommission efter 3 Aars grundige Undersøgelser erklærede, at der ikke var tekniske Hindringer for at oprette en fuldt betryggende Telegrafforbindelse mellem Evropa og Amerika, genoptog Cyrus Field med fuld Kraft Arbejdet for Sagens Gennemførelse. Skønt Almenhedens Tillid til Sagen var svækket, og Slavebefrielseskrigen rasede i Amerika (1861—65), lykkedes det hans utrættelige Energi at skaffe Penge til Forfærdigelsen af et nyt Kabel, som var langt bedre, men ogsaa langt kostbarere end det forrige, og i Juli 1865 begyndte Kæmpeskibet »Great Eastern« dets Udlægning fra Irland. Begyndelsen var god nok, men efter et Par Dages Forløb

viste det sig, at man ikke kunde telegrafere til Land gennem Kablet; man maatte derfor give sig til at fiske det op, og det viste sig da, at der et Sted paa en ubegribelig Maade var trængt et spidst Jærnstykke ind i Kablet lige til Kærnen, saa at Strømmen lededes ud i Vandet. Man skar det beskadigede Stykke ud, sammensplidsede Enderne og fortsatte Udlægningen, men faa Dage efter gentog ganske det samme sig. Alt tydede paa, at Beskadigelserne var frembragt med Vilje af en eller anden i Skibet. Uhygge og Ængstelse bredte sig ombord, og det viste sig, at de værste Anelser skulde gaa i Opfyldelse; da Størstedelen af Kablet var nedlagt, blev det tredje Gang uvirksomt, og under Arbejdet med dets Ophaling sprang det, og Enden forsvandt i Havets Dybder. Skibet medførte ganske vist Gribeankere og lange Kæder, saa at man kunde fiske efter Kablet, og skønt Ulykken var sket paa et af de dybeste Steder, fik man virkelig flere Gange fat i Kablet; men hver Gang brast Kæden under Ophejsningen, og tilsidst maatte Forsøget opgives.

En halv Snes Millioner var nu atter kastet i Havet, og man kunde ikke undres, om Cyrus Field og de andre Ledere af Foretagendet efter dette var blevet grebet af Modløshed og havde opgivet Sagen. Men saaledes gik det ikke; allerede næste Aar gik »Great Eastern« ud med et nyt Kabel. Alle Skibets Arbejdere fik denne Gang Bluser til at knappe i Ryggen og uden Lommer, og de maatte underskrive den Bestemmelse, at enhver, der grebes i at beskadige Kablet, øjeblikkelig skulde kastes overbord.

Den 27de Juli 1866 bragtes Kablet lykkelig i Land paa Nyfundland, og hermed var endelig det store Maal naaet. Den elektriske Strøm kunde fra da af bringe Bud med Lynets Fart mellem Evropa og Amerika gennem »den store Søslange« — »Menneskehedens tankefyldte i alle Sprog forkyndende og dog lydløse Kundskabsslange paa Godt og Ondt, den vidunderligste af alle Havets Vidundere.«

Et andet næsten æventyrligt Foretagende, som i Dristighed godt kan sammenlignes med Atlanterhavsforetagendet, blev udført i Østasien af »Det store Nordiske Telegrafselskab«, som grundlagdes i 1869 ved Sammenslutning af 3 ældre Selskaber, nemlig det Dansk-Norsk-Engelske, det Norsk-Britiske og det Dansk-Russiske. Selskabets Optræden i Østasien foranledigedes ved, at den russiske Regering, der havde ført en Telegraflinje langt ind i Sibirien, i 1869 besluttede at føre Linjen videre til Wladiwostock ved Stillehavet under Forudsætning af, at der herfra kunde tilvejebringes en Kabelforbindelse med Kina og Japan. Denne Forbindelse paatog Stifterne af »Store Nordiske« sig at tilvejebringe; for ikke at sætte Selskabets evro-

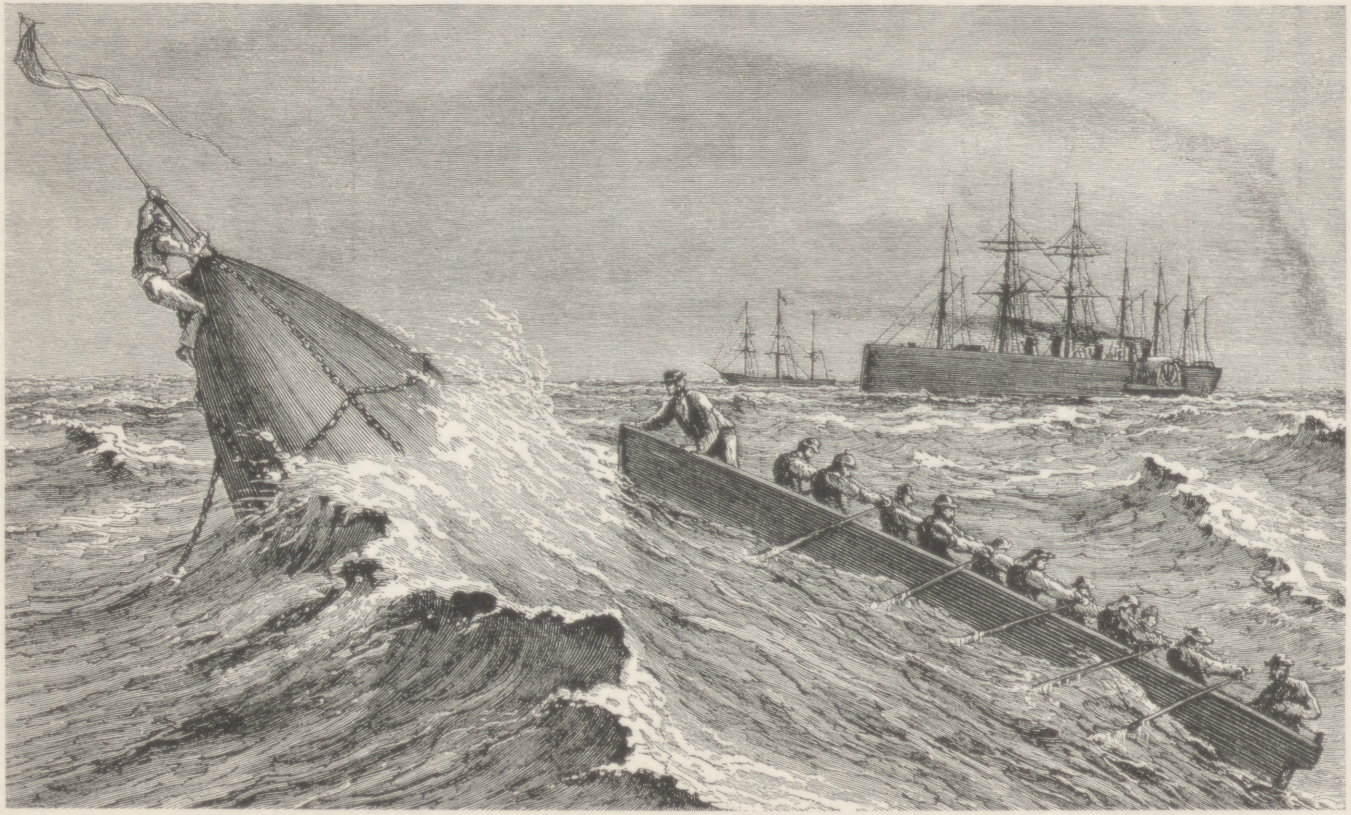


Fig. 117. Scene fra Opfiskningen af det Kabel, som i 1865 bristede og sank, men som opfiskedes og fuldførtes i Efteraaret 1866. Kabelenden er opfisket og foreløbig befæstet til den store Bøje. I Baggrunden ses »Great Eastern« og et Hjælpeskib.

pæiske Virksomhed i Fare dannede man dog for det nævnte Formaal et særligt Selskab, som først et Par Aar senere smeltede sammen med Søsterselskabet.

Omtrent paa samme Tid dannedes der imidlertid et engelsk Selskab med det Formaal at fortsætte de engelske Telegraflinjer, der kun naaede til Forindien, herfra over Bagindien til Kina og Japan. Fra dansk Side maatte man derfor optræde med den største Hurtighed og Resoluthed, om det skulde lykkes at komme Englænderne i Forkøbet til Trods for, at disse paa mange Maader var gunstigere stillet. Det gjaldt om at føre en Kabellinje, af større Længde end Atlanterhavskablet, fra Wladiwostock til den engelske Besiddelse Hongkong



Fig. 118. Kort over »Store Nordiske«s Kabler og de vigtigste af de i Forbindelse med disse arbejdende Landlinjer.

over Nagasaki i Japan og Shanghai i Kina gennem Have, som kun var yderst ufuldkomment undersøgte; endvidere maatte ikke blot Kablerne, men alt Materiel til Telegrafstationerne m. m. saavel som Telegrafister sendes halvvejs Jorden rundt og installeres og sættes i Virksomhed i ukendte Egne, hvor der hverken fandtes telegrafkyndige Folk, Reparations-Værksteder eller desl., hvor man tværtimod maatte vente at møde Uvilje og Uforstand hos Befolkningen, og hvor Forhandling med Ledelsen i Hjemmet var yderst vanskelig paa Grund af den langsomme Befordring af Meddelelser. Alt dette kunde nok virke skræmmende, og naar man saa tilmed slet ikke havde nogensomhelst Garanti for, at det vilde blive tilladt at lande Kablerne i Japan, Kina og Hongkong, hørte der tilvisse stort Vovemod til at bestille Kablerne og leje Skibe til Befordring af det hele Materiel. Hertil benyttedes foruden to engelske Dampere Fregatten »Tordenskjold«, som den danske Marine havde stillet til Raadighed. Endnu da de i Løbet af Sommeren 1870 forlod Evropa med Størstedelen af Kablerne, var Landingstilladelsen i Japan ikke tilvejebragt, og for Kinas Vedkommende havde de af den danske Udsending Premierløjtnant Suenson (senere Direktør for »Store Nordiske«) anstillede

Undersøgelser ført til det Resultat, at det var haabløst at søge om Tilladelse. Der var ikke andet for end at følge en af Suenson udarbejdet Plan til i Stilhed at udføre Landingen uden Forlov.

Det vilde føre os for vidt at følge Telegrafekspeditionens Kamp med Uheld og Vanskeligheder, indtil det hele Kabelanlægs Fuldførelse; vi skal blot dvæle lidt ved den Maade, hvorpaa »Det himmelske Rige« mod sin Vilje blev delagtiggjort i Telegrafens Goder.

Udfor Jangtse-Flodens Munding ligger en lille Klippeø Gutzlaff med et Fyrtaarn og dets Betjeningsmandskab, men ellers ubeboet. Gennem det kinesiske Told- og Fyrvæsen, der stod under evropæisk Ledelse, havde Suenson udvirket Tilladelse til Landing af Kabler paa denne Ø, og derfra udførtes »Angrebet paa Shanghai«. Det foregik meget fredeligt og ubemærket. Fra Gutzlaff nedlagdes et Kabel i Jangtse-Mundingen ind til Nærheden af Shanghais Havnestad Woosung; derefter udførtes om Natten den 8.—9. Dec. 1870 den vanskeligste Del af Arbejdet. Kabelenden bragtes i Land ved Woosung paa en Grund, der hørte til et fransk Marineetablissement; derfra førtes Kablet videre op til Shanghai ad Woosung-Floden; det udlagdes fra Pramme, landedes og nedgravedes paa en Grund, som Selskabet havde købt i Shanghai. Alle Spor af den natlige Ekspedition udslettedes fuldstændigt, og lang Tid efter havde ingen uden de Indviede Anelse om, hvad der var sket.

I Løbet af Vinteren indrettedes en Bygning i Shanghais evropæiske Kvarter til Telegrafstation, og herfra førtes en Telegraflinje hen til Kablets Landingsplads; Linjen var for Størstedelen overjordisk; men den sidste Strækning var underjordisk, saa at det lille Kabelhus med Køkkenhave omkring nede ved Floden saa meget uskyldigt ud. For at hindre, at Kablet beskadigedes, sejlede Telegrafister, klædte i danske Studenterskytteuniformer op og ned ad Floden og bortjagede kinesiske Skibe, der vilde ankre i faretruende Nærhed af Kablet. Kineserne troede, at det var en ny Slags Flodpoliti og lystrede villigt deres Ordrer.

Af største Vigtighed for Foretagendets Trivsel var det at faa Kineserne til at benytte Telegrafen. Da man i Kina ikke har Bogstavskrift, men særlige Skrifttegn for hvert Ord, lod man de almindeligst anvendte Tegn anbringe paa den ene Ende af Typer, paa hvis anden Ende der fandtes et Tal. Efter at Kabelforbindelsen mellem Shanghai og Hongkong var oprettet (April 1871) indbødes de betydeligste kinesiske Købmænd i de to Byer samme Dag hen paa Telegrafstationerne begge Steder, og man bad dem hvert Sted om at korrespondere med deres Forretningsvenner i den anden By ved Telegrafen, hvis

Indretning forud var forklaret dem. Af Kasser, hvori Tegnstykkerne laa systematisk ordnet, kunde enhver med Lethed finde de Tegn, han vilde bruge, og med Typernes anden Ende kunde han trykke de tilsvarende Tal paa et Stykke Papir. Den saaledes frembragte Række Tal telegraferedes til den anden Station, hvor Telegrafisterne ved samme Fremgangsmaade i omvendt Orden frembragte et Telegram i kinesiske Skrifttegn. Da Købmændene modtog Svar paa de Med-



Fig. 119. Landing af et Kabel ved Thorshavn paa Færøerne.

delelser, de et Par Minutter forud havde sendt til deres henved 200 Mil fjærne Bekendte, begyndte deres Vantro at vige for Forbavselse og Beundring, og at der ikke forelaa et snildt udført Bedrageri, fik de i hvert Fald Sikkerhed for, da de modtog Breve fra Forretningsvennerne. En Købmand i Shanghai, som straks havde forsøgt at afsende en Forretningsordre til Hongkong, kom en Ugestid efter glædestraalende hen paa Stationen og meddelte, at han havde faaet Brev om, at Ordren var udført.

Den kinesiske Handelsstand i Shanghai lærte hurtigt at drage Fordel af Telegrafen, og medens en privat Telegraflinje, som faa Aar i Forvejen forsøgsvis var blevet anlagt i Nærheden af Shanghai, straks blev ødelagt af en forbitret Landbefolkning, gik det helt godt med

en Landlinje, med hvilken »Store Nordiske« allerede i Efteraaret 1871 erstattede en Del af Flodkablet Shanghai—Woosung. Til det gode Resultat bidrog det i høj Grad, at Selskabet betalte de »Ældste« i de omliggende Kommuner for at føre Tilsyn med Linjen, men afkortede i Lønnen, hver Gang der fandt en Beskadigelse Sted — ligesom en kinesisk Læges Løn afkortes, naar den, der har engageret ham, er syg. — Da Selskabet nogle Aar senere tog fat paa Oprettelsen af en længere Landlinje mellem Byerne Amoy og Foochow, strandede dette Forsøg paa Befolkningens og til Dels Avtoriteternes Modstand; men



Fig. 120. Den udenrigske Telegrafsal i Fredericia.

i 1881 anlagde Selskabet for selve den kinesiske Regering en Landlinje fra Shanghai til Tientsin, og derefter vandt Telegrafen vid Udbredelse i Kina. Ogsaa under denne videre Udvikling var det Danske, som var Kinesernes Raadgivere og Hjælpere.

I August 1871 fuldførtes Kabelforbindelsen mellem Shanghai og Japan, hvor Regeringen kort i Forvejen havde taget kraftig fat paa Oprettelsen af indre Telegraflinjer. I samme Maaned udlagdes den sidste Kabelstrækning til Wladiwostock, og inden Aarets Udgang kunde Elektriciteten bringe Bud mellem det unge Evropa og Østens ældgamle Kulturriger, idet den russiske Landlinje naaede Wladiwostock. — Skønt denne Linje hører under den russiske Administration, har »Store Nordiske« for den som for andre Landlinjer spillet en vigtig Rolle; bl. a. har danske Telegrafister været Læremestre for de

russiske; en dansk Ekspedition har gennemrejst Sibirien for at undersøge Linjen og give Forslag til Forbedringer, og Linjen faar Telegrafapparater fra et Apparatværksted, som Selskabet i 1875 oprettede i København paa Foranledning af en ung Mekaniker E. Sabra, nu Chef for Værkstedet. — I Evropa danner Selskabets Kabler vigtige Forbindelser mellem Rusland, Sverrig, Danmark, England og Frankrig, og indtil 1910 ogsaa Norge, hvor Staten imidlertid nævnte Aar overtog de to Kabler til Skotland og Danmark. Traade fra en stor Del af disse Kabler udmunder i Statstelegrafens udenrigske Afdeling i Fredericia, der saaledes bliver et vigtigt Telegrafcentrum; herfra telegraferes bl. a. direkte til Paris med Overdragning i Calais, og en Del af

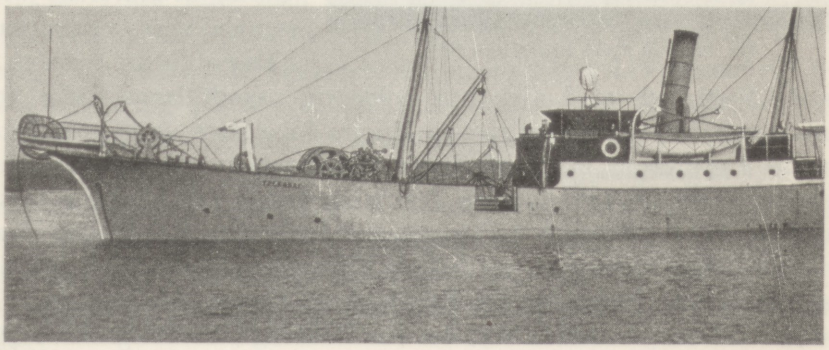


Fig. 121. Den norske Stats Kabeldamper »Telegraf«. Yderst til venstre ses Udlægningsrullen, længere inde paa Skibet Udlægningsmaskinen.

Frankrigs Telegrafkorrespondance med Rusland gaar over Fredericia med Omtelegrafering paa denne Station.

Gennem Landlinjer i Amerika, Atlanterhavskabler og Telegraflinjer i og ved Evropa og Asien kunde Amerikas yderste Vesten korrespondere med den gamle Verdens yderste Østen, og Avstralien kunde nemt inddrages i Telegrafsamkvemmet ved Linjer fra det sydøstlige Asien. Det er derfor forstaaeligt, at det har varet længe, inden man har ført Kabler gennem Stillehavet, hvis store Dybde i høj Grad vanskeliggør Kabellægningen. Men i det ny Aarhundrede har baade England og De forenede Stater gjort dette, og først derved er Jordkloden blevet fuldstændig omslynget af Telegraftraade.

Ikke blot ved de lange Linjer til fjærne Lande, men ogsaa mange andre Steder kunde Telegrafens Udbredelse møde store Vanskeligheder. Dette var saaledes Tilfældet i Norge.

Landets naturlige Beskaffenhed bød Telegrafingeniørerne mange yderst vanskelige Opgaver at løse. Snart skulde Ledningen føres hen over bratte, nøgne Fjældsider, hvor Telegrafstolperne maatte befæstes

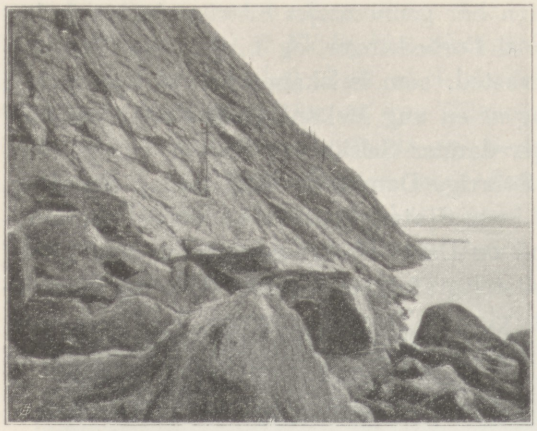


Fig. 122. Brat Fjæld med Telegraflinje.

i Huller, udborede og udsprængte i Granitten; snart skulde den gaa hen over aldrig optøede Snemarker, hvor man maatte grave gennem Sneen ned til Grunden og herfra opbygge en Stenhøj til Anbringelse af Stolperne; og netop i de vildeste Egne, hvor Sneskred, Stenskred og andre Udslag af Naturens Voldsomhed allerstærkest truer Telegraflinjen, er det af største Vigtighed, at Linjen kan holde sig uskadt lange Tider, idet Stationerne her ofte ligger mange Mil fra hinanden, og hyppig Eftersyn og Reparation bl. a. af denne Grund er uoverkommelig. Endvidere krævede de talrige lange Fjorde og Sunde, der skærer sig dybt ind i Landet, en Mængde til Dels meget besværlige Kabelanlæg. Naar man nu tillige betænker, at Norges Udstrækning fra Nord til Syd omtrent er som Afstanden fra Kristiania til Genua, saa kan man forstaa, at det var et stort Værk, der var fuldbragt, da Telegrafen i 1870 naaede Hammerfest og Vadsø. Senere er den ført endnu længere mod Nord, nemlig ud til Magerø kun en Milsvej sydligere end Nordkap.

For det norske Rige, hvor en Rejse fra Hovedstaden til Landets fjærneste Egne var mere langvarig og besværlig end en Tur over Atlanterhavet, havde Telegrafen en uberegnelig Betydning som Bindeled mellem Mennesker. Befolkningen har da ogsaa her gjort stærkere Brug af Telegrafen end i de fleste andre Lande. Særlig for Fiskeriet har Telegrafen været til overordentlig stor Nytte; der er til Dels helt ude paa de yderste Næs og Øer oprettet talrige »Fiske-Telegrafstationer«, som kun træder i Virksomhed i Fisketiden.

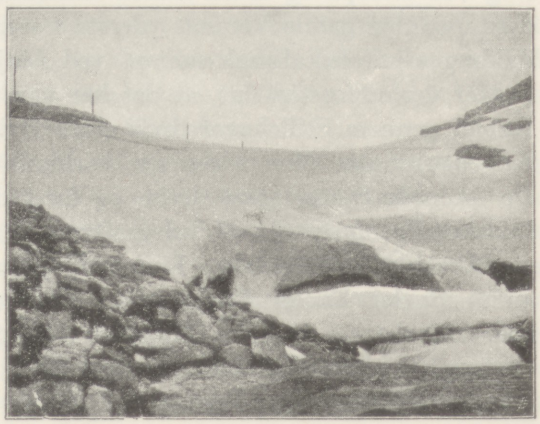


Fig. 123. Telegraflinje over den evige Sne.

Telegrafens Fjender. En overjordisk Telegraflinje kan ofte forulempes slemt af Vejr og Vind. — Regn, Taage og Islag, kort sagt fugtigt Vejr kan bevirke, at en ikke ringe Del af Elektriciteten i Stedet for at følge Ledningstraadene afledes til Jorden (eller fra en Traad til en anden) dels gennem Trægrene o. desl., der berører Traadene, dels langs Porcellænsklokkernes og Telegrafstængernes Overflade; Klokkernes Isolationsevne forringes navnlig, hvis de er beklædt med Støv eller, som det ofte er Tilfældet nær ved Havet, med et Saltlag. — I Frostvejr forkorter Kulden Traadene, saa at for stramt spændte Traade kan springe, især hvis de tilmed bærer et tykt Lag Rim. — Storm kan ødelægge Telegrafledninger bl. a. ved at vælte Træer over dem. — Elektrisk Virksomhed i Atmosfæren kan i Ledningen fremkalde dels svage Strømme, som sætter Strømvisere eller endog fintmærkende Skriveapparater i Virksomhed, dels mere stærke og pludselige Elektricitetsbevægelser, som tager Vejen til Jord gennem Ledningslynaflederne. Naar det er Tordenvejr over en Telegrafstation, indstilles Arbejdet, og Telegrafledningen forbindes umiddelbart med Lynafladerens Jordledning. Paa en Linje af saa uhyre Længde som den sibiriske, kan der Dage, ja Uger igennem uafbrudt være Tordenvejr snart et Sted, snart et andet, saa at Besørgelsen af Telegrammer, der skal sendes den hele Vej, forsinkes stærkt.

Undersøiske eller underjordiske Kabler er ikke saaledes som de overjordiske Ledninger afhængige af Vejrets Luner; det er sket, at engelske Købmænd har sendt Telegrammer til Evropas Fastland ad Vejen om ad New York under Benyttelsen af Atlanterhavskabler, fordi det engelske Landlinjenet var hærget af Storme. Imidlertid er Telegrafledninger — Kabler saa vel som Luftledninger — udsat for mange andre Angreb end dem, der skyldes Vejret. Baade Mennesker og Dyr optræder i mange Tilfælde som Telegrafens Fjender.

Telegrafforbindelsen gennem de første Kabler i Østasien blev i Begyndelsen hvert Øjeblik afbrudt derved, at Jærnkroge fra de kinesiske Fiskefartøjer fik fat i et Kabel og trængte ind i dets Beskyttelseslag; tilmed lærte de kinesiske Fiskere snart, at det mærkelige Tov, som de undertiden halede op fra Hav- eller Flodbunden, indeholdt saadanne nyttige Stoffer som Jærn og Kobber, og det blev en ret indbringende Biforretning at opfiske Telegraftov og skære Stykker ud af dem. Først da man fik de kinesiske Myndigheder til at straffe Kabeltyvene, og man tillige paa de mest udsatte Steder i Flodmundinger og nær ved Kysterne udlagde meget svære Kabler, der kunde taale haard Behandling, blev Afbrydelserne sjældne. Fig. 124 viser i

naturlig Størrelse Tværsnittet af et kinesisk Flodkabel, der er 8 Gange saa svært som Kablet Fig. 116 S. 147. — I Evropa har navnlig Vesterhavskablerne en slem Fjende i Trækvaadfiskerne (Trawlerne), som trækker deres Redskaber hen over Havbunden og derved let beskadiger Kablerne; ogsaa her har man indskrænket Ondet stærkt ved Anvendelse af svære Kabler.

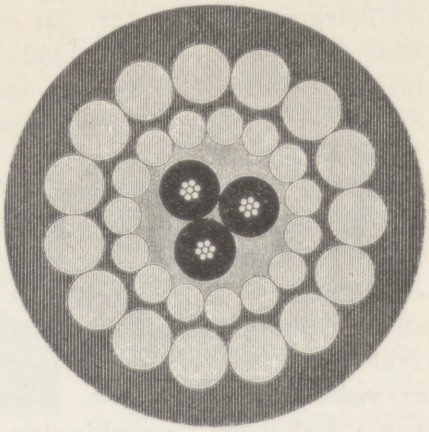


Fig. 124.
Tværsnit af et Flodkabel ved Shanghai.

Ikke blot Fiskerfartøjer, men ogsaa andre Skibe kan beskadige Kabler, navnlig derved, at deres Anker faar fat i det. Undertiden kan det ogsaa ske, at en Skibsskrue faar fat i et Kabel. Fig. 125 viser en Skibsskrue, der et Sted ved Amerikas Kyst blev saaledes indviklet i et Kabel, at Skibet stansede; Kablet maatte overskæres, og Skibet lægges i Dok for at befries for det ubehagelige Paahæng.

Skønt det ikke er meget almindeligt, at Havdyr gør Kablerne Skade, sker det dog af og til. For nogen Tid siden var saaledes et Kabel til Alaska afbrudt i længere Tid, og ved Undersøgelsen fandt man, at en Hval var blevet indviklet i Kablet og havde fundet sin Død derved. Ogsaa ganske smaa Havdyr, f. Eks. Boremuslinger, kan i visse Tilfælde ødelægge undersøiske Kabler.

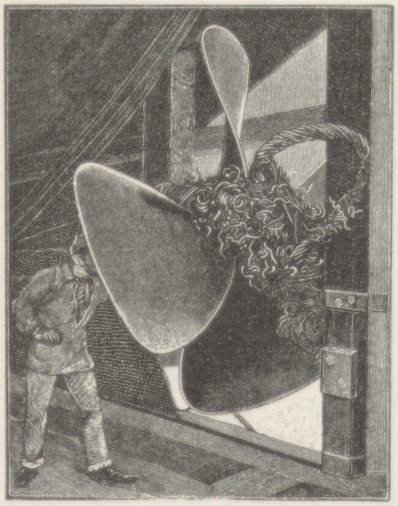


Fig. 125.
Skibsskrue, indviklet i et undersøisk Kabel.

Hvor overjordiske Telegraflinjer er ført gennem uciviliserede Egne, kan Ledningen ofte blive ødelagt af den indfødte Befolkning, som af Uvidenhed eller Uvilje skyder til Maals efter Porcellænsklokkerne, omstyrter Stolperne, overskærer Traadene o. s. v. Vilde Dyr kan naturligvis ogsaa gøre Skade. I Afrika skal det undertiden ske, at en Giraf faar sin lange Hals indviklet i Ledningstraadene og derved river dem løs; Elefanter vil gærne bruge Stolperne som »Kløpinde« og kan derved vælte dem o. s. v. Langt far-

ligere for Telegrafstolper er dog de hvide Myrer, Termiterne, som udhuler Stolperne, indtil de styrter om; mange Steder i Afrika er det af denne Grund nødvendigt at benytte Jærnstolper. Ogsaa mange andre Steder i Verden kan forskellige Smaadyr forulempe Telegrafen. Edderkopper kan saaledes ofte formindske Porcellænsklokkernes Isoleringsevne, idet de inde i dem spinder Net, som fanger Støv, smaa Stykker Straa o. desl.; i Japan skal Edderkopperne ofte indvæve Telegraftraadene saa stærkt med Spindelvæv, at Telegrafering helt umuliggøres, naar Vævet er vaadt.

Særlige Slags Telegrafi. Et Telegrafkabel med en ikke for tynd Kobberkærne kan have en Længde af Hundreder af Mil, uden at dets Ledningsmodstand bliver saa stor, at dette kan vanskeliggøre Telegraferingen. Over den 300 Kilometer lange Strækning fra Shetlandsøerne til Færøerne har man en Gang forsøgt at telegrafere med et enkelt galvanisk Element, og det lod sig godt gøre; et Batteri paa 10 Elementer skulde altsaa være tilstrækkeligt for de 3000 Kilometer over Atlanterhavet, hvis der anvendtes samme Slags Kabel.

At telegrafere nogenlunde hurtigt gennem et langt Undervandskabel er imidlertid vanskeligt af en helt anden Grund, nemlig den Omstændighed, at Kablet forholder sig som en Leidnerflaske, idet Kobberkærnen svarer til Flaskens indre Metalbelægning, de isolerende Lag til Glasset, og Vandet uden om dem til den ydre Belægning. Naar man fra et galvanisk Batteri i Evropa sender en elektrisk Strøm ind i et Atlanterhavskabel, vil derfor til at begynde med kun en ganske ringe Del af den indstrømmende Elektricitet naa over til Amerika; Størstedelen vil saa at sige forsvinde i Kablet, fordi det skal lades med Elektricitet som en Leidnerflaske eller anden Kondensator. Først efter nogen Tids Forløb, naar Kablet ikke kan optage mere Elektricitet, vil den elektriske Strøm hele Vejen gennem Kablet og Telegrafapparaterne i Amerika naa den fulde Styrke, som svarer til Batterispændingen og Ledningsmodstanden*).

---

*) For at anskueliggøre Sagen ved et Billede hentet fra Vands Bevægelse kan vi sammenligne Kablet med et langt vandfyldt Rør, gennem hvilket en Pumpe skal drive en Vandstrøm; og ligesom vi Side 34, Bd. I sammenlignede det elektricitetsisolerende Lag i en Kondensator med en Skillevæg, der kan give noget efter for Vandtryk, kan vi her sammenligne Kablets isolerende Lag med Vandrørets Væg, idet vi antager, at denne kan give noget efter for Vandtrykket, saa at Røret udvider sig noget, naar Pumpen begynder at trykke mere Vand ind i det. Under disse Omstændigheder vil en Del af det indstrømmende Vand til at begynde med medgaa til at udfylde Rørets forøgede Rum. Først naar Røret ikke udvider sig mere, vil der gaa en ensartet Vandstrøm gennem det i dets hele Udstrækning, idet der nu stadig strømmer ligesaa meget Vand ud af den ene Ende, som Pumpen samtidig driver ind i den anden.

Skulde man nu for hvert enkelt telegrafisk Tegn først holde Telegrafnøglen nedtrykket saa længe, til Strømmen havde naaet sin fulde Styrke, og derefter — efter at have sluppet Nøglen — vente med det næste Tegn, indtil Kablet var helt udladet og Strømmen altsaa forsvundet, vilde Kabeltelegrafi over lange Strækninger blive saa langsom, at de store Bekostninger ved en Kabelforbindelse slet ikke kunde forrentes. Gælder det om at telegrafere fra Evropa til Amerika, maa man derfor her anvende fintmærkende Modtagerapparater, ved hvilke allerede de allerførste svage Spor af en i Evropa foretaget Strømslutning, Strømafbrydelse eller Strømvending gør sig tydeligt gældende.

Ved Atlanterhavstelegrafien anvendte man længe et Modtagerapparat, hvor Telegrafstrømmen lededes gennem en Traadspole med mangfoldige Vindinger uden om en lille overmaade let bevægelig Magnet, hvortil der var fastgjort et lille Spejl. Et smalt Bundt Lysstraaler sendtes mod Spejlet og kastedes af dette tilbage mod en inddelt Lineal, paa hvilken der herved fremkom en lille Lysplet. Lysstraalebundtet var saa at sige en meget lang, vægtløs Viser, der pegede paa Linealen, og selv den svageste Bevægelse af Magneten frembragte en betydelig Bevægelse af Lyspletten. Naar man nu fra Evropa sendte Strømmen i den ene eller anden Retning ind i Kablet, bevægede Lyspletten i Amerika sig til den ene eller anden Side, og idet Bevægelse til den ene Side betød Streg, til den anden Prik i Morsealfabetet, kunde en øvet Telegrafist forstaa Lysplettens Bevægelser og nedskrive Telegrammet efter dem.

Dette var dog et meget anstrængende Arbejde, og ved den saakaldte »Siphon Recorder« eller Hævertskriver, som er opfundet af den engelske Fysiker William Thomson (senere adlet som Lord Kelvin), er det nu muligt at faa den elektriske Strøm til selv at opskrive Telegrammer paa saa lange Afstande som fra Evropa til Amerika. Princippet for Hævertskriverens Skriftfrembringelse kan oplyses ved Fig. 126. Ved det her fremstillede Apparat tegnes der paa en Papirstrimmel en Bølgelinje af en ejendommelig »Pen«. Denne bestaar af et fint skraatstillet Rør med nedadbøjede Ender; det er fyldt med Farvevæske, og idet den øverste Ende gaar ned i en Beholder med Væsken, flyder eller drypper Væsken stadig ud af den nederste Ende, saa at Pennen, naar den holdes i Ro, vil tegne en lige Farvelinje paa den af et Urværk bevægede Papirstrimmel; men denne Linje faar en Bugt, hvis Pennespidsen bringes til at bevæge sig lidt paa tværs af Papirstrimlen. En saadan Bevægelse kan paa forskellig Maade fremkaldes af Strømmen, saa at denne frembringer en »Bølgeskrift« eller

»Slangeskrift«, hvor Bugter til hver sin Side (eller længere og kortere Bugter til samme Side) svarer til Streg og Prik.

De Thomson'ske Hævertskrivere til Oceantelegrafi er, hvad den elektriske Del angaar, helt anderledes konstrueret end Apparatet Fig. 126; dette, som i Reglen kaldes en »Undulator«, er af dansk Konstruktion og nedstammer fra et Apparat, som i Halvfjerdserne konstrueredes af en ved »Store Nordiske« ansat Telegrafist Lauritzen; men det har i Tidens Løb undergaaet mange Ændringer. De danske

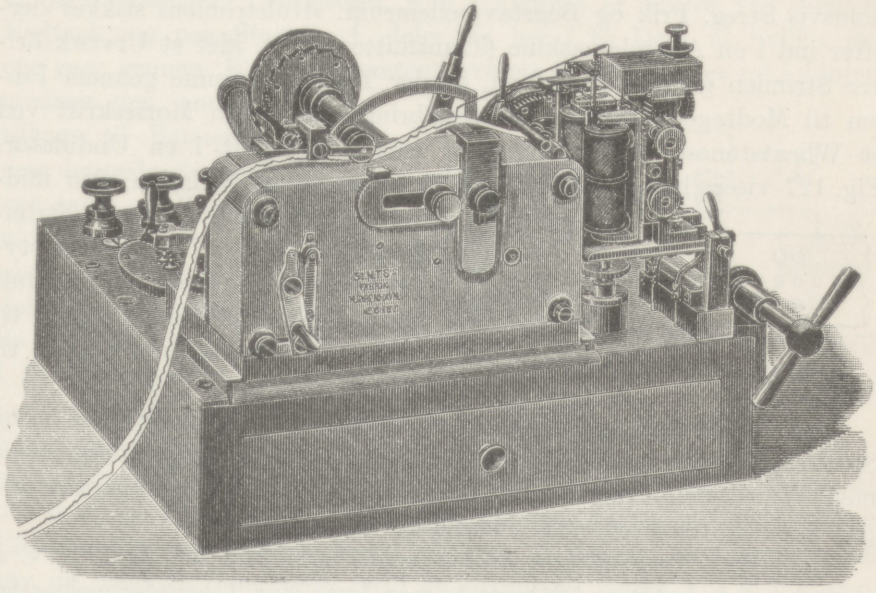


Fig. 126. Apparat til Frembringelse af telegrafisk Bølgeskrift.

Apparater er mindre følsomme end de Thomson'ske, men arbejder sikrere end disse paa korte Kabelstrækninger eller lange Landlinjer.

Paa Landlinjer med Luftledninger medgaar der ikke som ved Kabellinjer synderlig Tid til Ledningens Ladning og Afladning, da en Luftledning har en langt ringere Evne til at optage Elektricitet (Ladningsevne eller »Kapacitet«) end et Kabel. Ganske vist er »Ladningsfænomener« ikke ene om at hindre en Strøm i aldeles pludselig at vokse fra Nul til en betydelig Styrke eller omvendt; hertil bidrager ogsaa det, som vi tidligere (S. 226 Bd. I) har kaldt Træghedsmodstanden, d. v. s. den Modstand mod en pludselig Hastighedsforandring, som gør sig gældende ved Elektricitetsbevægelse ligesaa vel som ved Vandbevægelse, navnlig naar Elektriciteten skal passere Elektromagnetvindinger eller lignende (se S. 65—66 Bd. I). Men selv ved den største Fart, med hvilken en dygtig Telegrafist kan betjene en Telegrafnøgle

— en Snes Ord eller lidt mere i Minuttet — spiller dette ikke nogen Rolle, og ved avtomatiske Afsenderapparater kan man paa Landlinjer opnaa en mange Gange større Telegraferingshastighed.

Det mest anvendte System for avtomatisk Hurtigtelegrafi er opfundet af Wheatstone. Naar et Telegram skal ekspederes efter dette System, tilvejebringer en Telegrafist først ved en Gennemhullemaskine (Puncher eller Perforator) en gennemhullet Papirstrimmel, idet han skiftevis nedtrykker én af tre Knapper, der svarer til henholdsvis Streg, Prik og Bogstavmellemrum. »Hulstrimlen« stikkes derefter ind i en Afsendemaskine (Transmitter), som, idet et Urværk driver Strimlen gennem Maskinen, sender Telegrafstrømme gennem Linjen til Modtagerstationen; her frembringes da enten Morseskrift ved et Wheatstonesk Modtagerapparat eller Bølgeskrift i en Undulator. Fig. 127 viser, hvorledes Hullerne er anbragt paa Strimlen; den midterste Hulrække tjener til Strimlens Fremføring, Yderhullerne styrer Strømudsendelsen, to Yderhuller i samme Tværlinje svarer til Prik, to skraatstillede Huller til Streg.

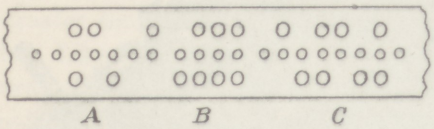


Fig. 127. Gennemhullet Papirstrimmel.

Paa Linjerne fra København til Fredericia, Hamborg, Berlin og Stockholm samt paa de fleste af »Store Nordiske«s Linjer telegraferes med Wheatstone-Transmitter. Borde med Wheatstone-Apparater ses paa Billedet fra Fredericia udenrigske Sal S. 154.

De bedste Transmittere kan udsende mere end 400 Ord (d. v. s. en Side af denne Bog) i Minuttet; men hvor stor Telegraferingshastigheden i Praksis kan blive, afhænger af Linjens Længde og Beskaffenhed og af Modtagerapparatet m. m. For at skaffe en Transmitter stadigt Arbejde maa naturligvis flere Telegrafister arbejde ved Gennemhullemaskiner, og ligeledes giver Modtagerapparatet flere Telegrafister Arbejde med Afskrivning. Hurtigtelegrafien formindsker saaledes ikke Menneskearbejdet, men den muliggør en langt bedre Udnyttelse af Telegraftraadene, hvad der navnlig har Betydning paa stærkt trafikerede, lange Linjer, hvor Anbringelsen af flere Traade vilde blive meget bekostelig.

Et andet Middel til en fyldig Udnyttelse af Telegraftraadene er Flerfoldstelegrafien, ved hvilken to eller flere Telegrammer befordres samtidig gennem samme Traad. Mange vil vel i første Øjeblik finde det utroligt, at noget saadant kan lade sig gøre, men Elektriciteten kan udrette saa mange utrolige Ting; der er i Virkeligheden opfundet talrige forskellige Slags Flerfoldstelegrafi.

Simplest og mest anvendt er »Duplekstelegrafi«, ved hvilken man telegraferer samtidig i begge Retninger gennem samme Traad. »Dupleks« er bl. a. indført paa Strækningen København—Fredericia; ogsaa paa saa lange Ledninger som Atlanterhavskablerne kan man telegrafere samtidig i begge Retninger.

Et lille Begreb om det Princip, der ligger til Grund for nogle Former af Duplekstelegrafi kan man faa ved et Blik paa Fig. 128. Skriveapparatselektromagneterne *E* paa de to Stationer *A* og *B* har hver to Sæt Vindinger. Den Strøm, som i Figuren er sluttet ved Nøglens Nedtrykning paa Station *A*, deler sig her i to Dele, af hvilke den ene gaar gennem Elektromagnetens øverste Sæt Vindinger ud i Linjen, medens den anden gaar tilbage til Batteriet gennem det nederste Vindingssæt samt en Reguleringsmodstand *R*, som er gjort saa stor, at de to Strømdele bliver lige stærke; da de gaar modsat Vej rundt i Elektromagneten, vil de her ophæve hinandens Virkning, saa at Skriveapparatet paa Station *A* ikke træder i Virksomhed. Den Strømdel, der gaar ud i Linjen, vil henne paa Station *B* gaa til Jord gennem Elektromagnetens øverste Sæt Vindinger og Nøglen, men næsten helt sky de nederste Vindinger, fordi en Strøm ad denne Vej skulde gennem den store Modstand *R*. Skriveapparatet paa Station *B* træder altsaa i Virksomhed. — Dersom nu ogsaa Nøglen paa Station *B* nedtrykkes, vil der ogsaa her opstaa en tvedelt Strøm, hvis øverste Del vil modvirke den øverste Strømdel fra *A*, og hvis de er lige stærke, vil de helt ophæve hinanden baade i Telegraftraaden og i begge Stationers øverste Elektromagnetvindinger; men i de nederste vil der nu begge Steder gaa Strøm. Ved samtidig Nedtrykning af begge Nøgler kommer der altsaa ingen Strøm mellem Stationerne, men hver af dem skriver ved sin egen Strøm.

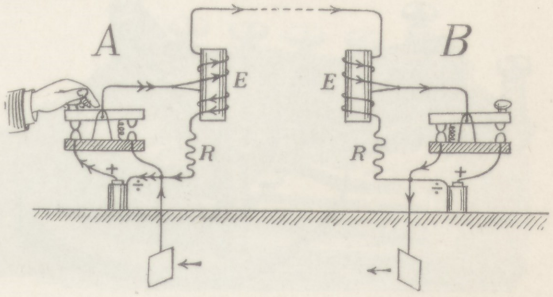


Fig. 128. Duplekstelegrafi.

Angaaende samtidig Befordring af flere end to Telegrammer maa vi af Hensyn til Pladsen nøjes med nogle Antydninger.

Lad os antage, at 4 Nøgler, Nr. 1, 2, 3 og 4, paa en Station hver et lille Øjeblik ad Gangen af en hurtigt omdrejende Kontaktarm eller deslige bringes i ledende Forbindelse med en Telegraftraad til en anden Station, hvor Traaden paa samme Maade af en Kontaktarm med

samme Omløbshastighed som den første skiftevis bringes i Forbindelse med 4 Skriveapparater, Nr. 1, 2, 3 og 4, og at Nøgle Nr. 1 og Skriveapparat Nr. 1 netop i samme Øjeblik forbindes med Telegraftraaden, Nøgle og Skriveapparat Nr. 2 ligesaa o. s. v. Under disse Omstændigheder kan altsaa hver Nøgle kun sende Strøm til det tilhørende Skriveapparat, og ved forskellige Ordninger kan det opnaas, at der ved hvert enkelt Sæt af Apparater kan telegraferes med almindelig Hurtighed uden Hensyn til de andres Virksomhed.

Metoden kræver imidlertid, at de to Metalarme bevæger sig meget jævnt og med nøjagtig ens Fart (fuldstændig »synkront«). Denne Fordring kan opfyldes overordentlig fuldkomment ved det af Poul la Cour i 1875 opfundne »Tonehjul«, som er vist i Fig. 129. — Naar en Stemmegaffel anslaas, sættes den i Svingninger i en for hver enkelt Stemmegaffel ganske bestemt Takt, svarende til en bestemt Tone. Gaflens Svingninger kan holdes vedlige ved et galvanisk Batteri og en Selvafbryderindretning ligesom den, der i et Ringeapparat vedligeholder Ankerets Svingninger. Idet den svingende Gaffel afvekslende slutter og afbryder en Ledning fra et andet Batteri, vil dette i Takt med Gaflens Svingninger udsende en Række kortvarige Strømme, som tilsammen kaldes en »Tonestrøm«. En saadan Tonestrøm ledes ind i den Elektromagnet, der ses til venstre paa Fig. 129. Jærnkærnens Spids, som altsaa afvekslende bliver magnetisk og umagnetisk, er rettet mod et Tandhjul af Jærn, og naar man en Gang har givet dette Hjul en saadan Omløbshastighed, at det netop gaar en Tand frem for hvert »Strømstød« i Elektromagnetens Vindinger, vil Tonestrømmen stadig holde denne Omløbshastighed vedlige, hvad man vil kunne indse ved lignende Betragtninger som dem, der blev anstillet angaaende den synkrone Vekselstrømsmotor S. 233 Bd. I. — To Tonehjul, der er anbragt langt fra hinanden, vil holde sig i fuldstændig ens Gang, naar de har samme Antal Tænder og faar Strøm fra samme Stemmegaffel. Naar Tonehjulet skal anvendes ved Flerfoldstelegrafi har man imidlertid paa hver af de to Stationer, hvor der skal vedligeholdes synkrone Bevægelser, saa vel et Tonehjul, som bevæger den omtalte Kontaktarm, som en Stemmegaffel, der bestemmer Hjulets Gang. De to Stemme-

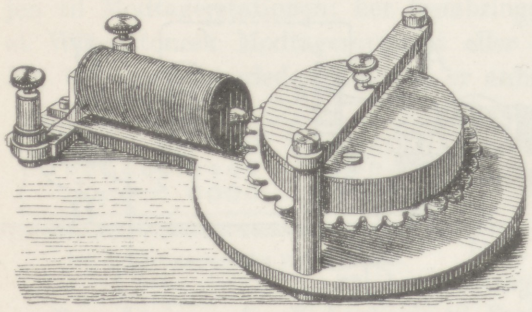


Fig. 129. La Cours Tonehjul.

gafler, der holdes i Svingning af Lokalbatterier, afstemmes til at begynde med saa nøje som muligt til at give samme Tone, og senere Afvigelser forhindres derved, at der for hver Omdrejning af Kontaktarmen sendes en regulerende Strømimpuls (bestaaende af to kortvarige Strømme i hver sin Retning) fra den ene af Stationerne til den anden. — Tonehjulet har bl. a. i England fundet praktisk Anvendelse til Flerfoldstelegrafi.

Inden la Cour indførte Tonehjulet, havde han anvendt Tonestrømme til en helt anden Slags Flerfoldstelegrafi, som beror paa den Omstændighed, at en Tonestrøm, der udsendes fra en Stemmegaffel, i et paa passende Maade indrettet Modtagerapparat (se Fig. 130) kan sætte en anden Stemmegaffel i Svingning, hvis Modtagergaflen er afstemt for samme Tone som Afsendergaflen, men derimod ikke, hvis den er indrettet til at svinge i en anden Takt. Sendes Tonestrømme fra flere forskellig stemte Afsendergafler gennem én og samme Ledning til ligesaa mange Modtagergafler, stemte hver for sin Afsender, saa vil Tonestrømmene vel blandes i Traadene, men Modtagerne kan atter skille dem ud fra hverandre; enhver af Modtagergaflerne vil stanse sine Svingninger eller begynde dem paany, eftersom Strømudsendelsen fra den ligestemte Afsendergaffel stanses eller sættes i Gang paany ved en Telegrafnøgle, og naar enhver Stemmegaffelmodtager ved sine Svingninger slutter Strøm til et Morseskriveapparat, kan der ved Tonestrømmene telegraferes mellem hver samhørende Nøgle og Skriveapparat. Paa denne Maade kunde la Cour bringe 12 Sæt Telegrafapparater til at virke uafhængigt af hverandre paa samme Linje, et Resultat, som næppe kan naas ved nogen anden Slags Flerfoldstelegrafi. Da Systemet blev optaget af Amerikaneren Elisha Gray, førte la Cour det imidlertid ikke videre ud i Praksis, men gik i 1876 over til Tonehjulet. I nyere Tid har Franskmanden Mercadier bragt Sagen frem paany; han har ved Stemmegaffeltelegrafi kunnet sende 12 Telegrammer i hver Retning paa en Gang gennem en Ledning af 800 Kilometers Længde (Paris—Bordeaux), hvorved han dog kun lod Tonestrømmen give Lydsignaler, ikke opskrive Telegrammerne.

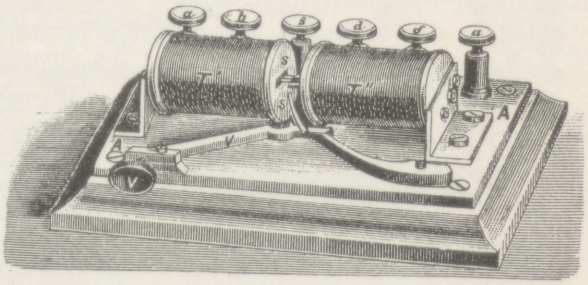


Fig. 130. Modtagerapparat for Stemmegaffeltelegrafi.

Ved Flerfoldstelegrafi spares ligesom ved avtomatisk Hurtigtelegrafi kun Ledningstraad; der er imidlertid ogsaa opfundet mange Telegrafsystemer, ved hvilke der i Stedet for eller tillige spares Telegrafister.

Ved at lade Telegrafstrømmen gennem to Ledninger virke paa et lille Spejl (se S. 160) har Ungarerne Pollak og Virag bragt en Lysstraale til at tegne Bogstaver af den i Fig. 131 viste Form paa fotografisk Papir, og idet Strømmen afsendes med avtomatisk Transmitter kunde de paa denne Maade tvinge en Lysstraale i Hundreder af Kilometers Afstand til at skrive med almenlæselig Skrift halvhundrede Gange hurtigere end Menneskehaanden (nemlig ca. 1000 Ord i Minuttet); dette er vistnok Højdepunktet af, hvad man har naaet i Retning af Fjærnskrivning.

Medens der til denne Telegrafering kræves to Ledninger, er dette ikke Tilfældet ved de af Avstralieren Murray og af Kanadieren Creed opfundne Systemer for Hurtig- og Tryktelegrafi. Creeds System, der i 1906 indførtes paa Linjen København—Fredericia, slutter sig nøje til Wheatstones, idet Telegrammer afsendes ved dennes Transmitter; men Hulstrimlen kan tilvejebringes i en Maskine med »Bogstavklaviatur« som i en Skrivemaskine; et Tryk paa en Tast frembringer her paa en Gang hele den Hulsammenstilling, som svarer til det paagældende Bogstav, medens hertil i Wheatstones Perforator krævedes 1 til 4 Tryk. Endvidere anvender Creed et særligt Modtagerapparat, hvor Telegrafstrømmene frembringer en Hulstrimmel ganske som den, der brugtes til Afsending. Skal Telegrammet sendes videre, stikker man blot Strimlen ind i Transmitteren for den næste Linjestrækning; Omtelegrafering foregaar altsaa paa denne simple Maade. Er Telegrammet derimod naaet til sin Bestemmelsesstation, stikkes Strimlen ind i en Trykkemaskine, som avtomatisk omsætter Strimlens Hulskrift til Typeskrift anbragt Linje for Linje paa en Telegramblanket, der kan afleveres til Adressaten.

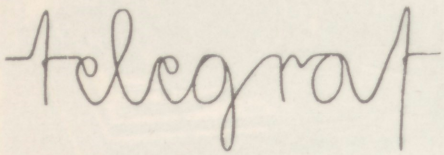


Fig. 131. Pollaks og Virags Telegrafskrift.

Dersom der kan tilvejebringes tilstrækkelig billige og praktiske Maskiner, der sættes i Virksomhed ganske som Skrivemaskiner, men frembringer en Hulstrimmel til Telegrafering, saa kunde Bladkorrespondenter og andre meget telegraferende Folk i Stedet for først at lave Manuskript, umiddelbart lave Hulstrimler enten ved private Maskiner eller ved Maskiner, som paa Telegrafstationerne stod til Raadighed for Publikum. Lange Breve, Avisartikler paa flere Spalter o. s. v. kunde da telegraferes, uden at der krævedes noget nævneværdigt Ar-

bejde af Telegrafpersonalet, og uden at Linjen blev optaget derved mer end et eller nogle faa Minutter. Den tidsspildende Ordtælling kunde undgaas ved Indførelse af Betaling pr. Meter af Hulstrimmel, eller pr. Minut Transmitterarbejde eller deslige, ja det er vel endogsaa tænkeligt, at Transmittere i visse Tilfælde kunde indrettes som Salgsavtomater, der, naar Linjen var fri, kunde levere Arbejde i et bestemt Antal Minutter eller Sekunder for et bestemt Pengestykke.

Saadanne eller lignende Fremtidsmuligheder for en Telegrafkorre-

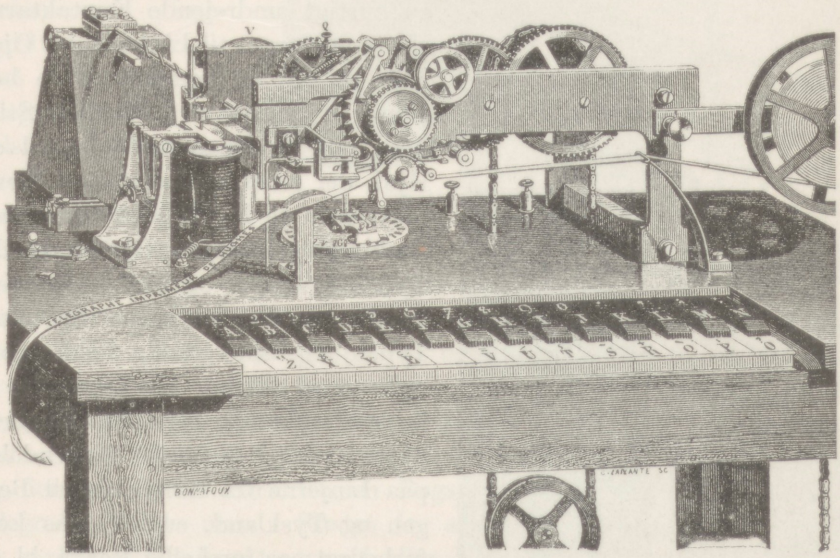


Fig. 132. Hughes Tryktelegrafi (ældre Form).

spondance af en væsentlig anden, langt fyldigere Art end Nutidens synes de nyere telegrafiske Opfindelser at frembyde; men paa meget lange og kostbare Linjer vilde dog selv en meget betydelig Forøgelse af Telegraferingshastigheden næppe muliggøre billig Telegrafering af længere Skrivelser, og under de nuværende Forhold, hvor et nogenlunde langt Telegram selv paa korte Afstande og ved de billigste Takster bliver mangfoldige Gange dyrere end et Brev, gælder det for de telegraferende om at gøre deres Meddelelser saa kortfattede som muligt. Af denne Grund findes der f. Eks. i talrige Fabrikkers Kataloger korte »Telegrafnavne«, som kan benyttes ved telegrafisk Bestilling af de forskellige Varer; endvidere har man dannet og samlet en Mængde Forkortelser, som kan benyttes dels ved international, dels ved indenrigsk Telegrafkorrespondance. Danskeren Gudmund Høyer har opfundet et sindrigt System, ved hvilket en forholdsvis ringe Række af Telegraftegn skal kunne give fuldstændigt Udtryk for lange Breve.

Det ovenfor omtalte Creed'ske System kan vi betegne som indirekte Tryktelegrafi. Der findes imidlertid ogsaa flere Systemer for direkte Tryktelegrafi, ved hvilke det telegrafiske Modtagerapparat direkte fremstiller et Telegram med Typeskrift. Det mest anvendte System er opfundet af Hughes (juugs) i Amerika. Hans Afsenderapparat har et Bogstavklaviatur, og nedtrykker man f. Eks. den med Bogstavet *b* mærkede Tast, vil en hurtigt omdrejende Kontaktarm slutte en Strøm til Linjen i det Øjeblik, da Armen kommer til en bestemt til Bogstavet *b* svarende Stilling; paa Modtagerstationen vil et Hjul, der løber synkront med Kontaktarmen og har Bogstavtyper paa Omkredsen, i samme Øjeblik vende Typen *b* nedad, og idet Strømmen trykker en Papirstrimmel op imod Typehjulet, som stadig holdes forsynet med Farve, vil Bogstavet *b* blive aftrykt paa Strimlen. Hughes' System, der har fundet Anvendelse paa Linjerne fra Kristiania til Bergen og Tyskland, er i Tidens Løb forbedret paa forskellig Maade, bl. a. af Normanden Olsen.

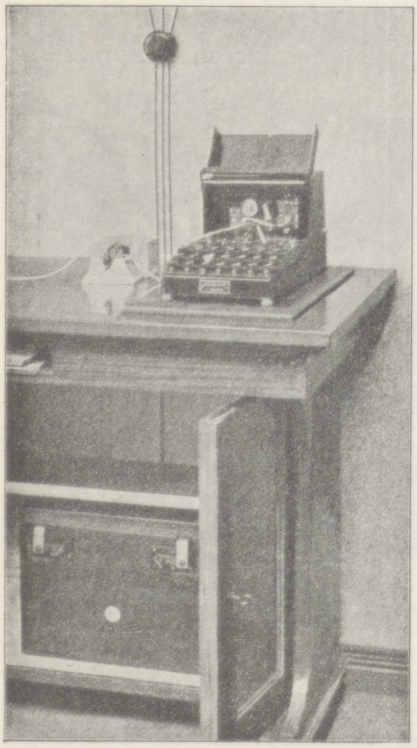


Fig. 133. Kontortelegrafapparat.

For faa Aar siden har man flere Steder indført Amerikaneren Rowlands Flerfolds- og Tryktelegraf, ved hvilke selve Telegrafstrømmene holder Kontaktarme og Typehjul til at følges nøjagtigt ad; der kan sendes 4 Telegrammer i hver Retning paa en Gang, og Telegrammerne trykkes med Linjeskrift.

En særlig Gren af Telegrafi, nemlig Signaltelegrafien, hvorved kun visse bestemte Meddelelser overføres, er omtalt i Afsnit III, og her nævntes det ogsaa, at man kunde telegrafere Ord og Sætninger ved den saakaldte Visertelegrafi (se S. 119 Bd. I), som kan anvendes af enhver, der kan stave. Denne Fremgangsmaade er imidlertid for ufuldkommen til at vinde synderlig Udbredelse; men kunde man lave en Tryktelegraf, der var til at betjene af enhver, saa vilde der aabne sig mange Virkefelter for Telegrafi uden for det offentlige Telegrafvæsen. Der er i Virkeligheden konstrueret flere saadanne for Privatbrug

egnede Tryktelegrafer, og bl. a. i Berlin findes et Telegrafanlæg, der er ordnet paa lignende Maade som et Telefonanlæg med en Centraltralstation og Ledninger ud til talrige Abonnenter — Bladredaktioner, Telegrambureauer, Forretninger, Banker, Vekselerere, offentlige Institutioner —, som kan bringes i telegrafisk Forbindelse med hinanden saavel to og to som gruppevis (f. Eks. et Telegrambureau med samtlige Redaktioner, der faar Telegrammer fra det). Fig. 133 viser et Abonnenttelegrafapparat. — Naar en Bogstavtast nedtrykkes, udsendes en Række meget kortvarige Strømme, som drejer baade et Typehjul paa Stedet og et hos den Abonnent, til hvem der telegraferes, rundt i smaa Spring, indtil den paagældende Type begge Steder vender nedad; da opstaar der en lidt langvarigere Strøm, som stanser Hjulene, trykker en Papirstrimmel op mod hvert af dem og derefter flytter Strimlen en Bogstavplads frem. — Som Privattelegrafer kunde man i Stedet for saadanne Tryktelegrafer benytte en saakaldet Telavtograf eller Haandskriftstelegraf. Ved denne skriver man paa et Stykke Papir med en Pen eller Blyant, til hvis Spids der er fastgjort to Snore; ved de Træk af vekslende Styrke, som Blyantens Bevægelser frembringer i Snorene, ændres Styrken af to Strømme, som gennem hver sin Ledning ledes hen til to Elektromagneter i Modtagerapparatet. Elektromagneternes Træk i Jærnstykker, der ved Snore er forbundet med en Skrivestift, tvinger nu denne til at bevæge sig hen over et Stykke Papir paa ganske samme Maade som Blyanten

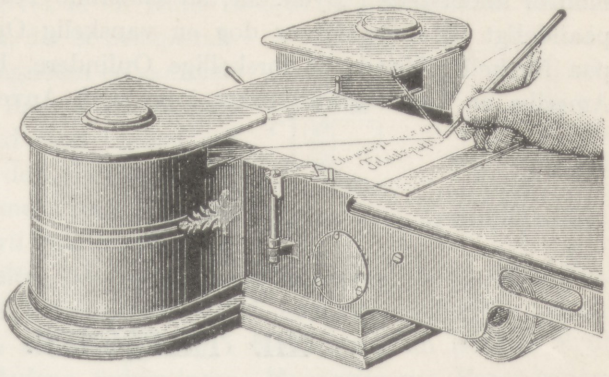


Fig. 134. Telavtograf. Afsenderapparat.

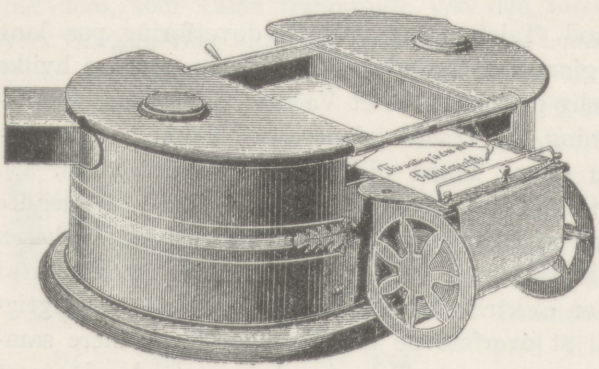


Fig. 135. Telavtograf. Modtagerapparat.

ved Afsenderapparatet. En Forretningsmand kan altsaa sidde i sit Kontor og med sin egen Haandskrift skrive et Brev henne paa et Kontor andetsteds i Byen. At faa saadanne Telavtografer til at virke paalideligt og nøjagtigt er dog en vanskelig Opgave, som søges løst paa forskellig Maade af forskellige Opfindere. Baade i England og i Amerika er Telavtografer bragt i praktisk Anvendelse.

XII. TELEFONEN.

Telefon og Mikrofon. — Telefonanlæg. — Særlige Anvendelser af Telefonen.

Telefon og Mikrofon. Baade i store Byer og i talrige landlige Egne strømmer hvert af Dagens Minutter gennem Hundreder af Metaltraade paa kryds og tværs i Jorden og Luften Spørgsmaal og Svar frem og tilbage med menneskelig Stemme og dog lydløst for alle andre end dem, der taler sammen. For den nu opvoksende Slægt er dette, at Mennesker kan tale sammen i Miles Afstand en ligesaa naturlig og selvfølgelig Ting som, at Regnen falder og Planterne vokser, og dog maatte en saadan Fjærntale endnu for faa Aartier siden betragtes som et uopnaaeligt Maal, en Fantasi, der blot hørte hjemme i Æventyrets Verden.

Smaa Skridt henimod »Telefoni«, d. v. s. Lydoverføring paa lang Afstand, var vel tidlig gjort ved Opfindelsen af Talerør, gennem hvilke Lyden kan føres temmelig usvækket fra et Værelse til et andet fjærntliggende i samme Bygning, og Traadtelefoner. ved hvilke Lyden forplanter sig gennem en stram Traad (Silketraad, Metaltraad el. a.), hvis Ender er befæstet i Midten af to som Trommeskind udspændte elastiske Hinder (f. Eks. af Svineblære). Endvidere opfandt Tyskeren Reiss i 1860 en Slags Musiktelefon, som kunde overføre en Melodi af enkelte Toner gennem en elektrisk Ledning, men herfra var der rigtignok et langt Spring til at overføre de mangfoldige Gange mere sammensatte Lydsvingninger, som vor Tale frembringer. Selv de mest forhaabningsfulde kunde den Gang næppe ane, at elektrisk Fjærntale skulde blive saa almindelig udbredt og dagligdags, som sket er, eller at den kunde virkeliggøres ved saa simple Midler som de, hvormed Amerikaneren Graham Bell naaede Maalet i 1876.

De faa Linjer i Fig. 136 er tilstrækkelige til at vise Bells Telefonanlæg med alle dets væsentlige Dele. Her fremstiller a en Magnetstang, hvis ene Ende er omgivet af en Rulle isoleret Kobbertraad b, medens c er en tynd Jærnplade, der er fastspændt lidt foran Enden af Magneten og sammen med denne og Rullen danner »Telefonen« T. Naar man taler ind mod Pladen, vil den svinge i Takt med de Lydsvingninger, Talen frembringer; men ved Pladens Nærmen og Fjærnen vil Magnetens Magnetisme afvekslende blive lidt stærkere og lidt svagere, og disse Forandringer i Magnetismen fremkalder atter Induktionsstrømme vekselvis i den ene og den anden Retning i Kobbertraaden (smlgn. S. 61 Bd. I). Baade Jærnpladens Svingninger, Magnetismens Forandringer og Elektricitetens Svingninger i Ledningstraaden, vil fuldstændig rette sig efter enhver Ejendommelighed i de Lydsvingninger, Talen frembringer i Luften foran Pladen. Talen bliver saa at sige gennem en Række Forvandlinger indført i Kobbertraaden; og idet denne ved Ledningstraaden er sat i Forbindelse med en paa samme Maade anbragt Traadrulle b_1 i en anden Telefon T_1, vil Talen her gennemløbe den modsatte Række Forvandlinger og paany blive til Lydsvingninger i Luften foran Pladen c_1. De vekslende Strømme i Traaden vil nemlig snart styrke, snart svække Magneten a.'s Magnetisme, saa at den snart tiltrækker Pladen stærkere, snart svagere; denne kommer derved i Svingninger og sætter Luften foran den i Svingninger, der ganske ligner dem, som Talen frembragte ved den første Telefon. — Ligesom ved Telegrafering kan man nøjes med én Ledning mellem de to Telefoner, naar Ledningstraadens Ender er forbundet med Jordplader.

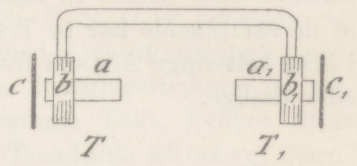


Fig. 136. Princippet for Bells Telefon.

Til Brug i Praksis indfattes Magnet, Traadrulle og Jærnplade i et Hylster, som er vist i Gennemsnit i Fig. 137, hvor A er Magneten, M Jærnpladen, B Traadrullen, hvis Vindinger ved Traadene F og F' er forbundet med Klemskruerne V og V'. Traadrullen maa dog helst anbringes udenom et Stykke blødt Jærn i Forlængelse af Staalmagneten. I nyere Telefoner anvender man endvidere for at gøre Apparatet mere fintmærkende en bøjet Magnetstang, der vender begge Ender mod Jærnpladen som vist i Fig. 138. — Ved at give Magneten ejendomme-

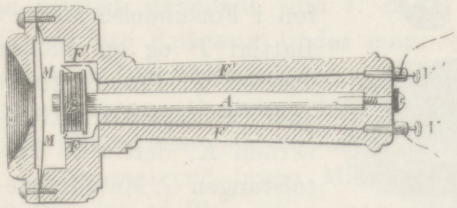


Fig. 137. Gennemsnit af en Bellsk Telefon.

lige Former, f. Eks. den, som er vist i Fig. 139, kan man skaffe den Plads i en flad Daase, hvad der ofte kan være bekvemt.

Naar to Mennesker taler sammen, er det ubekvemt, at Telefonen skiftevis skal holdes til Mund og Øre; dette kan undgaas, naar hver af de samtalende har to Telefoner. — Et Kaldesignal, som kan høres i ikke helt ringe Afstand fra Telefonen, kan frembringes ved en Fløjte eller deslige.

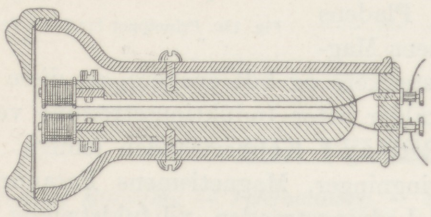


Fig. 138. Gennemsnit af en topolet Telefon.

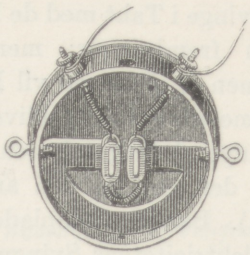


Fig. 139. En ældre Daasetelefon.

Hvis man vil anvende Bells Fremgangsmaade til Telefonering paa milelange Afstande, bliver Lyden overmaade svag, hvad man let kan tænke sig, da Talen skal yde hele Arbejdskraften til Frembringelse af de elektriske Strømme. Ikke længe efter at Bell var traadt frem med sin Opfindelse, fremkom imidlertid fra andre Sider (Edison, Hughes, Hunning) de saakaldte Mikrofoner, ved hvilke man anvender galvaniske Elementer som Strømkilde, medens Talen blot skal bringe Strømmens Styrke til at forandre sig i Takt med Talens Lydsvingninger.

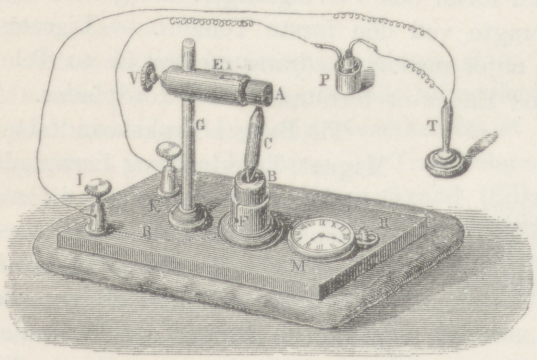


Fig. 140. Hughes' Mikrofon.

Fig. 140 er et ældre Billede af Hughes Mikrofon i Forbindelse med et Batteri *P* og en Bell'sk Telefon *T*. Fra Batteriet gaar Strømmen til Klemskruen *K*, derfra til Metalstangen *G*, Metalhylsteret *E*, Kulstykkerne *A*, *C* og *B*, dette sidstes Metalholder *F*, herfra til Klemskruen *I* og endelig gennem Telefonen tilbage til Batteriet. Kulstykkerne skal være af tæt, udglødet Kul, f. Eks. Buelampekul. Kulstykket *C* er noget tilspidset og hviler i runde Fordybninger i *A* og *B*. Naar Skruen *V* løsnes, kan man indstille den

øverste Kulholder saaledes, at *C* sidder saa løst, at det kan rokkes en lille Smule eller i alt Fald drejes meget let; Strømmen vil da møde en temmelig stor Ledningsmodstand paa Berøringsstederne mellem Kulstykkerne. Dersom man synger eller taler ned mod den tynde, elastiske Træplade *RR*, paa hvilken *F* og *G* er befæstet, vil Kulstykket *C* komme til at dirre i Takt med Lydsvingningerne; men herved forandres Ledningsmodstanden paa Berøringsstederne og altsaa ogsaa Strømstyrken i Ledningen i samme Takt, hvilket atter har til Følge, at Jærnkærnen i Telefonens Traadrulle tiltrækker Jærnpladen stærkere eller svagere i samme Takt, saa at Telefonen gengiver Lyden, om end kun ufuldkomment for Talens Vedkommende. Lægger man et Ur paa Træpladen, vil dets Dikken lyde meget stærkt i Telefonen, og selv et Insekts Vandring hen over Pladen frembringer en hørlig Lyd. Selv om Hughes ikke just har gjort det muligt at høre Græsset gro, vilde den Opgave at høre en Flue gaa en Milsvej borte nok kunne løses ved hans Apparat. Han har kaldt det Mikrofonen, fordi det kan bringe vort Øre til at opfatte ellers uhørlige Lyde, ligesom Mikroskopet hjælper vort Øje til at se det usynligt smaa. — En Mikrofon er let at lave; de to Kulstykker kan fastklæbes umiddelbart paa en elastisk Træplade som *C* og *C'* i Fig. 141; den bedste Stilling af den løse Kulstang finder man ved at dreje eller rokke den lidt indtil et Urs Dikken høres tydeligst i Telefonen; for at uvedkommende Støj og Rystelser ikke skal gøre sig for stærkt gældende, stiller man Mikrofonen paa et blødt Underlag.

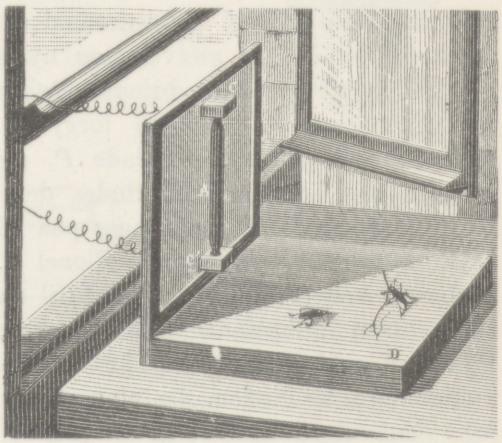


Fig. 141. Insekters Gang gøres hørlig ved en Mikrofon.

Naar man vil bruge Mikrofoner af den her beskrevne Art ved Overførelse af Tale, maa man anvende flere løse Kulstykker, som Strømmen deler sig imellem. Nu anvender man imidlertid langt hyppigere Mikrofoner, hvor Strømmen passerer et Lag af Kulpulver eller Kulkorn i Stedet for nogle faa Kulstykker. Fig. 142 viser en Mikrofon af denne Type, som skyldes Edison og Hunning. Kulpulveret er anbragt mellem en Metalplade *A* og en Kulplade *B*, som

er i ledende Forbindelse med hver sin af de to Klemskruer C og D; man taler ind mod P, der saaledes svarer til den elastiske Træplade i Hughes' Mikrofon. Naar Pladerne er stillede lodret, og Pulveret ligger løst, saa vil Trykket mellem Kornene kunne blive 20—30 Gange saa stort, naar Pladen A svinger ind mod dem, som naar den viger tilbage, uden at Kornene begynder at glide. Meget smaa Svingninger af Pladen frembringer derfor store Ændringer af Trykket og dermed af Ledningsmodstanden. Fig. 143 viser en nyere Kulpulvermikrofon. Her anbringes Pulveret mellem Kulklodsen B og den forgyldte Metalplade A, der er fastgjort til den større Metalplade P, mod hvilken man taler gennem Tragten M. I Kulklodsen findes der nogle ringformede Fordybninger, hvortil svarer Forhøjninger paa Pladen A. Dennes Rand er ombøjet og omslutter et Stykke Flonel C, der er viklet om Kulklodsen. Denne er ved en Skrue fastgjort til en Metalstang, som gaar isoleret ud gennem Mikrofonens Bundstykke; mellem Skruens Hoved og Pladen A sidder et lille Stykke Gummislange, som dæmper for stærke Svingninger af Pladen. Ledningstraadene a og b staar i Forbindelse med henholdsvis Pladen og Klodsen.

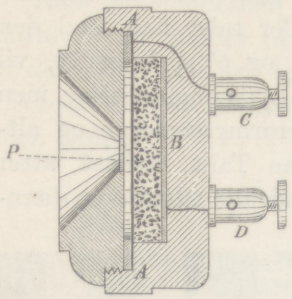


Fig 142. Gennemsnit af en Kulpulvermikrofon.

Samtale over Afstande af mange Mil kan slet ikke føres med Bell-Telefoner alene; man maa her lytte ved Bell-Telefoner, men tale i Mikrofoner*). Men ogsaa paa kortere Afstande maa man foretrække denne Ordning — der i sin simpleste Form er skematisk fremstillet i Fig. 145 —, naar ikke særlige Grunde gør det i høj Grad ønskeligt at slippe for Batteriet eller i det hele taget at gøre Ordningen saa simpel som mulig (f. Eks. i Felten).

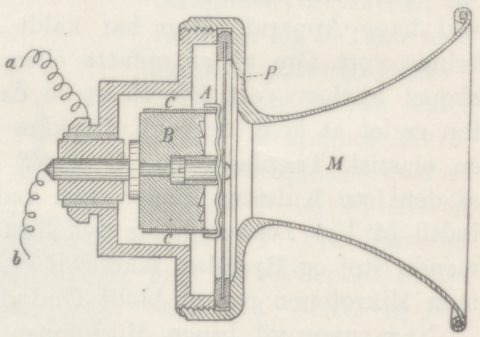


Fig. 143. Gennemsnit af en nyere Kulpulvermikrofon.

En Mikrofon og en Høretelefon (Daasetelefon) kan forenes til et

*) Man kalder ofte Bell-Telefonen, der holdes til Øret, Høretelefonen, medens Mikrofonen benævnes Taletelefon — undertiden ogsaa Kultelefon ellet Batteritelefon.

enkelt let haandterligt Apparat af saadan Form, at naar Telefonen holdes tæt til Øret, vil Mikrofonens Taletragt komme i Talestilling foran Munden. Man maa herved passe at Mikrofonpladen staar lodret; kommer den i vandret Stilling, kan Kulkornene slippe den, saa at Strømmen brydes. Fig. 146 viser en saadan »Mikrotelefon« med den tilhørende Ledningssnor. Denne har 4 Ledningstraade, 2 til Mikrofonen og 2 til Telefonen; men Mikrotelefoner, hvor Mikrofon og Telefon er indskudt i en fælles Ledning som i Fig. 145, behøver kun to Traade i Snoren. I daglig Tale benævnes Mikrotelefonen ofte blot Telefonen, og det vil ogsaa undertiden ske her i Bogen, naar det ikke let kan give Anledning til nogen Misforstaaelse.

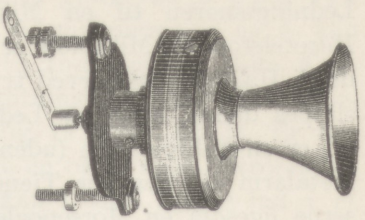


Fig. 144. Mikrofon med Holder.

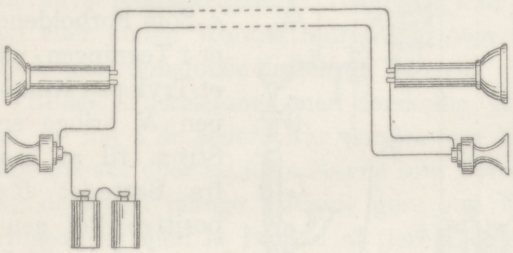


Fig. 145.
Simpel Sammenstilling af Mikrofoner og Høretelefoner til Samtale.

Den i Fig. 145 viste Ordning benyttes kun paa korte Afstande — til »Hustelefoni« — og det maa tillige bemærkes, at Figuren kun viser Ledningsforbindelsen under Samtale; naar der ikke telefoneres, bør Strømmen naturligvis være afbrudt, da Batteriet ellers snart vilde blive ødelagt, ligesom ogsaa Mikrofonerne vilde lide derved. Endvidere maa der sørges for, at man fra det Sted, hvor den ene Telefon befinder sig, kan frembringe et Tilkaldningssignal ved den anden Telefon. Kaldesignalet kan gives ved et af Telefonerne uafhængigt elektrisk Ringeanlæg, men man kan ogsaa benytte de samme Ledninger til Telefonering og Ringning, hvilket bl. a. kan ske paa den Maade, som er vist i Fig. 147.

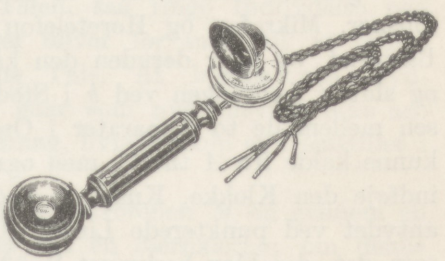


Fig. 146. Mikrotelefon.

Tænker vi os det, som ikke er fuldt optrukket i Tegningen, fjærnet, saa har vi her et Anlæg, hvor der kun kan kaldes i den ene Retning, hvad der f. Eks. ofte er tilstrækkeligt fra Stue til Køkken, fra Hovedbygning til Stald el. lign. Ved Stedet *A*, hvorfra der kan

kaldes, er de to Ledningstraade, som kommer fra det andet Sted A_1, forbundet dels med en fast Trykknap N, dels med de to Traade i Ledningssnoren til en Mikrotelefon T. Ledningen gennem dennes Høretelefon og Mikrofon er imidlertid kun sluttet, naar man holder den i Haanden og derved trykker paa en Kontaktfjeder h (»Tangent«); slippes denne, afbrydes Ledningen inde i Mikrotelefonen. Henne ved A_1 er en Mikrotelefon (uden Kontaktfjeder) ophængt i en lidt drejelig Metalarm cd, der gør Tjeneste som Omskifter af Ledningsforbindelserne ligesom en Morsenøgle; naar Mikrotelefonen hænger paa Plads, trækker den ved sin Vægt Armens venstre Ende op mod Kontakten d, men løftes den af, drager en Spiralfjeder Armen ned til Kontakten e. Som Forholdene er i Tegningen, vil et Tryk paa Knappen N bringe en Strøm til at gaa fra Batteriet B's positive Pol gennem Ledningen *1*, Trykknappen og Ledningen *2* til Armens Drejningspunkt c og derfra tilbage til Batteriets negative Pol gennem Kontakten d og Klokken K, som altsaa ringer. Løftes derefter Telefonen T_1 af Armen, vil Klokken holde op at ringe, idet Strømmen nu gaar fra c gennem Kontakten e til Klemskruen f og videre gennem Telefonsnor, Mikrofon og Høretelefon og over Klemskruen g tilbage til Batteriet, og naar desuden den kaldende ved A har taget Telefonen og sluttet Ledningen ved h i Stedet for ved N, er Samtaleforbindelsen mellem de to Apparater i Orden. — Dersom man ikke blot vil kunne kalde fra A til A_1, men ogsaa fra A_1 til A, kan man f. Eks. indføje den Klokke, Knap og Ledningstraad, som i Fig. 147 kun er antydet ved punkterede Linjer. Anlægget er da et »Svarringeanlæg«, som det, der blev beskrevet S. 83 Bd. I.

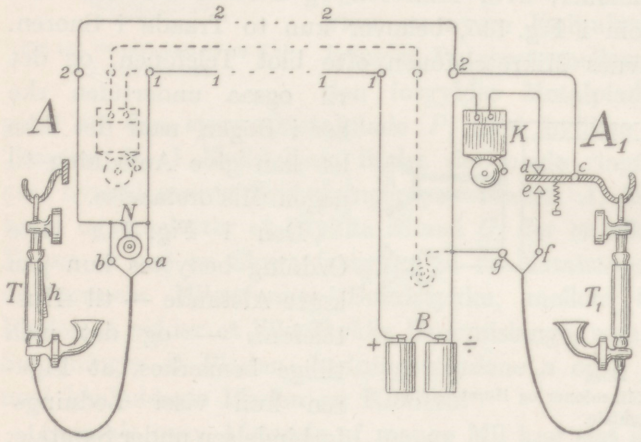


Fig. 147. Telefoner knyttede til en Ringeledning.

Forbindelserne kan imidlertid ordnes paa mange andre Maader. — Ofte lader man Mikrofonen være fast og kun Høretelefonen bevægelig. — I mange Tilfælde vil det være heldigt at føre en særlig Taletraad mellem de to Samtalesteder, selv om Mikrofoner og Høre-

telefoner har Batteri (og Tilbageledning eller Jordafledning) fælles med Klokkerne. — I Stedet for, som det er gjort ved *A* i Fig. 147, at befæste Telefonsnorens to Traade til Klemskruerne *a* og *b* kan man lade dem ende med Kontaktpinde til Indsætning i faste Kontakthuller; en saadan Stikkontakt kan anbringes i umiddelbar Forbindelse med Trykknappen *N* (smlgn. Fig. 79 S. 92 Bd. I). Er der Stikkontakter i flere Stuer, kan man bruge en og samme Mikrotelefon snart i den ene, snart i den anden; den kan f. Eks. flyttes ind i et Sygeværelse til Brug for Patienten. Særlig for en Patient, der maa isoleres paa Grund af smitsom Sygdom, vilde en Hustelefon, gennem hvilken han kan samtale med Familiens øvrige Medlemmer, være et uvurderligt Gode; naturligvis maatte man forhindre, at det Apparat han brugte, senere bragte Smitte. — I Stedet for som ved *A* Fig. 147 at have Kontaktfjeder i Telefonen kan man udenfor denne anbringe en eller anden Kontaktindretning, som f. Eks. kan træde i Virksomhed, naar Telefonen løftes af Krogen.

Billige Hustelefoner med forskellig ydre Form, Anbringelsesmaade m. m. har i de senere Aar vundet stor Udbredelse til Dels under særlige græske eller latinske Navne som Ferofon, Citofon, Monofon o. s. v., og de kan i mange Tilfælde gøre god Fyldest. Men ved større Husringeanlæg med et Batteri af flere Elementer vil det let føre til uheldige Resultater kritikløst at indføje Hustelefoner, hvor Ringebatteriet umiddelbart sender Strøm gennem Mikrofon og Høretelefon, thi førstnævnte kan let lide Skade ved for stærk Strøm. Og i hvert Tilfælde dur den i Fig. 145 og 147 anvendte Ordning ikke, naar der skal telefoneres gennem nogenlunde lange Ledninger med betydelig Ledningsmodstand. Naar den ydre Modstand er stor i Forhold til Modstanden i Mikrofonens Kulpulver, faar nemlig de Forandringer af Mikrofonmodstanden, som fremkaldes ved Talen, saa ringe Indflydelse paa Strømstyrken, at dennes Ændringer bliver for smaa til at bringe Høretelefonerne til at afgive hørlig Tale. At hjælpe paa Lydstyrken ved at bruge stærk Strøm gaar som nys antydet ikke an; man maa indføre en helt anden Ordning, hvis Princip er fremstillet i Fig. 148.

Her sender et Batteri Strøm gennem Mikrofonen *M* og gennem en Traad, der danner en Del Vindinger om en Jærnkærne; om denne ligger der tillige en anden (tyndere) Traad, som danner et langt større Antal Vindinger, og som gennem Telefonen *T* og den ydre Ledning staar i Forbindelse med den Telefon, hvortil der skal tales fra Mikrofonen. Jærnkærnen med de to Sæt Vindinger kaldes tilsammen I n-

duktionsrullen (*J* paa Fig. 148). Da der nu i Batteristrømmens Kredsløb kun er ringe Modstand udenfor Mikrofonen, vil de af Talen fremkaldte Ændringer af Mikrofonmodstanden frembringe forholdsvis stærke Forandringer af Strømstyrken. Men disse Strømændringer i Induktionsrullens »Batterivindinger« vil inducere elektricitetsbevægende Kræfter i det andet Sæt Traadvindinger, saa at der gennem disse og begge Telefonerne kommer til at gaa Induktionsstrømme, som skifter Retning og Styrke i Overensstemmelse med Talens Lydsvingninger. Naar de tynde Vindingers Antal er meget stort, kan den inducerede elektriske Spænding blive stor nok til selv gennem en meget lang ydre Ledning at frembringe Induktionsstrømme, der kan gengive Talen tydeligt i Telefonerne. Hertil kræves kun yderst svage Strømme, da Antallet af Vindinger i Telefonernes Traadruller kan gøres meget stort, idet man anvender meget fin Traad; Telefoner, der skal egne sig til at indskydes umiddelbart i Mikrofonens Strømkreds, maa have færre Vindinger af tykkere Traad, da den store Modstand ellers vilde gøre Mikrofonstrømmen for svag.

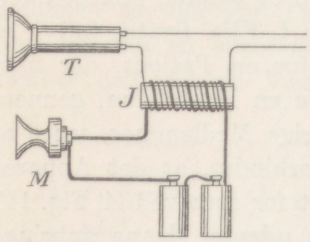


Fig. 148. Mikrofon og Telefon med Induktionsforbindelse.

Telefonanlæg. Ved de i det foregaaende omtalte Midler er det muligt for to Mennesker i mange Mils indbyrdes Afstand at føre en fuldt forstaaelig Samtale, ja endogsaa at kende hinandens Stemmeklang. Som vi har set, er det hovedsagelig amerikanske Opfindelser, der har bragt os saa vidt. Amerikanerne er imidlertid ogsaa fra første Færd til den Dag i Dag gaaet i Spidsen m. H. t. at indrette store Telefonanlæg for mange Mennesker saaledes, at enhver Deltager kan faa enhver af de øvrige i Tale, naar han ønsker det. Kun gennem en uafbrudt Kamp med talrige Vanskeligheder er det efterhaanden lykkedes paa praktisk Maade at løse denne Opgave for Anlæg med ikke blot Hundreder, men Tusinder eller Titusinder af Deltagere og derved at gøre det muligt, at Telefonen kunde blive et almindelig udbredt Samtalemiddel.

I Amerikas »Forenede Stater« har Telefonen da ogsaa vundet langt større Udbredelse end i Evropa. Efter en Statistik, fra Slutningen af 1909, skulde der i Staterne findes 76 Telefonapparater for hver 1000 Indbyggere, men i Tyskland kun 15, i England 13 og i Frankrig 5. Langt højere end de sidstnævnte 3 Stormagter staar dog de nordiske Lande, idet Danmark har 33, Sverrig 31 og Norge 23 Apparater pr.

1000 Indbyggere. Særlig Norges høje Tal er ret forbavsende, da Tyskland, England og Frankrig med deres mange store Byer og store Befolkningstæthed kunde synes at frembyde langt gunstigere Betingelser for Fremvæksten af et intensivt Telefonsamkvem end det tyndt befolkede Norge. Men paa den anden Side er den elektriske Forbindelse — som det allerede er fremhævet ved Telegrafen — særlig attraaværdig i dette Land, hvor Menneskene skilles ubarmhjærtigt af høje



Fig. 149. Telefonsalen i Københavns nye Hovedcentral.

Fjælde og lange Afstande; og det er let at forstaa, at man her med Glæde ofrer meget paa det Tryllemiddel, som gør det muligt, at man mellem Bygder og Gaarde, som før laa hver for sig i knugende Ensomhed, kan veksle Tanker, ikke blot i tørre, stive Telegraftegn, men i levende Tale.

Et Telefonanlæg for mange Deltagere bestaar af tre Hoveddele: 1. Apparaterne hos Deltagerne (Abonnenterne), 2. Centralen eller Centralerne, hvor Forbindelsen mellem Abonnenterne ordnes, og 3. Ledningerne mellem Abonnenter og Central.

Naar der anvendes det saakaldte Magnetosystem findes hos

Abonnenterne følgende Enkeltdele: en Telefon og en Mikrofon; et Batteri (oftest dannet af to Elementer), som yder Strøm til Mikrofonen; en Induktionsrulle; en Ringeinduktor (se S. 94 Bd. I), som frembringer Kaldesignal paa Centralen, naar man drejer dens Haandtag en Gang eller to hurtig rundt; en Vekselstrømsklokke (se S. 95 Bd. I), som ringer ved Vekselstrøm fra Centralen; en Omskifterarm (af Metal), som, naar den bærer Telefonen, holder Klokke og Induktor i Forbindelse med den ydre Ledning, men derimod indskyder Telefonvindingerne og Induktionsrullens tynde Traadvindinger, naar Telefonen løftes af; endelig Smeltesikringer og Ledningslynafledere.

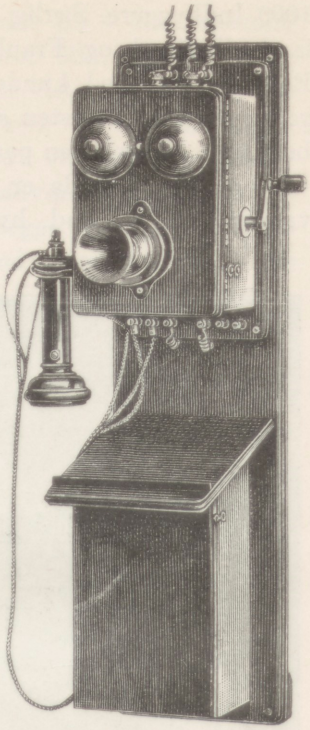


Fig. 150. Vægapparat.

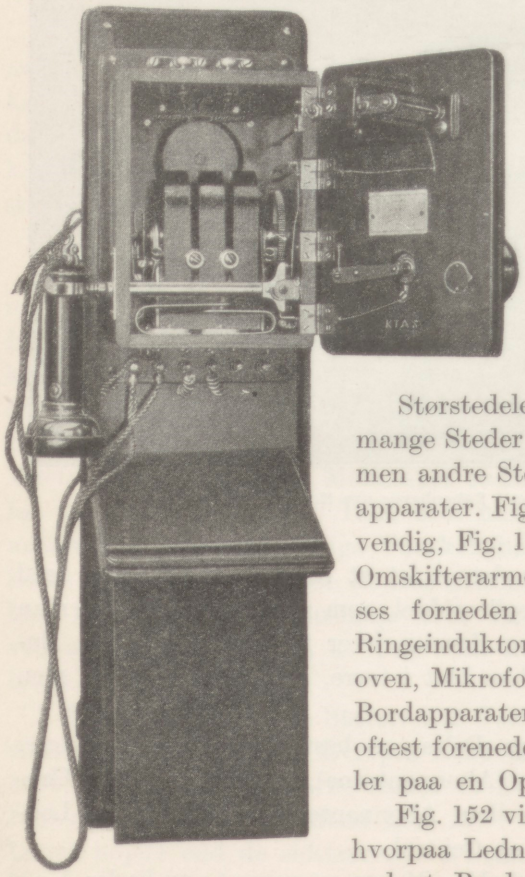


Fig. 151. Vægapparat, oplukket.

Størstedelen af disse Indretninger er mange Steder anbragt i et fast Vægapparat, men andre Steder anvendes flyttelige Bordapparater. Fig. 150 viser et Vægapparat udvendig, Fig. 151 et andet, som er oplukket; Omskifterarmen med Kontakter og Fjedre ses forneden i det aabnede Rum foran Ringeinduktoren; Klokken sidder fast foroven, Mikrofonen forneden paa Døren. Ved Bordapparater er Mikrofon og Høretelefon oftest forenede til en Mikrotelefon, som hviler paa en Opstander (se Fig. 153).

Fig. 152 viser en af de simpleste Maader, hvorpaa Ledningsforbindelserne kan ordnes ved et Bordapparat. Selve Bordapparatet

med Ringeinduktor R, Klokke K og Omskifterarm bc er i Tegningen indrammet af punkterede Linjer. En firtraadet Ledningssnor forbinder det med Mikrotelefonen; og gennem fem Traade i en anden Ledningssnor staar det i Forbindelse med Batteriet B, Induktionsrullen J og den til Centralen førende Ledning, som bestaar af to Ledningstraade l_1 og l_2. I Virkeligheden føres saavel Ledningssnoren fra Bordapparatet, som Traadene l_1 og l_2 til en rund Trædaase »Rosetten« (se Fig. 153), der i Reglen befæstes paa Væggen; inden i Rosetten ligger Induktionsrullen, som har Form af en Ring, idet Ledningstraadene og Jærntraade, der svarer til Jærnkærnen i den skematiske Tegning, er viklet sammen paa en særlig Maade. — Ved at følge Ledningstraadene i Fig. 152 vil vi let forstaa det hele Apparats Virkemaade.

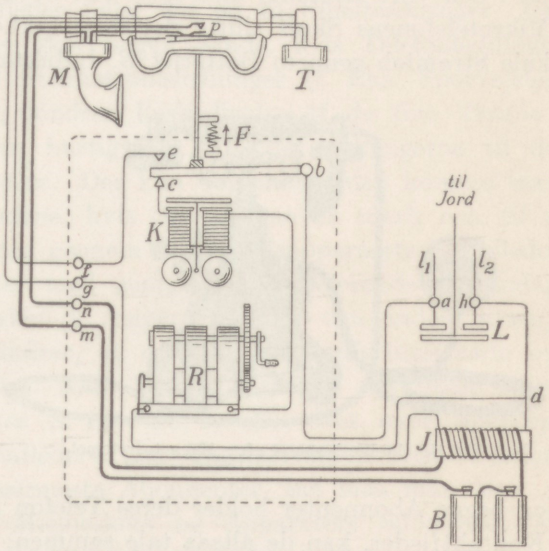


Fig. 152. Ledningsskema for et Bordapparat efter Magnetosystemet.

Naar der fra en Vekselstrømsmaskine paa Centralen sendes en Ringestrøm til Abonnenten, tager Strømmen fra Ledningstraaden l_1 og Klemskruen a Vejen til Omskifterarmens Omdrejningspunkt b, videre gennem Armen til Kontakten c, derfra gennem Klokkens Elektromagnet og Ringeinduktoren og over d til Klemskruen h, til hvilken den ydre Lednings anden Traad l_2 er befæstet. Samme Ledningsvej følger den Strøm, Abonnenten selv fremkalder ved at dreje Induktorsvinget; han giver altsaa derved ikke blot Kaldesignal inde paa Centralen, men sætter ogsaa sin egen Klokke i Virksomhed. Der er dog den Forskel mellem Strømvejene i de to Tilfælde, at en Ringestrøm udefra gaar gennem Induktoren uden at passere Ankerets Vindinger; disse indskydes først af en særlig lille Indretning, naar Haandsvinget drejes. — Straks efter at Abonnenten har kaldt eller har hørt et Kaldesignal, løfter han Telefonen af Opstanderen; denne skubbes da til Vejrs af en Spiralfjeder F, hvorved Omskifterarmen slipper Kontakten c og kommer i Berøring med en anden Kontakt e (Fjeder, Arm og Kontakt m. m.

er i Praksis anbragt noget anderledes end vist paa Skemaet). Nu gaar Strømvejen fra l_1 og a over b og e til f, der er en af de fire Klemskruer, til hvilke Telefonsnorens 4 Traade er befæstet; fra f fortsættes Vejen op til Høretelefonen T og tilbage til Klemskruen g, herfra et Stykke gennem Bordapparatet og videre til Induktionsrullens tynde Vindinger og endelig over d til h og l_2; »Talestrøm«, der kommer fra den ydre Ledning, vil altsaa frembringe Lyd i Telefonen. For at Ord, der tales mod Mikrofonen, skal kunne strømme ud i den ydre Ledning, maa man ved Tryk paa en Kontaktfjeder paa Mikrotelefonens Skaft slutte det med tykke Linjer kendemærkede lokale Strømløb gennem Batteriet B, Induktionsrullens Batterivindinger, Klemskruerne m og n, Mikrofonen M og Kontaktstedet p. Mikrofon og Høretelefon staar altsaa da i Forbindelse med den ydre Ledning paa samme Maade som i Skemaet Fig. 148 S. 178. — Dersom Centralen har bragt Dobbeltledningen l_1 l_2 i Forbindelse med Ledningen fra en anden Abonnent, og begge Abonnenter holder deres Telefon i Haanden med nedtrykket Kontaktfjeder, kan de altsaa tale sammen; men de kan ikke give eller modtage Ringesignaler uden først at forandre Omskifterarmens Stilling. Den, der i Øjeblikket ikke taler, kan ved at slippe Kontaktfjederen saa længe, befri Batteriet for unyttig Virksomhed og saaledes forlænge dets Levetid, som naturligvis i høj Grad afhænger af, hvor meget det benyttes.

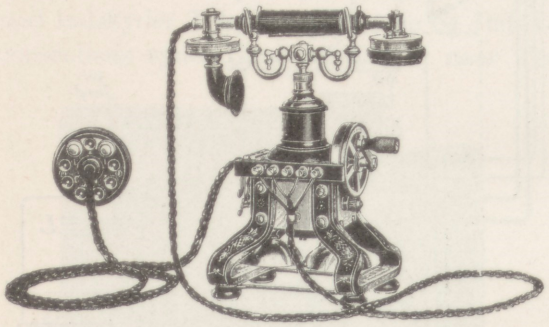


Fig. 153. Et Bordapparat efter Magnetosystemet.

Paa Skemaet Fig. 152 findes, foruden hvad der er omtalt i det foregaaende, en Ledningslynafleder L, bestaaende af en Metalplade, som er forbundet med Jorden (Vandledning el. desl.), samt ovenpaa den to mindre Metalplader i Forbindelse med hver sin af den ydre Lednings to Traade; de øverste Plader er skilt fra den underste ved Glimmer eller ferniseret Silketøj eller Papir med Huller, gennem hvilke der kan finde Udladning Sted. I Fig. 153 ses paa Rosetten en saadan Lynafleder. Til den underste Plade i Fig. 152 svarer her den Metalstrimmel, som fra Rosettens øverste — jordforbundne — Klemskrue strækker sig hen under de to Naboskruer; disse staar gennem Huller i Strimlen i Forbindelse med de to Traade, men de er helt

isolerede fra Strimlen, og deres Underdel svarer til Lynaflederen *L*'s øverste Plader. — Dersom den ydre Ledning kun bestaar af én Traad, idet l_2 i Fig. 152 mangler, maa Klemskruen *h* forbindes med Jorden.

Undertiden ses ovenpaa selve det flyttelige Bordapparat en Lynafleder bestaaende af et større Metalstykke og to mindre med Rifler (se S. 218 Bd. I); men denne Form af Lynafledere bruges nu ikke mere. Af Vigtighed er derimod et Sikringsapparat, som anbringes dér, hvor den ydre Ledning kommer ind (oftest foroven ved et Vindue); det bestaar af en Lynafleder (eller to) og to Smeltesikringer, som bl. a. skal hindre, at der sker nogen Skade, hvis Telefonledningen kommer i Berøring med Stærkstrømsledninger (f. Eks. Sporvejsledninger). Den ene Sikring hindrer Beskadigelse af de fine Traade i Telefonapparatet, idet den hurtigt vil afbryde Ledningerne til det ved en Strøm af ¼ Ampère. Der kan dog undertiden komme stærkere Strøm i Telefontraadene, hvis Spændingen er stærk nok til at bane Strømmen Vej til Jord gennem Sikkerhedsapparatets Lynafleder, der bestaar af Kulstykker med gennemhullet isolerende Mellemlag; men overstiger Strømstyrken 2 Ampère, smelter den anden Sikring; denne »Grovsikring« forhindrer, at de isolerede Indføringstraade ophedes og foraarsager Ildløs. Naar Telefonledningen saa tillige sikres ved Beskyttelsestraade (se S. 186 Bd. I) eller Net over Sporvejsledningerne og ved Lynafledere paa Tagstativer, hvorfra Telefontraadene spredes til de nærmeste Abonnenter, saa maa man sige, at der er sørget godt for Menneskers og Apparaters Sikkerhed. Alligevel er det under Tordenvejr ikke tilraadeligt at komme for nær ved Apparater og Ledningstraade; ved Anlæg, hvor Beskyttelsen er mindre fuldstændig, kan stærke Tordenvejr undertiden ødelægge mange Apparater.

Anvendes Fællesbatteri- eller Centralenergi-Systemet, som nylig er blevet indført i København, saa findes der hos Abonnenterne hverken Ringeindukter eller Batteri. Abonnenternes Mikrofonbatterier er nemlig erstattede af et Akkumulatorbatteri inde paa Centralen, og man kalder denne op blot ved at løfte Telefonen af Gaflen (eller ved at trykke paa en Knap). For at dette skal være muligt, maa Abonnentledningen staa saaledes i Forbindelse med Centralbatteriet, at dens to Traade stadig har en vis Spændingsforskel; da denne ikke er helt lille — i København 24 Volt — maa man sørge for, at de holdes godt isolerede fra hinanden. Naar Telefonen, som vist i Fig. 154, hviler paa Gaflen, er der ingen Ledningsforbindelse mellem de to Traade; men naar den tages af, opretter Omskifter-

armen $a\,b\,c\,d$ en Ledningsforbindelse fra Traaden l_1 gennem Mikrofonen M, over a og b og gennem Induktionsrullen J's ene Sæt Vindinger til l_2. Der opstaar da en Strøm, som frembringer et Signal inde paa Centralen. Samtidig har Omskifterarmen ved Kontakterne c og d sluttet en lokal Ledningskreds gennem Høretelefonen og Induktionsrullens andet Sæt Vindinger. Abonnenten kan da bringes i Taleforbindelse først med Telefonistinden, dernæst med den ønskede Medabonnent. — Ledningsforbindelsen ved Samtale er her saa at sige vendt om, idet Høretelefonerne indgaar i lokale Ledningskredse, Mikrofonerne i den ydre Kreds; Mikrofonerne er derfor i Reglen af en særlig Konstruktion med større Modstand i Kulpulveret (smlgn. S. 177). Naar Telefonen hænges op, afbrydes Strømmen, og derved gives Slutsignal paa Centralen.

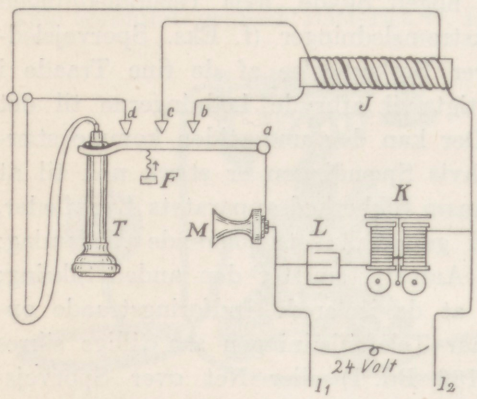


Fig. 154. Ledningsordning ved et Centralenergi-Apparat.

Naar Telefonen hviler paa Gaflen, er der som sagt ikke Ledningsforbindelse mellem Abonnentledningens to Traade; ikke des mindre skal Abonnentens Klokke stadig være rede til at modtage Ringestrøm. Disse to tilsyneladende ganske uforligelige Fordringer opfyldes derved, at man anbringer Klokken K i en særlig Ledningsgren sammen med en Kondensator eller Ladningstavle saaledes, at dennes ene Belægning staar i Forbindelse med Telefonledningens ene Traad, den anden Belægning gennem Klokken med den anden Traad. Den stadige Spænding kan da ikke frembringe nogen Strøm, thi Kondensatorens isolerende Lag spærrer Strømmen Vejen. Men udsendes fra Centralen en Vekselstrøm, ringer Klokken; thi en Vekselstrøm kan paa en vis Maade gaa gennem en Kondensator; ganske vist kan Elektriciteten ikke slippe gennem det isolerende Lag, men den strømmer vekselvis til og fra den ene Belægning, fra og til den anden, idet Kondensatoren vekselvis lades, udlades og lades i modsat Retning. — Vi kan for at gøre os Sagen mere anskuelig benytte den samme fra Vandbevægelsen hentede Sammenligning, som er anvendt S. 34—35 Bd. I. Hvis en Pumpe afvekslende driver Vand ind i og suger Vand ud af Rummet A_1 i Kassen A_1B_1 i Fig. 22, saa vil Vandet i det andet Rum B_1 og det derfra udgaaende Rør ogsaa komme i Bevægelse frem og tilbage; skønt den elastiske Skillevæg mellem de to Rum ikke slipper noget Vand igennem sig, forplanter

den skiftende Vandbevægelse (Vekselstrøm) sig altsaa igennem den, og dersom Bevægelsen i én Retning varer saa kort, at Skillevæggen ikke naar at blive spilet synderlig ud, inden Pumpen allerede er i Færd med at forandre Vandets Bevægelsesretning, saa vil Skillevæggen næsten slet ikke hæmme Bevægelsen. Paa lignende Maade vil det gaa med en Kondensator og en elektrisk Vekselstrøm; denne vil ikke hæmmes meget, naar Strømretningen veksler hurtigt, og Kondensatoren har saa stor Ladningsevne (Evne til at optage Elektricitet), at den, medens Strømmen har en bestemt Retning, langt fra naar at faa den fulde Ladning, som svarer til Strømkildens Spænding.

Til Telefonapparater knyttes ofte en ekstra Høretelefon, saa at man kan faa Lyden ind i begge Øren, eller en Ekstraklokke, som anbringes i et andet Værelse og giver Kaldesignal dér, eller en Faldklap, som viser, at der har været kaldt. Endvidere kan en Abonnent faa knyttet to Telefonapparater til samme Telefonledning. Dette kan ske paa forskellige Maader; det kan være saaledes indrettet, at begge Apparater til enhver Tid staar rede til at træde i Virksomhed, idet Ringestrøm fra Centralen virker paa dem begge; eller der kan findes en Omskifterindretning (»Enkelt-Omstiller«), hvorved enten det ene eller det andet Apparat forbindes med Ledningen — f. Eks. et Kontorapparat i Kontortiden, men et Stueapparat til andre Tider; ved andre Omskifterindretninger (»Dobbeltomstillere«) kan de to Apparater ogsaa indstilles til indbyrdes Samtale.

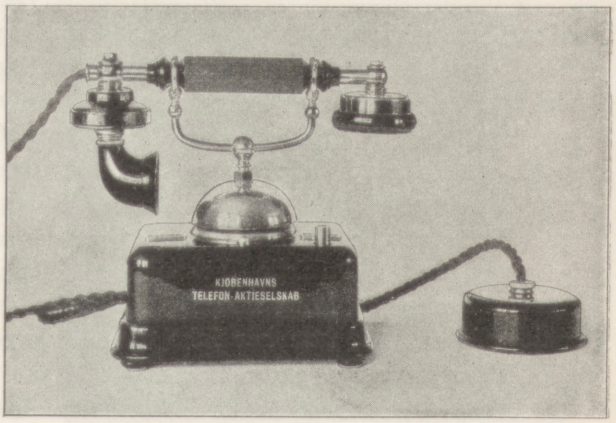


Fig. 155. Et Bordapparat efter Centralenergi-Systemet.

Naturligvis kan der knyttes flere Telefonapparater til én Ledning, naar der sørges for den fornødne Omstilling. Det er imidlertid ogsaa muligt at knytte indtil 4 Apparater til én Ledning paa en saadan Maade, at Centralen efter Behag kan ringe paa det ene eller det andet. Derved bliver det muligt, at 4 Abonnenter kan være fælles om én Ledning (Partsabonnement). Den særskilte Opringning kan opnaas ved, at der fra Centralen kan sendes en Strøm i den ene eller anden

Retning gennem den ene eller den anden af Dobbeltledningens to Traade samt en Jordforbindelse ude hos Parthaverne; særlige Indretninger hos disse bevirker, at hver af disse 4 Maader at udsende Strøm paa kun bringer en enkelt bestemt af de 4 Klokker til at ringe; Jordforbindelsen kommer kun i Virksomhed, naar Centralen udsender Kaldestrøm. Ved Centralenergisystemet kan Kaldestrømmen ikke være Jævnstrøm (paa Grund af Kondensatoren); man kan derimod bruge en ensrettet »pulserende« Strøm, sammensat af en Række Strømstød (se S. 96 Bd. I).

Efter at vi nu har faaet noget Kendskab til, hvad der foregaar hos Abonnenterne, skulde vi se at faa lidt Begreb om, hvorledes de bringes i Forbindelse med hinanden gennem Centralerne.

En Storstads Telefoncentral, hvor hver Dag Tusinder af Mennesker i Staden selv, i Byer og Landsbyer, ja selv i andre Landsdele og Lande bringes i Forbindelse med hinanden af unge Damers travle Hænder, og Titusinder af Samtaler glider lydløst og uden at forstyrre hverandre gennem tætte Væv af Traade, er ikke blot et af de alleræventyrligste af alle Nutidens Vidundere; den er tillige en af de sindrigste og mest indviklede Mekanismer, Menneskesnillet har skabt. En blot nogenlunde fuldstændig Redegørelse for Sammenspillet mellem de enkelte Dele kan her ikke være Tale om at give; kun nogle af Hovedtrækkene skal fremdrages. — Vi skal herved i det væsentlige holde os til Forholdene i København. De har særlig Interesse, dels fordi her i de sidste Aar er gennemført en helt ny Ordning af Telefonvæsenet efter moderne Principper, dels fordi København, skønt den kun med Forstæder har ca. en halv Million Indbyggere, dog med Hensyn til Telefonens Udbredelse staar i Række med Evropas Millionbyer, idet den har omtrent ligesaa mange Telefoner som Hamborg og Wien og mer end to Tredjedel af det Antal, der findes i Paris.

Den ledende Grundtanke ved den nye Ordning i København har været den, at der bør sondres mellem »Storabonnenterne«, hvis aarlige Samtaletal løber op i Tusinder, og »Smaaabonnenterne«, der kun fører et forholdsvis ringe Antal Samtaler. For de sidste er det fremfor alt af Vigtighed, at Grundtaksten for selve »Telefonbesiddelsen« bliver saa lav som mulig, hvad der kun kan opnaas, naar Anlægsomkostningerne pr. Abonnent gøres saa smaa som muligt; at der hermed følger en besværligere og derfor dyrere Betjening, som maa betales gennem Samtaleafgift, træder her i anden Række. For Storabonnenternes Vedkommende gælder det derimod om, at Betjeningen bliver saa hurtig og billig som mulig, og det kan betale sig at lave et kostbart Anlæg for at opnaa dette. Disse vidt forskellige Krav søger man at opfylde

derved, at Smaaabonnenterne dels, som før antydet, sluttes flere sammen om en Ledning, dels knyttes til en nærliggende »Distriktscentral«, medens Storabonnenterne derimod, hvor i Byen de end findes, knyttes til en særlig Central, den ny Hovedcentral paa Nørregade. Smaaabonnenterne faar da korte Ledninger, som tillige kan gøres tyndtraadede, medens Storabonnenterne gennemsnitlig vil faa meget længere og kostbarere Ledninger. Tillige kan Distriktscentralerne gøres billigere, ikke blot absolut taget, men ogsaa pr. Abonnent, end Hovedcentralen. Da det imidlertid viser sig, at over 70 Procent af Hovedcentral-Abonnenternes Samtaler føres med Abonnenter ved samme Central og derfor kan besørges af en enkelt Telefonistinde, medens det overvejende Antal af Distriktscentralabonnenternes Samtaler føres med andre Centraler og derfor kræver mindst to Telefonistinders Medvirkning, saa bliver Betjeningen gennemgaaende baade hurtigere og billigere for de sidstnævnte end for de førstnævnte Abonnenter.

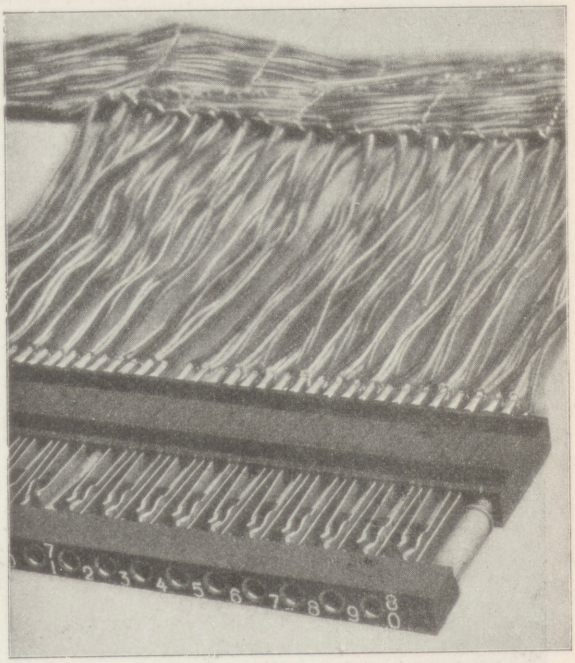


Fig. 156. Liste med Jack'er og dertil førende Traade.

Betingelsen for, at en enkelt Telefonistinde skal kunne sætte en kaldende Abonnent i Forbindelse med en hvilkensomhelst Abonnent ved samme Central, er den, at der indenfor hendes Rækkevidde maa findes en Kontaktindretinng for hver af Abonnenternes Ledninger. Da nu ikke mere end højst 3 à 4 Telefonistinder kan bruge samme Sæt Kontaktindretninger, maa disse paa en stor Station med mange Telefonistinder gentages mange Gange. Hver enkelt af disse Kontaktindretninger, de saakaldte Jack'er, bestaar af et Hul med en Bøsning, hvori kan indsættes en Prop samt en eller flere Kontaktfjedre. Samlingen af alle disse Jack'er, den saakaldte »Multiple« er en meget kostbar Indretning, og da Jack'erne for hver enkelt Abonnentledning skal

gentages i des flere »Multiplefelter«, jo større Stationen bliver, er det let at forstaa, at en Telefoncentrals Pris kan vokse i stærkere Forhold end Abonnentantallet. Desuden vil Størrelsen af den enkelte Jack gøre det vanskeligt at anbringe mer end højst 20 000 af dem indenfor en Telefonistindes Rækkevidde, og man skulde derfor ikke kunne indrette Centraler for et større Antal Abonnenter. Ved en

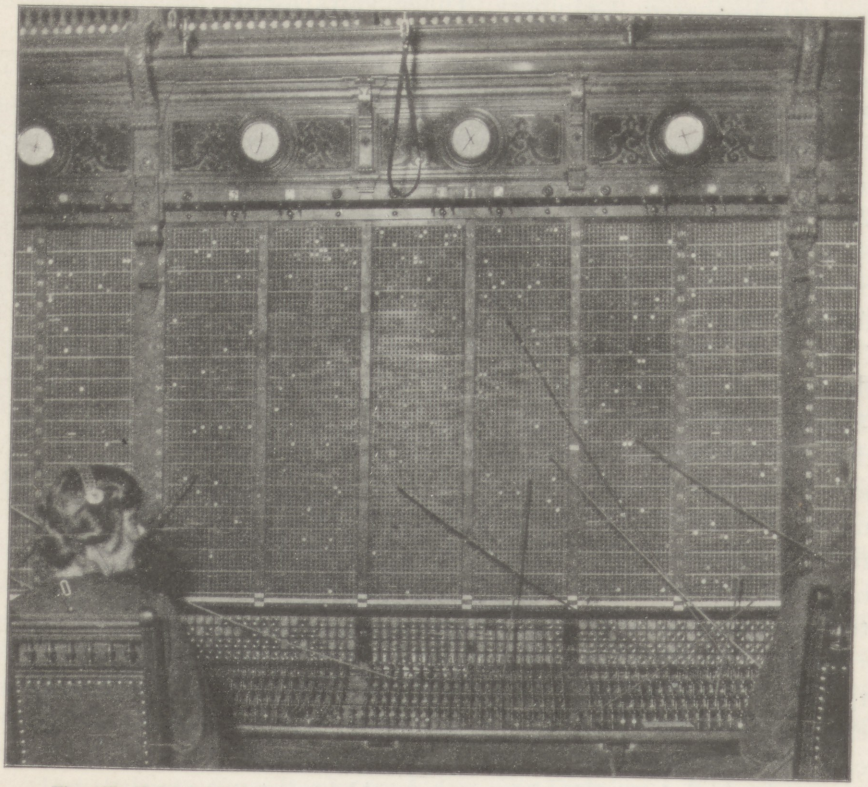


Fig. 157. Multiplefelt for ca. 10 000 Abonnenter og Arbejdsplads for 3 Telefonistinder.

særlig Multiplekonstruktion, som er angivet af Svenskeren H. T. Cedergren, vil det dog være muligt at naa langt højere op (til ca. 50 000).

Fig. 157 viser et Multiplefelt med over 10 000 Jack-Huller (fra den store Telefonsal paa Københavns ældre Hovedstation.) Hvert Hul har sit Nummer (svarende til den paagældende Abonnents Nummer), og de er ordnet saaledes, at ethvert Nummer er let at finde i en Fart. De smaa hvide Pletter i Figuren er Træpropper, som er indsat i Huller enten fordi de er »døde« (d. v. s. abonnentløse) eller fordi der er et eller andet at erindre angaaende den tilhørende Abonnent (f. Eks. Bortflytning o. lgn.). Under Multiplefeltet findes for hver af de Abon-

nenter, som ekspederes fra de tre Arbejdspladser under Feltet, en Signalklap, som falder, naar Abonnenten ringer; endvidere Trykknapper og Propper, hvormed Ekspeditionen udføres; Forbindelsen med den forlangte Abonnent tilvejebringes ved, at Telefonistinden fører en Prop med vedhængende Ledningssnor op og sætter den ind i hans Jackhul i Multiplen. — Multiplefeltet i Forening med Propper, Trykknapper og Signalklapper under det danner »et Omstillingsbord«.

Paa Københavns nye Hovedcentral findes der under Multiplefeltet — som her har Plads til 18 000 Jackhuller — i Stedet for Signalklapper smaa Glødelamper (Kaldelamperne) anbragte hver over sit Jackhul — en Lampe og et Hul for hver af de Abonnenter, der ekspederes fra det paagældende Omstillingsbord. Endvidere findes der et mindre Antal Propper med Snore sammenhørende to og to, og til hvert saadant Snorpar hører desuden to Glødelamper, de saakaldte Slutsignallamper. Naar en Abonnent løfter sin Telefon af Gaflen, virker den derved frembragte Strøm paa et Relæ (S. 93 Bd. I), som bringer Abonnentens Kaldelampe til at lyse. Telefonistinden sætter da den ene Prop af et Snorpar ind i Hullet under Lampen, hvorved denne slukkes, og ved at skyde en til Snorparret hørende »Nøgle« i »Talestilling« kommer hun i Taleforbindelse med Abonnenten. Efter at have modtaget hans Ordre, sætter hun den anden til Snorparret hørende Prop ind i Multiple-Jackhullet med det opgivne Nummer og skyder Nøglen i »Ringestilling«; den bliver staaende her et Par Sekunder, men springer saa tilbage. I Mellemtiden sendes fra en Vekselstrømsmaskine paa Stationen Ringestrøm ud til den forlangte Abonnent. Naar denne derefter løfter sin Telefon af Gaflen er den ønskede Taleforbindelse oprettet. Naar senere de samtalende lægger deres Telefoner paa Gaflerne, tændes Slutsignallamperne, hvorefter Telefonistinden tager Propperne ud.

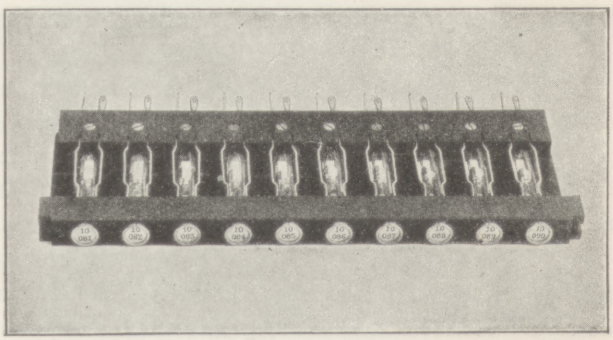


Fig. 158. Liste med „Kaldelamper".

Der er imidlertid endnu at bemærke, at Telefonistinden maa være i Stand til at opdage, om den forlangte Abonnent er optaget. Dette kender hun derved, at hun i saa Fald hører en bestemt Lyd — paa

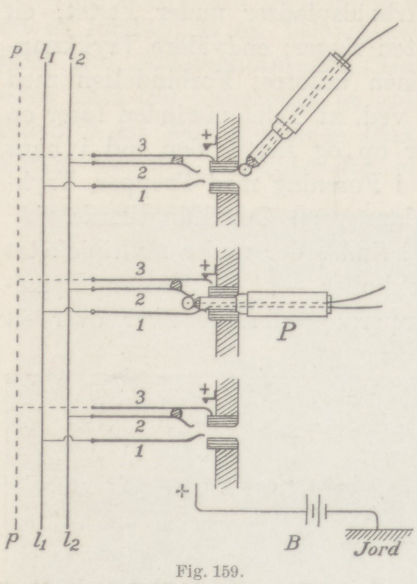


Fig. 159.
En Abonnents Dobbeltledning og Testtraad med tilhørende Fjedre ved 3 Omstillingsborde.

den ny Hovedcentral er det en Fløjtetone — naar hun med Spidsen af Proppen berører Bøsningen til Abonnentens Jackhul i Multiplen. Et Begreb om, hvorledes dette kan opnaas, kan man faa af Fig. 159, som dog fremstiller en ældre Ordning med 3 Kontaktfjedre i hver Jack. Tegningen viser 3 til samme Abonnent hørende Jack'er i 3 forskellige Multiplefelter. I et af Hullerne er der indført en Prop *P*; en Metalknop paa Enden af denne berører Fjedren *2*, medens et fra Knoppen isoleret Metalhylster berører Fjedren *1*, og idet 2 Ledningstraade i Propsnoren er forbundet med henholdsvis Knop og Hylster, kommer de gennem Fjedrene i Forbindelse med hver sin af de to Traade l_1 og l_2 i den til Hullet hørende Abonnents Dobbeltledning, der altsaa saa at sige fortsættes ud i Propsnoren. Ved Proppens Indførelse vil tillige en Knast af isolerende Stof trykke Fjedren *3* saa meget til Siden, at den i Stedet for at berøre Hullets Bøsning kommer i Berøring med den lille med + mærkede Kontakt; denne saa vel som alle de tilsvarende Kontakter staar imidlertid gennem de Metalskinner, som bærer Jack'erne, i Forbindelse med den positive Pol af et Batteri *B*, hvis anden Pol er afledt til Jorden. Kontakten har derfor en vis Spænding, som nu gennem den betragtede Fjeder *3* forplanter sig til »Testledningen« *p* og derfra til de med denne Ledning forbundne Fjedre *3* ved de andre Omstillingsborde, og da disse Fjedre berører hver sin Bøsning, faar saaledes alle til den paagældende Abonnent hørende Bøsninger samme Spænding som Batteriets

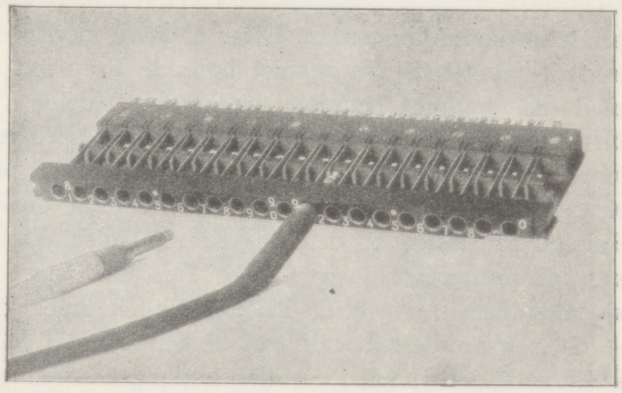


Fig. 160. Jackliste og Propper. Nye Hovedcentral.

positive Pol. Naar nu en Telefonistinde ved et hvilketsomhelst Omstillingsbord berører en saadan Bøsning med en Prop som vist øverst i Fig. 159, og hendes Telefon, hvis Vindinger er jordforbundne, samtidig staar i Forbindelse med Traaden fra Propspidsen, saa vil der gaaStrøm gennem hendes Telefon, og hun hører et lille Smæld, der betyder »optaget«. Men saa snart Proppen *P* trækkes ud af sit Hul, mister Bøsningerne ved Abonnentens andre Jackhuller deres Spænding. — Paa den nye Hovedcentral, hvor Jack'erne er af simplere Konstruktion (Fig. 160), findes ingen særlige Testtraade; men til Gengæld maa der anvendes Relæer, af hvilke der i det hele taget kræves store Mængder tll Frembringelse af de forskellige Ledningsforbindelser under Ekspedition og Samtale.

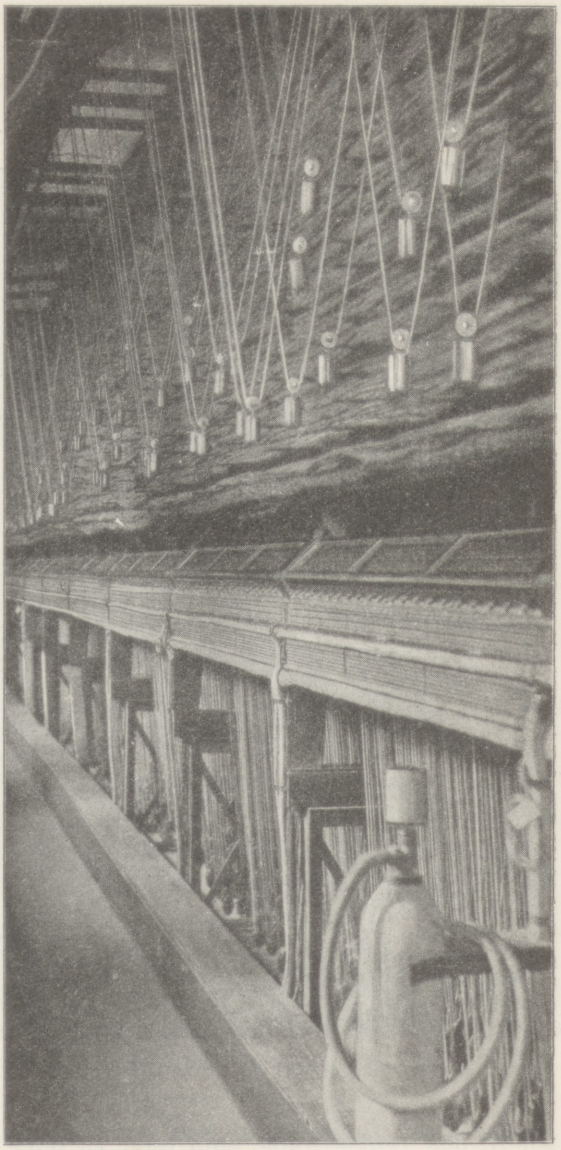


Fig. 161. Bag Omstillingsbordene paa en Storcentral. Foroven „Maatterne" og nogle Propsnore; forneden Propsnore.

At Ordningen af Ledningstraadene paa en Storcentral er en indviklet og vanskelig Opgave, er let at forstaa. Har Centralen f. Eks. 10 000 Abonnenter, og kan 200 af dem ekspederes fra et Omstillingsbord, saa maa der findes 50 Multiplefelter med 10 000 Jack'er i hvert, altsaa ialt en halv Million; til hver af disse skal føres 3 eller i nyere Centraler 2 Ledningstraade. Af Fig. 156 ser man, hvor-

ledes Traadene til en Jackliste med 20 Jack'er udgaar fra en Slags Maatte, hvortil alle de paagældende Abonnenters Ledningstraade er sammenvævede; disse Maatter løber langs hele Salen bag Multiplerne (Fig. 161). — Forbindelsen med de udefra Byen kommende Ledninger er udført i et saakaldt Krydsfelt. Paa den ene Side af dette er Traadene fra Telefonsalen fæstede i Klemmer med samme Numre som de tilsvarende Jack'er i Salen (Centralnumrene). Paa Krydsfeltets anden Side er Traadene fra Byen anbragt i Klemmer med Numre, der angiver deres Plads ude i Ledningsnettet (Kabelnumrene). Ved Traade mellem de to Sider forbindes de to Sæt Klemmer. Hvis en Abonnent flytter (indenfor Centralens Omraade), men vil beholde sit Centralnummer, saa forbinder man blot i Krydsfeltet Klemmen med dette Nummer med Klemmen til den Linjeledning, som fører til hans nye Bopæl. — Forøvrigt er der mellem dette »Hovedkrydsfelt« og Telefonsalen indskudt endnu et Krydsfelt, hvorved man uden at forandre Abonnentens Centralnummer kan lade ham ekspedere fra en hvilkensomhelst Arbejdsplads i Salen. Endvidere er der paa Distriktscentralerne mellem Hovedkrydsfeltet og Kablernes Indføringssted anbragt et »Kabelkrydsfelt«, hvorfra en Del af de ankommende Ledninger føres ud igen i Kabler til Hovedcentralen, medens Resten føres videre op i Bygningen; man

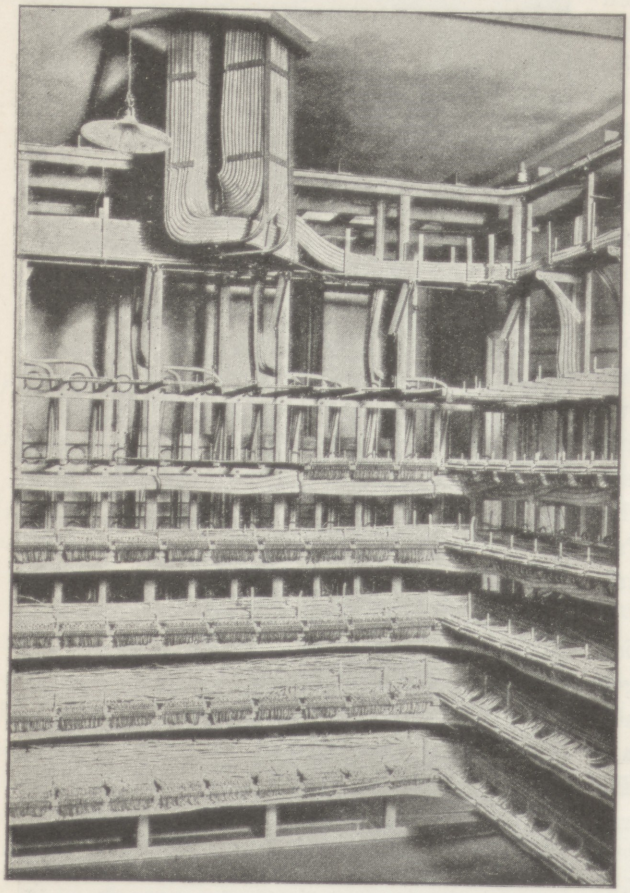


Fig. 162. Krydsfelt paa Central „Vester".

kan altsaa her flytte en Abonnent fra Distriktscentral til Hovedcentral eller omvendt.

Ved Omtalen af Ekspeditionen paa Centralen er det foreløbig forudsat, at det kun drejede sig om at forbinde Abonnenter ved samme Central. Ønskes Forbindelse med en Abonnent ved en anden Central, bringer den ekspederende Telefonistinde den kaldende Abonnents Ledning i Forbindelse med en Ledning til den paagældende Central, der ogsaa har en eller flere Jack'er i hendes Multiple; en Telefonistinde paa den kaldte Central kommer da til at deltage i Ekspeditionen. Paa Distriktscentralerne, hvor kun 10—15 Procent af Samtalerne holder sig indenfor Centralens Omraade, besørges selv disse lokale Forbindelser af to Telefonistinder. Alle de direkte fra Abonnenter indgaaende Ordrer modtages af Telefonistinder ved de saakaldte A-Borde, hvor der ikke findes nogen Multiple for Abonnentledninger, men derimod Jack'er for Ledninger til de andre Centraler og til »B-Bordene« paa samme Central; fra disse Borde fuldføres de ved andre Centraler eller ved samme Centrals A-Borde paabegyndte Ekspeditioner.

I store Centraler er det en Opgave af stor Vigtighed at fordele Arbejdet saa ligeligt som muligt mellem Telefonistinderne, ikke blot saaledes, at de gennemsnitligt har lige mange Ekspeditioner (eller flere eller færre i Forhold til deres Hurtighed), men ogsaa saaledes, at ingen sidder ledige i adskillige Minutter, medens andre kaldes samtidig af flere Abonnenter. Det første kan opnaas ved passende Fordeling af Abonnenterne mellem de forskellige Arbejdspladser; det andet kan udvirkes ved forskellige sindrige Systemer. Et af disse er det saakaldte Fordelingssystem, som bruges flere Steder, og som bestaar deri, at Abonnenternes Signaler er samlet ved særlige Borde med »stumme« Telefonistinder, som blot har til Opgave at forbinde den kaldende Abonnent med en af de i Øjeblikket ledige ekspederende Telefonistinder; hvilke der er ledige ses af særlige Signaler. Ingeniør P. V. Christensen ved Københavns Telefonvæsen har opfundet en »automatisk Vælger«, som kan træde i Stedet for de stumme Telefonistinder; et ved Trykluft drevet Stempel fører en Fjeder hen over en Række Kontakter, svarende til en Række ekspederende Telefonistinder, og bringer den kaldende Abonnent i Forbindelse med den første ledige Telefonistinde, hvis Kontakt Fjederen træffer paa. Denne Vælger er i København foreløbig ikke anvendt ved Abonnentledningerne, men derimod ved de til Hovedcentralen indgaaende Ledninger fra Distriktscentralerne. Endvidere er den prøvet ved et af Telefondirektør Fr. Johannsen angivet Hjælpesystem, hvorved den enkelte Telefonist-

inde kan kaste Ekspeditioner, hun ellers maatte lade vente, over paa en ledig Kollega.

Det er i det foregaaende Storcentralerne, vi har beskæftiget os med. I smaa Centraler, hvor alle Abonnenter kan ekspederes fra et enkelt Omstillingsbord, bliver Forholdene simplere. Smaa Omstillingsborde, som let kan betjenes af enhver uden særlig Uddannelse, benyttes bl. a. i større Forretninger, hvor de forskellige Afdelinger enes

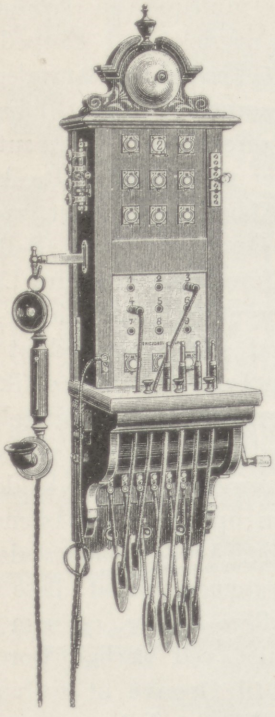


Fig. 163. Lille Omstillingsskab.

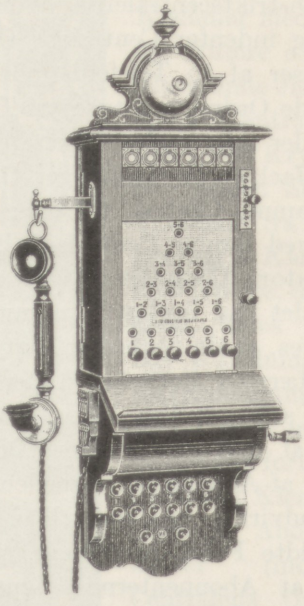


Fig. 164. Omstillingsskab.

om en eller flere Ledninger til Byens Central, eller i Landsbyer, hvor der til en enkelt Telefonledning udefra er knyttet flere Abonnenter, som gennem en lille »Andelscentral« hos en af Abonnenterne sættes i Forbindelse indbyrdes eller med den fælles Ledning. — Fig. 163 og 164 viser et Par smaa og simple Omstillingsborde eller -skabe. Ved det første anvendes Snorpar med Propper, som indsættes i Jack'erne for de to Abonnenter, der skal forbindes. Ved det andet findes et Prophul for hver af de 15 mulige Forbindelser mellem to og to af de 6 Abonnenter, saa at Forbindelsen kan opnaas alene ved Indsættelse af en Prop i det paagældende Hul.

For det lokale Talesamkvem imellem en stor Forretnings enkelte

Afdelinger indrettes ofte et særligt Hustelefonanlæg, som kan omfatte et ret betydeligt Antal Telefoner i forskellige Værelser, uden at der til at bringe enhver i Forbindelse med den, han ønsker, udkræves et Omstillingsbord med Betjening. Det simpleste Middel til at undgaa en saadan »Central« bestaar deri, at man forbinder alle Samtalestederne saaledes, at man ved at trykke paa en Knap det ene Sted frembringer Ringning alle de andre; idet forskellige Personer betegnes med forskellige forud aftalte Ringesignaler frembragte ved et eller flere, korte eller lange Tryk paa Knappen, kan man da kalde den, man just ønsker at tale med, til Telefonen, hvor han end befinder sig i Bygningen. Dette System kan f. Eks. være særdeles praktisk i en Undervisningsanstalt, hvor Professorer, Assistenter og Betjente færdes snart hist, snart her paa Tegnestuer, Laboratorier o. s. v. Oftest vil man dog foretrække det saakaldte Linjevælgesystem, hvorved man ved hvert af Samtalestederne selv kan stille ind til ethvert af de andre. Indstillingen kan ske ved Apparater, hvor man drejer en Viser, til den peger paa det paagældende Steds Nummer eller Navn (se Fig. 165), hvorefter man ved Tryk paa en Knap kan opringe Stedet. I andre Apparater indstiller man ved at flytte en Prop til det ene eller det andet af en Række Huller. Angaaende Ledningsforbindelserne skal det kun nævnes, at der ved hvert af Samtalestederne maa indføres ligesaa mange Enkelt- eller hellere Dobbeltledninger, som der er Samtalesteder og i Reglen en eller to Traade til; det behøver ganske vist kun at være Stikledninger, som afgrenes fra et fælles Traadbundt, men alligevel medgaar der saa megen Traad, at Systemet kun passer for et mindre Anlæg inden for en Bygning eller et enkelt Bygningskompleks.

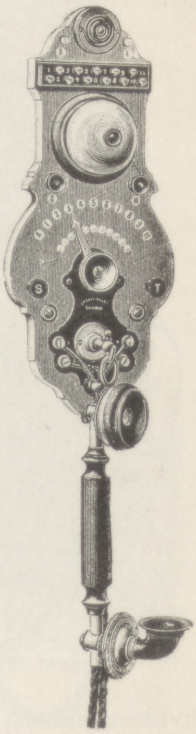


Fig. 165.
Linjevælgeapparat.

Paa en helt anden Maade, nemlig ved Anvendelse af en saakaldt avtomatisk Central, kan man imidlertid ogsaa for et vidtstrakt Anlæg med mange Deltagere eller Abonnenter og kun én Ledning til hver gennemføre det Princip, at enhver selv stiller sig i Forbindelse med den, han vil tale med.

Fig. 166 viser et Telefonapparat med Indretning til Selvindstilling gennem en avtomatisk Central. Ønsker den Abonnent, hos hvem

Apparatet er anbragt, Forbindelse med Abonnent Nr. 405, saa stikker han Pegefingeren i Nr. 4 fra neden af de 10 Huller, som ses tilhøjre for den hvide Skive midt paa Apparatet, og drejer Skiven, til Fingeren støder mod den lille Klo forneden til venstre; dernæst slipper han Skiven, som da af en Fjeder føres tilbage til sin oprindelige Stilling, hvorefter han stikker Fingeren i det med 0 mærkede Hul (det øverste) og drejer den som før; endelig bærer han sig ligesaadan ad med Hul Nr. 5, og han er da i Forbindelse med den ønskede Abonnent, saafremt denne ikke er optaget. Dette Resultat er frembragt af en Række kortvarige Strømme, som under Skivens Drejninger fremkom i Ledningen til Centralen og her ved Hjælp af nogle Elektromagneter fremkaldte forskellige Bevægelser. Centralen er altfor indviklet til at beskrives her; men Fig. 167 viser et enkelt af de Apparater, som bruges paa en avtomatisk Central af Amerikaneren Strowgers System. Den Aksel, som her ses, kan ved de omtalte Strømme dels ti Gange løftes et lille Stykke, dels drejes lidt ti Gange, og naar en Abonnents Ledning staar i Forbindelse med en Kontaktarm anbragt paa denne Aksel, vil et passende Antal af disse Bevægelser bringe ham i ledende Forbindelse med hvilkensomhelst af 100 andre Abonnenter, hvis Ledninger er ført til faste Kontakter i Apparatet; man ser 100 saadanne i to Grupper forneden, og over dem 100 andre, ved Hjælp af hvilke optagne Ledninger afspærres. Naar den Abonnent, der har sat Apparatet i Gang, hænger sin Telefon paa Plads, fører en Fjeder Akselen med Kontaktarmene tilbage til dens oprindelige Stilling. I en Central med 1000 Abonnenter maa der findes i det mindste 100 af denne Slags »Linjevælgere«, og desuden maa der for hver Abonnent være en »Forvælger«, som sætter ham i Forbindelse med en af de Linjevælgere, han har Brug for. En Central for 10 000 Abonnenter bliver endnu mere indviklet.

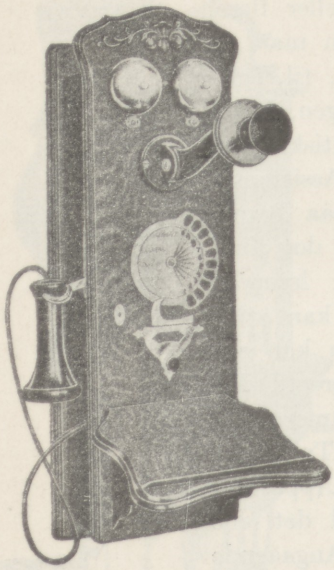


Fig. 166.
Telefonapparat til Selvindstilling.

I Amerika har de avtomatiske Centraler — navnlig for under 1000, men dog ogsaa for et større Antal Abonnenter — vundet nogen Udbredelse, og forsøgsvis er de ogsaa indført i Evropa; men mange

frygter, at den indviklede Mekanik skal give Anledning til altfor mange Driftsforstyrrelser, og at Anlæg og Vedligeholdelse vil blive for kostbar. Imidlertid er det vel rimeligt, at Teknikken med Tiden vil faa Bugt med Vanskelighederne, saa at man rundt om paa alle store Centraler vil erstatte de mange Menneskehænder med den af Menneskeaanden udtænkte Mekanik.

Tilbage staar endnu at omtale Ledningsnettet, der forbinder Abonnenterne med Centralen eller forskellige Centraler indbyrdes.

Det meste af, hvad der er sagt om Telegrafledninger, gælder ogsaa om Telefonledninger; men ved disse bliver der tillige andre Ting at tage i Betragtning.

Ved Anvendelse af Luftledninger — som til Telefonbrug i Reglen er af Fosforbronce (Kobber med forskellige Tilblandinger) — kan der allerede opstaa mange Vanskeligheder og Bryderier derved, at man fra de store Centraler skal føre Ledninger i Hundredevis hen over Hustagene, bygge Stativer paa disse og føre Traade ned til Abonnenter mange forskellige Steder. Paa mangfoldige Maader kan der opstaa Brud paa en Ledning, Berøring mellem to Traade eller Jordafledning; undertiden optræder de to sidstnævnte Fejl kun til Tider, f. Eks. naar et bestemt Vindu staar aabent og trykker to Traade mod hinanden, eller naar det regner eller blæser o. s. v.; det er næsten det allerværste, naar Fejlene saaledes er »periodiske«, idet de derved ofte unddrager sig Opdagelse under Fejlmaalinger.

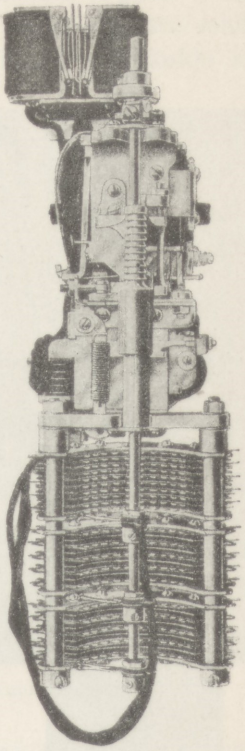


Fig. 167. »Linjevælger« paa en avtomatisk Central.

Antallet af Fejl løber ved et nogenlunde stort Luftledningsnet let op til mange Tusinder aarlig, og Storm, Rim eller Isslag kan give store Forstyrrelser; man er derfor i de fleste større Byer i det mindste delvis gaaet over til at anvende underjordiske Kabler. I København føres saaledes alle Ledninger ud i Kabler til »Hovedfordelere« i Kældere eller paa Gaderne. Fra Hovedfordeleren, der er et Slags Krydsfelt, føres tyndere Kabler i Trærender under Fortovene til »Enkeltfordelere« i Gaardene eller til Tagstativer og endelig videre til Abonnenterne i Blyrør eller frit gennem Luften.

Hovedkablerne (se Fig. 168) kan indeholde indtil 700 Dobbeltledninger indesluttede af et fælles lufttæt Blyhylster. Hvor flere Kabler følges ad, er de trukket gennem Rør, som er dannet ved Sammenstilling af gennemhullede Betonblokke; en saadan Kabelblok med Plads til 49 Kabler ses i Fig. 169, der viser Jordarbejder ved den nye Hovedcentral i Nørregade. Andre Steder sammensættes Ledningen af et større eller mindre Antal 4-Huls Blokke.

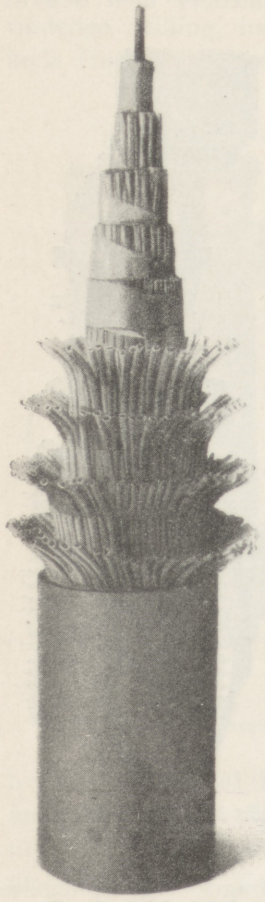


Fig. 168. Telefonkabel.

Det blev ovenfor nævnt, at to Telefonledninger kunde komme til at berøre hinanden. Paa denne Maade kan Talen fra en Ledning gaa over til en anden og høres af uvedkommende; men en saadan Overgang kan ogsaa finde Sted mellem to Ledninger, der slet ikke berører hinanden, men blot følges ad en lang Strækning. Strømsvingningerne i den ene frembringer nemlig ved Induktion ganske lignende — blot svagere — Strømsvingninger i den anden.

Ogsaa Telegraf- og Sporvejsledninger kan fremkalde forstyrrende Induktionsvirkninger i nærliggende Telefonledninger. Naar der telegraferes gennem en Ledning, vil der i Virkeligheden, hver Gang Telegrafstrømmen sluttes og brydes, opstaa svage Strømme i alle parallelt løbende Ledninger; disse Induktionsstrømme er for svage til at sætte Telegrafapparater (i alt Fald Morseapparater) i Virksomhed, men i en Telefon kan de ofte give hørlig Lyd. Mange Steder, hvor der til Telefonering anvendes Enkeltledninger med Jordafledning, har nærliggende Vekselstrømsanlæg voldt Forstyrrelser, selv i Tilfælde, hvor der ikke kunde være Tale om Induktion fra Vekselstrømsledningerne, for Eksempel ved trefasede Kabelanlæg, og selv om Vekselstrømsnettet kun var forbundet til Jord paa et enkelt Punkt, saa at der ikke syntes at kunne komme Strøm gennem Jorden. Man kunde længe ikke forklare sig Sagen, men maatte isolere Trefasenettet helt fra Jorden, hvad der kunde medføre adskillige Ulemper. Foranlediget ved saadanne Telefonforstyrrelser, som optraadte i Københavns ydre Distrikter efter Nedlægning af et nyt Kabel fra Østre Elektricitetsværk, har Ingeniør E. v. Holstein Rathlou imidlertid udført en Række Undersøgelser, hvorved det lykkedes ham at

oplyse Sagens Sammenhæng. Naar en Klaverstræng anslaas, vil der foruden de til Strængens Grundtone svarende Lydsvingninger opstaa svagere Svingninger med 2, 3 eller flere Gange saa stort Svingningsantal pr. Sekund, svarende til de saakaldte Overtoner; paa lignende Maade gaar det i Vekselstrømsledninger; foruden Hovedstrømsvingningerne kan der opstaa svagere Strømsvingninger med et flere Gange saa stort Periodetal. Holstein-Rathlou viste, at nogle af disse »elektriske Overtoner« under visse Omstændigheder kunde fremkalde ret stærke elektriske Strømme i Jorden, og at en Del af disse kunde tage Vejen gennem jordafledede Telefontraade. Ogsaa Telegrafering er ofte blevet generet af disse Elektricitetssvingninger i Jorden. Det er derfor et Resultat af ikke ringe Betydning, at Holstein Rathlou har opdaget Kilden til disse Forstyrrelser og tillige fundet et Middel, hvorved det vil blive muligt at undgaa dem uden Isolering af Trefasenettet.

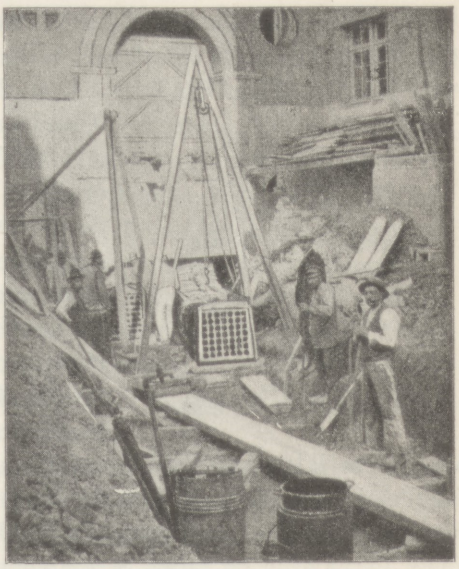


Fig. 169. Nedlægning af Kabelblokke.

Det var som sagt kun ved Telefon-Enkeltledninger, at disse Forstyrrelser optraadte. Det samme gælder om Induktionsforstyrrelser. Ved Dobbeltledninger kan man opnaa, at de hverken paavirkes af eller selv paavirker andre Ledninger, idet Induktionsvirkninger i eller fra den ene Traad ophæves af dem i eller fra den anden, naar begge Traade har gennemsnitlig lige stor Afstand fra de omliggende Ledninger; dette bliver paa det nærmeste Tilfældet med Luftledninger, naar man befæster dem saaledes paa Masterne, at hver af de to Traade skiftevis kommer øverst eller underst, til højre eller til venstre.

I større Byer kan man kun opnaa tilfredsstillende Resultater ved Dobbeltledninger; at krydse dem lader sig imidlertid vanskeligt gøre, hvor talrige Luftledninger er nogenlunde tæt samlet, og her er saaledes endnu en Grund til at anvende Kabler, hvor Dobbeltledningens med isolerende Stof adskilte Traade let kan snos om hinanden.

Ved Kabler er der imidlertid et andet Forhold, der virker til Skade for Talen. Det er den Omstændighed, at de ledende Dele —

Traade, Blyhylster og fugtige Jordlag — sammen med de adskillende isolerende Lag virker som en Kondensator, hvad der som omtalt ved de undersøiske Telegrafkabler (se S. 159) vil bevirke, at det tager nogen Tid for en Strøm at naa sin fulde Styrke i lang Afstand fra Strømkilden; og da Telefonstrømmenes Styrke uafladelig stiger, synker og veksler Retning mange hundrede Gange i Sekundet, vil Talen blive meget svag ved Enden af et nogenlunde langt Kabel med stor Ladningsevne. Dennes Størrelse beror meget paa de isolerende Lags Natur; Luft giver ringest Ladningsevne. I Telefonkabler i Byerne holdes Traadene af denne Grund kun adskilt ved løst omviklede Papirbaand, der giver Plads til Luftmellemrum. Omviklingsmaaden er antydet ved Fig. 170, hvor *A* er Blyhylstret, *B* to sammenhørende Traade og *C* Papiret. Selv Kabler af denne Art vil dog svække Lyden stærkt, naar de er flere Mil lange. Tillige forvanskes den, da de hurtigste Strømsvingninger, der svarer til de højeste Toner, svækkes og sinkes mere end de langsommere.

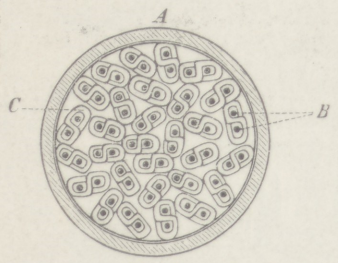


Fig. 170.
Tværsnit af et lille Telefonkabel.

Det fremgaar af det foregaaende, at det maa være en vanskelig Sag at tilvejebringe tydelig Taleoverføring gennem nogenlunde lange undersøiske Kabler, da disses Ladningsevne ikke godt kan gøres ringe. Professor Pupin i Amerika har imidlertid anvist et Middel til Forbedring af Taleoverføringen; Midlet bestaar i, at man paa passende Steder i Kablet anbringer Traadruller med Jærnkærne og lader Strømmene gaa igennem deres Vindinger.

Man skulde synes, at dette Middel var ganske forkasteligt; thi det er jo tidligere (S. 225—28 Bd. I) omtalt, at saadanne Traadruller med stor »Selvinduktion« (Dæmpespoler) virkede hæmmende eller dæmpende paa Vekselstrømme, især naar disse vekslede hurtigt, saaledes som det netop er Tilfældet med Telefonstrømmene, der gennemsnitlig skifter Retning langt over 1000 Gange i Sekundet. I Virkeligheden vil Selvinduktionen eller »Træghedsmodstanden« — som vi har kaldt det — i saadanne Ruller i mange Tilfælde svække Talens Styrke og forvanske dens Klang. Men hvor Ladningsevnen kommer med i Spillet, kan Sagen stille sig anderledes.

I et Telefonkabel med stor Ladningsevne, men ringe Selvinduktion kan de af Talen frembragte Strømsvingninger være meget kraftige i Nærheden af Talestedet, men aldeles umærkelige i nogle Mils Afstand derfra. En Forøgelse af Selvinduktionen kan imidlertid — naar den indføres paa rette Maade — bevirke, at Strømsvingningernes

Styrke fordeles jævnere over Ledningen, saaledes at de vel bliver svagere tæt ved Talestedet, men til Gengæld ved Ledningens anden Ende forstærkes saa meget, at de nu kan give hørlig Lyd i en Telefon. Hvorledes Selvinduktionen skulde forøges paa en saadan Maade, at man virkelig gjorde betydelig Gavn derved og ikke snarere Skade, var imidlertid et vanskeligt Spørgsmaal. Det har først faaet en praktisk anvendelig Løsning gennem Beregninger og Forslag, som til Dels er opstillede af og i alt Fald først bragt i Anvendelse af danske Ingeniører (I. L. W. Jensen og C. E. Krarup). Det danske Middel til Forøgelse af Selvinduktionen bestaar deri, at Kobbertraaden omvikles med fin Jærntraad; dette Princip er benyttet ved Kablerne Helsingør—Helsingborg, Lolland—Femern, Sjælland—Samsø—Jylland samt ved et Kabel Cuxhafen—Helgoland og endnu et tysk Søkabel. Pupins Metode er bl. a. anvendt ved et Kabel mellem England og Frankrig og tillige mange Steder til Lands baade i Kabler og i lange Luftledninger.

Meget lange Strækninger har man endnu ikke telefoneret gennem Havet, og det vilde foreløbig næppe være teknisk muligt at tilvejebringe Telefonering gennem Atlanterhavet; desuden vilde de 5 Timers Tidsforskel mellem New-York og London hæmme Telefonsamkvemmet slemt, da de bevirker, at kun en lille Del af den evropæiske Kontortid falder sammen med den amerikanske.

Da det ved tynde Luftledninger snarere er Ledningsmodstanden end Ladningsevnen, der hindrer Taleoverføring paa meget lange Afstande, ligger den Tanke nær, at man i Stedet for at bruge kostbare tykke Ledninger med indskudte Pupinruller hellere skulde nøjes med tynde Ledninger og saa til Gengæld gøre Strømsvingningerne paa Afsenderstedet saa kraftige, at de kunde taale den stærke Svækkelse uden at blive for svage; dette Middel synes i det hele taget anbefalelsesværdigt i alle saadanne Tilfælde, hvor det ikke er Talens Forvanskning, men kun dens Svækkelse, der vanskeliggør Forstaaelse. Men der er den Hindring for dets Anvendelse, at en Kulpulvermikrofon ikke taaler ret stærke Strømme. Dels ved at bruge større Mikrofoner eller flere paa en Gang, dels ved særlige Kunstgreb kan man dog ved Talen frembringe Strømsvingninger, der er meget kraftigere end de sædvanlig anvendte. Svenskerne Egnér og Holmstrøm har saaledes konstrueret »Stærkstrømsmikrofoner«, hvormed de i 1910 har telefoneret mellem Paris og Sundsvall i Nordsverrig over en Linjelængde af 2850 Km. (d. v. s. omtrent som den lige Linje fra Trondhjem til Sicilien), hvoraf 48 Km. Sø- og Landkabler. En saadan Langtelefonering har imidlertid ikke megen Betydning, hvis de anvendte Midler

ikke kan passes ind i det daglige, praktiske Telefonsamkvem, hvad der foreløbig er tvivlsomt.

En anden og maaske nok saa udsigtsrig Mulighed er Anvendelsen af et »Telefonrelæ«, d. v. s. et Apparat, som kan forstærke svækkede Tale-Strømsvingninger fra en Telefonledning; f. Eks. ved at anbringe et saadant Apparat ved Enden af en Ledning, som havde svækket Talen for stærkt, kunde man faa den bragt op til hørlig Styrke. I 1910 har S. G. Brown i England bragt et saadant Telefonrelæ frem, hvortil der knyttes en Del Forhaabninger.

I Browns Relæ anvendes en mikroskopisk elektrisk Gnist, som dannes mellem en fast Spids og et bøjeligt Jærnrør. Naar Mellemrummet mellem dem er mindre end $^1/_{100000}$ Millimeter, vil et enkelt Tørelement frembringe en varig Gnist (eller Lysbue); overmaade svage Svingninger af Røret vil da give stærke Ændringer af den Ledningsmodstand, Gnistmellemrummet byder Strømmen, og de deraf følgende Ændringer af Strømstyrken kan frembringe Lyd i en Høretelefon. Gnistmellemrummet er med andre Ord en fintmærkende Mikrofon. Naar Tale-Strømsvingninger, der er for svage til at opfattes i en almindelig Høretelefon, ledes gennem Traadvindinger om en Magnet tæt ved Røret, kan dette komme i Svingninger, der gengiver Talen hørligt i den til Gnistmellemrummet knyttede Høretelefon.

Særlige Anvendelser af Telefonen. Foruden til Samtale mellem to Personer anvendes Telefonen ikke sjældent til »Samtalemøder«, idet flere, der skal behandle en Sag, i Stedet for at komme sammen blot lader Centralen bringe deres Ledninger i indbyrdes Forbindelse paa en bestemt Tid. — Det berettes flere Steder fra, at man i en Kirke har anbragt Mikrofon med Taletragt paa Prædikestolen saaledes, at Præstens Tale kunde føres gennem Telefonledninger til syge Folk, der ikke kunde forlade deres Hjem. I England har »Elektrofon-Kompagniet« flere Gange besørget Overføring af politiske Taler meget lange Strækninger, f. Eks. fra Sheffield, ja endog fra Glasgow til Stenografer i London, hvad der kunde lade sig gøre, bl. a. fordi der findes særlig gode Kobberledninger. — I Budapest har der i mange Aar eksisteret en »Telefonavis« med mange hundrede Abonnenter, som gennem Telefonen fik ikke blot inden- og udenrigske Nyheder, Rigsdagsreferater, Teaterprogrammer og Teaterkritikker o. s. v., men ogsaa Sang og Musik, der udførtes i »Aviscentralen«. — I flere Byer har man med mer eller mindre Held overført Tale og Musik fra Mikrofoner paa Teaterscener eller i Koncertsale til Abonnenter i Byen.

Nogen større musikalsk Nydelse kan den telefonisk overførte Musik

dog næppe bringe. Musikens finere Ejendommeligheder vil i større eller mindre Grad blive udvisket eller forvansket (se S. 200); at Telefonens Lydgengivelse ikke er fuldt paalidelig, ses ved almindelig Tale bl. a. deraf, at visse Ord — f. Eks. ni og fire — let forveksles. Telefonisk Musikoverføring hæmmes desuden af den Omstændighed, at en almindelig Telefon giver saa svag Lyd, at den ikke kan synge eller tale for flere paa en Gang.

I London er Browns Relæ prøvet ved telefonisk Overføring af Teaterforestillinger med det Resultat, at Sang og Tale blev meget kraftigere og kunde opfattes af alle i Stuen, naar man tillige brugte en særlig højttalende Telefon med Lydtragt. Højttalende Telefoner anvendes forøvrigt meget ombord paa Skibe, hvor det jo kun drejer sig om Overføring paa korte Afstande. I den tyske Rigsdags Journalistrestaurant udraaber en højttalende Telefon alle Præsidentens Meddelelser.

Browns Relæ er ogsaa forsøgsvis anvendt som Mikrofon, idet man lod svage Lyde sætte en Plade i Svingninger og derved forlænge og forkorte den mikroskopiske Gnist. Naar en saadan Mikrofon knyttedes til Lægens Hørerør, kunde et Menneskes Aandedragslyde forstærkes, saa at de lød som Vindens Susen i en Skov, og Hjærteslaget kunde høres ikke blot af den lyttende, men af alle i Nærheden; endvidere blev det ved et saadant »elektrisk Stetoskop« muligt for Læger i London gennem deres Telefon at undersøge Aandedræt og Hjærteslag hos Patienter ude paa Landet. Almindelig Tale kan forstærkes til Raaben, og det synes rimeligt, at elektriske Lydforstærkere af denne Art vil kunne faa Betydning for tunghøre Personer, forudsat at Apparatet, som endnu er paa Forsøgsstadiet, kan fremstilles nogenlunde billigt og tilstrækkelig sikkert virkende.

Et helt nyt Princip for elektrisk Musikoverføring blev for nogle Aar siden opfundet af Amerikaneren Cahill. I Stedet for at lade et almindeligt Musikinstrument sætte Luften i Lydsvingninger, som atter, naar de træffer den elastiske Plade i en Mikrofon, ad forskellige Omveje fremkalder ganske svage Strømsvingninger i en Telefontraad, anvendte Cahill et særligt elektrisk Instrument, hvor Tryk paa Tangenten bevirker, at der fra en Gruppe af Vekselstrømsmaskiner sendes kraftige Strømsvingninger af forskellig Takt ud i Ledningen; naar der til denne knyttes en Telefon af passende Konstruktion, vil den selv i Miles Afstand fra Instrumentet kunne udsende en kraftig Tone, hvis Tonhøjde bestemmes af Strømmens Vekseltal (f. Eks. svarer 100 Strømvekslinger i Sekundet til en dyb Tone, 10 000 til en af de højeste, Øret kan opfatte). Ved særlige Apparater, »Toneblanderne«,

kunde man give de udsendte Toner forskellig Klangfarve og derved f. Eks. efterligne Klaver, Violin el. a. Cahills Instrument er imidlertid meget kostbart og kræver særlig Uddannelse af den spillende; det har derfor næppe faaet megen Anvendelse, i alt Fald uden for Amerika.

En vigtig Anvendelse har Telefonen nylig faaet i Skibsfartens Tjeneste. Ved talrige Fyrskibe og Fyrtaarne har man temmelig dybt nede i Vandet anbragt en Klokke, hvis Knebel kan sættes i Bevægelse ovenfra ved Trykluft, elektrisk Strøm el. a. De Skibe, som vil drage Fordel af de saaledes frembragte Lydsignaler forsynes med to paa særlig Maade konstruerede Mikrofoner, som anbringes i væskefyldte Cylindre, der indenfra trykkes fast mod Skibsvæggene dybt under Vandlinjen paa Styrbords- og Bagbordssiden. Naar nu en Mand ombord paa Skibet forbinder en Høretelefon med en af disse Mikrofoner, saa vil han kunne høre et saadant Undervands-Klokkesignal i meget lang Afstand; han kan endvidere let opdage, til hvilken Side for Skibet Klokken er, idet han forbinder Telefonen først med den ene og dernæst med den anden Mikrofon og mærker sig, hvilken der giver stærkest Lyd. Ved saadanne »elektriske Øren« under Vandet kan Skibet ledes langt sikrere end ved de hidtil anvendte Taagesignaler — Sirenebrøl, Skud o. s. v. — hvis Retning ofte bedømmes urigtigt, og som svækkes af Stormens og Bølgernes Larmen.

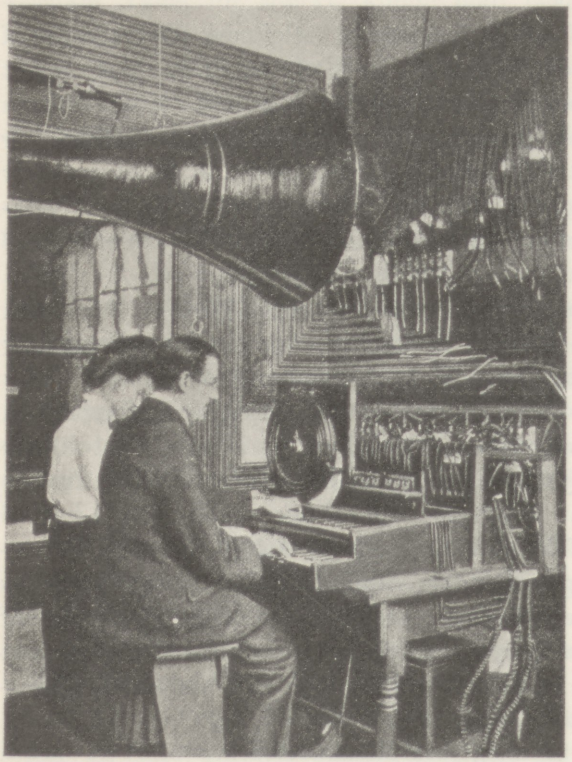


Fig. 171. Cahills elektriske Instrument.

I Sverrig og Norge har man søgt ved Undervandsmikrofoner at

opdage Fiskestimer. Forskellige Slags Fisk skal frembringe forskellige Lyde ved deres Bevægelse gennem Vandet.

Paa mange forskellige Maader kan en Telefon benyttes ved Udførelsen af Maalinger. Lad os tænke os, at Strømmen fra en Vekselstrømsmaskine deler sig mellem to Ledningsgrene, og at man lader en Ledningstraad danne Bro mellem de to Ledningsgrene saaledes, at den forbinder to Punkter, der stadig har nøjagtig ens Spænding; der vil da slet ikke gaa nogen Strøm gennem »Ledningsbroen«, og en Telefon, der er indskudt i denne, giver ingen Lyd; men enhver Forandring (f. Eks. af Ledningsmodstanden) et Sted i en af Ledningsgrenene, vil bevirke, at en Del af Vekselstrømmen gaar gennem Broen og sætter Telefonens Jærnplade i Svingninger. Er der i Ledningsgrenene indskudt Traadruller, kan man faa Telefonen til at give Lyd blot ved at holde et Stykke Metal hen til en af disse; Vekselstrømmen vil nemlig i Metalstykket fremkalde Induktionsstrømme, der atter virker tilbage paa Strømmen i Rullen. Dette Forhold har man i sin Tid søgt at anvende til Opsøgning af Projektiler i Saarede. Synderlig praktisk Betydning har denne Metode, der nu er overflødiggjort af Røntgenstraalerne, dog næppe haft. Paa en helt anden Maade har man imidlertid i de sidste Aar anvendt Telefonen til Opsøgning af Metallejer i Jorden. Paa Steder, hvor man venter, at der findes Malmaarer, bringer man Strøm fra en Vekselstrømsmaskine til at brede sig i Jorden som »vagabonderende Strømme« (se S. 78); disse vil være tilbøjelige til særlig at følge Malmaarer, der har større Ledningsevne end de omgivende Jord- eller Stenmasser; Malmaarerne kan derfor faa Indflydelse paa Strømmens og Spændingens Fordeling, og denne kan undersøges ved en Telefon, som er indskudt i en Ledningstraad, der ender i to Jærnstænger. Stikkes disse i Jorden paa to Steder med forskellig elektrisk Spænding, vil nemlig en lille Del af Jordstrømmene tage Vejen gennem Telefonen og bringe den til at tone. Det angives, at man i Amerika ved denne Metode virkelig har fundet Malmaarer.

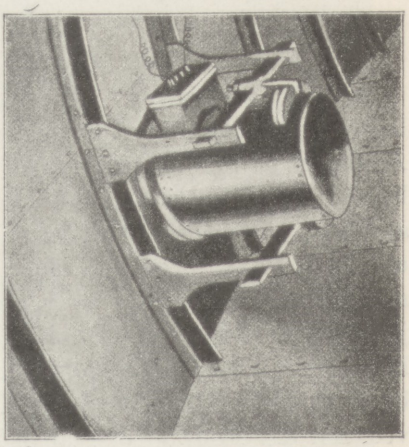


Fig. 172. Skibsvæg med „elektrisk Øre".

I denne Anledning er der Grund til at nævne, at man har fundet skjulte Jærnmalmlejer derved, at de bragte Kompasnaalen til at afvige

fra sin normale Stilling. I Stedet for den middelalderlige »Ønskekvist«, den lille Pilevaand, som skulde være i Stand til at vise Vandaarer, Malmaarer og skjulte Skatte, sætter Nutidens Videnskab saaledes Kompas, Telefon eller andre elektriske og magnetiske Hjælpemidler.

XIII. TRAADLØS TELEGRAFI ELLER RADIOTELEGRAFI.

Elektriske Bølger. — Telegrafering uden Traad. — Særlige Anvendelser af de elektriske Bølger.

Elektriske Bølger. Ofte hører man den Udtalelse, at den »traadløse Telegrafi« — d. v. s. elektrisk Telegrafi uden Ledninger mellem Afsender- og Modtagerstedet — er den mest forunderlige og ubegribelige af alle Elektricitetens Anvendelser. Men Sandheden er vel den, at vi er tilbøjelige til at anse det ny og overraskende for ganske ufatteligt, medens vi let bilder os ind, at det gamle og tilvante er meget mere forstaaeligt, selv om vi i Grunden aldrig har fattet det, ja ikke en Gang gjort et alvorligt Forsøg derpaa. Det er i Virkeligheden ikke let at afgøre, hvad der er mest begribeligt: — at Tilvejebringelse af en Berøring mellem to Metalstykker (i en Telegrafnøgle) ved den ene Ende af et mange Mile langt ubevægeligt Tov kan frembringe en Bevægelse af en Vægtstang ved Tovets anden Ende — eller at en saadan Berøring kan sætte Kræfter i Virksomhed, som gennem Luften kan virke viden om paa fintmærkende Apparater.

Med en vis Ret kan det siges, at den traadløse elektriske Telegrafi er langt mere beslægtet med vore naturlige Meddelelsesmidler end Traadtelegrafien. Hvad enten Mennesker gør sig forstaaelige for hverandre ved Ord eller ved synlige Tegn er det en Slags traadløs Telegrafi, der finder Sted mellem dem, idet Lydbølger i Luften eller Lysbølger i Æteren (se S. 275 Bd. I) bringer Bud mellem dem, uden at de er forbundet ved Ledninger af nogen Art. Ogsaa ved den traadløse elektriske Telegrafi er det Æterbølger eller Ætersvingninger, der gør Tjeneste som Budbringere, og disse Ætersvingninger er tilmed i det væsentlige af samme Natur som Lyssvingninger, blot er de Millioner Gange saa langsomme, og de gør intet Indtryk paa vore Øjne. Vi er saaledes overfor dem stillet ligesom Blinde overfor Lysbølgerne, men selv om vi ikke umiddelbart kan sanse dem, kan vi iagttage deres Virkninger paa elektriske Apparater.

Inden vi betragter de Apparater, hvorved de omtalte Æterbølger — elektriske Bølger kaldes de — frembringes og opfanges, vil vi imidlertid se at finde nogle Tilknytningspunkter mellem den traadløse elektriske Telegrafi og de elektriske Virkninger, vi tidligere har lært at kende.

Det er jo i det foregaaende mange Gange omtalt, at hurtige Forandringer af Strømstyrken i en elektrisk Ledningskreds vil frembringe en Elektricitetsbevægelse i andre Ledninger i Nærheden. Vi har kaldt

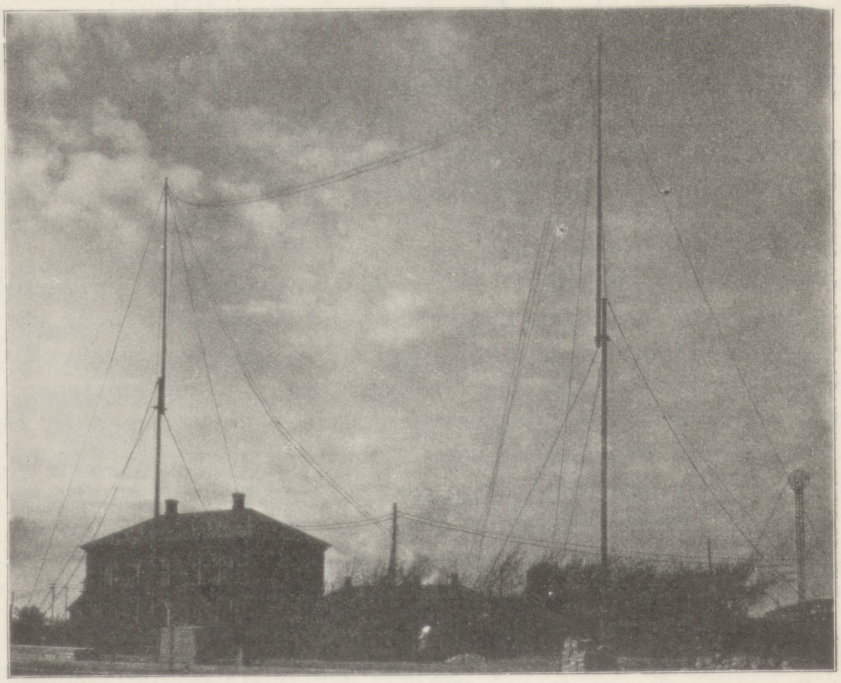


Fig. 173. Station for Telegrafering uden Traad ved Gedser.

dette Induktion og taget det som en mærkelig Kendsgerning, men ikke gjort Forsøg paa at danne os en Forestilling om, hvorledes Elektricitetsbevægelsen kan forplante sig gennem Luften og andre isolerende Stoffer, som Elektricitetsstoffet ikke kan slippe igennem; ogsaa her kan det dog ofte brugte Middel, Sammenligning med Vandbevægelse, hjælpe os til at faa lidt Begreb om Sagen.

Dersom Vand strømmer jævnt og stadigt gennem en Rørledning, mærkes Bevægelsen ikke udenfor Røret, selv om der befordres store Vandmængder; men standses Bevægelsen pludselig, f. Eks. ved at en Hane smækker i, gennemrystes Røret af et stærkt Stød, som kan forplante sig gennem de Genstande, hvortil Røret er befæstet; der er

saaledes ikke noget i Vejen for, at Stødet kan bringe Vandet til at skvulpe i et Vandkar i Nærheden. Bragte man paa en eller anden Maade Vandet i et Rør til i hurtig Takt at skifte Bevægelsesretning eller med andre Ord til at svinge frem og tilbage, kunde den derved fremkaldte Rystelse sætte en Vandmasse andetsteds i lignende, blot meget svagere Svingninger; selv gennem Luften kunde Svingninger forplante sig fra en Vandmasse til en anden, navnlig hvis begge Vandmasser var anbragt saaledes, at de let kunde komme i Svingninger i samme Takt — f. Eks. dersom de var indesluttede i ganske ens Rør, der begge var korte, vide og lukkede med elastiske Plader, som let kunde overføre Svingningerne mellem Væsken og Luften.

Ved Elektricitetsbevægelsen er det Æteren, der danner Mellemleddet; vi maa tænke os, at en hurtig Strømforandring frembringer en Slags Rystelse eller Bølgebevægelse i Æteren. Som oftest gælder det om at indskrænke eller begrænse denne Æterrystelse saa meget som muligt, saa at den ikke foraarsager unyttigt Energitab. I en Transformator (S. 230 Bd. I) f. Eks. skal de elektriske og magnetiske Kræfter danne en saadan Forbindelse mellem Jærnkærnen og de to Traadruller, at en Vekselstrøm i den ene af dem faar stærke Virkninger i den anden, men ikke mærkes udenfor Transformatoren; at Strømsvingninger i en Transformators Traadvindinger og i det hele taget i lukkede Strømkredse ikke vil have nævneværdige Virkninger i lang Afstand fra Strømkredsen, indses allerede deraf, at den Virkning, Elektricitetsbevægelsen et Sted i Kredsen kan fremkalde i et Punkt langt borte, paa det nærmeste vil ophæves af Virkningen hidrørende fra den modsat rettede Elektricitetsbevægelse i en anden Del af Strømkredsen. — Ved den traadløse Telegrafi gælder det derimod om at tilvejebringe en kraftig Æterrystelse og lade den brede sig saaledes, at den kan fremkalde Elektricitetssvingninger i Ledere langt borte fra dens Udgangspunkt.

Hertil kræves for det første en overmaade brat Strømforandring eller yderst hurtige Strømsvingninger. Nogle hundrede eller nogle Tusind Svingninger i Sekundet som dem, Tale eller Musik fremkalder i en Telefonledning, er langt fra tilstrækkeligt; man maa op til Svingningstal paa Hundredetusinder eller Millioner. Saa hurtige Strømsvingninger kan fremkomme, naar en Kondensator (Leidnerflaske eller Ladningstavle) udlades ved en Gnist; ved at betragte en saadan Gnist i et hurtigt omdrejende Spejl vil man ofte se en Række lysende Partier, adskilte ved mørkere Mellemrum, hvilket viser, at den tilsyneladende enkelte Gnist i Virkeligheden bestaar af flere Gnister efter hinanden, og disses Tidsmellemrum, der kan beregnes af Spejlets Om-

drejningshastighed og Spejlbilledernes Afstand, kan være mindre end en Milliontedel Sekund.

I Fig. 174 er J en Traadspole uden Jærnkærne og K en Leidnerflaske, som gennem Traadene a og b, der kommer fra en Gnistinduktor (se S. 12), bliver ladet til saa høj Spænding, at der springer en Gnist over mellem de to Kugler ved G. Dersom f. Eks. Flaskens indre Belægning er positiv elektrisk (ɔ: har Overskud af Elektricitet), vil Elektriciteten herfra under Gnistdannelsen strømme ad Vejen $J\,G$ til den ydre Belægning. Hvis Modstanden i Ledningen er ringe, vil denne Strøm fortsættes noget efter, at Flasken er udladet, saa at der nu kommer Overskud af Elektricitet paa den ydre Belægning; naar Strømmen er standset, vil der da foregaa en ny Udladning i modsat Retning; men atter denne Gang har Elektriciteten saa at sige for stærk Fart og lader den indre Belægning, og saaledes kommer Elektriciteten til at svinge frem og tilbage i Ledningen. — Forholdet er som ved den vandfyldte Kasse S. 35 Fig. 22 Bd. I., hvormed vi tidligere har sammenlignet en Kondensator. Dersom her Hanen m_1 pludselig aabnes, vil Trykforskellen mellem Kassens to Rum A_1 og B_1 udjævnes, idet den skillende elastiske Plade C_1 retter sig ud, og Vandet strømmer fra A_1 til B_1 gennem Forbindelsesrøret (de to andre Rør kan antages lukkede); men efter at Gummipladen er blevet lige, gaar Vandet paa Grund af den Fart, det har faaet, videre og spiler Pladen ud til modsat Side, indtil den strammes saa stærkt, at den standser Bevægelsen og derefter driver Vandet tilbage o. s. fr. Væskens Svingninger frem og tilbage vil være des langsommere, jo mere Væske den elastiske Plade kan give Plads for ved et vist Tryk, og jo tungere den Væskemasse er, der skal sættes i Bevægelse. — For Ledningskredsen Fig. 174 gælder det, at Svingningerne bliver des langsommere, jo større Ladningsevne eller »Kapacitet« (Evne til at optage Elektricitet) Leidnerflasken har, og jo flere Vindinger Traadrullen J bestaar af (smlgn. S. 65—66 Bd. I). Er Traadrullen indrettet saaledes, at man kan indskyde flere eller færre af dens Vindinger i Ledningskredsen, kan man derved henholdsvis formindske eller forøge Svingningernes Hastighed; en saadan Regulering kan opnaas paa anden Maade, idet Leidnerflasken erstattes af en lagdelt Kondensator (S. 31 Bd. I), hvis ene Sæt Metalplader kan skydes mer eller mindre ind mellem de andre.

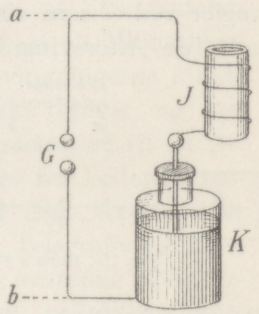


Fig. 174.
Ledningskreds, hvori der frembringes Gnistsvingninger.

Strømsvingningerne i Ledningskredsen *KJG* Fig. 174 og dermed Udladningsgnisten, dør hurtigt hen, idet den elektriske Energi, der tilførtes Leidnerflasken under dens Ladning, efterhaanden bliver til Varme i Gnisten. Noget af Energien spredes ogsaa i Rummet som Æterrystelse eller »elektriske Bølger«; men det er dog forholdsvis lidt ved en saadan lukket Ledningskreds. For at faa den til at afgive noget videre Energi til det omgivende Rum, maa man forbinde den med Metalplader eller med den ene Ende af lange Metaltraade, hvorfra de elektriske Bølger let udstraaler, eller man kan »aabne Ledningskredsen«, d. v. s. skille Kondensatorens to Metalbelægninger ad, saa at Elektriciteten blot kommer til at svinge frem og tilbage mellem de to Metalplader, der er forbundet med hver sin af de smaa Gnistkugler ved *G* som vist i Fig. 175, hvor Traadrullen *J* desuden er udeladt; de Ætersvingninger, som før kun gik gennem Kondensatorens isolerende Lag fra den ene Metalbelægning til den anden, vil nu straale frit ud i Rummet fra Pladerne. (Der er et lignende Forhold mellem disse to Ordninger som mellem Ordningen i Fig. 22 Bd. I og den, der er omtalt S. 208 L. 9—11.)

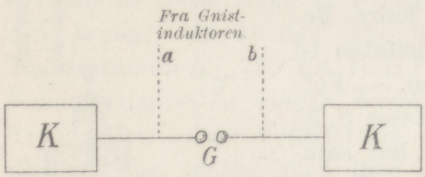


Fig. 175. Hertz's Forsøg.

Da de frie Plader ikke kan optage nær saa megen Elektricitet som Kondensatorbelægninger af samme Størrelse, bliver Elektricitetssvingningerne hurtigere, og ved smaa Plader (Kugler kan ogsaa anvendes) kan man faa Svingninger, hvis Varighed er en Hundredemilliontedel Sekund eller mindre; men samtidig bliver det vanskeligere at faa Pladerne til at opsamle et nævneværdigt Energiforraad under Ladningen.

Omtrent paa den her beskrevne Maade var det, at den tyske Forsker Hertz i Firserne frembragte elektriske Bølger, hvis Virkninger han kunde iagttage og undersøge. Han viste bl. a., at de udbredte sig med samme Hastighed som Lyset (300 000 Kilometer i Sekundet), og at de tilbagekastes fra en stor Metalplade ligesom Lyset fra et Spejl, medens de derimod kan gaa gennem Vægge og elektricitetsisolerende Stof ligesom Lyset gennem Glas. Og en halv Snes Aar senere viste den unge Italiener Marconi, at man kunde telegrafere med disse Bølger endog paa Afstande og under Forhold, hvor Telegrafi med Lysstraaler var umulig.

Naar det siges, at Elektricitetssvingningerne i Lederen *KGK* frembringer en Æterrystelse og bringer elektriske Bølger til at brede sig ud i Rummet, saa er dette i Grunden kun et billedligt Udtryk. Vi kender hverken Æterens inderste Natur eller Naturen af de Foran-

dringer i dens Tilstand, Svingningerne fremkalder. Vi ved blot, at de elektriske Ladninger og Strømme i Lederen frembringer elektriske og magnetiske Kræfter i Rummet omkring den, at disse Kræfter forandrer sig i Takt med Svingningerne, og at disse periodiske Forandringer breder sig fra Lederen i Æteren med Lysets Hastighed paa lignende Maade, som Lydbølger breder sig ud i Luften fra en svingende Streng eller Vandbølger breder sig over Vandfladen fra et Sted, hvor man har kastet en Sten. Ligesom man for Vandbølger taler om »Bølgelængden« (eller Bølgebredden) og dermed mener Afstanden mellem to paa hinanden følgende Bølgetoppe eller Bølgedale, saaledes taler man om Længden af de elektriske Bølger og mener dermed Afstanden fra et Punkt i Æteren til det næste (i Udbredelsesretningen), som samtidig er i samme Tilstand. — Lad os antage, at Elektriciteten i Lederen svinger én Gang frem og tilbage i Løbet af en Milliontedel Sekund. Der vilde da i Løbet af et Sekund, om Svingningerne kunde fortsættes saa længe, udsendes en Million elektriske Bølger, og ved Sekundets Slutning vilde den første af disse være naaet ud til en Afstand af 300 000 Kilometer eller 300 Millioner Meter fra Lederen, medens den sidste netop var i Færd med at forlade den. Hver enkelt Bølge maa da have en Længde af 300 Meter. Ved Telegrafering uden Traad benyttes ofte endnu langt større Bølgelængder svarende til Svingningstal betydeligt ringere end 1 Million i Sekundet; ved Hertz' Forsøg var Bølgelængderne derimod meget mindre, men dog mangfoldige Gange større end Lysbølgerne, idet selv de groveste Lysbølgers Længde er under en Tusindedel Millimeter.

Naar elektriske Bølger frembringes ved Gnister, vil de imidlertid ikke danne lange sammenhængende Rækker. De elektriske Svingningers Styrke aftager nemlig meget hurtigt, saa at der kun udsendes ganske faa Æterbølger, inden Gnisten ophører. Efter nogen Tid faar Pladerne *K* gennem Traadene *a* og *b* ny Ladning, saa at der opstaar en ny Gnist; men i Sammenligning med Gnisternes overmaade korte Varighed bliver Ventetiderne meget lange selv ved de hurtigst virkende Gnistinduktorer. Forholdet er som, naar der fra et Sted paa en Vandflade udbreder sig korte Bølgerækker med lange Mellemrum, idet der af og til kastes en Sten i Vandet.

Det ligger i Sagens Natur, at dette er en ret ufuldkommen Bølgedannelse; det er imidlertid først for faa Aar siden lykkedes at tilvejebringe vedvarende elektriske Svingninger, der kunde udsende en uafbrudt Række af ensartede Æterbølger. Det mest nærliggende Middel, nemlig at bygge Vekselstrømsmaskiner for meget højt Vekseltal, kunde ikke godt bruges, thi det er meget vanskeligt at bringe Svingnings-

tallet op over 10—20 000 ad denne Vej. Et vigtigt Skridt fremad blev gjort af Englænderen Duddell, ved den Opdagelse, at der i en elektrisk Lysbue under visse Forhold opstod vedvarende elektriske Svingninger. Men heller ikke disse Lysbuesvingninger var hurtige nok, og Duddell mente endog at kunne bevise, at de ikke kunde blive det. Den danske Ingeniør Valdemar Poulsen fandt imidlertid Midler til at gøre dem meget hurtigere og kraftigere, og da han efter 3—4 Aars ihærdigt Arbejde med Sagen i 1906 bragte sine Resultater frem for Offentligheden, erkendtes det rundt om i Verden, at han havde naaet et Maal af stor Betydning. — Den billedlige Fremstilling Fig. 176 giver et Begreb om Forskellen mellem de hurtigt aftagende Hertz'ske Gnistsvingninger og de regelmæssige, vedvarende Poulsen'ske Lysbuesvingninger.

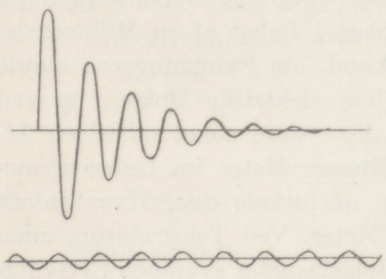


Fig. 176.
Sammenligning mellem Gnistsvingninger (øverst) og Lysbuesvingninger (nederst).

Hovedtrækkene af den Ordning, ved hvilken Lysbuesvingningerne fremkaldes, er vist i Fig. 177. Her er *B* en Buelampe, og *P* og *M* henholdsvis Plus- og Minusleder i et almindeligt Jævnstrømsanlæg med Spændingsforskel 220 Volt el. lign. mellem de to Ledere. Tænker vi os Buelampens Kulstykker saa vidt adskilte, at der ingen Lysbue findes mellem dem, saa vil Leidnerflasken *K* være positiv elektrisk paa den indre, negativ paa den ydre Belægning. Fører man derefter Kulstykkerne sammen og danner Lysbuen, vil Flasken udlades; herved opstaar der Elektricitetssvingninger i Ledningskredsen *KJB*, ligesom det skete i Kredsen *KJG* Fig. 174, og Traade, der føres frit ud fra to Punkter af Kredsen, vil udsende elektriske Bølger. Man kunde mene, at Svingningerne snart vilde ophøre, da Elektriciteten tilsyneladende kan gaa fra *P* til *M* gennem Lysbuen uden at bryde sig om Leidnerflasken; men saaledes gaar det ikke; der opstaar i selve Lysbuen Forandringer af Ledningsmodstand m. m. i Takt med Svingningerne, som derved holdes vedlige. Vi kan sammenligne dette Forhold med, hvad der sker med en Orgelpibe. Naar en Luftstrøm blæses op gennem Mundstykket forneden i en saadan Pibe, der er lukket foroven, kan Luften frit strømme ud gennem en Spalte umiddelbart over Mundstykket; denne Spalte svarer til Lysbuen *B*, der byder den elektriske Strøm fri Vej. Men noget af Luften strømmer dog op i det lukkede Rør, og i denne Blindgang, som svarer til Leidnerflasken med dens spærrende, isolerende Lag, opstaar der saa et for-

øget Lufttryk, som driver Luften tilbage, men med for stærk Fart, saa at der nu i Røret kommer Luftfortynding, som lidt efter atter afløses af et forøget Lufttryk o. s. fr. Skønt Luften drives ganske jævnt fra Blæsebælgen ind i Piben, vedvarer Luftsvingningerne i Røret og i Spalten (og dermed Tonen) dog saa længe Luftstrømmen holdes i Gang. Paa samme Maade gaar det med de elektriske Svingninger i Lysbuens og Leidnerflaskens Ledningsgren; de vedvarer, saa længe den elektriske Strøm holdes i Gang. Medens Antallet af Lydsvingninger pr. Sekund (Tonhøjden) væsentlig beror paa Rørets Længde, bestemmes Svingningstallet i Ledningskredsen navnlig af Leidnerflaskens Ladningsevne og Antallet af Vindinger i Traadrullen *J*. Og ligesom Spaltens Vidde og Form faar Indflydelse paa Tonens Styrke, saaledes har Lysbuens Beskaffenhed Betydning for Styrken af den »elektriske Tone«, om vi tør bruge dette Udtryk for de lydløse, regelmæssige, elektriske Svingninger.

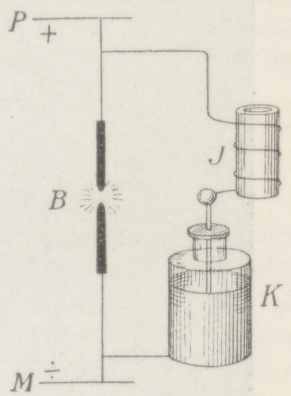


Fig. 177.
Ledningskreds, hvori der frembringes Lysbuesvingninger.

Bl. a. ved at omgive Lysbuen med Brint opnaaede V. Poulsen høje Svingningstal — helt op til en Million i Sekundet. Svingningerne bliver dog kraftigere ved noget lavere Svingningstal. Til venstre paa Fig. 178 ses Poulsens Lysbueapparat. Lysbuen dannes inde i et Rum, gennem hvilket der ledes Belysningsgas, som for en væsentlig Del bestaar af Brint. Som »Elektroder« bruges i Stedet for to Kulstænger en Kulstang og en hul Kobberstang, der holdes afkølet ved en Vandstrøm; Kulstangen drejes stadig langsomt rundt om sin Længdeakse af en lille Elektromotor, hvorved det forhindres, at Kulstof, der udskilles af Gassen, sætter sig ujævnt paa den. Endvidere udsættes Lysbuen for magnetisk Paavirkning fra to Elektromagneter. Til højre for Lysbueapparatet ses en Traadrulle og 3 Kondensatorer, af hvilke den ene har et Haandtag, ved hvis Drejning man forandrer dens Ladningsevne og derved regulerer Svingningstallet.

Endnu længere til højre ses en høj Cylinder, om hvilken der er opvundet tynd Kobbertraad. Den har dog ikke noget at gøre med Dannelsen og Udsendelsen af de elektriske Bølger, men er kun anvendt til nogle interessante Forsøg med Elektricitetssvingningerne. Naar Kobbertraadens nederste Ende sættes i Forbindelse med Lysbuens Ledningskreds, og Svingningstallet bringes i en bestemt Sammen-

hæng med Længden af Kobbertraaden, gaar der kraftige elektriske Svingninger over i denne, og ved dens øverste Ende opstaar der saa høj elektrisk Spænding, at der udsendes en mægtig Lyskost af kraftige, knitrende Gnister; nærmer man en Leder til den, omdannes den til en lang, lydløs Flamme. Endvidere vil Glasrør med fortyndet Luft lyse i Nærheden af Cylindrens øvre Ende. Høj Spænding kan ogsaa

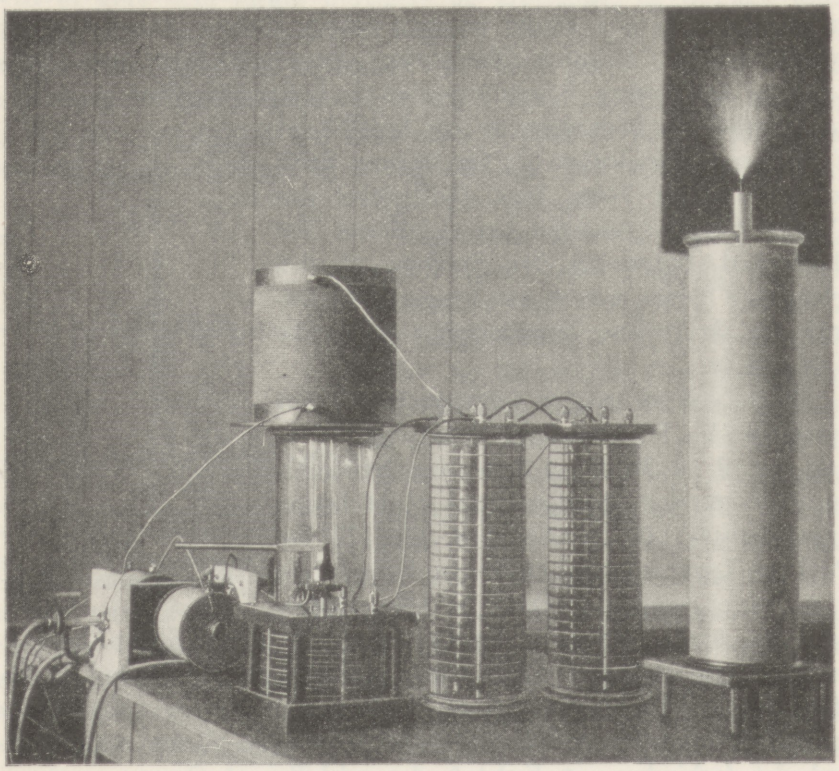


Fig. 178. Fra Valdemar Poulsens Laboratorium.

tilvejebringes ved Hjælp af en Transformator, der ikke har Jærnkærne, men blot bestaar af en Traadrulle med faa Vindinger, gennem hvilken Lysbuesvingningerne sendes, og en anden Traadrulle med mange Vindinger; mellem den sidstes Poler kan der da dannes en mer end alenlang Flamme. En anden Gruppe af mærkelige Forsøg bestaar deri, at de elektriske Svingninger ledes ind i Mennesker; en almindelig elektrisk Glødelampe kan saaledes bringes til at lyse, naar den holdes mellem to Personer, af hvilke den ene med en Metalstang optager Svingningerne i sig. — Lignende Forsøg er dog tidligere udført af Tesla og andre (smlgn. S. 228 Bd. I) med kraftige Gnistsvingninger.

Naar de fra et Gnist- eller Lysbueapparat udsendte, elektriske Bølger

træffer ledende Genstande, vil de søge i disse at fremkalde elektriske Svingninger i Takt med de oprindelige i Gnisten eller Lysbuen; der kan da opstaa smaa Gnister mellem to Ledere tæt ved hinanden. Ved at iagttage saadanne Gnister dannede mellem Enderne af en kredsbøjet Kobbertraad el. desl. var det, at Hertz undersøgte de elektriske Bølgers Udbredelsesmaade. Til Frembringelse af synlige Gnister kræves imidlertid nogenlunde stærke elektriske Bølger, og i lange Afstande fra Apparater, der udsender elektriske Bølger, kan disse derfor ikke paavises paa denne Maade.

Et overmaade fintmærkende Middel til Paavisning af svage elektriske Bølger er derimod den saakaldte Kohærer, der skyldes Franskmanden Branly. En Kohærer er et Glasrør, hvori noget Metalpulver er anbragt mellem to Metalklodser. Er Pulveret kun ganske løst pakket, vil det byde en Strøm meget stor Ledningsmodstand; forbindes Metalklodserne med hver sin Ende af en Ledning, hvori tillige findes et Par galvaniske Elementer og en elektrisk Klokke, vil denne derfor ikke ringe. Men hvis elektriske Bølger fremkalder Elektricitetssvingninger gennem Kohæreren, bliver Pulveret pludselig godt ledende, saa at Klokken giver sig til at ringe. Selv om Bølgerne derefter forsvinder, ringer Klokken videre, indtil man ved et lille Slag paa Røret ryster Pulveret og derved afbryder de ledende Forbindelser, der var tilvejebragt mellem Pulverkornene. — Kohæreren er saa at sige et elektrisk Øre eller Øje, der gør det muligt for os at opfatte de elektriske Bølger, for hvilke vi af Naturen er døve og blinde.



Fig. 179. En Kohærer.

Telegrafering uden Traad. Ved Hertz's og Branlys Opdagelser havde man faaet nye Midler til at give Signaler paa Afstand, men ingen syntes at have tænkt paa, at dette kunde faa praktisk Betydning, før Marconi i 1895—96 tog denne Sag op. Efter i Italien at have udført nogle foreløbige Forsøg, drog han til England, hvor han fandt videnskabelig, teknisk og økonomisk Støtte til Udførelsen af sine Planer, der snart fik en uanet Fremgang.

Fig. 180 viser Hovedtrækkene af Marconis Fremgangsmaade i dens simpleste Form. De elektriske Bølger frembringes paa Afsenderstationen *A* ved Gnistinduktoren *R* (smlgn. Fig. 21 S. 12). Naar Telegrafnøglen *N* nedtrykkes, sendes fra et galvanisk Batteri en Strøm gennem Gnistinduktorens indre Rulle; idet en Selvbryderindretning afbryder og slutter denne Strøm f. Eks. en Snes Gange i Sekundet, opstaar der i den ydre Rulle Induktionsstrømme, som giver Gnister mellem de to smaa Kugler *G*, hvorfra der er ført en Traad ned til

Jorden, og en anden højt op i Luften. Hver Gnist frembringer en kort Række hurtige Elektricitetssvingninger i disse Traade, og fra »Lufttraaden« eller »Antennen« L sendes der da elektriske Bølger ud i Rummet. Idet Bølgerne naar til Modtagerstationen M, vil de i dennes Lufttraad L_1 fremkalde svage elektriske Svingninger, som gør Metalpulveret i Kohæreren C ledende. Der vil da komme en Strøm i Gang i en Ledningskreds, der indeholder et Batteri, Kohæreren og Elektromagneten E i et Telegrafskriveapparat, som altsaa træder i Virksomhed. En lille elektromagnetisk Hammer H, som kan sættes i Virksomhed af den samme Strøm, slaar paa Kohæreren, saa at Pulveret mister sin Ledningsevne, naar der ikke kommer flere Bølger. Elektromagneten E magnetiseres derfor en Gang for hver Gnist; men disses hurtige Rækkefølge bevirker, at Ankeret bliver nede, saa længe Nøglen N holdes nedtrykket, og man kan altsaa ved lange og korte Tryk paa Nøglen frembringe Streger og Prikker ligesom ved almindelig Telegrafi. — I Stedet for et Skriveapparat kan anvendes en Telefon, idet Lyde af længere eller kortere Varighed da svarer til Streger og Prikker.

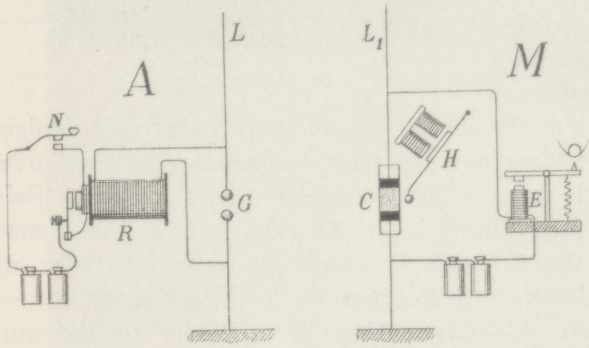


Fig. 180. Marconis Gnisttelegraf.

I Marts 1899 opnaaede Marconi at telegrafere ved elektriske Bølger over Kanalen mellem England og Frankrig, en Strækning af ca. 50 Kilometer. I Januar 1901 havde han omtrent 6-doblet Afstanden, idet han telegraferede fra Øen Wight til Lizard i Cornwall, d. v. s. længere end fra Kristiania til Frederikshavn. Og endnu inden Udgangen af samme Aar havde han virkeliggjort den fantastiske Plan at lade de elektriske Maskiner »raabe« tværs over Atlanterhavet; den 12. December 1901 stod han paa New Foundland med Telefon for Øret og lyttede i spændt Forventning efter Signaler, de elektriske Bølger skulde bringe fra Poldhu i Cornwall. Det blev kun svage Lyde, der fortalte ham, at det store Maal var naaet, og mange Skuffelser maatte han lide i de følgende Aar. Men efterhaanden er det lykkedes ham at gøre den traadløse Telegrafforbindelse mellem Storbritannien (Stationer ved Poldhu og ved Clifden i Irland) og Amerika (Stationer ved Cap Cod i De forenede Stater og Glaze Bay i Kanada) anvendelig til praktisk Brug, om end Telegraferingen foregaar langsomt og

med hyppige Afbrydelser. Den Afstand, her skal overvindes, er 4—5000 Kilometer. I Efteraaret 1910 har Marconi endogsaa telegraferet over den dobbelte Afstand, nemlig mellem Clifden og Buenos Ayres, der er adskilte omtrent ved en Fjerdedel af Jordens Omkreds.

Denne Udvikling var saa meget mærkeligere, som den foregik paa Trods af, hvad man mente at vide om de elektriske Bølger. Da Hertz havde vist, at de stansedes af elektricitetsledende Genstande, men i Hovedsagen var af samme Natur som Lysstraalerne, vilde man paa Forhaand vente, at Signaler ved elektriske Bølger nok kunde benyttes i Stedet for Flagsignaler eller andre Lyssignaler, naar disses Anvendelse vanskeliggjordes af Taage, men at Antennerne i alle Tilfælde maatte naa saa højt op, at ledende Genstænde ikke spærrede Bølgerne den lige Vej mellem dem. Det viste sig snart, at dette ikke var nødvendigt. Til Dels kunde man forklare Sagen ved, at de elektriske Bølger var langt grovere end Lysbølgerne og derfor ikke gav »skarpe Skygger«, men ligesom Lydbølger kunde bøje udenom Hindringer. Men at der kunde tilvejebringes Telegrafering mellem Steder, der laa Hundreder eller endog Tusinder af Kilometer fra hinanden, syntes dog ganske urimeligt, ikke blot fordi Stederne var adskilte ved den ledende Jord, men ogsaa fordi de elektriske Bølger maatte svækkes i Forholdet 10×10, for hver Gang Afstanden 10-dobledes, saafremt de ligesom Lysbølgerne bredte sig frit ud i Rummet. At de i Virkeligheden svækkes i langt ringere Forhold, var en overraskende Kendsgerning, som man næppe endnu har gjort fuldt Rede for; rimeligvis bidrager baade Antennernes Stilling, Jordens Ledningsevne og Bølgernes Tilbagekastning fra de øvre delvis ledende Luftlag til, at Bølgerne følger langs Jordoverfladen. — I hvert Fald afhænger Svækkelsen baade af Jordoverfladens Beskaffenhed — den er ringere over Hav end over tørre, daarligt ledende Landstrækninger — og af Atmosfærens Tilstand. Bølgerne svækkes meget stærkt af Solskin, og navnlig er Overgangen mellem mørke og belyste Dele af Lufthavet skadelig. Dette Forhold har bl. a.

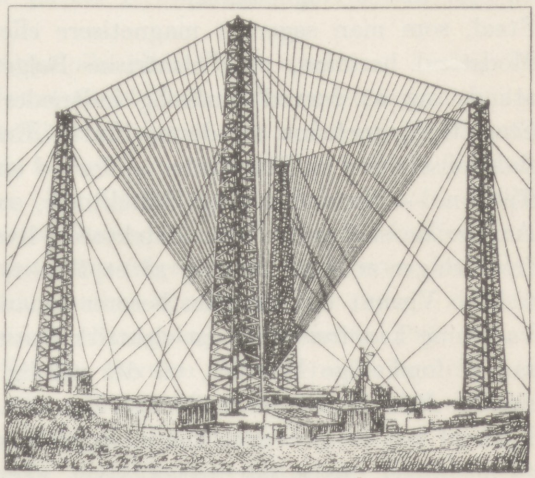


Fig. 181. Marconis Station ved Kap Cod. Taarnenes Højde er ca. 70 Meter (220 Fod).

været i høj Grad hæmmende for Telegrafering over Atlanterhavet, særlig paa de Tider, da det er Nat paa den ene Side, Dag paa den anden.

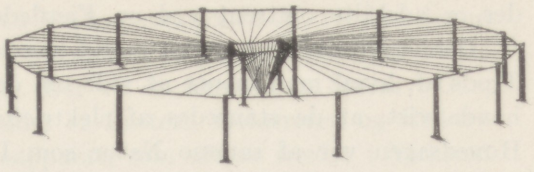


Fig. 182. Ældre Lufttraadsnet ved Glaze Bay. Traadnettet har en Højde af 55 Meter og spænder over mer end 30 Hektar (c. 60 Tdr. Land).

Ved sine Forsøg paa at telegrafere mellem Evropa og Amerika brugte Marconi i Stedet for Kohæreren en anden »Bølgemærker« eller »Detektor«, hvor de elektriske Svingninger forandrede en Staaltraads Magnetisme. Staal, som man søger at magnetisere eller afmagnetisere, gør en vis Modstand herimod, men elektriske Bølger kan ophæve denne Modstand, saa at derved pludselig indtræder en betydelig Forandring i Staalets Magnetisme, og denne bratte Ændring kan fremkalde en Induktionsstrøm i en Traadrulle og derved en Lyd i en til Rullen knyttet Telefon. — En anden Slags Detektorer, som bruges meget i de senere Aar, er de saakaldte Termodetektorer, hvor de elektriske Svingninger frembringer en Opvarmning af et Punkt, hvor to forskellige Stoffer, f. Eks. Vismut og Antimon berører hinanden i en Spids. Denne Opvarmning kan fremkalde en elektrisk Strøm. I en Ledningskreds, dannet af forskellige Metaller, vil der nemlig opstaa en Strøm, naar forskellige Berøringssteder mellem to Metaller opvarmes ulige meget; dette Forhold har længe været kendt og bl. a. udnyttet ved fine Temperaturmaalinger; man har ogsaa lavet »Termobatterier«, hvor »termoelektriske« Strømme af ret anselig Styrke frembringes ved Opvarmning af talrige Lodningssteder mellem forskellige Metaller.

Ved Telegrafering over lange Afstande maa man ikke blot gøre Modtagerapparaterne fintmærkende, men ogsaa sørge for, at Afsenderstationens Lufttraade udsender megen Energi i Form af elektriske Bølger. I dette Øjemed søgte Marconi at tilvejebringe kraftige Gnistudladninger, og tillige oprejste han store Lufttraadsnet. Fig. 181, 182 og 183 viser Indretningen af 3 forskellige Traadnet ved hans Atlanterhavsstationer.

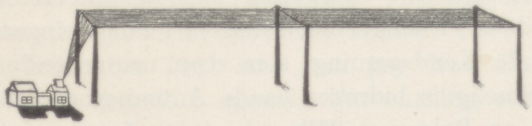


Fig. 183. Nyere Lufttraadsnet ved Glace Bay og ved Clifden.

Den ejendommelige Form af Nettet i Fig. 183 bevirker, at der udsendes kraftigere elektriske Bølger i én Retning — Traadenes Længderetning — end i andre. Dette har den dobbelte Fordel, at Modtagerstationen, hvorimod Traadene er rettet, faar mere Energi, end om

Bølgerne spredtes ligeligt til alle Sider, og at uvedkommende Stationer, som ikke netop ligger i samme Retning, udsættes mindre for Forstyrrelse. — Der er ogsaa opfundet andre Slags »Retningstelegrafi«, hvorved man uden at ændre Traadnettets Stilling kan ændre den Retning, hvori man kraftigst vil udsende eller hvorfra man bedst opfanger elektriske Bølger; dette kan saaledes opnaaes ved Bellini og Tosi's System, der nu har naaet en ikke ringe Udvikling.

Men det vigtigste Middel, hvorved man søger opnaaet, at to Stationer kan tale sammen uden at forstyrres af andre, som samtidig slynger deres elektriske Bølger ud i Rummet, er dog Afstemning. Hvad hermed menes, vil lettest forstaas gennem en fra Lydlæren hentet Sammenligning.

Lad os antage, at en Orgelpibe eller Fløjte sender en kraftig Tone ud i et stort Rum, hvor der et andet Sted findes en Streng, som netop er stemt for denne Tone, hvilket vil sige at den ved Anslag vilde svinge i samme Takt som Luften i Fløjten og altsaa give samme Tone som denne. De Luftsvingninger eller Lydbølger, der udsendes fra Fløjten, vil da have let ved at sætte Strængen i Svingninger, fordi de smaa Slag, Luftdelene giver dem, netop følger i den Takt, som den selv er tilbøjelig til at svinge i; det gaar her ligesom med en Gynge, der efterhaanden kan komme i stærke Svingninger ved smaa Puf, naar de stadig kommer i rette Øjeblik. Dersom Strængens Svingninger indvirkede paa en lille Mekanik og bragte en Klap til at falde, havde vi her en uelektrisk traadløs Telegrafi; og skønt den udføres ved Lydbølger, kan selv et Menneske, der ikke kan høre, paa Klappens Fald ved »Modtageren«, d. v. s. Strængen med dens Mekanik, iagttage, naar »Afsenderen«, d. v. s. Fløjten, udsender Bølgerne. Dersom Modtageren var stemt for en anden Tone end Afsenderen, vilde Virkningen imidlertid udeblive. Thi naar Luftdelene ikke slaar mod Strængen i den rette Takt, vil de snart fremme, snart hæmme dens Bevægelse, saa at det ikke bliver til noget rigtigt. Tænker vi os, at vi har f. Eks. 8 Afsendere (Fløjter), som giver hver sin Tone, og 8 Modtagere (Strænge) stemt for hver sin af disse Toner, saa kunde alle Afsendere raabe i Munden paa hverandre; hver Modtager vilde kun paavirkes af Tonen fra den ligestemte Afsender, men ikke mærke noget til de andres Virksomhed.

En Modtager for elektriske Bølger kan nu ligesom en Streng afstemmes for en bestemt Svingningstakt — for en bestemt elektrisk Tone kan vi kalde det. Men dette kan ikke faa synderlig Betydning, naar Afsenderen er indrettet som vist i Fig. 180; bl. a. fordi den Energi Induktoren afgiver til Gnisten straks straaler ud fra Antennen, vil

nemlig de elektriske Svingninger dø saa hurtigt hen, at det væsentlig kun er den første Bølge af den udsendte elektriske Bølgerække, der kan udrette noget, allerede den næste er meget svagere, den tredje kun ubetydelig o. s. v. (smlgn. den øverste Del af Fig. 176 S. 212); men overfor Afsendersvingninger, der dæmpes saa hurtigt, har det ikke stort at sige, hvorledes Modtageren er stemt. Selv i en ligestemt Modtager kan Elektriciteten kun komme i Svingning, hvis den første elektriske Bølge er meget kraftig; thi de følgende hjælper jo nu kun lidt til; men det bliver da meget vanskeligt at passe, at den første Bølge ikke faar saa megen Kraft, at den ogsaa sætter Elektriciteten i Svingning i andre Modtagere; thi Forskellen er blot, at de senere langt svagere Bølger her i Stedet for at hjælpe den første delvis modarbejder den.

Betydelig bedre Resultater kan man opnaa ved at lade Gnisten dannes i en lukket Ledningskreds, som vist Fig. 174 S. 209, og saa overføre de Svingninger, her opstaar, til Antennen, idet man enten sætter denne i ledende Forbindelse med Gnistens Ledningskreds, eller blot anbringer en med Antennen forbundet Traadrulle i Nærheden af en Traadrulle i Gnistkredsen (smlgn. Fig. 184). Svingningsenergien afgives da jævnere til Antennen, som faar Tid at udsende en noget længere Bølgerække, inden Svingningerne dør hen. Antennen maa her være afstemt efter Svingningstallet i Gnistkredsen. Helt rene »elektriske Toner« kan man dog ikke faa frem, fordi Antennens Tilbagevirkning paa Gnistkredsen volder Forstyrrelse. Ved en »løs Kobling«, d. v. s. stor Afstand mellem de to Traadruller kan man til Dels undgaa denne Ulempe, men til Gengæld udnyttes saa Energien i Gnistkredsen daarligt.

I Stedet for denne af Tyskeren Braun angivne Metode har man nylig begyndt at indføre en anden Ordning, hvorved der i Gnistkredsen ikke dannes en enkelt meget stor og kraftig Gnist, men en hel Række ganske korte Gnister. Disse slukkes meget hurtigt. Paa Elektriciteten i Antennen virker Gnisterne da paa lignende Maade som en Klaverhammers Slag paa en Streng; den sættes i Svingning og svinger derefter frit i den Takt, der passer for den, indtil den meddelte Energi er opbrugt. Man faar derved mere vedholdende elektriske Toner og har tillige den store Fordel, at de smaa kortvarige Gnister lettere kan frembringes i hurtig Rækkefølge. Idet de nydannes hundrede eller nogle hundrede Gange i Sekundet, høres der en Tone med dette Antal som Svingningstal, og Systemet betegnes derfor ofte med Navnet »Tonende Gnister«. — Man maa ikke forveksle den hørlige mekaniske Gnisttone med den uhørlige »elektriske Tone«, hvis Svingningstal maa

regnes ikke i Hundreder, men i Hundredetusinder pr. Sekund. Dersom hver enkelt elektrisk Tone eller Bølgerække frembringer et Udsving af Jærnpladen i en Høretelefon paa Modtagerstationen, saa vil altsaa hver Gnistdannelse paa Afsenderstationen foraarsage et saadant Udsving, og tilsammen vil disse danne en Tone af samme Tonhøjde som Gnisttonen; Toner af længere eller kortere Varighed kan da svare til Streger og Prikker i Morsealfabetet.

Systemet »Tonende Gnister« betegner et betydeligt Fremskridt; men ogsaa ved dette kan der dog kun udsendes afbrudte elektriske Bølgerækker, svarende til elektriske Svingninger, der varer en forsvindende Brøkdel af et Sekund — ikke som ved Poulsens System (S. 212), regelmæssige, ubrudte Bølgerækker — udæmpede elektriske Toner —, der kan fortsættes saa længe Lysbuen holdes i Gang.

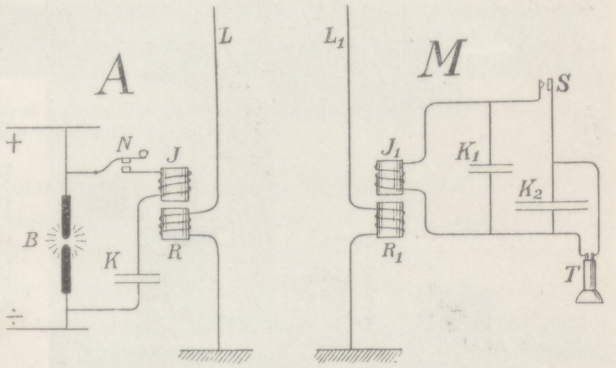


Fig. 184. V. Poulsens Lysbuetelegrafi.

Fig. 184 viser Hovedtrækkene af en af de Ordninger, V. Poulsen har anvendt ved sin Lysbuetelegrafi. Naar Nøglen N — der dog i Praksis maa anbringes noget anderledes — nedtrykkes, frembringes der elektriske Svingninger i Ledningskredsen $BNJK$, hvor K er en Kondensator, der svarer til Leidnerflasken K i Fig. 177. Svingningerne i Traadrullen J fremkalder ved Induktion tilsvarende Svingninger i Rullen R, der staar i Forbindelse med Lufttraaden L — en Ordning, som forøvrigt ogsaa ofte anvendes ved Gnisttelegrafi. Fra L udgaar da elektriske Bølger, og disse fremkalder elektriske Svingninger i Modtagerstationens Lufttraad L_1 og Traadrullen R_1. Ved Induktion mellem R_1 og J_1 overføres Svingningerne til Kredsen J_1K_1, hvor Kondensatoren K_1's Plader da skiftevis bliver positiv og negativ elektriske. Ved Afpasning af Traadrullernes Vindingstal og Kondensatorens Ladningsevne opnaas den rette Afstemning. Ved S findes en Strømslutningsindretning, den saakaldte »Tikker«, som med visse Mellemrum, f. Eks. en Tusindedel Sekund, tilvejebringer Forbindelse mellem Svingningskredsen J_1K_1 og den egentlige Signalindretning K_2T. I Mellemtiden mellem to af Tikkerens Strømslutninger, foregaar de elektriske Svingninger ganske frit uden hæmmende Tilbagevirkninger

fra Signalretningen og faar derfor god Lejlighed til at udvikle sig til fuld Styrke. Naar saa Ledningen sluttes ved S, vil Størstedelen af den Energi, Svingningskredsen har modtaget fra Lufttraaden, pludselig blive afgivet til den forholdsvis store Kondensator K_2; denne udlader sig umiddelbart efter gennem Telefonen T, som derfor, saa længe Nøglen N paa Afsenderstationen er nedtrykket, giver en Tone, hvis Højde bestemmes af Antallet af Strømslutninger pr. Sekund i Tikkeren. — I Fig. 185 ses til højre de to Traadruller, af hvilke den nederste svarer til J_1; til venstre for denne staar Kondensatoren K_1 med et Haandtag, ved hvis Drejning Modtagerapparatet kan afstemmes til at modtage Telegrammer fra forskellige Afsenderstationer; længere til venstre findes Kondensatoren K_2, Tikkeren og to Telefoner, som kan befæstes paa Hovedet af den, der skal afhøre de af lange og korte Toner sammensatte Telegrammer.

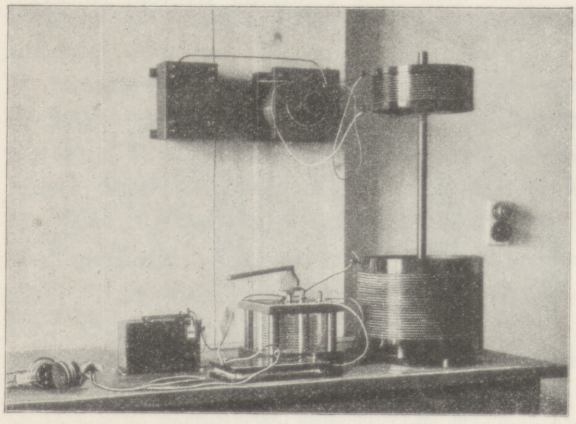


Fig. 185. V. Poulsens Modtagerapparat.

Muligheden for nøjagtigere Afstemning er langtfra den eneste Fordel, som frembydes af de udæmpede elektriske Svingninger i Lysbuetelegrafien. Da man ved denne i Stedet for Gnisttelegrafiens korte Bølgerækker kan anvende meget længere Bølgetog til Paavirkning af Modtagerstationen, kan man lade de enkelte Bølger være svagere og derfor nøjes med mindre Lufttraadsnet og mindre Spændinger i dem. Medens Gnisttelegrafi over lange Afstande kræver mægtige elektriske Spændinger, som kan bringe Traadene til at lyse i Mørke og ved Traadnettets Top give Gnister af en Fods Længde eller mere, kan Lufttraadene paa Poulsens Stationer kun give ganske korte Gnister, og de er derfor meget lettere at isolere. De opnaaede Resultater viser ogsaa, at det er muligt ved Lysbuesvingningerne at telegrafere paa lange Afstande ved forholdsvis smaa Midler; saaledes telegraferedes der i Begyndelsen af 1907 fra kun 100 Fod høje Master ved Lyngby over 1300 Kilometer til Englands Vestkyst. — Den allerstørste Fordel ved Poulsens System er maaske de langt bedre Betingelser, det frembyder for Hurtigtelegrafering. Ved Gnisttelegrafien er den hele til en

enkelt Gnist svarende Bølgerække den Ener, hvormed man maa regne; til et enkelt Telegraftegn kan ikke bruges mindre end én og i Praksis mindst 2 eller 3 og helst flere saadanne Bølgerækker, af hvilke der allerhøjst kan udsendes nogle faa hundrede i Sekundet. Ved Lysbuetelegrafien er det derimod den enkelte Bølge, der er Eneren, og da der udsendes nogle Hundredetusinde Bølger i Sekundet, kan man faa en Rigdom af Enkelttegn i denne Tid, selv om der anvendes Hundreder af Bølger til hvert.

Gennem en Aarrækkes ihærdigt Arbejde har V. Poulsen og hans Medarbejdere — Ingeniørerne P. O. Pedersen, J. H. og J. P. Christensen og C. Schou — udviklet de forskellige Muligheder og navnlig

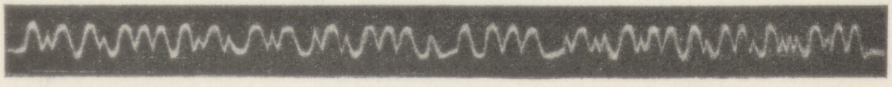


Fig. 186. Bølgeskriftstelegram sendt med en Hastighed af 100 Ord i Minuttet mellem Poulsens Stationer paa Irlands Vestkyst og i Lyngby.

naaet betydningsfulde Resultater med Hurtigtelegrafi, idet Telegrammet afsendes med en automatisk Transmitter, der optegner Telegrammet med Bølgeskrift (S. 160). Fig. 186 er en Gengivelse af et Stykke af et Telegram, der er sendt fra Poulsens Station ved Knockroe paa Irlands Vestkyst til Lyngby ved København (ca. 1500 Kilometer)

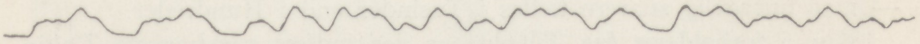


Fig. 187. Bølgeskriftstelegram sendt med en Hastighed af 100 Ord i Minuttet over en Kabelstrækning.

med en Hastighed svarende til ca. 100 Ord i Minuttet eller 30 Tegn (Prikker eller Streger) i Sekundet. En saadan Telegraferingshastighed over saa lang en Strækning maa det foreløbig anses for udelukket at opnaa ved Gnisttelegrafi (selv ved Anvendelsen af »tonende Gnister«). Poulsen har imidlertid telegraferet 3 Gange saa hurtigt fra Lyngby til Esbjerg, og hermed er den yderste Grænse for Hurtigheden ved hans System langtfra naaet. Bølgeskriften i Figuren staar saa klart og tydeligt, at enhver ved Anvendelsen af Alfabetet S. 143 let kan læse den, naar blot det nævnes, at en stor opadgaaende Bugt svarer til en Streg, en lille til en Prik, og en stor nedadgaaende til et Bogstavmellemrum (det bemærkes, at Telegrammet er engelsk). Skriftens Klarhed bliver særlig iøjnefaldende ved Sammenligning med Fig. 187, der viser et Stykke Bølgeskrift ved Traadtelegrafering med samme Hastighed, og det maa endda regnes for klar Skrift i Forhold til, hvad der ofte bydes Telegrafister. Denne store Forskel kan betragtes som

Udtryk for den Fordel, den traadløse Hurtigtelegrafi faar ved at være fri for Ledningens S. 159 omtalte hæmmende og udviskende Egenskaber, der særlig generer paa Kabellinjer, men dog ogsaa gør sig gældende paa lange Landlinjer.

Denne Fordel vilde i endnu højere Grad gøre sig gældende ved Telefonering over lange Havstrækninger. Saadan Telefonering kan nu udføres traadløst — ikke ved Gnistsvingninger, men vel ved de Poulsen'ske Svingninger; men dette omtales i næste Kapitel.

Navnlig de store gnisttelegrafiske Selskabers store Forspring i Konkurrencen har bevirket, at Lysbuetelegrafien endnu ikke er blevet prøvet over Atlanterhavet, og at den foreløbig ikke har vundet synderlig Indgang i det almindelige traadløse Telegrafsamkvem. Den har derimod fundet Anvendelse under særlige Forhold, saaledes i den tyske og østrigske Hærledelses Tjeneste, og flere Steder rundt om i Verden har man udført Forsøg med Poulsens Metode eller prøvet at efterligne og omdanne den. I Evropa er der foruden Stationerne i Lyngby, Esbjerg og Knockroe bl. a. opført en stor Station ved Eberswalde i Tyskland. Ogsaa i Amerika er der bygget flere Poulsen-Stationer, som det er Hensigten at anvende i det kommercielle Samkvem.

Traadløs Telegrafi eller »R a d i o t e l e g r a f i« (ɔ: Straaletelegrafi) i den ene eller anden Form har allerede nu faaet udstrakt Anvendelse over den hele Jord. Det samlede Antal Stationer — »Radiostationer« — maa antagelig snarere tælles i Tusinder end i Hundreder.

Kun i forholdsvis faa Tilfælde er der indført regelmæssig Radiotelegrafi mellem faste Stationer. Et Eksempel derpaa, nemlig Atlanterhavstelegrafien, er jo allerede nævnt; i de fleste andre Tilfælde har det været Vanskelighederne ved at nedlægge et Kabel, der har bevirket, at man har taget de elektriske Bølger til Budbringere; dette gælder f. Eks. om Forbindelsen Røst-Sørvaagen i den norske Skærgaard ved Lofoten. Mange Steder, bl. a. i Danmark ved Blaavandshuk, er Radiotelegrafien benyttet til at forbinde Fyrtaarne med forankrede Fyrskibe. Men i videst Omfang anvendes den dog som Forbindelsesmiddel mellem faste Stationer og sejlende Skibe eller mellem disse indbyrdes.

Her ligger Radiotelegrafiens rette Virkefelt. Ved den og kun ved den bliver det muligt, at Skibe, hvorsomhelst de befinder sig paa Jorden, selv under lange Rejser tværs over Verdenshavene eller til de øde Polarlande, stadig kan staa i Forbindelse med Omverdenen. Endnu er dette Maal vel ikke naaet, men man er dog kommet et godt Stykke frem mod det. I det nordlige Atlanterhav er der ikke noget Sted, hvor Skibe med Radiostationer om Bord ikke under gunstige Omstændig-

heder kan modtage Meddelelser direkte fra Land; ikke blot fra Marconis store Stationer i England og Amerika, men ogsaa fra andre Kæmpestationer, som Nauenstationen nær Berlin og Eifeltaarnstationen i Paris kan de elektriske Bølger naa til Skibe i flere tusind Kilometers Afstand. Og selv om et Skib ikke kan faa direkte Forbindelse med Landstationer, kan vigtige Meddelelser mellem Skibet og Landstationer befordres over andre Skibe.

Størst Værdi har det maaske, at et Skib, der kommer i Havsnød, ved Radiotelegrafi kan tilkalde Hjælp, som det allerede er sket mange

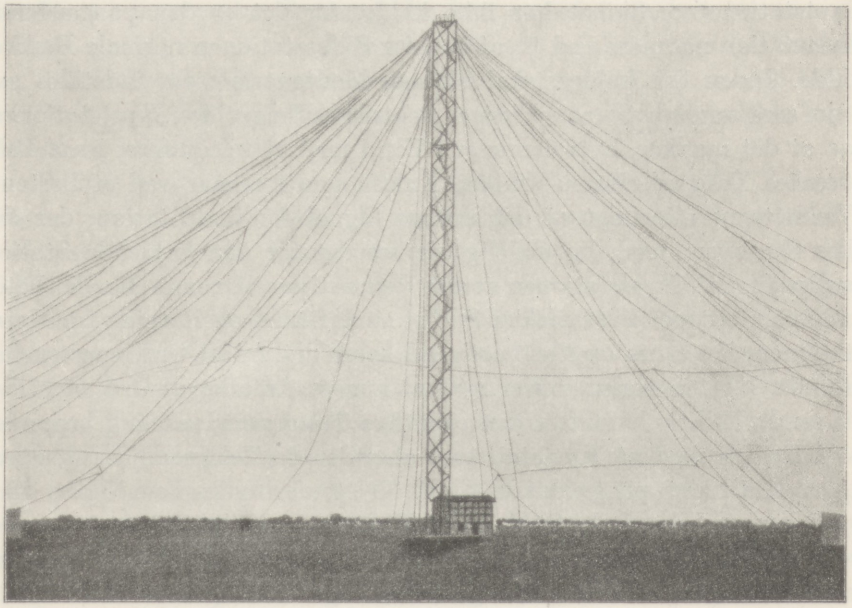


Fig. 188. Traadnettet ved Nauen-Stationen. Gittertaarnet i Midten er henimod 100 Meter højt.

Gange. Heldigvis er denne Anvendelse af den traadløse Telegrafi dog sjælden, og de elektriske Bølger kan benyttes til mange andre Formaal; Radiotelegrammer kan holde Rederiet i Viden om Skibets Fremgang, bringe Passagererne Bud om, hvad der sker i Verden, gøre det muligt for Forretningsfolk at træffe Dispositioner ude fra Skibet o. s. v.

For at muliggøre et saadant Telegrafsamkvem gennem det for alle fælles Lufthav, har det været nødvendigt at træffe internationale Aftaler, som begrænser den enkeltes Ret til at sende elektriske Bølger ud i Luften og fastsætter Regler for Radiostationernes Virksomhed. For det første er det bestemt, at alle Stationer, som oprettes, skal anmeldes til vedkommende Lands Regering, og at Kyststationerne

skal være forpligtede til at telegrafere med ethvert Skib, som søger Forbindelse med Stationen. Dernæst er man blevet enig om i Almindelighed til Telegrafering mellem Kyst- og Skibsstationer at anvende elektriske Svingninger med et Svingningstal af 1 eller ½ Million Svingninger i Sekundet, svarende til en Bølgelængde af henholdsvis 300 og 600 Meter. Større eller mindre Bølgelængder kan dog benyttes under særlige Forhold. Meget store Bølgelængder bruges navnlig ved Langtelegrafering; ved Telegrafering over Atlanterhavet anvender Marconi endog Bølgelængder over 3000 Meter. — For Telegrafsamkvemmet gælder den Hovedregel, at det er Skibsstationerne, der kalder paa Kyststationerne. Skibet bør ikke kalde, før det er den paagældende Kyststation nærmere end ¾ af den for Skibsstationen normale Rækkevidde. Inden der kaldes, skal Skibets Modtagerapparat indstilles saa nøje som muligt til at opfange elektriske Bølger fra Kyststationen, saa at det mærkes, hvis denne er i Færd med at telegrafere; i saa Fald afventes Telegraferingens Ophør. Kaldningen foregaar ved et bestemt »Vækketegn« efterfulgt af det særlige Signal for den Station, der ønskes Samkvem med, og endelig afgives det for den kaldende Station særlige Signal. Kyststationen svarer dernæst paa lignende Maade. Efter at have modtaget Svar melder Skibet sin Afstand og Retning fra Kyststationen, sin Kurs og Farthastighed samt det Antal Ord, som ønskes afsendt. Kyststationen svarer med at angive Antallet af Ord, som den vil sende Skibet, hvorefter den egentlige Telegramudveksling begynder — i Reglen med at Kyststationen afsender de Telegrammer, den har liggende til det paagældende Skib. Telegrafering mellem Skibe indbyrdes maa kun finde Sted, naar Kyststationer ikke forstyrres derved, og alle overflødige Signaler og Ord er forbudt. For Nødsignalet maa naturligvis al anden Telegrafering vige.

Ved det almindelige Telegrafsamkvem med Koffardiskibe opfanger disse kun Telegrafitegnene ved Telefon, men som før nævnt kan Radiotelegrammer ogsaa nedskrives direkte. Naar man anvender synkrone Bevægelser paa de korresponderende Stationer (se S. 164), bliver det ogsaa muligt at faa Telegrammerne trykt med Typer, dog kun under Forudsætning af, at Telegraferingen kan foregaa med tilstrækkelig Regelmæssighed og Hurtighed. En dansk Opfinder Hans Knudsen har konstrueret Apparater til Typetryktelegrafi, ja endog til Billedtelegrafi ved elektriske Bølger og forevist dem i Virksomhed i London. Større Betydning har dog sikkert et af den norske Marinekaptajn Hovland opfundet Typetrykapparat, som er prøvet ved traadløs Telegrafering mellem Melsomvik og Tjørnø. Det har den Ejendommelighed, at det let kan indrettes til hemmelig Korrespondance paa en saadan Maade,

at de ved elektriske Bølger udsendte Tegn er uforstaaelige for fremmede Stationer, skønt Telegrafisten paa Afsenderstationen nedtrykker de rette Taster, svarende til Bogstaverne i den oprindelige Skrivelse, og disse samme Bogstaver kommer frem i Modtagerapparatet. Ved en simpel Omstilling, som foregaar samtidig i Afsender- og Modtagerapparater, kan de til de elektriske Bogstaver svarende elektriske Tegn forandres naarsomhelst.

Særlige Anvendelser af de elektriske Bølger. Foruden til Udveksling af almindelige Meddelelser kan de elektriske Bølger ogsaa anvendes til flere andre Formaal. De kan saaledes træde i Meteorologiens Tjeneste; dette sker allerede i ikke helt ringe Omfang, og ved Indførelse af regelmæssige Vejrtelegrammer fra mange Steder i Atlanterhavet vil Vejrforudsigelserne for Vestevropa rimeligvis kunne forbedres meget.

Denne Anvendelse hører endnu helt ind under egentlig Telegrafi. Dette gælder kun til Dels om en Række foreslaaede Anvendelser af elektriske Bølger som Hjælpemidler ved Stedsbestemmelse til Søs. Hertil hører for det første Udsendelsen af et Verdenstidssignal, hvorefter Skibe rundt om paa vor Klode kan stille deres Kronometre nøjagtigt efter Greenwich Tid. Saadanne Tidsignaler har man allerede i alt Fald forsøgsvis begyndt at udsende hver Midnat dels fra Eifeltaarnets Station, dels fra den tyske Station ved Norderney. — Medens disse Tidssignaler kan have Betydning for Længdebestemmelsen ude paa Havene under lange Rejser, kan Orienteringen inde ved Kysterne tænkes lettet paa andre Maader. Man har bl. a. foreslaaet fra Fyrtaarne i Taage at udsende Signaler ved elektriske Bølger sam tidig med Lydsignaler; af Tidsforskellen mellem Ankomsten af de første Signaler, der gaar gennem Rummet med Lysets Fart, og de sidste kunde et Skib da beregne sin Afstand fra Fyrtaarnet. En anden Mulighed, som allerede er forsøgt med gunstigt Resultat, er Anvendelsen af Bellini-Tosi'ske Modtagerapparater (S. 219), som kan angive Retningen, hvorfra elektriske Bølger kommer; kan man paa denne Maade bestemme Retningen til to Landstationer, bliver det muligt at udregne Skibets Plads paa Søen.

Endnu længere fra Telegrafiens Omraade kommer vi i saadanne Tilfælde, hvor man ikke lader de elektriske Bølger afgive Signaler, men udføre anden Virksomhed, hvor man med andre Ord ikke lader dem sætte en Telefonplade i Svingning eller et Skriveapparat i Gang, men derimod virke paa Apparater eller Mekanismer af anden Art. I

Modsætning til Radiotelegrafien kalder man saadanne Anvendelser »R a d i o t e l e m e k a n i k«.

En ejendommelig Art af Radiotelemekanik er søgt indført i Praksis i Wien, hvor man har indrettet en Urcentral, som ved elektriske Bølger stiller Ure rundt om i Byen; Erfaringerne med et ret anseligt Forsøgsanlæg skal have været gunstige. — Mange Steder har man med mer eller mindre Held styret Baade uden Mandskab ved elektriske Bølger. Det gælder herved om at faa elektriske Bølger til at sætte et Styreapparat i Gang i venstre- eller højredrejende Retning efter Behag. Dette er i og for sig let nok, hvad enten man anvender Bølgetog

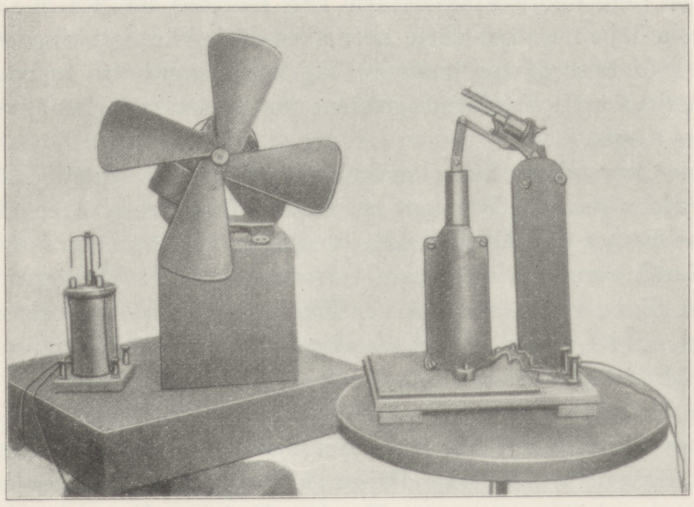


Fig. 189. Apparater som sættes i Virksomhed ved elektriske Bølger.

af forskellig Art som Impuls til de to forskellige Drejninger eller blot lader Impulserne komme paa forskellige Tidspunkter under synkrone Bevægelser af en Mekanisme i Baaden og en anden paa den Station, hvorfra Styringen foregaar. Men baade her, ved den traadløse Urregulering og ved anden Radiotelemekanik maa man tillige forhindre, at uvedkommende elektriske Bølger paavirker Mekanismerne. Bl. a. Branly har arbejdet paa Løsningen af denne og andre telemekaniske Opgaver. Fig. 189 viser nogle af hans Forsøgsapparater — en elektrisk Ventilator, der sættes i Gang ved elektriske Bølger, en Pistol, der affyres paa samme Maade. — Ved en Udstilling i Omaha i 1909 tændtes og slukkedes 4000 elektriske Lamper, ved at elektriske Bølger fra en Station i 8 Kilometers Afstand virkede paa en Strømafbryder. I Bøhmen har man ladet elektriske Bølger tænde en Sprængladning, hvorved 10 000 Kubikmeter Klippemasse løssprængtes

Selv ved de største af de her omtalte ydre Virkninger er det imidlertid kun et meget ringe Arbejde, de elektriske Bølger skal udrette; de har blot at fremkalde, afbryde eller forandre en svag elektrisk Strøm; denne kan saa f. Eks. slutte eller afbryde en stærkere Strøm, som atter kan sætte Maskinerier i Gang el. a.; men Arbejdskraften til de store Virkninger — Baadenes Fremdrift og Drejning, Lampernes Lysen, Klippens Sprængning o. s. v. — maa forud være til Stede paa Modtagerstedet, saa at de elektriske Bølger kun skal give »et lille Puf«, der sætter Virksomheden i Gang.

»Traadløs Kraftoverføring«, hvorved større Kraftmængder skulde føres fra Sted til Sted ved elektriske Bølger, er det derimod ikke muligt at iværksætte. Det er store Ting, om man fra et Traadnet kan faa et Par Hestekræfter sendt ud i Rummet i Form af elektriske Bølger, og kan saa blot f. Eks. en Milliontedel af denne Energi blive opfanget af Modtagerstationen og frembringe et synligt eller hørligt Signal eller give »et lille Puf« til en Mekanisme, sørger man ikke over de 999 999 Milliontedele, der er gaaet tabt. Men ved en Kraftoverføring, der skal være Mening i, gælder det netop om at faa Størstedelen af Energien overført; selv om man nu nok, som nævnt, kan bevirke, at Bølgerne udsendes bedre i én end i andre Retninger, er der dog ikke mindste Udsigt til, at det skal kunne lykkes at udsende en skarpt begrænset »Straale af elektrisk Kraft«, saaledes at Kraften kan gaa milelangt mod et bestemt Maal uden at tabe sig ud til Siderne, som den kan gøre, naar den sendes gennem Ledninger.

Nikola Tesla arbejdede i en Aarrække paa at virkeliggøre Tanken om traadløs Kraftoverføring paa en væsentlig anden Maade, idet han vilde benytte selve Jordkloden som Ledning mellem Afsender- og Modtagersted; men der er hidtil ikke kommet noget ud af hans Arbejde, og hans Planer kan næppe regnes for andet end geniale Fantasier.

XIV. TRAADLØS TELEFONI, BILLEDTELEGRAFI OG TELEGRAFONEN

Telefoni ved Lysstraaler og ved elektriske Bølger. — Billedtelegrafi. — Valdemar Poulsens Telegrafon.

I dette Kapitel er samlet forskellige Opfindelser, som hører ind under Telegrafiens og Telefoniens Omraade, men som ikke ret har kunnet passe ind i de foregaaende Kapitler. De har vel endnu ikke

faaet meget stor Anvendelse i Praksis, men de afgiver interessante Eksempler paa Elektricitetens Evne til at frembringe mærkelige Forvandlinger.

Telefoni ved Lysstraaler og ved elektriske Bølger. Allerede faa Aar efter at Graham Bell havde opfundet Telefonen, udtænkte han en Slags traadløs Telefoni, der grunder sig paa den Omstændighed, at Grundstoffet Selen's elektriske Ledningsevne vokser eller aftager, eftersom det belyses stærkere eller svagere. Hvorledes man kan benytte dette til at gøre hurtige Belysningsændringer hørlige, fremgaar af Fig. 190. Her er inde i et Hulspejl anbragt en »Selencelle«, bestaaende af to paa en Porcellænscylinder opviklede Metaltraade, hvis Mellemrum er udfyldt med Selen; Selencellen er indskudt i en Ledningskreds med et Batteri og to Telefoner. Dersom et Bundt Lysstraaler rettes mod Hulspejlet saaledes, at Spejlet samler Straalerne mod Selencellen, vil enhver hurtig Forandring af Bestraalingen frembringe en tilsvarende Forandring af Selenets Modstand og dermed af Strømstyrken, og herved fremkommer Lyd i Telefonen. Disse Lyde kan imidlertid blive Gengivelse af Tale, som føres mod et lille elastisk Spejl, hvorfra Lysstraalerne — der kan udgaa fra Solen eller fra en elektrisk Buelampe — sendes mod Hulspejlet; de Svingninger, hvori Talen sætter det lille Spejl, kan nemlig fremkalde Forandringer i Selenets Belysning i Takt med Talens Lydsvingninger.

Denne Bell'ske »Lystelefoni« med et svingende Spejl i Afsenderen var dog meget ufuldkommen. Tilfredsstillende Resultater har man først naaet i det ny Aarhundrede ved at benytte den af Tyskeren Simon opfundne »talende Buelampe« som Afsender.

Naar der ved den i Fig. 177 S. 213 viste Anordning opstaar elektriske Svingninger i en Lysbue, vil Luften om Buen udvide og sammentrække sig i Takt med de elektriske Svingninger, og dersom disses Svingningstal kun er nogle Hundrede eller Tusinde i Sekundet, som det var Tilfældet ved Duddells Forsøg, udgaar der fra Buen Lydbølger, og man hører en Tone, hvis Højde svarer til Svingningstallet. Indretter man det saaledes, at man ved Tryk paa forskellige Tangenter kan forandre Ladningsevnen af den i Svingningskredsen indskudte Kondensator (*K* Fig. 177) og dermed Tonhøjden, kan man paa denne Maade lade Buelampen »synge« en Melodi. Simon opdagede imidlertid, at man ogsaa kan bringe en Lysbue til at udsende Lydsvingninger ved den Fremgangsmaade, der er antydet i Fig. 191; her er *L* Lysbuen, som faar Strøm fra et Stærkstrømsanlæg, hvis Plus-

og Minusleder er betegnet ved + og ÷; *J* er en Induktionsrulle eller Transformator, hvis ene Sæt Vindinger er indskudt i en Strømkreds med et galvanisk Batteri *B* og en Mikrofon *M*. Synger eller taler man mod denne, opstaar der i Lysbuen elektriske Svingninger i Takt med Lydsvingningerne, og Lysbuen vil da gengive, hvad der siges til Mikrofonen. En Lysbue kan paa denne Maade bringes til at synge højt og tydeligt for en stor Forsamling.

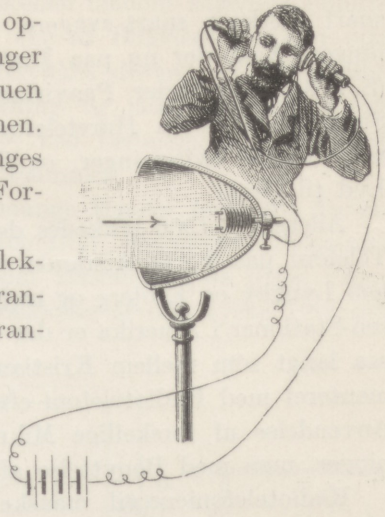


Fig. 190.
Bells Modtager for Lystelefoni.

I Takt med en talende Lysbues elektriske Svingninger og Lydsvingninger forandres dens Lysstyrke. Disse Lysstyrkeforandringer foregaar for hurtigt til, at de umiddelbart kan iagttages af Øjet; men de kan paavises ved særlige Midler, og de kan uden videre gøre Tjeneste ved Lystelefoni. Naar Lysbuen er anbragt i en Lyskaster, som ved Hulspejl eller Linse samler Lyset og sender det hen til Hulspejlet i en lystelefonisk Modtager som den, der er vist i Fig. 190, saa kan man her høre, hvad der siges til Lysbuen. Under gunstige Omstændigheder skal man paa denne Maade kunne telefonere et Par Mil eller mere.

Lystelefoni er imidlertid ligesom almindelig optisk Telegrafi (med Flagsignaler, Lyskastersignaler el. desl.) begrænset til saadanne Tilfælde, hvor der er fri Sigtelinje mellem Afsender og Modtager, og kan desuden hindres af Taage. Denne halvelektriske traadløse Telefoni kan derfor kun betragtes som en foreløbig Erstatning for traadløs Telefoni ved elektriske Bølger eller Radiotelefoni. En Telefoni af denne Art blev som nævnt S. 223 først mulig, efter at Valdemar Poulsen havde frembragt regelmæssige vedvarende elektriske Lysbuesvingninger med et Svingningstal af Hundredetusind eller mere i Sekundet.

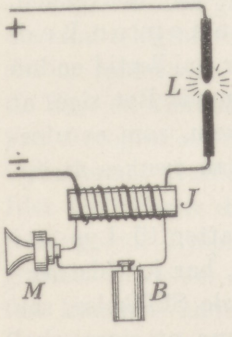


Fig. 191 Talende Buelampe.

Naar man til en Lysbue, der giver saadanne Svingninger, knytter en Mikrofon som vist i Fig. 191 eller paa anden lignende Maade, saa vil man ved at tale mod Mikrofonen forstærke eller svække Lysbuens elektriske Svingninger i Takt med Talens mange Gange langsommere Lyd-

svingninger. Talen bliver derved saa at sige indpræget i de elektriske Bølger, som udsendes fra det til Lysbueapparatet knyttede Lufttraadsnet; der udgaar fra Nettet et uafbrudt Bølgetog; men Bølgerne er snart stærkere, snart svagere, vekslende i Takt med Talens Lydsvingninger. Naar der nu paa Modtagerstationen findes en Termodetektor (S. 218), som under Paavirkning af de elektriske Bølger sender en Strøm gennem en Høretelefon, saa vil Strømstyrken veksle i Takt med Talens Svingninger, og Telefonens Plade vil gengive disse som Lyd til Øret.

Allerede i 1906 lykkedes det Valdemar Poulsen at udføre traadløs Telefoni paa korte Afstande. Senere har han telefoneret baade mellem Lyngby og Esbjerg og mellem Lyngby og Berlin; ja mellem Poulsen-Stationer i Amerika er der endog telefoneret 680 Kilometer, d. v. s. saa langt som mellem Kristiania og København. Mange har eksperimenteret med Radiotelefoni efter forskellige »Systemer«, d. v. s. under Anvendelse af forskellige Mikrofoner, Modtager- og Afsender-Anordninger, men med Benyttelse af Poulsen'ske Lysbuesvingninger.

Radiotelefonien vil maaske ikke blot kunne faa Betydning for Telefonering mellem Skibe, men ogsaa finde Anvendelse til Telefonering lange Strækninger over Havet, fordi lange Kabler svækker og udvisker Talen stærkt (S. 200). Derimod er det udelukket, at den kan konkurrere med Traadtelefonien i det almindelige Telefonsamkvem i en By el. desl., da Traadene her ikke blot skal muliggøre Lydoverføringen, men ogsaa lede Tale fra mange forskellige Mennesker hver til sit rette Maal.

Billedtelegrafi. Saa snart Menneskene havde lært at høre gennem en elektrisk Ledningstraad, meldte sig straks det Spørgsmaal, om man ikke ogsaa kunde lære den Kunst at *se gennem en Ledningstraad* (»*elektrisk Fjærnsyn*«). Vi er imidlertid endnu overmaade langt fra dette Maal, og man kan med en vis Ret sige, at den nævnte Kunst stiller Krav til den elektriske Strøm, som er uforenelige med dens Natur, saa at den i alt Fald kun kan tænkes at opfylde dem ad Omveje.

At faa Lys omsat til elektrisk Strøm og denne atter til Lys er i og for sig ikke svært; men hvad vi ser for vore Øjne, har jo Udstrækning i Rummet og vil i Reglen tillige bestandig veksle Skikkelse, saa at det i ethvert Nu er et nyt rumligt Billede, der saa at siges skal klemmes ind i Ledningstraaden, og vi kan ikke se nogensomhelst Mulighed for at »sammenklemme« Billedet i Traadens Tværsnit saaledes, at f. Eks. Elektricitetsbevægelsen i hvert Punkt af Tværsnittet svarede

til Lysstyrken af et bestemt af Billedets Punkter. Men dersom det Billede, der skal telegraferes, holder sig uforandret i nogen Tid, kunde vi gaa den Omvej at omsætte Rumforskellen mellem Billedets Punkter til Tidsforskel, d. v. s. telegrafere det ene af Billedets Punkter efter det andet — hvilket ogsaa kunde udtrykkes derved, at vi trækker Billedet ud efter Traadens Længderetning og lader det ene Punkt vandre efter det andet gennem den —; ved Ledningens anden Ende maatte Billedet saa atter bredes ud i Rummet.

Det her antydede Princip kan paa mange Maader bringes i Anvendelse overfor »døde Billeder« som Fotografier, Tegninger, Ætsninger m. m. udførte paa særlige Maader. Som Eksempel paa disse Fremgangsmaader skal her angives Hovedtrækkene af den tyske Professor

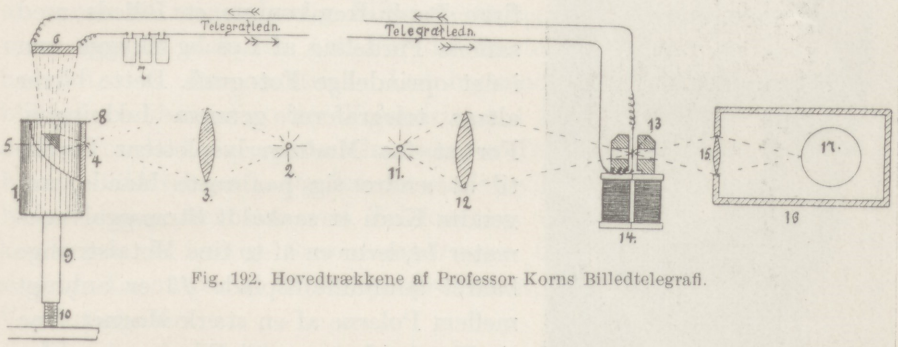


Fig. 192. Hovedtrækkene af Professor Korns Billedtelegrafi.

Korns »Telefotografi«, som er bragt i Anvendelse flere Steder, bl. a. mellem København og Stockholm (Dagbladene »Politiken« og »Dagens Nyheter«).

Fig. 192 kan give et Begreb om Korns Fremgangsmaade. Billedet, der skal telegraferes, er fotograferet paa en gennemsigtig Hinde (»Film«), der er foldet om den hule Glascylinder *1*. Straalerne fra en Lyskilde (f. Eks. en Nernstlampe) *2* samles ved Linsen *3* til en lille Lysplet *4* paa Fotografiet; Straalerne gaar gennem dette til et Glasprisme *5* i Cylinderens Hulhed. Prismet sender Lyset op paa en Selencelle *6*. Idet Cylinderen drejes rundt og samtidig skrues frem i sin Længderetning, vil Lyspletten efterhaanden træffe ethvert Punkt af Fotografiet. Eftersom et mer eller mindre gennemsigtigt Sted af Fotografiet kommer under Lyspletten, vil Selencellen faa mer eller mindre Lys og derved blive mer eller mindre elektricitetsledende, og idet den som vist i Figuren er forbundet med et Batteri *7* og Telegrafledningen, vil Styrken af Strømmen i denne voksc eller aftage, eftersom der kommer lysere eller mørkere Steder af Fotografiet til *4*. Billedet er

saaledes forvandlet til elektrisk Strøm af vekslende Styrke, og denne skulde nu atter forvandles til et Billede.

I dette Øjemed er der i en Kasse *16* paa Modtagerstationen anbragt en fotografisk Film udenom en Cylinder *17*, som bevæges paa samme Maade som Afsendercylinderen under en lille Lysplet, frembragt af Lampen *11* og Linserne *12* og *15*, og der er sørget for, at Cylindrene bevæger sig synkront, d. v. s. saaledes, at de to Lyspletter til enhver Tid befinder sig paa tilsvarende Steder af de to Cylindre. Naar man nu indretter det saaledes, at Lysstyrken af Modtagerapparatets Lysplet vokser eller aftager, eftersom Telegrafstrømmen vokser eller aftager, vil der paa det fotografiske Papir fremkomme et Billede med samme Fordeling af Lys og Skygge som i det oprindelige Fotografi. Dette bliver altsaa telegraferet gennem Ledningen. For at faa Modtagerlysplettens Styrke til at ændre sig paa rette Maade, anvendte Korn et saakaldt Strænggalvanometer *14*, hvor en af to fine Metalstrænge baaret Aluminiumsplade *13* er anbragt mellem Polerne af en stærk Magnet. Paa sin Vej fra Lampen til Filmen maa Lysstraalerne passere gennem Galvanometret; gaar der ingen Strøm gennem dette, vil Aluminiumspladen helt spærre Straalerne Vejen; men naar Telegrafstrømmen ledes gennem Strængene, paavirkes disse saaledes af Magnetkraften, at Pladen trækkes mer eller mindre til Side og derfor lader mer eller mindre Lys slippe igennem, eftersom Strømmen er stærkere eller svagere.



Fig. 193. Fotografi af Professor Korn, fotograferet fra Stockholm til København.

Tænker vi os, at saadan Fjærnfotografi kunde udføres saa hurtigt, at et helt Fotografi kunde telegraferes i $^1/_{10}$ à $^1/_{20}$ Sekund, var det ikke svært til Dels at virkeliggøre elektrisk Fjærnsyn. Af den Person eller Scene, som skulde ses paa Afstand, kunde der nemlig tages en Række Fotografier saa hurtigt, som det plejer at ske ved Optagelser til »levende Billeder«; disse Fotografier kunde, efterhaanden som de fremkom, telegraferes gennem en Ledning og fremføres paa Modtagerstationen ligesom levende Billeder i Biografteatre. Herved vilde dog indtræde saa megen Forsinkelse, at Personernes telefonisk overførte Tale

vilde komme før de tilsvarende Bevægelser; men maaske kunde man undgaa Fotograferingen, idet man f. Eks. lod den foranderlige Lysplet i Modtagerapparatet umiddelbart fare henover den Flade, hvorpaa de levende Billeder skulde vise sig; naar Pletten var tilstrækkelig lysstærk og løb en halv Snes Gange i Sekundet hen over hvert af Fladens Punkter, vilde Billederne rimeligvis træde frem for Øjet, skønt Lyspletten kun er et Sted ad Gangen, idet det gaar ligesom, naar man svinger en Glød og da ser en Lyskreds i Stedet for Glødens enkelte Stillinger.

Den Hurtighed i Billedoverføringen, som udkræves til Virkeliggørelse heraf, er imidlertid nogle tusind Gange saa stor som den, Korn opnaar. Fotografiet Fig. 193 er overført i Løbet af en halv Snes Minutter, og stort mere end til det halve kan Tiden ikke nedsættes, naar et Portræt skal gengives nogenlunde tydeligt. Vanskelighederne ved at opnaa en meget hurtig Billedoverføring er ikke blot af mekanisk, men ogsaa af elektrisk Art. For det første har Selenet en vis »Træghed«, d. v. s. dets elektriske Ledningsmodstand retter sig ikke øjeblikkelig fuldstændig efter Forandringer i Belysningen; det er navnlig denne Træghed, der sætter Grænsen for Telegraferingshastigheden ved Korns Billedtelegrafi. Og for det andet vil en lang Ledning, især en Kabelledning, her som ved Telefonering virke svækkende og udviskende paa de hurtige Strømforandringer. Opfindere, der har udtænkt sindrige Løsninger af »Fjærnsynsproblemet, har ofte helt overset disse Vanskeligheder.

Man kunde maaske nok omgaa dem, i alt Fald i Teorien. Ledningens Træghed kom man over ved at anvende elektriske Bølger til Overføringen. Og den skadelige Indflydelse af Selenets Træghed kunde man faa Bugt med ved i Stedet for én Selencelle, som efterhaanden skulde udsættes for Lyset fra alle Billedets Dele, at anvende et meget stort Antal Selenceller, svarende til hver sin lille Del af Billedet. Alle disse Selenceller kunde samles i en Flade, hvorpaa der dannedes et Lysbillede af den Genstand eller Scene, som skulde ses i det fjærne; hver enkelt Celles Ledningsmodstand skulde da kun forandre sig i Takt med de ved Genstandens Bevægelser fremkaldte Belysningsforandringer. Naar der nu tillige fra hver Celle førte én Ledning til hver sit Apparat paa Modtagerstationen, vilde det være en forholdsvis let Opgave her at faa alle Apparaterne tilsammen til at danne et »levende« Billede af Genstanden; men en saadan Ordning med en Ledning for hvert Billedpunkt kan ikke regnes for en Løsning af Opgaven. Skulde der være Mening i Sagen, maatte man indføre en Mekanisme, som kunde sætte alle Selencellerne, den ene efter den anden, i Forbindelse med én Ledning (eller med et Afsenderapparat for elektriske Bølger)

til Modtagerstedet, hvor saa atter en Mekanisme, der bevægede sig synkront med den første, maatte fordele Impulserne fra de enkelte Celler til alle de tilsvarende Apparater. Antager vi, at Billedet var inddelt i 10 000 Felter med hver sin Selencelle — selv et til enkelt Ansigt kunde man ikke godt nøjes med mindre — saa maatte Mekanismerne for at virkeliggøre Fjærnsyn udføre de 10 000 Ledningsskifter i $^1/_{10}$ Sekund. Det er aabenbart overmaade store Krav at stille til Mekanismer, og selv om man ikke tør kalde det umuligt, at denne og Sagens andre Vanskeligheder med Tiden kan overvindes, er det dog indlysende, at Fjærnsyn kun kan virkeliggøres med Apparater, der er mange Gange mere indviklede — og derfor kostbare — end Mikrofon og Telefon, der løser det i Følge Sagens Natur mange Gange simplere Fjærnhøre-Problem. Men hvor ringe end Udsigterne er til en teknisk udførlig og end mere en økonomisk antagelig Løsning af Opgaven, øver den dog stadig en mægtig Tiltrækning paa Opfindere; ja, nogle viger ikke tilbage for at gøre Sagen endnu mere indviklet ved ogsaa at søge de naturlige Farver overført, hvortil det udkræves, at der af hver Lysplet paa Afsenderstationen dannes et Spektrum, hvis Farver afsendes den ene efter den anden, og at ligeledes Lyset fra Modtagerapparatets Lysgiver opløses i Farver, hvoraf de rette udvælges af Mekanismer, der løber synkront med Afsenderens.

Valdemar Poulsens Telegrafon. Telefonen har gjort det muligt at sende Talen 100 Mil i et Nu; omsat til elektriske Svingninger iler den gennem en Ledningstraad en Million Gange saa hurtigt som, naar den føres ved Lydbølger gennem Luften. Men at standse Talen i Flugten, holde den fast og gemme den hen, til det passer os, det kunde Graham Bells Opfindelse ikke hjælpe os til. Derimod løste Edison denne Opgave, idet han opfandt F o n o g r a f e n, ved hvilken en af Lydbølgerne bevæget elastisk Plade med en lille Mejsel præger Talen ind i en Cylinder eller Plade af Voks eller andre Stoffer og senere frembringer Talen paany, naar Cylinderen med de indskaarne Mærker glider hen under Mejslen og derved tvinger Pladen i de samme Svingninger som før. Der er imidlertid en iøjnefaldende Forskel mellem Fonografens grove mekaniske og Telefonens fine elektriske Virkemidler, og tidlig maatte det Spørgsmaal opstaa, om det ikke skulde være muligt at tilvejebringe en elektrisk Fonograf af en eller anden Art; men der gik mer end en Snes Aar efter Edisons Opfindelse af den mekaniske Fonograf (1877), inden dette Maal blev naaet. Først i 1899 fremkom der Meddelelse om, at Opgaven var løst af den da ubekendte danske Ingeniør Valdemar Poulsen, og ikke mindst paa Grund af Løsningens

forbløffende Simpelhed vakte hans elektromagnetiske Fonograf eller Telegrafonen, som han kaldte den, stor Opmærksomhed rundt om i Verden.

Princippet for Telegrafonen kan oplyses ved de faa Linjer i Fig. 194. Som man vil se, er denne paa det nærmeste en Gentagelse af den Tegning, der fremstillede Telefonprincippet (Fig. 136 S. 171). Ligesom i denne forestiller c en elastisk Jærnplade, som, naar man taler imod den, tvinges til at svinge mod og fra Magneten a, og derved i Traadrullen b's Vindinger fremkalder Strømsvingninger, som forplanter sig til Traadrullen b_1 og forstærker eller svækker Magneten a_1's Magnetisme i Takt med Talens Lydsvingninger. Men c_1 er her ikke en fast elastisk Jærnplade, der sættes i Svingninger af Magneten, men derimod et Staalbaand eller en Staaltraad, der trækkes ret hurtigt forbi Magnetpolen, som antydet ved Pilen paa Tegningen. Staalbaandet vil da blive magnetiseret paa tværs, d. v. s. Magnetpolen vil, hvis det er en Nordpol, gøre Baandet »sydmagnetisk« paa den mod Polen vendende Side, nordmagnetisk paa den anden; men da man ved at tale mod Jærnpladen c som angivet afvekslende forstærker og svækker Magnetens Styrke, vil Magnetismen i det forbiglidende Staalbaand faa forskellig Styrke paa forskellige Steder, og ved denne Ujævnhed i Magnetismens Fordeling er Talen saa at sige præget i Staalbaandet med usynlig magnetisk Skrift. Fører man senere atter Staalbaandet forbi Magneten i samme Retning og med samme Fart, som da det fik sin magnetiske Skrift, vil det hele gentages i omvendt Orden. Baandets Magnetisme genvækker de forrige magnetiske Svingninger i Magneten a_1 og de tilsvarende elektriske Svingninger i dens Traadvindinger føres fra Telegrafonen T_1 gennem Ledningen til Telefonen T, hvor de atter forvandles til Lydsvingninger, saa at et Øre ved c hører den oprindelige Tale.

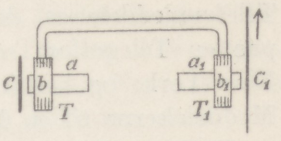


Fig. 194.
Princippet for Telegrafonen.

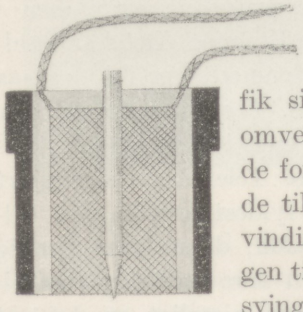


Fig. 195. Gennemsnit af en Elektromagnet til en Telegrafon (Korrespondanceapparat).

Dette er Grundtanken i Poulsens Opfindelse, men i Praksis bruger man naturligvis en anden Ordning end vist i Fig. 194. Til at indpræge Talen i Staalbaandet eller Staal, traaden og atter uddrage den deraf benytter man ikke en Staalmagnet, men en Elektromagnet (eller to) dannet af en tynd Jærnkærne inde i et tykt Lag af Kobbertraadsvindinger (som antydet i Fig. 195). Endvidere er den Telefon, fra hvilken man sender Talen gennem Ledning-

gerne til Telegrafonen, ikke en Bell'sk Telefon, men som sædvanlig ved Telefonering en Mikrofon; naar Talen skal afhøres, indskydes saa i Ledningen i Stedet for denne Taletelefon en Bell'sk Høretelefon. Taletelefonen kan godt være mange Mile fra Telegrafonen; f. Eks. er Telefonmeddelelser, der udsendtes fra Washington, blevet nedskrevet paa en Telegrafon, som befandt sig henved 300 Kilometer derfra i New York, og her kunde Telegrafonen fuldstændig tydeligt gengive Meddelelserne til en Høretelefon.

Poulsens elektromagnetiske Fonograf kan med andre Ord i Modsætning til Edisons mekaniske træde i nøje Forbindelse med Telefonen. Tillige har Telegrafonen den store Fordel, at man let og hurtigt kan faa dens magnetiske Skrift slettet ud, idet man blot behøver at lade Staalet glide tæt forbi en nogenlunde kraftig Elektromagnet, som magnetiserer det kraftigt overalt.

Telegrafonen kan imidlertid ikke raabe højt, og den har derfor ikke kunnet træde i Konkurrence med Fonografen i dennes vigtigste Virksomhed som Foredrager af Sang og Musik for Familier eller Forsamlinger. Muligvis vil Browns Relæ (S. 202) eller andre Telefonrelæer kunne raade Bod paa denne Mangel; men foreløbig har Telegrafonen maattet søge andre Virkefelter.

Hvad der laa nærmest for, var at lade den gøre Tjeneste som Modtager af Telefonmeddelelser, enten naar der ingen var ved Telefonen, eller naar en Telefonaftale ønskedes retsligt fastholdt; en Mand kunde ikke godt gaa fra sine Ord, naar Telegrafonen havde dem i Gemme og kunde gentage dem med hans egen Stemme. Det har imidlertid vist sig, at Trangen til en saadan Telefonmodtager ikke er saa stor, som man maaske straks vilde formode. I enhver nogenlunde stor Forretning er der altid nogen ved Telefonen i den Tid, da Opringninger kan ventes, og ønsker man vigtige Telefonsamtaler gjort vidnefast, kan man opnaa det nogenlunde fyldestgørende paa billigere Maade end ved at anskaffe en Telegrafon; denne maa nemlig blive et ret kostbart Apparat, bl. a. fordi den maa indrettes forskelligt efter forskellige Byers Telefonsystem. Mere rimeligt er det, at Telegrafonen kan vinde vid Udbredelse som Diktatmodtager eller »Stenograf«. Ved en international Materialprøvekongres i København 1909 løste Telegrafonen den vanskelige Opgave at »nedskrive« de mange Taler paa forskellige Sprog.

Fig. 196 viser en Telegrafon af nyere Konstruktion. Naar den er i Virksomhed, drejer en lille Elektromotor to Valser saaledes, at den »talende Staaltraad« føres fra Valsen til venstre over til den anden Valse mellem to Par smaa Elektromagneter; disse er anbragt paa

en Opstander, som vugger langsomt frem og tilbage paa tværs af Traadens Bevægelsesretning og sørger for, at Traaden spoles jævnt paa. Elektromagneternes Jærnkærner er tynde Pinde, som i Enden har et lille Hak, saa at de kan fatte noget om Traaden; de to Jærnkærner i samme Magnetpar fatter om Traaden fra modsatte Sider, men de sidder lidt skævt for hinanden, saa at Traaden ikke magnetiseres nøjagtigt paa tværs, men en Smule skraat. — Naar Traaden skal optage Tale, føres »Talestrømmen« fra den Mikrofon, mod hvil-

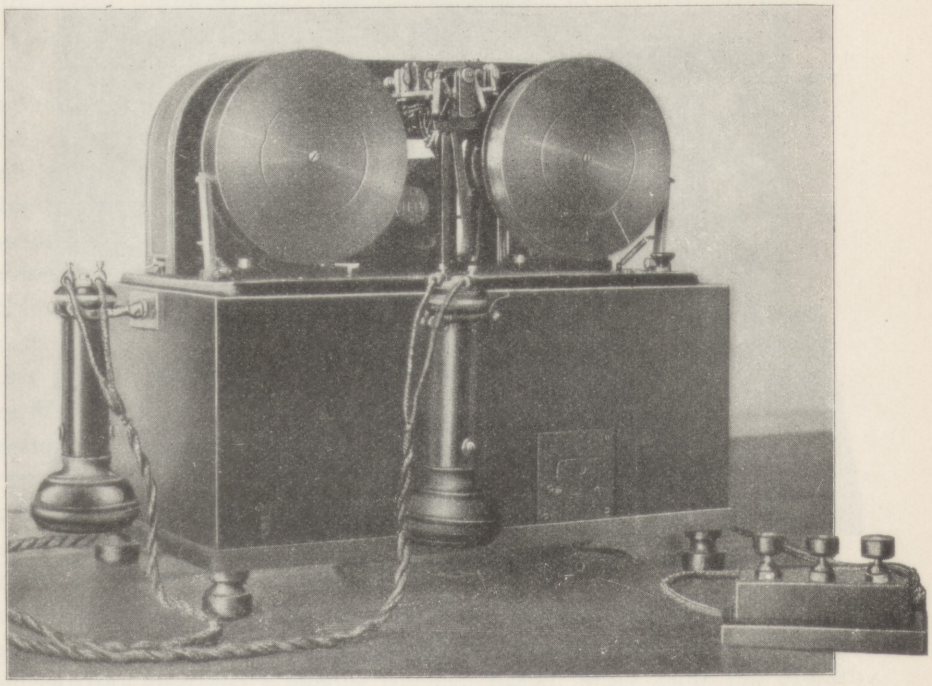


Fig. 196. Telegrafon.

ken der tales, til det sidste Elektromagnetpar, medens det, som Traaden først passerer, faar Strøm fra et Batteri af et Par Tørelementer og derfor udvisker, hvad der findes i Traaden af tidligere Tale, saa at Traaden kommer »ren« til det andet Par; forøvrigt sendes der ogsaa Batteristrøm gennem et særligt Sæt Vindinger i »Talemagneterne« paa en saadan Maade, at disse vil svække den af »Viskemagneterne« fremkaldte stærke Magnetisme i Staaltraaden; herved bliver denne mere modtagelig for Talestrømmens samtidige Indvirkning. — Naar man afhører den i Traaden nedlagte Tale, staar de tidligere Talemagneter i Forbindelse med en Høretelefon eller hellere to, én for hvert Øre, og Apparatet faar ingen Batteristrøm; men det

maa tillige erindres, at man mellem enhver Nedlægning eller Afhøhøring af Tale og en ny Afhøring af den samme Tale maa lade det paagældende Traadstykke løbe tilbage paa den venstre Valse, for at det derefter under Afhøringen kan løbe frem i den rigtige Retning. Elektromotorernes Standsning eller Igangsætning i den ene eller den anden Retning kan fremkaldes næsten øjeblikkelig ved Tryk paa forskellige Knapper.

Den i Fig. 196 viste Telegrafon er bestemt til Telefonmodtager. En Diktattelegrafon er dog indrettet paa det nærmeste paa samme Maade. Den kan godt staa i et andet Værelse end det, hvori den dikterende sidder. Foran ham staar en Viserindretning, hvis Viser bevæger sig samtidig med Telegrafonen og stadig holder ham underrettet om, hvor megen Traad der er brugt; desuden underrettes han ved et Klokkesignal om, at Staaltraaden er ved at løbe ud. Er dette sket, ringer han til en af Kontorpersonalet, der saa har at aftage Valserne med den sidst »beskrevne« eller rettere »betalte« Staaltraad og i Stedet indsætte andre Valser, der tidligere er afskrevet.

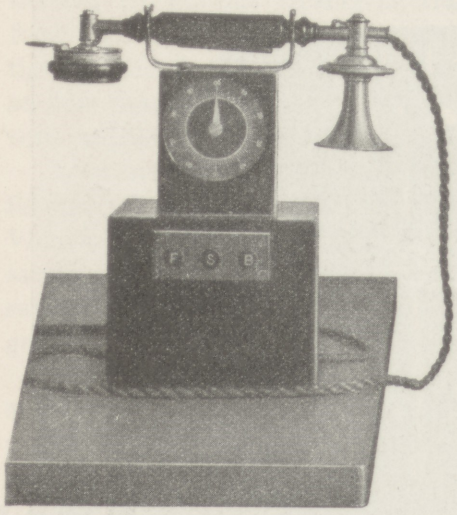


Fig. 197. Kontrolapparat hos den dikterende.

Den dikterende kan naturligvis til enhver Tid lade Staaltraaden gentage, hvad han har sagt den, og det er en let Sag at udviske og omdiktere det sidst sagte; ogsaa længere tilbage i Diktatet kan der udføres Rettelser, som dog ikke godt kan være Udvidelser, med mindre man med passende Mellemrum, f. Eks. efter hvert Punktum, har ladet et Stykke Staaltraad staa tomt — svarende til Marginen i et Manuskript. Ved langsom uafbrudt Tale kan der i de 10 Minutter, Staaltraaden er om at løbe ud, dikteres noget som 4 Sider i denne Bog, skønt hver af Bogens Linjer ved denne Dikterehurtighed vilde fylde over en halv Snes Meter af Traaden. Ganske vist vil selv en Mand, der er meget øvet i at diktere, næppe kunne undgaa Standsninger; men da man ved Trykknapper kan igangsætte eller standse Telegrafonen efter Behag, behøver den ikke at løbe til Unytte. — Afskrivningen foregaar ved det i Fig. 198 viste Bord med en Skrivemaskine og en Telegrafon, hvori Valserne med Diktaten anbringes.

Under Bordet er anbragt to Pedaler, ved hvilke Apparatet kan sætte i Gang eller standses; den afskrivende, der sidder med Høretelefoner befæstede paa Hovedet, behøver saaledes kun at »træde Telegrafonen paa Tærne« for at faa den til at tale eller tie, hvad der er meget bekvemt og muliggør uafbrudt Afskrivning; ønskes et Stykke gen-

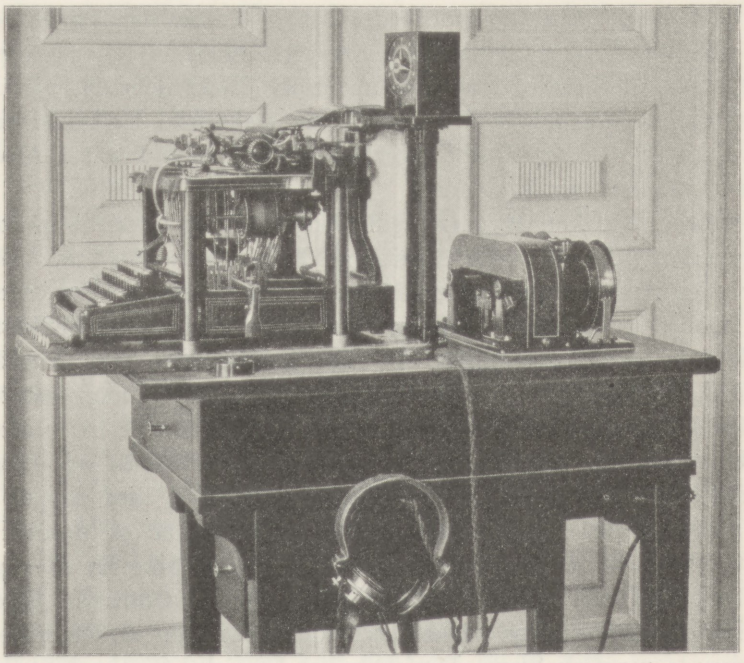


Fig. 198. Afskriveapparat.

taget, anvendes først en særlig Tilbageløbstrykknap og dernæst Fremløbspedalen.

Foruden de her omtalte Telegrafontyper er der ogsaa konstrueret saakaldte Korrespondanceapparater, hvor »Talen nedskrives« paa en rund Staalplade ligesom paa Pladen i Grammofoner. En saadan beskreven Staalplade kan sendes med Posten, og Modtageren kan ved et Apparat af samme Bygning »læse« dette »talende Brev«.

XV. ELEKTRICITETEN OG LÆGEKUNSTEN.

Indledning. — Forskellige Behandlingsmaader og Instrumenter. — Røntgenstraaler.

Indledning. Paa mangfoldige Maader har Lægekunsten taget Elektriciteten i sin Tjeneste og derved faaet en Række nye værdifulde Vaaben i Kampen mod Sygdom og Smerte. Inden vi tager fat paa det Spørgsmaal, hvorledes Lægerne anvender Elektriciteten, vil vi imidlertid opholde os lidt ved de saakaldte elektriske Helbredelsesmidler, som ikke er anerkendt af Lægevidenskaben, men bragt i Anvendelse gennem Avisreklamer o. desl.

I vore Dage kan Hugormefedt, Englefedt og lignende gammeldags Lægemidler ikke ret finde Afsætning. Heller ikke kan man bilde Folk ind, at en Amulet med hemmelige Skrifttegn beskytter den, som bærer den, mod Sygdom. Det er trængt ind i den almindelige Bevidsthed, at saadant er gammel Overtro, der ikke kan forliges med Nutidens Videnskab, og Respekten for denne er saa udbredt, at man bedst skaffer et Humbugsmiddel Indgang ved at lade det fremtræde i en videnskabelig Udstaffering. Navnlig er Betegnelserne »elektrisk« og »magnetisk« fortræffelige som Pynt for værdiløse Lægemidler, idet de paa samme Tid tilfredsstiller Folks Trang til Videnskabelighed og deres Hang til Mysticisme; thi medens de elektriske og magnetiske Kræfter paa den ene Side fuldt ud hører ind under Videnskabens Omraade, giver deres skjulte og forunderlige Virkemaade dem paa den anden Side et tiltrækkende mystisk Skær. Derfor har galvaniske Gigtkæder eller Gigtringe, elektriske Bælter, Voltakors, elektromotoriske Tandhalsbaand o. s. v. altid haft let ved at vinde en stor Kundekreds.

Man kan dog ikke ubetinget betegne alle disse Midler som Humbugsmidler; ved nogle af dem kan der virkelig tilvejebringes ret betydelige elektriske Strømme gennem Legemet. Dette gælder saaledes om de gamle galvaniske Kæder, f. Eks. de berømte Goldbergske, der, om man tør tro en gammel Vise, var saa livsvækkende, at man ikke kunde slippe af med Livet ved at hænge sig i en saadan Kæde. Nogle af disse Kæder bestod af en Række Træklodser el. desl., indbyrdes forbundne ved parvis sammenloddede Zink- og Kobberstrimler; naar Træet blev gennemvædet med Eddike, dannede en Træklods med tilstødende Zink ved den ene, Kobber ved den anden Side et galvanisk Element af Volta-Typen (S. 46 Bd. I), og den hele Kæde, der ofte var flere Alen lang, udgjorde et galvanisk Batteri (»Voltasøjle«) med talrige Elementer og derfor saa høj Spænding, at den kunde give følelige elek-

triske Stød, naar Endepladerne, befugtede med Eddike, lagdes mod hver sit Sted af Legemet. Men det kunde vanskelig undgaas, at Kæden enten var saa fugtig, at de enkelte Elementer »kortsluttedes« af Væske, eller saa tør, at Ledningsmodstanden i Søjlen og i Huden ved Berøringsstederne blev uhyre stor, og Strømmen derfor forsvindende ringe. Noget lignende gælder om nyere »elektriske Bandager« efter samme Grundprincipper. Men selv naar saadanne Indretninger virkelig sender en ikke ubetydelig Strøm gennem Legemet, er det ikke derfor givet, at de gavner mod de Sygdomme, som nævnes i Reklamer for dem; at nogle Patienter erklærer, at Midlet har hjulpet dem, beviser ikke stort; thi naar Tusinder af Patienter benytter et Middel, vil der naturligvis altid findes nogle, hos hvilke en Bedring af deres Tilstand tilfældigvis er truffet sammen med Midlets Anvendelse, og desuden kan alene Troen paa Midlets Værdi i mangfoldige Tilfælde frembringe forbavsende Virkninger. Man ser da ogsaa, at det er en let Sag at fremskaffe glimrende Patientanbefalinger, selv for saadanne »elektriske« Midler, hvis »elektriserende« Virkning paa Legemet maa sammenlignes med de berusende Virkninger, man udsætter sig for ved at lugte til en Ølflaske eller ved at drikke Vand af en Flaske med paaklistret Brændevinsetikette.

For nogle Aar siden vandt saaledes »Voltakorset« en enestaaende Udbredelse. Det var en Amulet, som skulde bæres skjult paa Legemet som Middelalderens Amuletter, og den havde Krav paa at kaldes en elektrisk Amulet, idet den bestod af en Zinkplade og en Kobberplade med mellemliggende fugtig Tøjskive og saaledes dannede et lille galvanisk Element. Men kun den ene Plade rørte ved Legemet, og man havde end ikke gjort sig den Ulejlighed at forsøge paa at slutte Strømmen og sende den gennem Legemet. Det behøvedes heller ikke, thi Vidnesbyrd i Hundredevis strømmede ind fra taknemlige Patienter, som ved de smaa Blikstykker var blevet befriet fra alle Slags Lidelser.

Endnu dristigere er al overflødig elektrisk Ballast kastet over Bord ved de meget amindeligt anvendte »elektromotoriske Tandhalsbaand«, som ud over Navnebetegnelsen paa Indpakningen intet har at gøre med Elektriciteten, men ikke desmindre giver saadanne dejlige Tænder, eller i alt Fald gør deres Frembrud lettere. Det kan let godtgøres ved talrige Vidnesbyrd, at Børn om Morgenen har ligget feberhede og skrigende af »Ondt for Tænder«, men saa fik det elektromotoriske Baand om Halsen og derefter inden Aften laa glade og smilende med en lille hvid Tand tittende frem af Tandkødet. Dersom man, for at finde den skjulte Kilde til de elektriske Kræfter,

der udretter saadanne Vidundere, er saa respektløs at opsprætte Halsbaandet, finder man indenfor dets Fløjelshylster 3 smalle Bændler med et gulligt Stof (væsentlig Svovlpulver) paa den ene Side.

Til Lettelse for Tændernes Fremkomst anvendes ogsaa ofte Ravhalsbaand, vistnok ud fra en uklar Forestilling om, at Rav skulde være et særlig elektrisk Stof. Endvidere findes der »elektriske Tanddraaber« saa vel som anden elektrisk Medicin, f. Eks. rød, grøn eller blaa Elektricitet, som faas paa Flasker. — For den, der tager til Valgsprog: »Verden vil bedrages, altsaa bør den bedrages«, er der sikkert fremdeles et vidt Virkefelt paa de her omhandlede Omraader.

Ogsaa Navnet Magnetisme er benyttet til Dække for humbugsagtig Lægekunst, tilmed paa en langt mere storstilet Maade end Navnet Elektricitet. »Magnetisører«, der helbredte ved magnetiske Strygninger, magnetiseret Vand o. s. v., har til Tider vakt uhyre Opsigt ved deres Vidunderkure; men den meget omtalte »dyriske Magnetisme«, som kaldtes i Virksomhed ved disse Kure, har slet ikke noget at gøre med det, som Videnskaben kalder Magnetisme; forsaavidt den ikke blot er et Fantasifoster, hører den ind under Hypnotisme o. desl. Der er derfor ikke Grund til her at gaa ind paa denne Sag.

Forskellige Behandlingsmaader og Instrumenter. Det er S. 38 Bd. I omtalt, at Gnidningselektricitet frembragt ved Elektrisermaskiner allerede i det 18. Aarhundrede blev taget i Lægekunstens Tjeneste. Ogsaa i vore Dage anvender mange Læger elektrisk Behandling ved Elektrisermaskiner, den saakaldte »Franklinisation«, men herved benyttes dog i Stedet for Gnidningsmaskiner de saakaldte Fordelingsmaskiner, der kan give meget kraftigere Virkninger. Da disse Maskiner ikke er omtalt tidligere i Bogen, skal her i Tilslutning til Fig. 199 gives en Beskrivelse af en af disse.

To Skiver af Glas eller Ebonit kan ved et Haandsving og to Snorløb bringes til at løbe rundt i modsat Retning om samme Akse. Foran den paa Billedet synlige Skive ses bl. a. en skraatstillet Metalstang, hvis Ender er bøjet ind mod Skiven og forsynet med Metaltraadspensler; disse slæber under Skivens Omdrejning mod korte Metalbladsstrimler, de saakaldte Sektorer, der er klæbet paa Skiven i en Krans nær Randen. Holder man en gneden Glasstang eller en anden positiv elektrisk Genstand i Nærheden af den nederste Metalkost (forneden til højre), vil der i Metalstangen opstaa en elektrisk Fordeling (se S. 35 Bd. I), saaledes at den nævnte Metalpensel bliver

negativ, den anden (foroven til venstre) positiv elektrisk. Fra den sidstnævnte Kost fører Sektorerne da, idet Skiven drejes i Urviseres Drejningsretning, positiv Elektricitet hen til en Metalgaffel, der længst til højre griber om begge Skiver og vender Spidser ind mod dem; den positive Elektricitet gaar da gennem Spidserne over i Gaflen. Fra denne kan Elektriciteten ved den paa Billedet viste Ordning gaa over til en tilsvarende Metalgaffel til venstre gennem to kvartcirkelbøjede Metalstænger, der berører hinanden med to Metalkugler; disse kan imidlertid skilles ad, idet Stængerne drejes ved Hjælp af isolerende Haandtag, og Elektriciteten vil da fra den højre Metalgaffel gaa over i en Leidnerflaske og efterhaanden lade denne. Paa lignende Maade bevirker den negative Metalkost forneden til højre, at Metalgaflen til venstre og den indre Belægning af den hermed forbundne Leidnerflaske bliver negativ elektrisk.

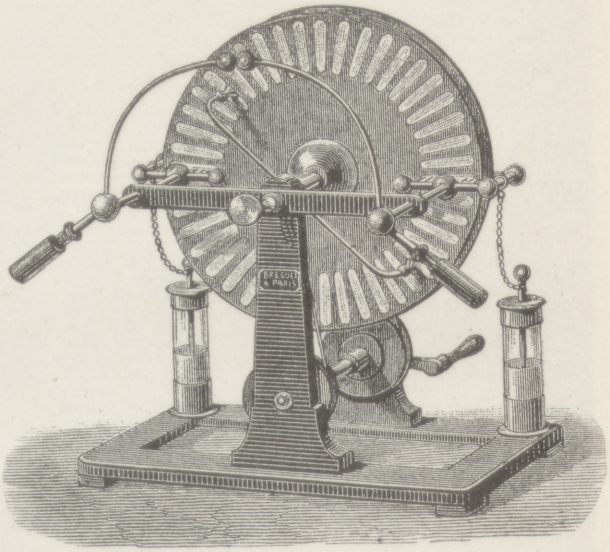


Fig. 199. Wimhurts Fordelingselektrisermaskine.

Elektricitetsfrembringelsen støttes af den anden Skive, som i Fig. 199 er skjult bag den forreste, men ligesom denne har Metalsektorer, mod hvilke to ved en Metalstang forbundne Metalpensler slæber. Metalstangen staar her saaledes skraat, at den øverste Pensel befinder sig til venstre, den nederste til højre. Hvorledes de to Skiver samvirker, vil man med nogen Opmærksomhed kunne forstaa gennem følgende Betragtning: Den forreste Skives Sektorer, som jo er positiv elektriske foroven til højre, negative forneden til venstre, vil ved Fordeling gøre den øverste af den bageste Skives Metalpensler negativ, den nederste positiv, og da den bageste Skive løber modsat Urviseres Drejningsretning, vil dens Sektorer føre positiv Elektricitet til den højre Metalgaffel, negativ til den venstre — altsaa hjælpe den forreste Skive med Arbejdet. Desuden vil Elektriciteten i de bageste Sektorer vedligeholde den elektriske Fordeling i den forreste Metalstang, saa at man, naar Elektricitetsfrembringelsen er kommet i Gang, kan bort-

tage Glasstangen. I Praksis kan denne undværes, da en ubetydelig Rest af Elektricitet et eller andet Sted er nok til at indlede Virksomheden, som derefter hurtigt forøges. — Ogsaa Sektorerne kan forøvrigt undværes, men man maa da indlede Virksomheden ved lidt Gnidning — f. Eks. mellem en tør Finger og en af Skiverne.

Gode, store Fordelingsmaskiner kan give Gnister af en Fods Længde eller mere mellem Kuglerne paa de to bøjede Stænger.



Fig. 200. Elektrisk Badeværelse i et londonsk Hospital.

En Patient, der skal »franklinisere«, anbringes enten paa en isoleret Stol og lades, saa at Elektriciteten siver ud af hans Haar og Klæder, eller man giver ham en »elektrisk« Douche«, d. v. s. udsætter forskellige Steder af hans Legeme for elektriske Udladninger og dermed følgende Vindpust fra Spidser.

Langt hyppigere end Franklinisation bruges den saakaldte »Faradisation«, d. v. s. Behandling ved Strømme fra et Induktionsapparat som det, der er omtalt S. 12. Saadanne Apparater kan drives ved et enkelt galvanisk Element, de er billige og nemme at anvende, og Induktionsstrømmene frembringer kraftige Virkninger paa Nerver og Muskler; disse sidste kan let ad denne Vej bringes til at trække sig kraftigt sammen, og man kan saaledes f. Eks. faa Fingrene paa en Haand, der er lammet af Sygdom, til at udføre Bevægelser.

I nogle Apparater kan man efter Behag tage Strøm enten fra Apparatets »Induktionsvindinger« eller fra »Batterivindingerne«. Naar Enderne af disse staar i Forbindelse med hver sit Sted af Legemet, gaar der paa Grund af dettes store Modstand næsten ingen Strøm

igennem det, medens Ledningen til Batteriet er sluttet, men hver Gang Forbindelsen til Batteriet afbrydes under Ankerets Svingninger, tager Strømmen, der — paa Grund af Rullens betydelige Selvinduktion (smlgn. S 66 Bd. I) — ikke godt kan ophøre pludselig, Vejen gennem Legemet, idet der i Vindingerne opstaar en elektrisk Spænding, mange Gange større end Batteriets. De saaledes fremkomne Strømme gennem Legemet kaldes »Ekstrastrømme«.

Ogsaa den saakaldte »Galvanisation«, d. v. s. Behandling med ensrettede uafbrudte Strømme, anvendes nu meget af Læger, men den kræver Anvendelsen af et Batteri af temmelig mange Elementer — f. Eks. 10—20 Kromsyreelementer — for at man kan faa Spænding nok; tillige søger man at gøre Hudens Modstand mod Strømmens Gennemgang saa lille som mulig. »Elektroderne«, ved hvilke Strømmen tilføres Legemet, er derfor oftest Metalplader omgivne af Stoffer, der kan gennemfugtes med Væske (almindeligt Vand eller Saltvand), naar Elektroden skal bruges.

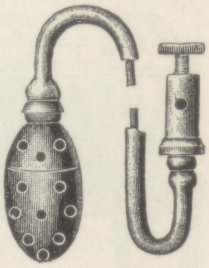


Fig. 201. Maveelektrode til at sluge.

Saadanne Elektroder kan ogsaa bruges ved Faradisation, hvor det dog paa Grund af Induktionsstrømmenes høje Spænding er mindre vigtigt at sørge for god Tilledning; ofte anvender man Pensler af Metaltraade.

Saa vel ved Faradisation som ved Galvanisation anbringer man ofte den ene eller begge Elektroder i Vand, hvorfra Legemet saa tager Strømmen. Man kan f. Eks. stille Fødderne ned i hver sit Vandkar med Metalelektroder og derved faa en Strøm sendt fra den ene Fod til den anden gennem Legemet; men »elektriske Bade« kan ogsaa gives paa mange andre Maader.

Undertiden giver man »elektrisk Massage«, idet en Metalrulle, der føres frem og tilbage over Huden, tjener som den ene Elektrode.

I visse Tilfælde fører man den ene Elektrode ind i en eller anden af Legemets Hulheder. Fig. 201 viser saaledes en »Maveelektrode«, der sluges af Patienten, medens en lang Ledningssnor stadig vedligeholder Forbindelsen med Yderverdenen. Den egentlige Metalelektrode er skjult i et gennemhullet Ebonithylster, som imidlertid fyldes af Te eller Vand, som Patienten har drukket. Der kan da bringes en Strøm i Gang mellem Maveelektroden og en anden Elektrode, som f. Eks. anbringes uden paa Maven.

Franskmanden d'Arsonval har i de senere Aar udarbejdet Fremgangsmaader, ved hvilke det blev muligt for Læger at anvende de højspændte, hurtigt skiftende (»højfrekvente«) Vekselstrømme eller

elektriske Svingninger, som fremkaldes ved Gnistudladninger af Leidnerflasker (S. 209); de er til Trods for deres høje Spænding ret ufarlige, og de kan indføres i Legemet paa meget ejendommelige Maader. I Fig. 202 ses en Patient ligge inden i en Traadrulle, der gennemstrømmes af saadanne hurtige Elektricitetssvingninger; der vil da inde i Patientens Legeme ved Induktion opstaa lignende Elektricitetsbevægelser, skønt der ikke er nogensomhelst ledende Forbindelse mellem ham og Elektricitetskilden. At der virkelig kommer Strøm i hans Legeme, kunde man vise ved at lade ham holde en Glødelampe saaledes mellem Hænderne, at hans Arme og Lampetraaden danner en gennem Kroppen sluttet Ledningskreds, der er parallel med Traadrullens Vindinger; de Elektricitetssvingninger, der opstaar i denne Kreds, vil da bringe Lampen til at lyse. Man har ogsaa paavist, at Elektricitetssvingningerne kan bringe Blodkarrene til at udvide sig eller trække sig sammen, gøre Stofskiftet i Legemet betydeligt livligere o. s. v.

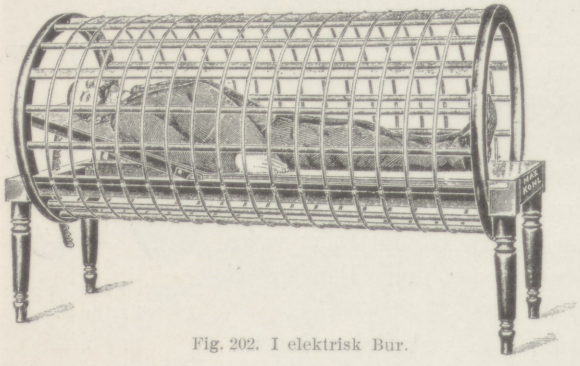


Fig. 202. I elektrisk Bur.

Om den elektriske Lægebehandling gælder i mange Tilfælde det samme, som før blev sagt om Kvaksalverbehandling, nemlig, at man vanskelig kan godtgøre, at de opnaaede Resultater ikke blot skyldes Troen paa det anvendte Middel eller tilfældige Elektriciteten uvedkommende Omstændigheder; men der er dog den store Forskel, at man i Lægevidenskaben stadig søger at bedømme Styrken af de elektriske Paavirkninger, iagttage deres Virkninger paa Legemet og kontrollere Resultaterne; en Læge, der vil overbevise sine Kolleger om en elektrisk Behandlingsmaades Nytte, kan ikke nøjes med nogle ukritiske Patientattester, men maa lægge Sygdommens Historie frem til kritisk Bedømmelse. Og selv om Lægerne ved Anvendelse af Elektriciteten ofte maa famle og prøve sig frem, hersker der dog næppe nogen Tvivl om, at elektriske Strømme af passende Styrke og Beskaffenhed direkte virker gavnligt overfor mange Sygdomme.

Dette staar rimeligvis til Dels i Sammenhæng med den Omstændighed, at den naturlige Virksomhed i Legemet ledsages af elektriske Forandringer. Hvad Nerverne angaar, da kunde det være fristende

at betragte dem som elektriske Ledninger; thi Hjærnen og andre Nervecentrer er som en Hovedcentral og Bicentraler, til hvilke der gennem én Slags Nerveledninger (Sansenerverne) indløber Bud fra alle Legemets Dele, medens der udsendes Ordrer gennem en anden Slags Nerver (Bevægenerverne). Det er dog ikke ligefrem elektriske Strømme, som overbringer disse Bud og Ordrer, hvad der bl. a. fremgaar af, at Overbringelsen er forholdsvis langsom. Men i Nerver saavel som i Muskler optræder der paa forskellige Steder forskellige elektriske Spændinger, som forandrer sig under Nerve- og Muskelvirksomheden, og det kan næppe være tvivlsomt, at elektriske Kræfter spiller en betydelig Rolle ved, hvad der foregaar rundt om i Legemets Væv.

En Angivelse af den elektriske Strøms helbredende Virkning overfor bestemte Sygdomme ligger udenfor denne Bogs Opgave, og de vigtigste fysiologiske Virkninger, som umiddelbart kan føles eller ses, er allerede omtalt forskellige Steder. Det er saaledes nævnt, at elektriske Strømme kan fremkalde ejendommelige Fornemmelser, uvilkaarlige Muskelsammentrækninger (der ofte sammen med de ledsagende Fornemmelser betegnes som »elektriske Stød«), Hudforbrændinger, Lammelser, Bevidstløshed eller endog Døden. Det kan tilføjes, at elektriske Strømme, som ledes gennem Syns-, Høre- eller Smagsnerverne, kan frembringe henholdsvis Lys-, Lyd- og Smagsfornemmelser. Navnlig de sidste er lette at fremkalde; det kan undertiden endog ske blot ved, at man berører to Steder af Tungen med en Zink- og Kobberstrimmel, og bringer de to Strimler i Berøring med hinanden; maaske skyldes Smagsfornemmelsen dog ikke Strømmens direkte Virkning paa Smagsnerverne, men de Stoffer, som udvikles ved Strømmens elektrolytiske (kemiske) Virkninger. — Ved at sende ensrettet Strøm, som afbrydes mange Gange i Sekundet, gennem Hjærnen eller gennem Rygmarven og forskellige Nerver har Leduc i Frankrig fremkaldt dels en »elektrisk Søvn«, som varer saa længe den elektriske Paavirkning varer, dels Følelsesløshed af enkelte Legemsdele. Leduc har ogsaa ladet sig selv bringe i denne elektriske Søvn, og hans Medarbejderske Louise Robinovitch har i 1910 udført en Amputation af nogle Tæer under elektrisk Bedøvelse af Benet; Patienten, der var ved fuld Bevidsthed, mærkede ikke nogen Smerte.

Elektriske Strømmes kemiske Virkninger anvendes paa mange Maader i Lægekunsten. Man kan saaledes lade Strømmen føre forskellige Medikamenter ind gennem Huden uden at beskadige denne; bl. a. har man fremkaldt lokal Bedøvelse ved at indføre Kokain paa denne Maade, og man har forsøgt at gøre Kalkaflejringer i Ledde og

andetsteds opløselige ved elektrisk Indførelse af Stoffet Lithium; denne Fremgangsmaades Værd er dog ret tvivlsom, da Lithium'et, saa snart Strømmen har bragt det ind i Blodet, føres med dette rundt i Legemet i Stedet for at blive dér, hvor der er Brug for det. Sikrere er Nytten af, hvad man kunde kalde den kirurgiske Elektrolyse, ved hvilken skadelige Væv, f. Eks. Svulster, opløses af Strømmen. Dette kan f. Eks. ske derved, at to Naale føres ind i den paagældende Svulst og forbindes med henholdsvis den positive og den negative Pol af et Batteri; det Apparat, hvorpaa Naalene er anbragt, kan have en saadan Form, at man let kan udføre en saadan Operation inde i Næse, Svælg o. desl. (se Fig. 203). Elektrolyse anvendes ogsaa i Skønhedsplejen, f. Eks. til Bortfjærnelse af Vorter eller Haar. Ved Haarfjærnelse kan den positive Elektrode være en almindelig fugtig Elektrodeplade, som anbringes et eller andet Sted paa Legemet, f. Eks. i en Haand, medens den negative er en meget fin Naal, som stikkes ind langs Haaret og føres ind i Haarroden; ved Pladen, hvor den indtrædende Strøm er fordelt over en større Flade, mærkes intet; men ved Naalen, hvor den udtrædende Strøm sammentrænges paa et enkelt Punkt, opløses Haarroden under Luftudvikling, og Haaret løsnes herved, saaledes at det let kan trækkes ud.

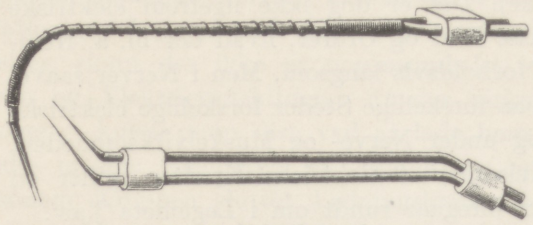


Fig. 203. Elektrolysenaale.

En anden Slags kirurgiske elektriske Instrumenter er de elektriske Brændeindretninger, af hvilke Fig. 204 viser forskellige Former. Tynde Platintraade eller knivformede Platinstrimler anbragt paa passende Holdere kan i kold Tilstand føres hen til det Sted, hvor en Brænding ønskes foretaget — f. Eks. ned i Struben — og derefter gøres glødende, idet Lægen ved en Trykknap paa Holderens Haandtag slutter en Strøm gennem det tynde Platin.

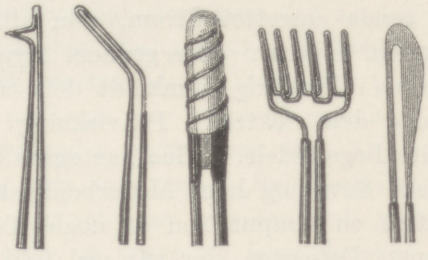
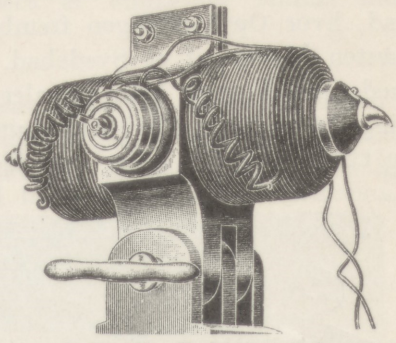


Fig. 204. Elektriske Brændeindretninger.

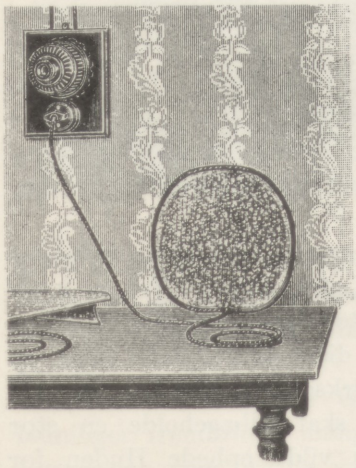
Ogsaa Elektromagneter (eller Staalmagneter) anvendes meget som kirurgiske Instrumenter, navnlig til Uddragning af Jærnsplinter, der er kommet i Øjet. Kraftige Elektromagneter kan ogsaa

ved deres Tiltrækningskraft, naar en Synaal eller deslige andetsteds er kommet ind i Legemet, bidrage til at lede Naalens Vandring, saa at den i Stedet for at nærme sig til et farligt Sted (f. Eks. Hjærtet) vandrer ud, hvor den kan fjærnes.


Fig. 205. »Øjeelektromagnet«.

Endvidere gør elektriske Glødelamper udmærket Nytte ved mange smaa Operationer eller Undersøgelser. Ikke blot kan Glødelamper bekvemt anbringes paa Lægens Pande eller et andet Sted, hvorfra Lyset let ved Linser og Spejle kan sendes derhen, hvor det ønskes; men smaa Lamper kan ogsaa føres ind i Legemets Hulheder. Man kan f. Eks. føre en Glødelampe ned i Maven, hvorved man, da Bugvæggen er noget gennemskinnelig, kan faa Oplysninger om Mavens Størrelse og Beliggenhed m. m.

Paa endnu mange andre Maader anvendes elektrisk Lys og Varme direkte eller indirekte i Lægekunsten. Den renlige og bekvemme elektriske Opvarmning er ikke blot behagelig at anvende i Koge- og Steriliseringsapparater m. m. i Læge- og Sygeværelser, men frembyder ogsaa store Fordele ved mange Slags Varmebehandling af Patienter. Ved at anvende elektrisk varmede Bind eller Omslag (»elektriske Termoforer«) med en Strømregulator kan man saaledes blive fuldstændig Herre over Varmetilførslen; man kan lade Temperaturen stige eller aftage gradvis eller holde den uforandret, saa længe det skal være, medens de almindelige hede Omslag derimod lægges paa Legemet saa varme som muligt og derefter afkøles af sig selv. Fig. 206 viser et af ildfast Væv og elektriske Varmetraade dannet Termofor, der kan bøjes og anbringes paa forskellige Steder af Legemet.


Fig. 206. Elektrisk Termofor.

Elektriske Omslag kan naturligvis laves i enhver Form og Størrelse, saa at de f. Eks. kan omslutte hele Legemet som den »elektriske

Svedekappe« i Fig. 207, hvor de punkterede Linjer angiver de elektriske Varmetraades Beliggenhed. Opvarmning ved en saadan tætsluttende Kappe er dog næppe nogen sund og behagelig Svedekur. Derimod er det af Amerikaneren Kellogg opfundne elektriske Svedebad, hvor Opvarmningen frembringes af elektriske Glødelamper, vel næsten Idealet af et Svedebad. Patienten anbringes her i en Kasse med Glødelamper, hvis Straaler dels direkte, dels efter Tilbagekastning fra Kassens Spejlbeklædning træffer Legemet, opvarmer Huden og tvinger Sveden frem; men idet Hovedet er udenfor Kassen, bliver Aandedrættet ikke besværet af Heden.

Disse Bade kaldes ofte elektriske Lysbade; men det er sikkert kun Straalernes Varmevirkninger, der har Betydning. Ganske vist kan man ved Bestraaling af Huden frembringe andre fysiologiske Virkninger (»Solbrændthed«, Ødelæggelse af Bakterier m. m.), som ikke har noget at gøre med Straalernes Varmeevne; men det er kun de blaa, violette og ultraviolette (se S. 276 Bd. I) Straaler, som herved er virksomme, og disse Straaler findes kun i ganske ubetydelig Mængde i Lyset fra Glødelamper. Ved den egentlige »Lysbehandling«, som bygger paa det solide Grundlag, der er lagt af den danske Læge Niels Finsen og hans Medarbejdere, benytter man derfor som Straalekilde enten Solen eller elektriske Buelamper, som udsender de omtalte Straaler i rigelig Mængde.

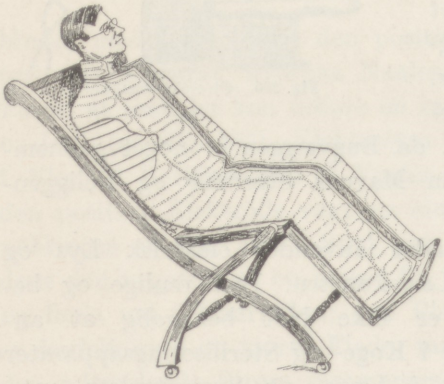


Fig. 207. Elektrisk Svedekappe.

Fig. 208 viser et af de Finsenske Lysbueapparater, som anvendes ved Behandling af Lupus og flere andre Hudsygdomme. Fra en kraftig Buelampe sendes Lyset gennem 4 Rør ned mod 4 Patienter. Lyset samles ved Linser i Rørene, men disse Linser maa laves af Kvarts, for at de ikke skal standse de virksomme Straaler, og Rørene er desuden fyldt med Vand, som skal tilbageholde en stor Mængde af andre Straalearter, der ellers vilde ophede Huden for stærkt.

Foruden elektrisk Lys og elektrisk Varme anvendes ogsaa elektrisk Drivkraft paa forskellige Maader i Lægekunsten. Tandlægebor drives saaledes ofte ved en Elektromotor (se Fig. 34 S. 35). Elektrisk Drivkraft egner sig ogsaa godt for de Apparater, der be-

nyttes ved den saakaldte Vibrationsmassage, ved hvilken forskellige Dele af Legemet sættes i hurtige Rystelser; en »elektrisk Rystestol« skal være indført paa nogle Dampere, idet en energisk Gennemrystelse har vist sig at være et udmærket Middel mod Søsyge.

Røntgenstraaler. I 1895 opdagede Tyskeren Professor Røntgen, at der ved visse elektriske Udladninger frembringes Straaler, som kan gennemtrænge Legemets Væv, og da denne Opdagelse har

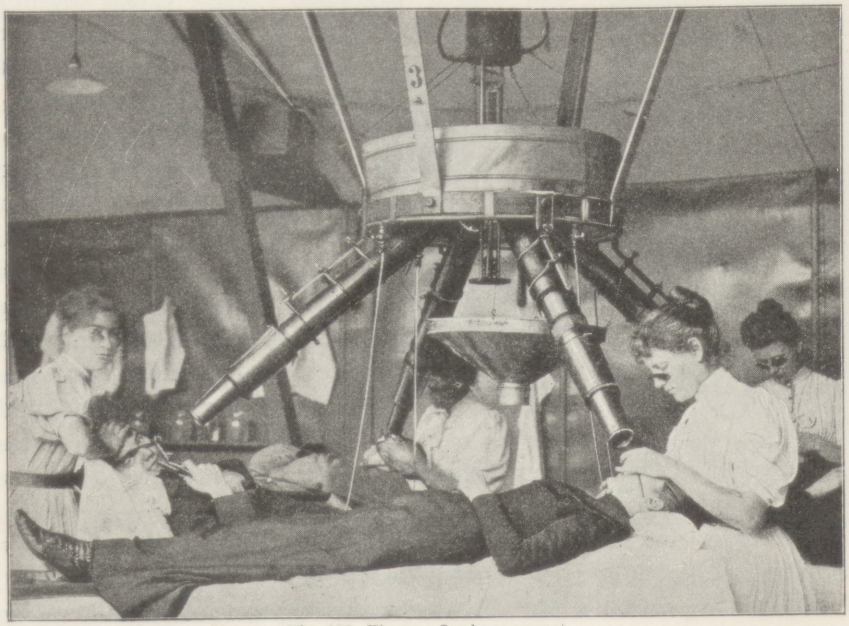


Fig. 208 Finsens Lysbueapparat.

givet Lægekunsten et Hjælpemiddel i Hænde, som er mægtigere end noget af de tidligere nævnte, er der Grund til at gaa lidt nærmere ind paa disse »Røntgenstraalers« Frembringelse og Egenskaber.

Inde i Glasrør eller Glasbeholdere kan man ved elektriske Udladninger frembringe mange smukke og mærkelige Lysfænomener. I Rørvæggen maa der da være indsmeltet to Metaltraade, som udadtil staar i Forbindelse med hver sin af Elektricitetskildens Poler, indadtil med Elektroder, d. v. s. Metaltraade, -plader, -ringe el. desl., hvorimellem Udladningerne finder Sted. Hvis Elektrodernes Afstand er nogle Centimeter, og Røret er fyldt med Luft af almindeligt Tryk, skal Elektricitetskilden — som f. Eks. kan være en Elektriserma-

skine — tilvejebringe en Spænding af Titusinder af Volt for at fremkalde elektriske Udladninger, og disse foregaar da ved Gnister. Men dersom man gennem et Siderør paa Glasbeholderen efterhaanden pumper Luften ud af denne, skifter Udladningen Karakter. Gnisternes skarpe Linjer udviskes, og Glasset fyldes af et rødligt Lys, som udgaar fra den positive Elektrode, Anoden, medens der ved den negative Elektrode, Katoden, kun ses et svagt blaaviolet Lys, der ved et mørkt Mellemrum er skilt fra Anodelyset; ogsaa i dette viser der sig under den fortsatte Udpumpning mørke Mellemrum, der deler det i en Række Lag. Idet Luften fortyndes, aftager tillige Ledningsmodstanden i Glasrøret, saa at Udladningen kan fremkaldes af lavere Spændinger. Dog gælder dette kun til en vis Grænse; er der kun en Titusindedel af Luften tilbage, vil yderligere Fortynding forøge Modstanden, og tilsidst kan end ikke de højeste Spændinger, som det er muligt at frembringe, drive Elektricitet gennem Røret. Længe inden man naar saa vidt, er imidlertid Anodelyset forsvundet; men til Gengæld har selve Glasvæggen begyndt at lyse (»fluorescere«) med grønligt Skær paa visse Steder.

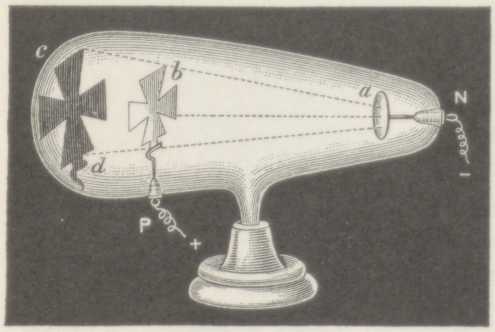


Fig. 209. Katodestraaler.

Hvorledes det hænger sammen hermed, faar vi et Begreb om ved at betragte Fig. 209. Her udgøres den største Del af Katoden af en Metalplade *a*, medens der til Anoden er knyttet et Metalkors, som kan bringes til at staa op lige overfor Katoden, men som ogsaa kan væltes om ved et Stød. Naar Korset, som det er Tilfældet i Figuren, staar opret, ses der paa Glasset bag det en mørk Skygge, idet kun de Punkter af Glasset, hvortil man fra Katoden kan trække rette Linjer uden at træffe paa Korset, bliver lysende. For at forklare dette maa man antage, at Glassets Lysen fremkaldes af Straaler, der udgaar i rette Linjer fra Katoden. Naar Korset væltes om, kan disse »K a t o d e s t r a a l e r« frit naa til den tidligere Skygge, som da ogsaa bliver lys — tilmed lysere end de omgivende Steder paa Glasset, der saa at sige er noget »trætte« af den stadige Bestraaling. — Katodestraalerne udsendes uden Hensyn til, hvor Anoden er anbragt, fra Katoden i Retninger vinkelret paa dens Overflade. Naar Katoden formes som et Stykke Kugleskal, vil Straalerne fra dens hule Side

derfor alle rettes ind mod Kuglecentret, og naar her er anbragt en Platinplade, vil denne blive glødende ved den stærke Bestraaling (Fig. 210).

Om Katodestraalernes Natur skal her kun siges, at de senere Aars Undersøgelser har godtgjort, at de ikke som Lysstraaler dannes af Æterbølger, men derimod bestaar af ufattelig smaa negativ elektriske »Projektiler« — Elektroner kalder man dem —, der udslynges fra Katoden med en uhyre Hastighed.

Naar Katodestraalerne træffer Glasset, standser dette Elektronerne i deres Fart. Det er allerede omtalt, at Glasset derved bringes til at lyse; men tillige bringes det til at udsende de af Røntgen opdagede mærkelige Straaler, som kan gaa gennem Papir, Træ og mange andre uigennemsigtige Stoffer og derefter paavirke fotografiske Plader ligesom Lysstraalerne. Røntgenstraalernes Natur er endnu ikke opklaret; men der kan næppe være Tvivl om, at de ligesom Lysstraalerne dannes af Æterbølger (se S. 275 Bd. I). Formodentlig er Røntgenbølgerne i Modsætning til Lysbølgerne af en uregelmæssig Karakter; hver enkelt Elektrons Slag mod Glasset kan antages at frembringe en kortvarig Æterrystelse, som breder sig ud i Rummet; er dette rigtigt, kan det siges, at Forskellen mellem Røntgenbølgers og Lysbølgers Karakter er af en lignende Art som Forskellen mellem de Hertz'ske og de Poulsen'ske elektriske Bølger; dog maa det erindres, at medens Gnisterne, der udsender Hertz'ske Bølger, kommer enkeltvis med forholdsvis store Mellemrum, slynger Katoden hvert Sekund uhyre Mængder af »Elektronprojektiler« mod Glasset.

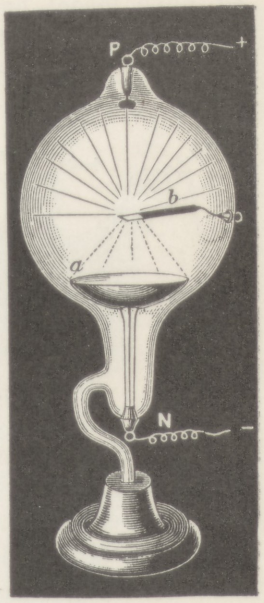


Fig. 210.
Katodestraaler samles mod en Platinplade.

Vi har i det foregaaende tænkt os, at de elektriske Udladninger frembragtes af en Elektrisermaskine, og det lader sig i Virkeligheden godt gøre at anvende gode Fordelingsmaskiner til Fremstillingen af Røntgenstraalerne; men som oftest bruges en Gnistinduktor. Denne maa ikke kunne sende Induktionsstrøm gennem det udpumpede Glasrør, naar Hovedstrømmen sluttes, men kun hver Gang den afbrydes; thi Strømmen gennem Røret skal stadig gaa i samme Retning; dette er imidlertid let nok at opnaa (smlgn. S. 23). — Fig. 211 viser, hvorledes et »Røntgenrør« (eller »Røntgenlampe«) nu oftest indrettes. Til

højre ses Katoden; den har samme Form som i Fig. 210 og samler Katodestraalerne mod en skraatstillet Metalplade, den saakaldte Antikatode; ved Elektronernes Stød mod denne dannes Røntgenstraalerne; de udsendes i alle Retninger indenfor den til Antikatodens Forflade svarende Halvkugle, og Antikatoden er ligesom den egentlige Anode (til venstre i Røret) forbundet med Elektricitetskildens positive Pol. Antikatoden kan, naar der skal opnaas kraftige Straalevirkninger, let blive meget hed; dette forhindres ved, at et vandfyldt Rør er ført skraat ned til den. Under Røntgenrørets Brug bliver Luftfortyndingen i Røret efterhaanden stærkere, idet Glas- og Metaldele indsuger noget af Luften; ved at lade Luften slaa igennem det lille vandrette Rør, som er anbragt over det egentlige Røntgenrør, kan man imidlertid drive lidt Luft ud af en luftholdig Skive og saaledes forøge Lufttrykket.

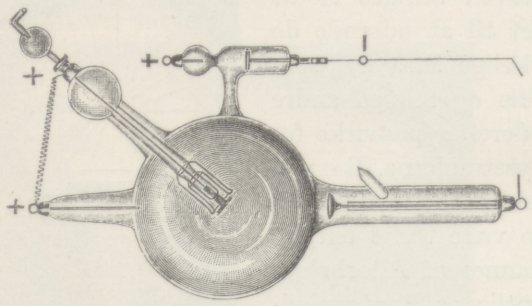


Fig. 211. Nyere Røntgenrør.

Om Røntgenstraalernes Evne til at trænge gennem forskellige Stoffer giver Fig. 212 et Begreb, om end denne formindskede Gengivelse af en »røntgenfotograferet« Haand i Finhed staar langt tilbage for Originalfotografiet, der bl. a. tydeligt viser Knokkelvævets Bygning. Fotografiet er optaget paa en fotografisk Plade, der laa i en lukket, lystæt Kassette under Haanden, som i 20 Sekunder bestraaledes ovenfra ved et Røntgenrør (altsaa som vist i Fig. 217). Ved meget kraftig Røntgenbestraaling af meget følsomme Plader kan man endog optage Røntgenfotografier i en Brøkdel af et Sekund, saa at det endog bliver muligt at fremstille »levende Billeder« af bevægede Organer, f. Eks. Hjærtet; dog er Optagelsen af saadanne Billedrækker meget kostbar og ikke ufarlig for de gennemstraalede Organer. — Da Røntgenstraaler ikke brydes eller tilbagekastes, kan der ikke være Tale om at anvende Fotografiapparater med Linser til Optagelsen. Røntgenfotografierne er altsaa ikke Linsebilleder, men kan snarere betegnes som Skyggebilleder, idet de mørkere og lysere Partier fremkommer ved Genstandens forskellige Deles større eller mindre Evne til at standse eller svække Straalerne. — Billedet af Haanden viser for det første, at Røntgenstraalerne gaar meget lettere gennem Hud og Muskler end gennem Knoklerne; men disse er dog mere gennemtrængelige for

Straalerne end Metal, hvad man ser paa en Guldring om den ene Finger og en Guldpen i et Fyldepenneskaft. Dette, som er af Ebonit, gennemskinnes saaledes, at man ser dets indre Bygning. Af en Manchet udenom Haandleddet kan man ved nøje Betragtning se svage Spor. Ogsaa Trøjeærmet har paa Originalfotografiet givet en Skygge, men den er yderst svag. — Forøvrigt er der stor Forskel paa Røntgenstraalernes Gennemtrængningsevne. Er Luftfortyndingen i Røret drevet meget vidt, saa at der kræves meget høj Spænding til at fremkalde Udladningerne, faar man »haarde« Straaler, der næsten slet ikke standses af Legemets Bløddele; ved ringere Fortyndingsgrad faar man »blødere« Straaler, og det er saadanne, der er anvendt til Haandfotografiet. Som omtalt paa forrige Side kan man ved nyere Røntgenrør regulere Fortyndingsgraden og derved Straalernes Haardhed.



Fig. 212. Røntgenfotografi af en Haand.

Røntgenstraalerne kan ogsaa paa en anden, mere direkte Maade vise, hvad der er gemt i Menneskelegemets Indre. Straalerne har nemlig den Evne at bringe visse Stoffer — særlig et Stof, der hedder Bariumplatincyanur — til at fluorescere (d. v. s. lyse, uden at de er ophedede). Naar nu et Røntgenrør anbringes bag en Person, og en Skærm, der paa Forsiden er bestrøget med Bariumplatincyanur, foran ham som vist i Fig. 213, saa vil Røntgenstraalerne gaa gennem Legemet og Skærmen og bringe dennes Forside til at lyse mer eller mindre efter de mellemliggende Legemsdeles større eller mindre Gennem-

skinnelighed, og dersom Værelset er mørkt, ser man paa Skærmen et Skyggebillede, hvor ikke blot Hvirvelsøjle og Ribben tydeligt aftegner sig, men hvor man ogsaa ser Mellemgulvet hæve og sænke sig og Hjærtet pulsere.

Anbringer man foran Bariumplatincyanur-Skærmen en Glastavle eller en anden gennemsigtig Skærm, kan man paa denne tegne Skyggebilledet af. For at Tegningen ikke skal gengive de Uregelmæssigheder i Skyggebilledet, som fremkommer ved, at Straalerne et Sted gaar gennem Legemet vinkelret paa Skærmen, andre Steder mer eller mindre skraat, kan man forbinde Rør og Tegnestift saaledes, at de flyttes samtidig, og Linjen mellem Antikatoden og Stiftens Spids derunder stadig bliver vinkelret paa Skærmen.

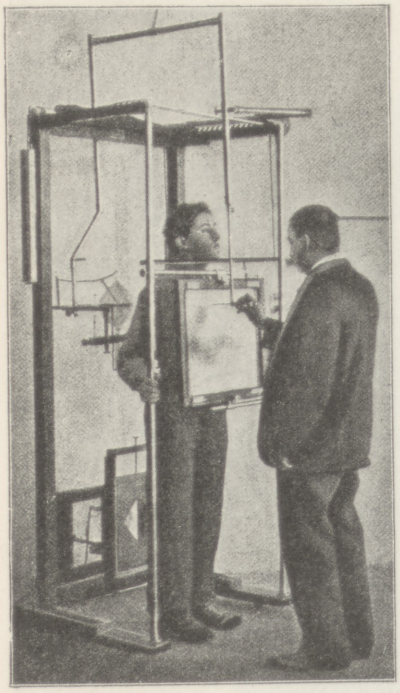


Fig. 213.
Gennemlysning ved Røntgenstraaler.

Naturligvis kan man ogsaa paa en saadan Skærm se Ure, Kæder, Tegnebøger og andre Ting, som findes skjulte paa den »gennemlyste« Person. Toldvæsenet kunde saaledes i mange Tilfælde have god Nytte af at gennemlyse toldpligtige Sager ved Røntgenstraaler; dette sker vistnok ogsaa enkelte Steder. I Kabelteknikken anvendes Metoden til Eftersøgning af Fejl i færdige Kabler.

Man maa dog sige, at Røntgenstraalerne hidtil kun har fundet ringe Anvendelse udenfor Lægekunstens Omraade, men her har deres Betydning ogsaa været i stærk og stadig Vækst og er nu overmaade stor, om end Røntgenstraalerne endnu langt fra anvendes i saa stort Omfang, som det kunde være ønskeligt.

Til at begynde med, da Røntgenfotografering tog lang Tid og kun gav meget ufuldkomne Billeder, var det mest til Eftersøgelse af Projektiler, Naale og andre i Legemet indtrængte Genstande, at Røntgenstraalerne benyttedes; men deres Virkekreds udvidedes hurtigt. Navnlig anvendes de bekvemt til Undersøgelse af Knokkelbeskadigelser. Er f. Exs. en Knokkel brækket eller gaaet ud af sit Led, kan man ved Fotografering eller Gennemlysning straks dømme om

Beskadigelsernes Natur og derfor hurtigt faa et Begreb om, hvorvidt det kan ventes at blive en farlig og langvarig Historie; endvidere kan man kontrollere, om Knokkelen bliver sat rigtigt sammen eller i Leje, og man kan nøje følge Helbredelsens Gang uden at behøve at aftage Bindet — især naar dette er et Stivelsesbind; Gibsbind er mindre gennemtrængelige for Straalerne. Men ogsaa ved talrige andre Sygdomme kan Røntgenstraalerne give værdifulde Oplysninger; de kan saaledes ikke blot vise Nyrestene o. desl., men ogsaa aabenbare Forkalkninger, Fortætninger og andre Forandringer i Lungerne. Ja selv om Organer, der slet ikke af sig selv aftegner sig paa Røntgenfotografier, kan disse ved særlige Kunstgreb bringes til at give Besked. Et interessant Eksempel herpaa afgiver Fig. 214. der nøjagtigt viser Stedet for en Tarmindsnævring (den begynder $1,_7$ Ctm. fra Billedets venstre Rand, 2 Ctm. fra dets nederste Rand); for at opnaa dette har man ladet Patienten spise en Grød tilsat med et vismutholdigt Stof, der gør Grøden temmelig uigennemtrængelig for Røntgenstraalerne, saa at man derfor ved gentagne Røntgenfotograferinger har kunnet følge Grødens Vandring gennem Fordøjelsesorganerne; den er nu under sin Kredsen rundt i Tarmen naaet til Forsnævringsstedet og poser Tarmen foran (under) dette stærkt ud, saa at man her ser en stor mørk Masse, medens kun en tynd Stribe er naaet videre frem. — Omtrent midt i Billedets nederste Del ser man en lille rund sort Plet; det er en Mønt el. desl., som har til Formaal at markere et bestemt Sted af Legemet, saa at man lettere kan orientere sig paa Fotografiet.

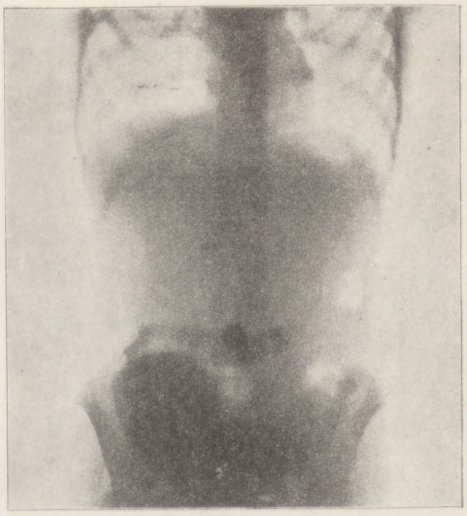


Fig. 214. Røntgenfotografi.

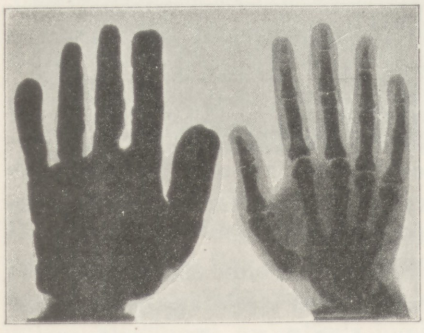


Fig. 215.
Haand med og uden Beskyttelseshandske fotograferet ved Røntgenstraaler.

Røntgenstraalerne kan imidlertid ikke blot paavirke fotografiske Plader og fluorescerende Skærme; de indvirker ogsaa paa selve Legemet saavel paa gavnlig som paa skadelig Maade. De skadelige Virkninger gaar navnlig ud over Læger og Eksperimentatorer, der Dag ud og Dag ind arbejder med Røntgenstraaler; dersom de ikke hermed viser tilstrækkelig Forsigtighed, kan alvorlige Betændelser, Lammelser og nervøse Lidelser blive Følgen. Undertiden er det nødvendigt at anvende særlige Beskyttelsesmidler som Handsker med Blyindlæg eller Vismutpulver (Fig. 216) eller Briller med blyholdige Glas, som næsten er uigennemtrængelige for Røntgenstraalerne; man har endog lavet Beskyttelsesdragter bestaaende af Hætte, Briller, Forklæde og Handsker. Men som oftest er det dog tilstrækkeligt, at man ved blyklædte Blænderindretninger og Skærme, Hætter af blyholdigt Gummi eller Glas om Røntgenrørene o. s. v. hindrer Straalerne i at komme andre Steder end dèr, hvor de bruges. Ogsaa til Beskyttelse for fotografiske Plader er saadanne Forholdsregler af Vigtighed; selv om Pladerne opbevares i et særskilt Værelse vil det være forsigtigst at gemme dem i et blyklædt Skab, da Røntgenstraaler kan gaa gennem baade Vægge og Døre.

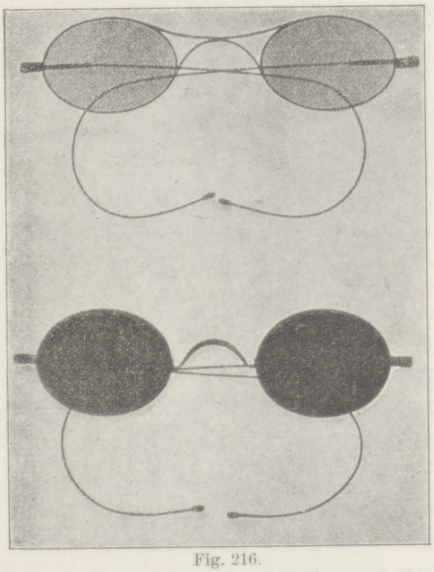


Fig. 216.
Briller med almindeligt Glas (øverst) og med Blyglas (nederst) fotograferet ved Røntgenstraaler.

At Røntgenstraalerne i visse Tilfælde kan have gavnlige Virkninger paa Legemet er i de senere Aar stillet udenfor al Tvivl, og Straalerne benyttes nu som Helbredelsesmiddel mod mange Sygdomme, navnlig Hudsygdomme samt visse ondartede Svulster, der ligger nogenlunde yderligt.

Inden vi forlader Røntgenstraalerne, vil vi blot endnu kaste et Blik paa en moderne Røntgeninstallation med dens vigtigste Apparater. Fig. 217 viser en Del af en saadan Installation fra en Røntgenklinik paa Frederiksberg. Foroven ses Gnistinduktoren. Dennes indre Traadrulle faar Strøm fra Byens Stærkstrømsledninger, og idet Vindingerne er delt i flere Dele, som kan forbindes paa forskellig Maade, kan Induktorens Virkning reguleres; desuden kan man til Frembringelse af de hurtige Strømafbrydninger, hvorved Induktionsstrømmene

frembringes, efter Behag anvende en af en lille Elektromotor dreven Afbryderindretning (»Turbinafbryder«), som ses forneden til højre for Induktoren, eller en Wehnelt-Afbryder (se S. 24), som er anbragt i et andet Lokale. Apparaterne til Strømslutning, Strømregulering, Omskiftning af Afbryderindretningerne m. m. har ikke faaet Plads paa

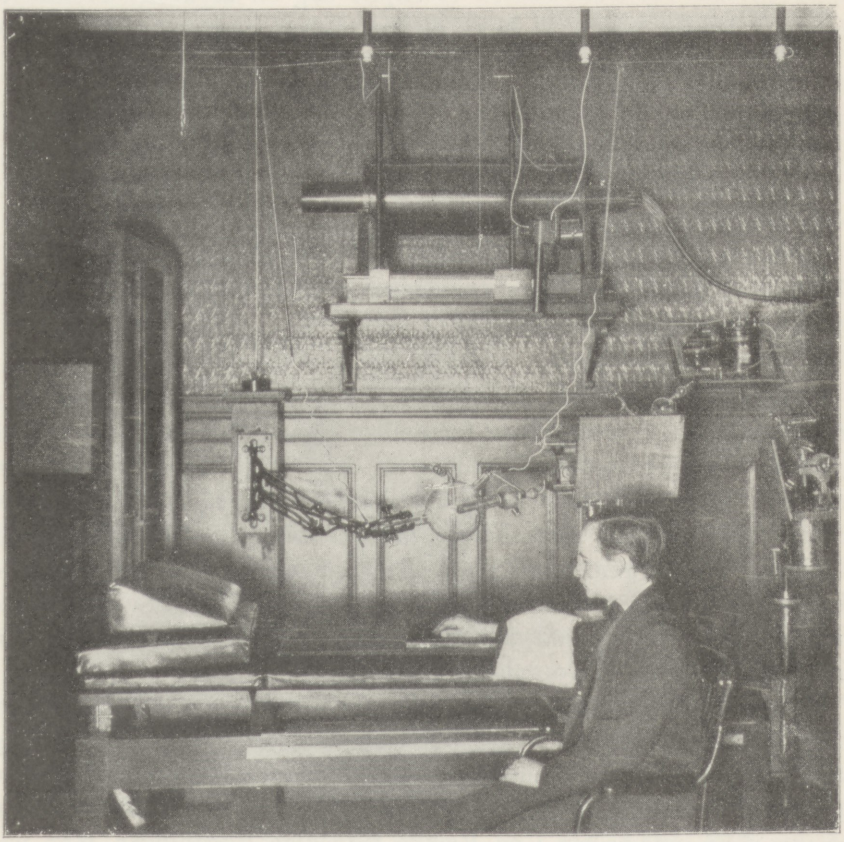


Fig. 217. Fra en Røntgenklinik.

Billedet; de befinder sig bag en blypansret Skærm, af hvilken man yderst til højre kan se en lille Smule. Beskyttet af dette Panser, som har et Udkigsvindu med Rude af Blyglas, kan Lægen slutte og regulere Strømmen og udføre forskellige andre Manipulationer. — Fra de to Poler af Gnistinduktorens ydre Traadrulle udgaar der Traade, som er befæstet til Porcellænsisolatorer og danner et lille Højspændings-Traadnet under Loftet, saa at man hvorsomhelst i Værelset kan tage Induktionsstrøm til Røntgenrør, idet to lange Stænger med Ledninger ophænges i Loftstraadene, som det ses paa Billedet. — For-

øvrigt ser man paa Billedet et Apparat med Bariumplatincyanur-Skærm til Gennemlysning (længst til venstre), endvidere en Bænk, hvorpaa Patienter kan ligge, naar de skal undersøges eller behandles med Straalerne, og endelig nogle Røntgenrør — ét, som i Øjeblikket benyttes til Fotografering af en Haand, der ligger paa en Kasette, et andet, som for Størstedelen er skjult bag en blyklædt Træskærm, og paa et Stativ yderst til højre et tredje med Skærm og Blænderrør.

XVI. ELEKTRICITETEN OG KRIGEN.

Telegraf og Telefon. — Andre Anvendelser af Elektriciteten. — Maaling af Projektilers Hastighed.

Telegraf og Telefon. Nutidens Krigsvæsen tager i større og større Omfang og paa flere og flere forskellige Maader Elektriciteten i sin Tjeneste. Vigtigst og uundværligst er den for Efterretningsvæsenet. Den telegrafiske eller telefoniske Forbindelse mellem den øverste Hærledelse og de enkelte Armekorps, mellem disse og de fremrykkende Afdelinger er af gennemgribende Betydning for hele Krigsførelsen. Der findes da ogsaa i saa at sige alle civiliserede Landes Hære Telegrafafdelinger, der er saaledes organiseret, at Telegraf- eller Telefonanlæg kan udføres overordentlig hurtigt.

Et storslaaet Eksempel paa Telefonens Betydning i Nutidens Krigsførelse afgiver Slaget ved Mukden i Marts 1905. Her kæmpedes i mange Dage paa en Linje af henimod en Snes Mils Længde, og naar dette gigantiske Sammenstød mellem Ruslands og Japans Hundredetusinder dog ikke opløste sig i en Række tilfældige Fægtninger, men med fuld Ret kan betegnes som et eneste sammenhængende Kæmpeslag, saa skyldes det fremfor alt Japanernes Anvendelse af Telefonen. Det var Telefontraadene, der knyttede de vidtspredte Hærafdelinger sammen til et Hele som et fra Hjærnen styret Legeme og gjorde det muligt, at Troppernes Virksomhed det ene Sted stadig kunde afpasses efter de Virkninger, Angreb et andet Sted Mile derfra havde fremkaldt. Fra hver Hærdivisions enkelte Afdelinger førtes Ledninger ind til et Omstillingsbord, der flyttedes under Divisionens Fremrykken, og alle disse Divisionscentraler holdtes stadig i Forbindelse med en Hovedcentral ved Generalstabens Kvarter. Hertil indløb Meldinger om

alt af Vigtighed, som skete eller blev iagttaget over hele Linjen, og herfra kunde Feltherren til enhver Tid udsende Ordrer om Angreb paa nys opdagede svage Punkter i Fjendens Linje eller om Skinangreb, der skulde lokke Fjenden til uheldige Troppeforskydninger. Den japanske Feltherre Oyama kunde saaledes til Trods for Kamplinjens uhyre Længde iagttage og styre Slagets Gang langt hurtigere og fuldstændigere, end det for hundrede Aar siden var Napoleon muligt, naar Hærens fjærneste Afdelinger blot var nogle tusind Alen fra ham, men skjult af Bakker eller Skove; thi selv de hurtigste ridende Stafetter var kun langsomme Budbringere, naar vi sammenligner dem med den elektriske Strøm.

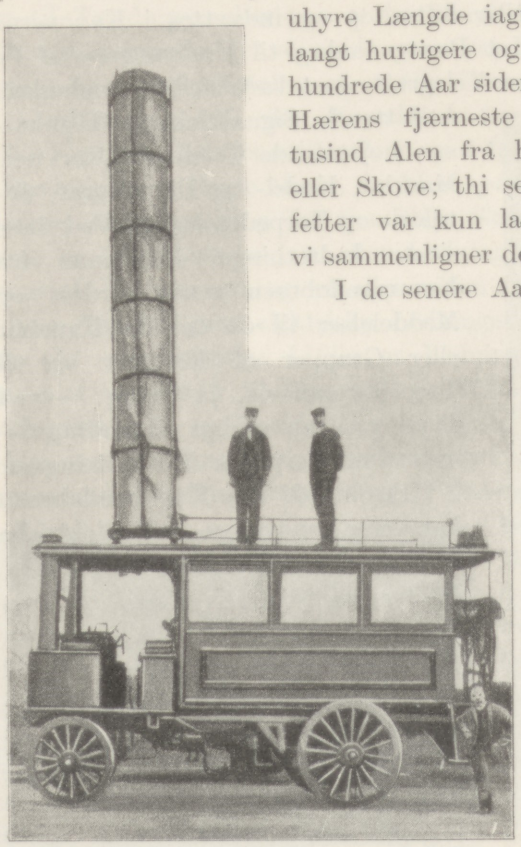


Fig. 218.
Krigsavtomobil til Telegrafering uden Traad.

I de senere Aar er ogsaa den traadløse Telegrafi blevet et vigtigt Meddelelsesmiddel i Krigen. Først og fremmest gælder dette naturligvis om Søkrigen, men ogsaa til Lands kan elektriske Bølger yde — og har de allerede ydet store Tjenester, hvorfor man i mange Hære har anskaffet kørende Radiostationer; Fig. 218 viser en af de tidligste Konstruktioner af disse. — For de nu fremrykkende Luftfartøjers Anvendelse til Spejderbrug er det naturligvis af stor Betydning, at de kan medføre Radiostationer. Sagen har imidlertid forskellige Vanskeligheder bl. a. hidrørende fra, at der ikke kan opnaas Jordledning for Luftfartøjet, men man har dog opnaaet at telegrafere over ikke helt korte Strækninger baade fra Ballonskibe og Flyvemaskiner.

Andre Anvendelser af Elektriciteten. Ogsaa til andre Formaal end at bringe Bud fra Sted til Sted vinder de elektriske Kræfter stedse større Indgang i Krigsvæsenet. Navnlig de moderne Panserskibe antager mere og mere Karakteren af indviklede elektriske Me-

kanismer. Fra Skibets Dynamoer og Batteri sendes Strøm til Lamper, der lyser op i Rummene, til Glødelamper i Signallanterner og til Buelamper i Lyskastere, som bl. a. har den vigtige Opgave at beskytte Skibet mod Torpedoangreb. Endvidere driver Strømmen talrige Elektromotorer, hvorved Lyskastere manøvreres, Skibsrum ventileres, Kanontaarne drejes, Projektiler løftes op og indsættes i Kanonerne o. s. v. Hertil kommer saa et Røntgenanlæg til Undersøgelse af de Saarede, et Anlæg for traadløs Telegrafi og et Indenskibs-Signalanlæg, omfattende Signalklokker, Tegnkasser, højttalende Telefoner, Rorviser, Maskin-, Kedel- og Rortelegraf, Artilleri- og Torpedotelegraf. Ved disse sidste Indretninger kan man fra Kommandobroen sende Ordrer og Meddelelser til de enkelte Kanoner eller Grupper af Kanoner og til Torpedorummene, ja endog — ved Tryk paa et særligt Haandtag — sætte en Torpedos Udskydningsrør i Virksomhed. Fra Kommandobroen kan man endvidere ved elektriske Strømme frembringe de forskellige Lanternesignaler, hvormed man om Natten opnaar Samvirken mellem en Eskadres forskellige Skibe, og ved smaa til Signallamperne svarende Kontrolglødelamper, som tændes og slukkes sammen med de paagældende Lanterner, kan man se, om disse lystrer Ordre.

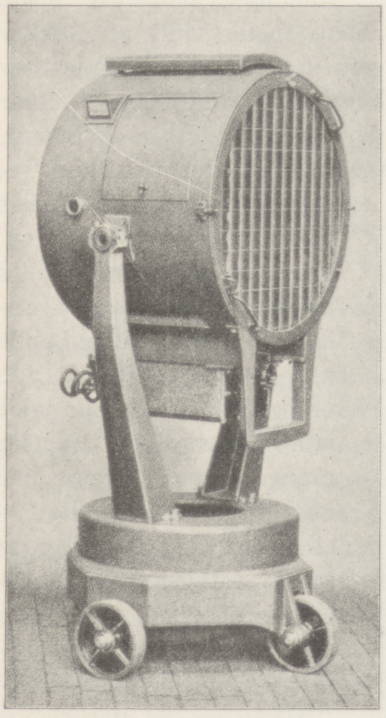


Fig. 219. Elektrisk Lyskaster.

De elektriske Lyskastere eller Projektører spiller ogsaa en stor Rolle i Nutidens Landkrig baade som Midler til Signalgivning og som Forsvarsmiddel ved natlige Angreb paa befæstede Stillinger. Fra flyttelige Lyskastere, der faar Strøm fra en Petroleumsmotor eller Dampmaskine med Dynamo, eller fra faste Apparater paa Forterne udgaar mægtige Lyskegler, som tegner lange Ildstriber hen over Terrænet, forvandler Bakker af mørk Jord til lysende Flader og pludselig aabenbarer Angribernes fremrykkende Kolonner, som da straks efter overdænges med en Regn af Granater.

Krigens frygteligste Vaaben er Miner, som i et Nu, tændte ved en elektrisk Strøm, kan sprænge et Fort med dets Mandskab i Luften,

og som paa Søen i et Øjeblik kan ødelægge det mægtigste Panserskib. Hvis undersøiske Miner skal kunne tændes inde fra Land, maa dette nødvendigvis ske ved elektrisk Strøm; men ogsaa ved Miner, der træder i Virksomhed, naar et Skib støder paa dem (Stødminer), benyttes som oftest en elektrisk Strøm enten til Tændingen eller paa andre Maader.

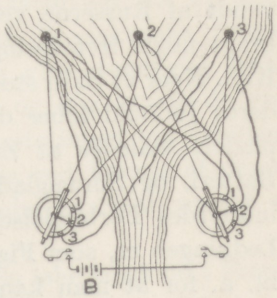
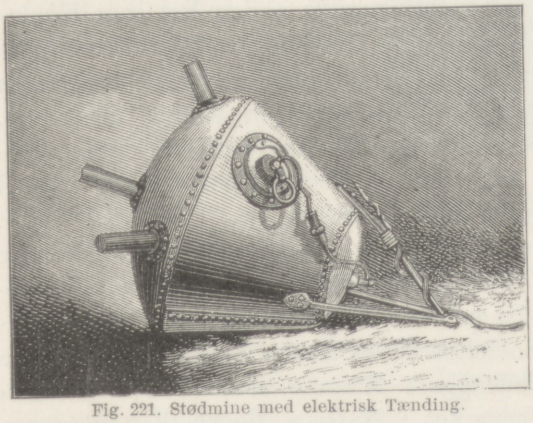


Fig. 220. Elektrisk Mineforsvar.

En vist næppe meget anvendt, men særdeles smuk og sindrig Ordning af et Mineforsvar med Landtænding er i sine Hovedtræk fremstillet i Fig. 220. Her forestiller *1*, *2* og *3* faste paa Havbunden nedlagte Miner, der skal spærre en snæver Gennemsejling for fjendtlige Skibe. Minerne er Beholdere med en stor Ladning af Sprængstof, hvori er anbragt en eller anden elektrisk Tænder (se S. 20). Fra hver Tænder gaar elektriske Ledninger ind til to Observationsposter (de uregelmæssige Linjer er Ledningerne; de lige Linjer betegner blot Sigtelinjer til Minerne). En Kikkert paa hver af Posterne er forbundet med en Metalarm, som under Kikkertens Drejning glider hen over en Ring med Metalkontakter, hvormed Ledningerne fra Minerne er forbundet; Kontakterne er anbragt saaledes, at naar Kikkerten sigter f. Eks. paa Mine 2, berører Metalarmen den med denne Mine forbundne Kontakt. Ved Trykknapper paa de to Observationsposter kan Metalarmenes Aksler sættes i ledende Forbindelse med hver sin Pol af et Batteri *B*, og dette gøres, naar et fjendtligt Skib kommer i Sigte. Idet man nu paa begge Poster stadig holder Kikkerten rettet mod Skibet, kan dette ikke komme hen over en Mine, uden at denne tændes; thi naar begge Kikkerter sigter mod samme Mine, f. Eks. Mine 2 som vist i Figuren, vil samtidig begge Metalarme berøre de til Minen svarende Kontakter og derved slutte Strømmen fra Batteriet. Minerne er derimod ufarlige for den fredelige Skibsfart; thi naar Ledningsforbindelsen mellem Batteriet og Metalarmene er afbrudt, kan ingen Sprængning finde Sted. — Ogsaa paa andre Maader kan et Mineforsvar ledes fra Observationsposter.


Fig. 221. Stødmine med elektrisk Tænding.

Stødminerne bestaar i Reglen af en svømmende Sprængstofbeholder, som ved en Forankring holdes i passende Dybde under Overfladen. Fig. 221 viser en saadan Beholder af en Type, som skal være anvendt af Russerne ved Port Arthur. Foroven paa Svømmeren er anbragt nogle fremspringende Rør, der indeholder Glasrør med kromsur Kali. Naar et Skib støder paa Minen, knuses et eller flere af Glasrørene; deres Indhold løber da ned i smaa Beholdere med Zink- og Kobberplader, saaledes at Zink, Kobber og Væske nu danner et galvanisk Batteri, og Sprængladningen tændes, idet Batteriets to Poler staar i indbyrdes Forbindelse ved en Ledning gennem en elektrisk Tænder; Ledningen er, som Figuren viser, delvis ført udvendig paa Beholderen, bl. a. for at man kan afbryde den under Transport.

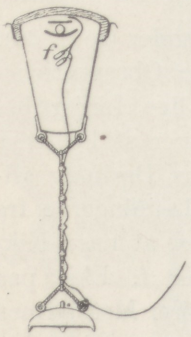


Fig. 222.
Stødmine i elektrisk Forbindelse med Land.

I andre Stødminer kan Skibets Stød slutte en elektrisk Strøm derved, at den bringer en Metalkugle, der ligger i en Metalskaal, til at rulle saa langt fra sin Ligevægtsstilling, at den træffer en over Skaalen anbragt Metalplade. Denne Ordning er antydet i Fig. 222. Her er imidlertid Ledningstraaden fra Pladen, efter at den har passeret gennem Tænderen *f*, ført ind til den ene Pol af et Batteri paa Landjorden; naar tillige saa vel Batteriets anden Pol som Kugleskaalen staar i ledende Forbindelse med Havet, vil Minen sprænges ved Stød, men afbrydes Ledningen inde ved Batteriet, bliver Minen ufarlig for Skibe. Ogsaa Minen Fig. 221 kan paa lignende Maade beherskes fra Land, naar den ydre Del af Ledningen forlænges ind til et Sted, hvor den kan afbrydes eller sluttes.

For at Minespærring skal være fuldt betryggende, maa Minerne ligge saaledes, at fjendtlige Skibe ikke kan slippe igennem »Minefeltet« uden at træffe paa mindst én Mine. Men desuden er det nødvendigt, at man kan beskyde Minefeltet for at hindre Fjenden i at opfiske eller paa anden Maade uskadeliggøre Minerne. For at Opfiskningen ikke skal kunne foregaa ubemærket i Nattens Mørke, kan man anvende elektriske Kontrolindretninger, der inde paa det Fort, som skal forsvare Minefeltet, fremkalder et Alarmsignal, naar en Mine berøres eller Ledningen til den overskæres. Idet Signalet tillige angiver, hvilken Mine eller Minegruppe, der er berørt, kan Fortet straks overdænge Minefiskerne med Projektiler.

Ikke blot til Telegrafering og Telefonering, men ogsaa paa mange andre Maader kan de elektriske Bølger tænkes anvendte i Fremtidens Krige, særlig i Søkrigen.

Ved den S. 228 omtalte Fjærnstyring af Fartøjer kunde man fra en Radiostation paa Land eller paa et Panserskib dirigere en Baad eller Torpedo fyldt med Sprængstof mod et fjendtligt Skib og lade den eksplodere i rette Øjeblik. Ganske vist maatte der fra Fartøjet rage Master med Lufttraade til Opfangning af de elektriske Bølger op over Vandet; men saadanne Master kunde være temmelig smaa og lidet iøjnefaldende for Fjenden om Natten, og dog kunde de ved fortil afblændede Lanterner underrette Afsenderstationen om Baadens Stilling. Fig. 223 viser et Fartøj, som anvendtes ved Forsøg af denne Art ved Antibes i Frankrig. — Ogsaa Luftfartøjer har man prøvet at styre paa Afstand.

Lader vi fra disse smaa Begyndelser Fantasien løbe langt ud i Fremtiden, saa kan vi tænke os helt nye Former af Krigsførelse, muliggjorte ved de elektriske Bølger. En Søkrig, hvor Kampen føres med mægtige ubemandede elektriske Ødelæggelsesmaskiner, der fra Radiostationer dirigeres mod hinanden eller mod fjendtlige Havne og Forter. Eller en Luftkrig, hvor ubemandede Flyvemaskiner med Lyskastere, Bomber og Torpedoer dirigeres ned over en By fra et højtsvævende Luftskib.

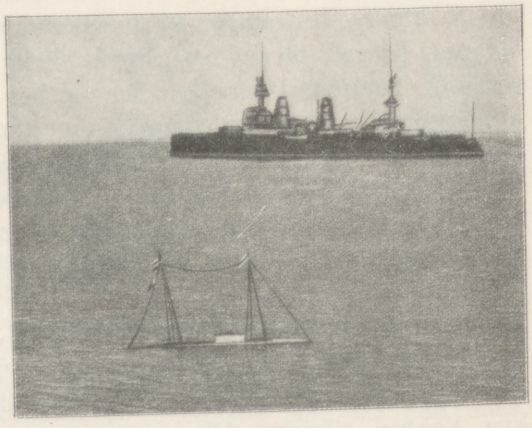


Fig. 223.
Ubemandet Fartøj, som styres ved elektriske Bølger.

Men medens det er en let Sag for Fantasien at udmale sig dette og mere, saa vilde den praktiske Udførelse deraf naturligvis støde paa mangfoldige store Vanskeligheder. Her skal kun nævnes en enkelt Hovedvanskelighed, nemlig den, som beror paa, at det ene Partis elektriske Bølger ikke vil være i Enebesiddelse af Luften. Ogsaa det andet af de kæmpende Partier kan udsende elektriske Bølger, og herved vil opstaa Forvirring og Forstyrrelse. Som Forholdene staar nu, er det endogsaa tvivlsomt, om selv almindelig traadløs Telegrafi vil kunne benyttes i stort Omfang i en evropæisk Krig. Ved uafladelig at udsende elektriske Bølger med forskellige Bølgelængder vilde de store tyske Radiostationer maaske kunne ødelægge Luften over Vesterhavet og England saa alvorligt, at Englænderne vanskeligt eller slet ikke kunde benytte den til traadløs Telegrafering. Der vil med

andre Ord opstaa en højst forunderlig Kamp om Luften, hvorved det vil være ulige lettere at hindre eller hæmme Modstandernes Brug af den som Færdselsvej for elektriske Bølger end at sikre sin egen uforstyrrede Benyttelse af den. Den, som raader over de fleste forskellige Systemer for traadløs Telegrafering og tillige fuldkomnest forstaar at afstemme sine Apparater for ganske bestemte Bølgelængder, har bedst Udsigt til at staa sig i denne Kamp, og det er vel bl. a. af denne Grund, at den tyske Krigsmagt foruden de tidligere gnisttelegrafiske Systemer ogsaa har indført Valdemar Poulsens Lysbuetelegrafi. For Fjærnstyringen af Krigsmaskiner er Indgreb af fremmede elektriske Bølger endnu mere betænkelig, fordi de derved frembragte Virkninger — f. Eks. en Sprængning i urette Tid — kan blive skæbnesvangre. Det er jo tidligere (S. 228) omtalt, at man har søgt ved forskellige Midler at hindre Virkninger af uvedkommende Bølger, men Vanskelighederne herved bliver naturligvis særlig store i Krigstid, naar Forstyrrelse ligefrem tilstræbes. Det er her ikke nok at give Modtagerapparaterne »en dirkefri Laas«, som kun kan aabnes af en bestemt »Nøgle« — f. Eks. en bestemt Sammensætning af længere og kortere Rækker af Bølger med bestemt Bølgelængde; man maa tillige gøre det saa vanskeligt som muligt for Fjenden at opdage og eftergøre denne Nøgle saa vel som at forhindre Ejeren i at benytte den.

Maaling af Projektilers Hastighed. Elektriciteten tages ikke blot under Kampe og Manøvrer til Lands og til Vands i Krigsvæsenets Tjeneste; ogsaa under den forberedende Virksomhed, ved hvilken Vaaben tilvirkes eller undersøges, yder den værdifuld Hjælp. Blandt andet benyttes elektriske Maalemetoder ved Undersøgelser over Projektilers Hastighed.

En af de simpleste Maader, hvorpaa saadanne Maalinger kan udføres, er antydet i Fig. 224. Til venstre ses en »S m a a t i d s m a a l e r« eller »Kronograf« *A* at Wheatstones Konstruktion. Den bestaar af et Urværk, som sættes i meget hurtig Bevægelse af et Lod *F*, men kan standses af en Elektromagnet, naar denne faar Strøm fra det galvaniske Batteri *P* og derved tiltrækker sit Anker. *C* er en Kanon, foran hvis Munding der i en Ramme *H* er anbragt en Metaltraad *f*. Igennem denne er Strømmen til Kronografelektromagneten sluttet, saa at Urværket holdes i Ro, indtil det Øjeblik, da et Projektil, der skydes ud af Kanonen, river Traaden *f* itu og derved afbryder Strømmen. Urværket sætter sig da i Gang, men standser paany, naar Projektilet træffer en Skive *M* og derved fremkalder en ny Strømslutning. Urviserne angiver, hvor længe Uret har løbet; er dette f. Eks.

2 Sekunder, og er Afstanden fra Kanonen til Skiven 600 Meter, var Kanonkuglens Hastighed gennemsnitlig 300 Meter i Sekundet. Vilde man finde dens Begyndelseshastighed. d. v. s. den Hastighed, den har, inden Luftmodstanden har hæmmet Bevægelsen kendeligt, maatte man imidlertid anbringe Skiven *M* meget nær ved Kanonen. Det Tidsrum, der skulde maales, blev da kun en lille Brøkdel af et Sekund, og Maalingen kunde ikke udføres nøjagtigt nok ved Wheatstones Tidsmaaler.

Til nøjagtig Udmaaling af meget smaa Tider kan man derimod anvende Siemens Smaatidsmaaler. I denne kan Gnisten fra et Induktionsapparat springe over paa den tilsodede Rand af en Staalskive, der løber meget hurtigt rundt. Saadanne Gnister kan fremkomme derved, at en Kanonkugle (eller Geværkugle) overskyder Metaltraade, der er udspændt paa dens Vej, idet hver saadan Overskydning afbryder en Batteristrøm og derved fremkalder en Induktionsstrøm. Naar man nu ved, hvor hurtigt Skiven løber, og maaler Afstanden mellem de Mærker, to Gnister har sat paa dens Rand, kan man udregne den Tid, Kuglen har brugt om at tilbagelægge Vejen mellem de to tilsvarende Traade.

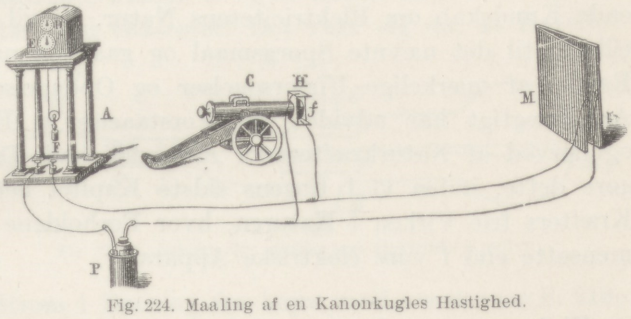


Fig. 224. Maaling af en Kanonkugles Hastighed.

Naar man til Projektilet befæster en Stang, som rager frem foran Kanonmundingen og derfor kan sprænge Metaltraade, der er anbragte i korte indbyrdes Afstande udenfor Mundingen, bliver det muligt at undersøge, hvorledes forskellige Krudtsorter virker paa Projektilet — om de forøger dets Hastighed hele Vejen gennem Løbet, eller deres Kraftvirkning væsentlig kun gør sig gældende i den bageste Del af Løbet.

Særlig den store Betydning, som saadanne Maalinger har for Krigsvæsenet, har bevirket, at der er ofret meget Arbejde og mange Penge paa Fuldkommengørelse af den elektriske Smaatidsmaaling; men denne kan ogsaa finde Anvendelse paa mange andre Omraader baade i Videnskaben og det praktiske Liv.

XVII. ELEKTRICITETENS NATUR.

Elektroner og Ioner. — Radium og andre Straalestoffer. — Stof og Elektricitet.

I første Kapitel af denne Bog opstilledes det Spørgsmaal »Hvad er Elektricitet?« De Antydninger, her blev givet af Nutidens Syn paa denne Sag, kunde strække til som Vejledning ved de fleste i det foregaaende omtalte praktiske Anvendelser af Elektriciteten; thi Nutidens Elektroteknik er i Hovedsagen bygget op paa Kendskabet til nogle faa simple Love om de elektriske Kræfters ydre Fremtræden, Love, til hvis Erkendelse og Anvendelse der ikke kræves dyberegaaende Kundskab om Elektricitetens Natur. Vi vil imidlertid nu vende tilbage til det nævnte Spørgsmaal og gaa lidt nærmere ind paa den Række af mærkelige Undersøgelser og Opdagelser, som i de senere Aar mægtigt har udvidet vor Forstaaelse af Elektricitetens Natur og derved af Naturkræfterne i Almindelighed. Det er nødvendigt at gøre dette, inden vi i Bogens sidste Kapitel betragter de elektriske Kræfters frie Virken i Naturen, hvor Forholdene er langt mere sammensatte end i vore elektriske Apparater.

Elektroner og Ioner. Det er tidligere omtalt (S. 254—255), at naar en elektrisk Strøm sendes gennem et godt udpumpet Glasrør (Vakuumrør eller Udladningsrør) med Metalelektroder, vil der fra Katoden (den negative Elektrode) udsendes »K a t o d e s t r a a l e r« der bestaar af ufattelig smaa negativ elektriske »Projektiler«, der udslynges med en uhyre Hastighed. I Fig. 225 er vist et Vakuumrør, hvor Katodestraalerne kan bringe et lille Møllehjul til at løbe henad to Stænger, idet de rammer Hjulets øverste Skovle fra den ene Side. Et afgørende Bevis for, at Katodestraalerne er udslyngede Smaadele, afgiver dette Forsøg dog ikke; thi ogsaa Lysstraaler udøver et Tryk mod den Flade, de træffer. Det er ved at undersøge Katodestraalernes Forhold overfor magnetiske og elektriske Kræfter, at man er kommet til Klarhed over deres Natur.

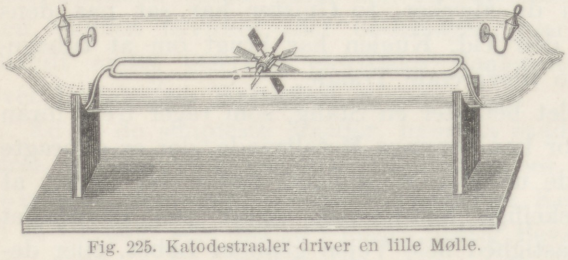


Fig. 225. Katodestraaler driver en lille Mølle.

Elektriske Kræfters Virkning paa Katodestraalerne kan undersø-

ges ved Vakuumrør, der er indrettet som vist i Fig. 226. Fra Katoden K sendes Straalerne til højre; men de fleste af disse Straaler standses af to Propper, S_1 og S, med snævre Spalter, der kun tillader et smalt Straalebundt at passere. Dette Straalebundt rammer Enden af Røret ved M og bringer det her til at fluorescere (se S. 254). Dersom nu to Metalplader B og C, der er anbragt som vist i Figuren, gøres henholdsvis positiv og negativ elektriske, vil den lysende Plet M flytte sig til M_1, hvoraf fremgaar, at Katodestraalerne er bøjet noget af fra deres oprindelige Retning og har nærmet sig til den positive Plade B. Dette forstaas let, naar man antager, at Katodestraalerne bestaar af bevægede negativ elektriske Smaadele; thi disse vil jo blive tiltrukket af den positive Plade.

I Stedet for de elektriske Plader B og C kunde man anbringe en eller to Magnetpoler tæt ved Glasrøret. Det viser sig da, at Katodestraalebundtet afbøjes efter ganske samme Regler, som om det var en tynd bøjelig Ledningstraad, gennem hvilken der gik en elektrisk Strøm i Retning fra højre mod venstre (se S. 219, Bd. I). Da vi jo ved Strømretningen forstaar den Retning, hvori der føres positiv Elektricitet, stemmer ogsaa dette med, at Katodestraalerne er negativ elektriske Smaadele, der strømmer fra venstre mod højre.

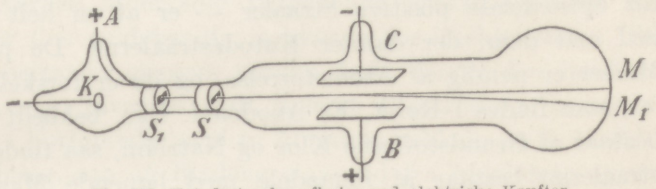


Fig. 226. Katodestraaler afbøjes ved elektriske Kræfter.

At Katodestraalerne førte negativ Elektricitet, kunde ogsaa paavises mere direkte derved, at de gav en Metalplade negativ Ladning.

Det kunde ligge nær at antage, at Katodestraale-Smaadelene var Atomer (S. 19, Bd. I) af den Luft, som findes i Røret eller maaske af Katodens Metal. Men man maatte saa vente, at Afbøjningernes Størrelse vilde rette sig efter Luftartens eller Metallets Natur, og dette er ikke Tilfældet; tværtimod tyder alt paa, at Katodestraaler altid bestaar af samme Slags Smaadele. Dels ud fra de fundne Værdier for Afbøjningerne ved elektriske og magnetiske Kræfter, dels ud fra Forsøg og Betragtninger af anden Art har man beregnet, at Katodestraale-Smaadelenes Masse (Vægt) kun er ca. $^1/_{1700}$ af Brintatomets, skønt dette er det letteste af alle kendte Grundstoffers Atomer. Den Hastighed, hvormed disse smaa Projektiler flyver af Sted, kunde ogsaa udregnes af Afbøjningerne. Den afhænger af den anvendte Spænding og kan i nogle Tilfælde naa op til noget som 100 000 Kilometer i Se-

kundet, d. v. s. $^1/_3$ af Lysets Hastighed eller 100 000 Gange den Fart, hvormed de hurtigste Kanonprojektiler udsendes. Naar Katoden beklædes med Metalilter og tillige opvarmes, kan allerede saa lave Spændinger som 100 eller 200 Volt frembringe Katodestraaler, der da har ringe Hastighed og derfor afbøjes stærkt.

Efter den i forrige Aarhundrede fremherskende Opfattelse af positiv og negativ Elektricitet som to i det væsentlige ligestillede Modsætninger syntes de negative Katodestraaler uden tilsvarende positive Anodestraaler nærmest at være en Uting, noget som stred mod god Orden. Man har nu i Virkeligheden for et Par Aar siden paavist, at ogsaa Anoden — naar den beklædes med Salte — kan bringes til at udsende Straaler, og at disse Straaler bestaar af positiv elektriske Smaadele, som farer ud fra Anoden. Men det har tillige vist sig, at de Smaadele, hvoraf Anodestraalerne — saa vel som andre i Vakuumrør optrædende positive Straaler — er af en helt anden Beskaffenhed end dem, der danner Katodestraalerne. De positive Smaadeles Masser er nemlig af Atomstørrelse, og de er forskellige efter de Stoffer, som findes i Røret. Er Anoden f. Eks. beklædt med Kogsalt, der bestaar af Grundstofferne Klor og Natrium, saa finder man, at Anodestraalerne bestaar af Smaadele med lignende Masse som Natriumatomerne; efter al Sandsynlighed er det Natriumatomer. I intet Tilfælde har man fundet positive Smaadele, hvis Masse var mindre end Brintatomets.

Der er altsaa en Grundforskel mellem de positive Anodestraaler og de negative Katodestraaler. Medens de første bestaar af de kemiske Grundstoffers Atomer, bestaar de sidste af en helt anden Slags Smaadele, hvis Tilstedeværelse man tidligere ikke havde anet, og hvis Masse er omtrent et Par tusind Gange saa ringe som det mindste Grundstofatoms.

Paa Grundlag af disse og andre Kendsgerninger er man naaet til den Erkendelse, at de Smaadele vi træffer i Katodestraalerne er, hvad man kunde kalde Elektricitetens Bærere eller, om man vil, Elektricitetsstoffets Atomer, og man har givet dem Navnet E l e k t r o n e r.

Som det blev nævnt S. 19 Bd. I, maa man antage, at der i alle Stoffer findes Elektroner, som dels kan være knyttede til Stoffets Atomer, dels gaa frit om. Hvert Atom, som befinder sig i normal uelektrisk Tilstand, maa antages at indeholde i det allermindste én Elektron, som kan løsrives fra det ved forskellige Indvirkninger. Naar vi gnider f. Eks. en Glasstang med en Silkeklud, løsrives der fra nogle af Glassets Atomer Elektroner, som gaar over til Silken; Silken faar da Overskud af Elektroner, Glasset Underskud. At vi tidligere har

fulgt Franklins Antagelse, i Følge hvilken der tværtimod gik Elektricitetsstof fra Silken til Glasset, blev jo i sin Tid fremhævet (S. 23 Bd. I), og for ikke at støde an mod den hævdvundne Sprogbrug maa vi fremdeles betegne Genstande eller Atomer, der har mistet Elektroner (altsaa her Glasstangen) som positiv elektriske, medens de, der har faaet et Tillæg af Elektroner, kaldes negativ elektriske. — Idet Elektronerne frastøder hinanden indbyrdes, og Atomer, der har mistet Elektroner, ligeledes frastøder hinanden, men derimod tiltrækkes af Elektroner, fremkommer de kendte Love for Frastødninger og Tiltrækninger mellem henholdsvis ensartet og uensartet elektriske Genstande (S. 20 Bd. I).

Ud fra denne Lære om Elektronerne kan man bl. a. forklare mangfoldige Forhold ved Elektricitetens Strømning i Luftarter, i metalliske Ledere og i Væsker, som sønderdeles ved Elektrolyse.

Naar Luft hverken indeholder fritgaaende Elektroner eller elektriske Atomer, er den fuldstændig isolerende for Elektriciteten. Sender man Røntgenstraaler gennem saadan Luft, bliver den imidlertid ledende. Dersom man giver et godt isoleret Elektroskop, bestaaende af en Metalplade i Forbindelse med to Aluminiumsblade (se S. 17 Bd. I) en elektrisk Ladning, saa at Bladene staar ud fra hinanden, og man derefter blæser en Strøm af Luft, der er gennemstraalet af Røntgenstraaler, hen mod Pladen, vil Bladene hurtig falde sammen som Tegn paa, at Elektroskopet taber sin Ladning. Dette forklares paa den Maade, at Røntgenstraalerne slaar Elektroner løs fra nogle af Luftatomerne, som saaledes bliver positiv elektriske; til disse positive Atomer saavel som til de frigjorte Elektroner kan der slutte sig et Paahæng af uelektriske Luftmolekyler. De ved Røntgenstraalingen fremkomne positive og negative Smaadele — med eller uden Paahæng — kaldes I o n e r (ɔ: Vandrere); idet de positive og negative Ioner hver for sig kan bevæge sig frit omkring, bringes de af elektriske Kræfter til at vandre til hver sin Side. Er Elektroskopet positiv elektrisk, vil det tiltrække de negative Ioner og frastøde de positive, er det negativt, vil derimod de positive tiltrækkes og de negative frastødes; i begge Tilfælde vil de tiltrukne Ioner aflade Elektroskopet. — Naar »ioniseret« Luft overlades til sig selv, vil Ionerne efterhaanden forsvinde, idet positive og negative Ioner tiltrækker hinanden og ved deres Møde gendanner de oprindelige, uelektriske Luftmolekyler og Atomer.

Det nævntes, at de positive og negative Smaadele, der dannes ved Ioniseringen kunde faa et Paahæng af uelektriske Molekyler. Dette sker navnlig i fugtig Luft, idet Vanddampene er tilbøjelige til at fortætte sig om Ionerne. Naar disse saaledes maa slæbe om med Vand-

draaber, kan de ikke saa hurtigt sættes i Bevægelse af de elektriske Kræfter. Derfor leder taaget Luft daarligere end klar. Naar elektriserede Ledere ikke des mindre under almindelige Forhold vanskeligt kan bevare deres Ladning ret længe i fugtigt Vejr, saa skyldes dette som nævnt S. 13 Bd. I den Fugtighedshinde, der let sætter sig paa de fleste Isolatorer.

Luft kan ioniseres paa flere andre Maader end ved Røntgenbestraaling. — Den fra en Flamme opstigende Luftstrøm indeholder Ioner og er derfor ledende. — Ultraviolette Straaler (S. 276 Bd. I) ioniserer den Luft de passerer igennem. Disse Straaler kan tillige bringe uelektrisk Metal til at afgive Elektroner, saa at et Elektroskop med Metalplade — bedst en godt renset Zinkplade — kan blive ret stærkt positiv elektrisk, naar Pladen udsættes for Bestraaling fra en Lyskilde, og man blæser Luften med de udtrædende negative Elektroner bort fra Pladen; selv ved Belysning fra en Petroleumslampe kan Zinkpladen blive positiv elektrisk. — Endvidere kan Ionerne selv frembringe nye Ioner, naar de sættes i Fart af stærke elektriske Kræfter, saa at de danner positive eller negative Straaler. En saadan Ionisering foregaar i Udladningsrørene navnlig ved Elektronernes, men ogsaa ved positive Smaadeles Stød mod Luftmolekylerne; samtidig bringes Luften til at lyse, og derved fremkommer de mærkelige Lysfænomener i Udladningsrør, der ikke er stærkt udpumpede (S. 254).

I faste godt ledende Stoffer som Metaller besørges Elektricitetsbevægelsen efter alt at dømme af frie Elektroner. I en uelektrisk Metaltraad kan vi antage, at der altid findes saavel en Del frie Elektroner som et tilsvarende Antal Atomer, der mangler Elektroner og saaledes er positive; men kun de smaa Elektroner er i Stand til at vandre gennem Traaden under Paavirkning af elektriske Kræfter. Sættes Metaltraaden i Forbindelse med Polerne af et Batteri eller en arbejdende Dynamo, vil der fra den negative Pol strømme Elektroner ind i den ene Ende af Traaden; her bliver der Overskud af Elektroner (negativ elektrisk Spænding), og disses indbyrdes Frastødninger vil bevirke, at nogle af dem vandrer længere ud i Traaden; samtidig drages der af Batteriets positive Pol Elektroner ud af Traadens anden Ende. Idet der kun gaar en forsvindende ringe Tid, inden Elektricitetsbevægelsen (Elektronbevægelsen) er kommet i Gang overalt i Traaden, kan vi sige, at Elektricitetsbevægelsens Forplantningshastighed er overmaade stor. Men dette er — hvad man kan indse ved Sammenligning med Vandbevægelsen i et Rør — noget helt andet end den Hastighed, med hvilken Elektricitetsstoffet (Elektronerne) vandrer gennem Traaden fra den negative til den positive Pol; denne »Strømnings-

hastighed« er selv for stærke Strømme kun ringe. Forøvrigt bliver Sagen ret indviklet, fordi Elektronerne i Virkeligheden hvert Øjeblik støder mod Metalatomerne og derved kommer til at fare frem og tilbage i alle mulige Retninger.

Naar to forskellige Metaller i uelektrisk Tilstand bringes i Berøring med hinanden, vil bl. a. Forskelligheder i Mængden af fri Elektroner bevirke, at der ikke bliver Ligevægt, inden der ved Overgang af nogle Elektroner fra det ene af Metallerne til det andet er opstaaet en vis elektrisk Spændingsforskel mellem dem. Denne Spændingsforskel giver Anledning til særlige Opvarmninger eller Afkølinger ved Overgangsstederne mellem de forskellige Slags Metaltraade i en Ledning, som passeres af en elektrisk Strøm. Omvendt vil der i en af forskellige Metaller sammensat Ledningskreds fremkomme en elektrisk Strøm, naar forskellige Berøringssteder mellem to Metaller opvarmes ulige meget (se S. 218). Saavel for disse Forhold som for adskillige andre Forhold ved Metallerne — f. Eks. den Sammenhæng, der er til Stede mellem elektrisk Ledningsevne og Varmeledningsevne — kan Elektronlæren gøre Rede.

I Salt- og Syreopløsninger er en større eller mindre Del af det opløste Stofs Molekyler spaltede i Ioner, der ligesom Elektronerne i en Metaltraad farer frem og tilbage i alle mulige Retninger, men kan føres til bestemte Sider af elektriske Kræfter; idet de positive Ioner gaar til den ene, de negative til den anden Side, indtræder samtidig med Elektricitetsledningen kemiske Adskillelser (Elektrolyse). De enkelte Ioner kan bestaa af ét eller flere Atomer og have én, to eller flere Elektroner i Over- eller Underskud. Ved Elektrolyse af Klornatrium (se S. 126) er de negative Ioner Kloratomer, med kun én Elektron i Overskud, de positive Natriumatomer med én Elektron i Underskud. Kloratomerne føres af de elektriske Kræfter mod Anoden og afleverer Elektroner til denne, medens Natriumatomer kommer til Katoden og modtager Elektroner. Paa denne Maade bliver den Elektronstrøm, som gennem Ledningstraaden kommer til Katoden fortsat gennem Væsken til Anoden.

— Elektronlæren kan ikke blot forklare Elektricitetens Strømning gennem ledende Stoffer; den kan ogsaa gøre Rede for Forholdene udenfor Lederne.

De fra Elektronerne udgaaende elektriske Frastødninger og Tiltrækninger antages at bero paa, at der omkring Elektronen er en ejendommelig Spændingstilstand i Æteren; Elektronen frembringer et »elektrisk Felt« siger man. En Elektron, der er i jævn Bevægelse frem gennem Æteren skaber i denne en Spændingstilstand af anden Art,

man siger, at der i Rummet om den bevægede Elektron er baade et elektrisk og magnetisk Felt, som begge følger med Elektronen paa dens Vandring. Det magnetiske Felt, som omgiver en strømgennemflydt Ledning, og som giver sig Udtryk i Ledningens Virkning paa Magneter eller Strømledninger i Nærheden (S. 51 og 60 Bd. I), er Resultatet af en Samvirken af de magnetiske Felter fra alle de enkelte Elektroner, som bevæger sig i Ledningerne. Ogsaa Jærns og Staals Magnetisme maa antages at hidrøre fra Elektronbevægelser i Stoffets Indre. — Hver Gang en Elektron sættes i Bevægelse eller stanses, faar sin Fart forøget eller formindsket eller blot sin Bevægelsesretning forandret, vil dette foranledige en Forandring af det elektriske og magnetiske Felt, og denne Forstyrrelse i Æterens Tilstand vil brede sig med Lysets Hastighed ud fra Elektronen. Paa denne Maade fremkommer som antydet S. 255 Røntgenstraaler ved, at Katodestraalernes Elektroner standses af Glas eller Metal. Udfører en Elektron regelmæssige Svingninger frem og tilbage, følger »Æterforstyrrelserne« efter hinanden i bestemt Takt; der breder sig regelmæssige »Æterbølger« eller »elektriske Bølger« ud fra Elektronen. Idet der i Gnister eller Lysbuer og dertil knyttede Ledere frembringes Elektronsvingninger med Svingningstal nogle Hundredetusinder i Sekundet fremkommer de i den traadløse Telegrafi benyttede elektriske Bølger. Dersom det Antal Svingninger, som i et Sekund udføres af en Elektron, ikke er nogle Hundredetusinder men nogle hundrede (400—800) Billioner, saa er de fra Elektronen udgaaende Æterbølger egentlige Lysbølger; at en Genstand bliver lysende ved stærk Ophedning, forklares altsaa derved, at Ophedningen bringer Elektronerne i dens Atomer til at svinge saa hurtigt. Et vægtigt Vidnesbyrd for Rigtigheden af denne Lære har man fundet i den mærkelige Opdagelse, at Lyslinjerne i Luftarters Spektre (S. 304 Bd. I) kan tredobles, naar Lyskilden udsættes for stærke Magnetkræfter; en saadan Tredobling kan nemlig bevises at være en nødvendig Følge af Magnetkraftens Virkning paa de svingende Elektroner.

Radium og andre Straalestoffer. Hvad Elektronlæren betyder for vor Naturforstaaelse, har maaske allerklarest vist sig gennem det Lys, den har kastet over de saakaldte radioaktive Stoffer eller Straalestoffer, som uden nogensomhelst ydre Foranledning uafladelig udsender Straaler, der bl. a. ioniserer Luften.

Allerede i 1896 opdagede Franskmanden Henri Becquerel, at der fra Mineralier indeholdende Metallet Uranium udgik Straaler, som paavirkede en fotografisk Plade. Senere fandt han, at de paagældende

Stoffer ogsaa gjorde Luften ledende for Elektricitet, og gennem Undersøgelser over dette Forhold opdagede Fru Curie og hendes Mand, at der i Uranmalmen Begblende fandtes langt stærkere straalevirksomme eller radioaktive Stoffer. Fig. 227 antyder deres Undersøgelsesmetode. Til venstre ses et Elektroskop; dettes Plads er forbundet med en anden Metalplade *b*, og paa en tredje Metalplade *a* ligger et Pulver af det Stof, som skal undersøges; *L* er et galvanisk Batteri, hvis ene Pol er afledet til Jorden; naar den anden Pol forbindes med Pladen *a*, faar denne en vis elektrisk Spænding, og idet det straalevirksomme Pulver ioniserer Luften mellem *a* og *b*, fører Ionerne Elektricitet til Elektroskopet, hvis Blade derved skiller sig fra hinanden mer eller mindre hurtigt efter Pulverets Beskaffenhed.

Ved kemiske Sønderdelinger og Prøver med Elektroskopet lykkedes det dem at udskille mer eller mindre rene kemiske Forbindelser af et nyt Stof Radium, som var Hundredetusinder Gange saa radioaktivt som Uranmalmen. Først i 1910 er Stoffet fremstillet for sig; det er et hvidt Metal, som hurtigt angribes af Luften. Stoffet findes i saa smaa Mængder i Malmen, at man har maattet behandle mange Tons af den for at udvinde nogle faa Gram rene Radiumforbindelser. — Vi skal ikke gaa nærmere ind paa Undersøgelserne over Straalestofferne, men blot nævne nogle af de vigtigste Resultater.

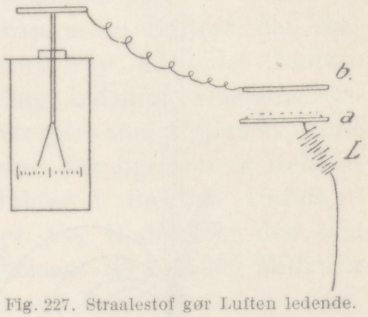


Fig. 227. Straalestof gør Luften ledende.

Man har fundet, at der fra Radiumpræparater udsendes 3 Slags Straaler. Disse benævnes i Reglen med de græske Bogstaver α (Alfa), β (Beta) og γ (Gamma). De kan alle ionisere Luften, bringe forskellige Stoffer til at lyse, paavirke en fotografisk Plade samt udøve forskellige andre kemiske saa vel som fysiologiske Virkninger; men de adskiller sig bl. a. ved deres forskellige Forhold overfor Magnetkræfter. I Fig. 228 er *B* en lille Blydigel, paa hvis Bund der ligger radiumholdigt Stof. De tykke Blyvægge, der er uigennemtrængelige for Straalerne, tillader kun disse at gaa opad, men hvis en stærk Elektromagnet anbringes med Nordpolen foran Papirets Plan, Sydpolen bag den, vil kun γ-Straalerne blive ved at gaa lige til Vejrs, medens α- og β-Straalerne afbøjes til hver sin Side som vist, β-Straalerne endog saa stærkt, at de kan gaa ned og virke paa en fotografisk Plade *AC*, der tjener Blydiglen som Underlag.

De ubøjelige γ-Straaler ansaa man i alt Fald tidligere for at være

Æterbølger af samme Natur som Røntgenstraaler, blot endnu mere gennemtrængende end de »haardeste« af disse Straaler (se S. 257); selv gennem mer end tommetykke Metalplader kan de faa en Bariumplatincyanur-Skærm til at lyse, ja man har endog paavist deres Virkninger gennem 20 Ctm. tykke Blyplader. I de sidste Aar har dog ogsaa den Anskuelse gjort sig gældende, at γ-Straalerne er materielle Smaadele i Fart.

De stærkt bøjelige β-Straaler bestaar af Elektroner i stærk Fart og er altsaa af samme Natur som Katodestraalerne i »Vakuumrør«. Da Farten ikke er ens for dem alle, afbøjes de ulige meget af Magnetkræfter (se Fig. 228). Gennemgaaende er Elektronernes Fart langt større end i Vakuumrørene; medens den her oftest er mellem $^1/_{10}$ og $^1/_3$ af Lysets, kan den i nogle β-Straaler naa nær op til Lysets; dette er Aarsagen til, at β-Straaler kan trænge gennem nogenlunde tynde Glasvægge og gaa en betydelig Strækning gennem almindelig Luft, medens Vakuumrørenes Katodestraaler ikke kan slippe ud gennem Glasset.

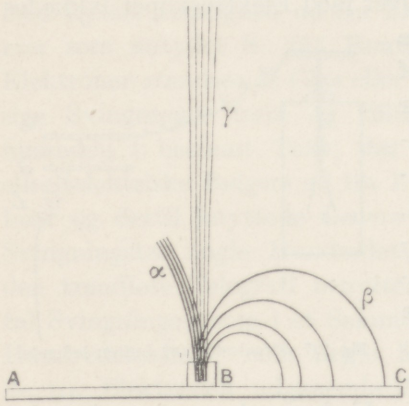


Fig. 228. Magnetkræfter afbøjer Radiumstraaler.

De svagt bøjelige α-Straaler er af samme Natur som de »positive Straaler« i Vakuumrør; de dannes ligesom disse af positive Smaadele af Atomstørrelse, hvis Fart imidlertid er langt større end i Vakuumrørene, nemlig henimod $^1/_{10}$ af Lysets. Aligevel kan de kun gaa gennem ganske korte Luftstrækninger og meget tynde Vægge, men deres Virkninger er meget kraftige.

Man har endvidere fundet, at Radium stadig udvikler Varme, i Løbet af en Time kunde det smelte saa meget som sin egen Vægt Is eller mere. Denne Varme fremkommer for Størstedelen derved, at de positive Smaadele (α-Partiklerne) standses, dels inde i selve Stoffet, dels af Luften og Væggene, i den Beholder, der indeslutter Stoffet. I Løbet af et Aar frembringer 1 Gram ($^1/_5$ Kvint) Radium Varme nok til at opvarme henimod 1000 Kilogram Vand 1 Grad; for at frembringe saa megen Varme maatte langt over 100 Gram Kul brænde fuldstændig op, medens det ene Gram Radium tilsyneladende er ganske uforandret efter Aars Forløb.

Her maa Ordet t i l s y n e l a d e n d e fremhæves; thi det har vist sig, at Radium i Virkeligheden gennemgaar en Række dybtgaaende

Forvandlinger, hvorved Radiummængden aftager efter en bestemt Regel ganske uafhængigt af ydre Forhold. I Løbet af et Aar omdannes noget som $^1/_{3000}$ af den ved Aarets Begyndelse forhaandenværende Mængde til andre Stoffer; heraf kan udregnes, at Radiummængden vil synke til det halve i 2—3000 Aar, og denne Tid kaldes da Straalestoffets »Periode«; efter andre 2—3000 Aar vil Resten atter være gaaet ned til det halve og saa fremdeles. Hvis det nuværende Radium blot var Rester af større Radiummængder fra ældre Tid, saa maatte der for 40 000 Aar siden have været over 1 Million Gange saa meget Radium paa Jorden som nu. Da 40 000 Aar kun er en kort Tid i Jordklodens Historie, er en saadan Antagelse aabenbart ganske uholdbar; der er da nu heller ingen Tvivl om, at Radium stadig nydannes, og at dets »Stamstof« er Uranium. Vejen fra Uranium til Radium gaar dog gennem flere Mellemled, og af Radium dannes ligeledes efterhaanden en Række forskellige Stoffer. Et af disse er en Luftart, den saakaldte »Emanation«. Slutproduktet er vistnok Bly. Et andet Omdannelsesprodukt, som indtager en Særstilling indenfor Omdannelsesrækken er Luftarten Helium; det kan nu betragtes som afgjort at denne fremkommer ved Ophobning af α-Partiklerne, der ligefrem er Heliumatomer. De forskellige Omdannelsesprodukter i Rækken Uranium-Radium-Bly har meget forskellig »Periode«. For Radium er den som sagt 2—3000 Aar; for Uranium er den anslaaet til 3—5000 Millioner Aar; for Emanationen er den mindre end 400 Dage, og for det Stof, »Radium A«, hvortil Emanationen omdannes er den kun 3 Minutter. Endvidere er Straalevirksomheden af forskellig Art ved de forskellige Omdannelser; ved nogle udsendes kun α-Straaler, ved nogle kun β- og γ-Straaler; i ét Tilfælde udsendes alle 3 Slags og ved et Par Omdannelser udsendes slet ingen Straaler, saa at man kun ad Omveje har kunnet slutte sig til, hvad der er sket.

Naar man nu betænker, at de enkelte Omdannelsesprodukter var til Stede i saa smaa Mængder, at man dels slet ikke, dels kun med stor Vanskelighed kunde maale eller veje dem og altsaa i Reglen maatte nøjes med Iagttagelse og Maaling af Straalevirksomheden, navnlig Ioniseringen, saa maa man i højeste Grad beundre det videnskabelige Arbejde, hvorved man har faaet Rede paa alle disse mærkelige og indviklede Forhold. Æren derfor tilkommer foruden Bequerel og Ægteparret Curie i første Række Englænderne Rutherford, Soddy og Ramsay; men naturligvis har ogsaa mange andre bidraget til Opklaringen.

Foruden Uranium-Radium-Rækken findes ogsaa et Par andre Straalestofrækker, hvoraf den ene begynder med Stoffet Thorium.

Stof og Elektricitet. Studiet af Himmellegemerne har bragt vor Tanke til at tumle med Størrelser saa vældige, at vor Anskuelsesevne føler sig ganske afmægtig overfor dem; men ligesaa afmægtig staar den overfor Lidenheden i den Verden, Atom- og Elektronlæren fører os ind i. Tænker vi os et tærningformet Rum, der er en Millimeter paa hver Led fyldt med Luft af almindeligt Tryk, saa skulde en Milliontedel af dette Rum efter de seneste Beregninger indeholde noget som 30 000 Millioner Molekyler og det dobbelte Antal Atomer, idet de Luftarter, hvoraf atmosfærisk Luft bestaar har »toatomige« Molekyler; saa er der endda god Plads, idet hver Molekyl er skilt fra sine Naboer ved Rum, der er store i Forhold til Molekylets Udstrækning. Angaaende Atomernes Vægt eller Masse kan det anføres, at der gaar et Par Billioner af de tungeste Grundstofatomer paa en Milliontedel Milligram og mer end 200 Gange saa mange af de letteste, nemlig Brintatomerne. Men et Brintatom er endda en Kæmpe mod en Elektron, idet dennes Masse er henved et Par tusinde Gange saa ringe.

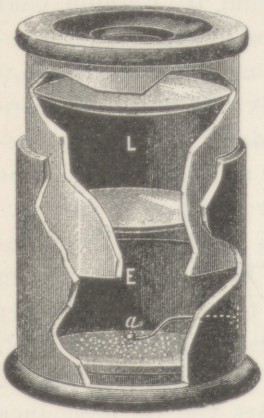


Fig. 229. Spintariskopet.

Saa utroligt det nu end kunde synes, at Stofdele saa smaa som Atomer eller Elektroner skulde kunne gøres synlige og tælles én for én, kan noget saadant dog — i alt Fald for Atomernes Vedkommende — opnaas paa flere Maader.

Simplest sker det ved det saakaldte Spintariskop, som er vist i Fig. 229. Ved *a* tæt over en Plade med Svovlzink er anbragt en Smule radiumsholdigt Stof, og naar man i Mørke gennem Forstørrelsesglassene *LE* betragter Skærmen, ser man paa denne talrige lysende Punkter, der dukker frem og forsvinder. Hvert enkelt af disse Lyspunkter fremkommer ved, at en af de fra Straalestoffet udslyngede α-Partikler træffer Skærmen. Vi bliver saaledes her Vidne til et uafladeligt »Atombombardement«, hvor Atomerne bliver synlige enkeltvis, ganske vist ikke direkte, men i samme Forstand som Regndraaber bliver synlige ved Bølgeringe de frembringer paa en Vandflade. Ved at anvende en overmaade ringe Mængde Straalestof, kan man opnaa, at Lyspunkterne kommer saa sparsomt, at man kan tælle dem og dermed ogsaa tælle de udslyngede α-Partikler eller Heliumatomer.

At saa ufattelig smaa Stofdele kan gøre sig bemærkede enkeltvis, skyldes deres ligesaa ufattelige Hastighed, der som nævnt kommer nær op mod en Tiendedel af Lysets. Med denne Hastighed vilde et

Projektil, som vejede et Milligram, altsaa en Milliontedel Kilogram, besidde saa megen Energi, som den, der kræves til at løfte et Skib paa 1000 Tons henimod 50 Meter i Vejret.

Til Trods for en α-Partikels utrolige Fart trænger den som nævnt kun en ganske kort Strækning — faa Centimeter — frem gennem Luften, inden den standses eller i alt Fald taber sin Evne til at ionisere Luften; men den slaar dog paa sin Vej noget som 100 000 Luftmolekyler i Stykker, d. v. s. deler dem i positive og negative Dele. Herved bliver det muligt, at en enkelt α-Partikel, som gennem en tynd Glimmerplade trænger ind i et lukket Rum kan gøre Luften herinde saa stærkt ledende, at Virkningen kan iagttages paa et Elektrometer, der staar i Forbindelse med en Metaltraad i Rummet. Idet der, hver Gang en α-Partikel gaar gennem Glimmerpladen, ledes lidt Elektricitet til Metalpladen, gaar Elektrometrets Viser hver Gang et lille Spring, saa at man herved kan følge »Bombardementets« Gang og tælle Partiklerne. — Ud fra Optællinger udførte paa denne Maade kan det udregnes, at et Milligram Radium og dets Omdannelsesprodukter i et Sekund udsender 34 Millioner α-Partikler eller Heliumatomer. Dette Resultat stemmer godt med det, der faas af Lyspunkttællingerne, saa vel som med direkte Maalinger af den udviklede Heliummængde.

Da Heliumatomet er 4 Gange saa tungt som Brintatomet, og dettes Masse er anslaaet til at være 1700 Gange saa stor som en Elektrons, skulde denne altsaa kun være omtrent $^1/_{7000}$ af α-Partiklernes. Til Gengæld kan β-Straalernes Elektronprojektiler have en Hastighed meget nær op mod Lysets eller mer end 10 Gange saa stor som α-Straalernes Atomprojektiler, og da der til den tidobbelte Hastighed svarer den 100-dobbelte Energi hos et Projektil, synes det ikke udelukket, at β-Partiklerne kan gøre sig bemærket enkeltvis paa lignende Maade som α-Partiklerne. Hidtil er det dog ikke lykkedes at gøre den ioniserende Virkning af en enkelt Elektron synlig; men paa en Bariumplatincyanur-Skærm kan β-Straalerne frembringe en Lysning, som synes at bestaa af Lysglimt, hidrørende fra de enkelte Elektroners Slag mod Skærmen; Glimtene er dog for svage til at man kan tælle dem.

Der er imidlertid Mulighed for, at den enkelte Elektron kan gøre sig bemærket uden at være i stærk Fart, men blot ved den elektriske Kraft, der udgaar fra den. Det nævntes S. 273, at Vanddampe er tilbøjelige til at fortætte sig om Ioner. Afkøles støvholdig Luft, der indeholder Vanddampe, vil disse ved en bestemt Temperatur begynde at fortætte sig til Vanddraaber med Støvkornene som Kærner; men er

Luften støvfri, kan Temperaturen gaa noget lavere ned, inden der dannes Draaber, og disse benytter nu de i Luften tilstedeværende Ioner som Kærner i Stedet for Støvkornene — lettest de negative og først ved endnu stærkere Afkøling ogsaa de positive. Indeslutter en Glasbeholder støvfri, vanddampholdig og ioniseret Luft, saa er denne fuldstændig klar og gennemsigtig, og man kan ikke se det mindste til Ionerne; men dersom man pludselig fortynder Luften og derved tilvejebringer en pludselig Afkøling af passende Størrelse, dannes der i Beholderen Vanddraaber om de negative Ioner — et mindre Antal større Draaber eller en Taage af talrige smaa Draaber, eftersom Luften indeholder faa eller mange Ioner. Idet hver Draabe som Kærne har en negativ Ion, og denne atter har en Elektron som Kærne (eller maaske er en Elektron), kan det siges, at Draaberne synliggør de enkelte Elektroners Plads i Luften. Om der saa kun var en eneste Ion i Beholderens Luft, kunde man paa denne Maade opdage den. — Af den Tid en paa denne Maade dannet Taage bruger til at »sætte sig«, idet de enkelte Draaber synker til Bunds, kan man beregne Draabernes Størrelse, og da man tillige kan bestemme Størrelsen af den hele fortættede Vandmængde og af den Elektricitetsmængde alle Draaberne tilsammen tilfører Underlaget, bliver det muligt gennem Forsøg af denne Art at udfinde, hvor stor en Elektricitetsmængde en enkelt Elektron repræsenterer. Den er saa ringe at i en lysende 16 Lys Kultraadslampe fører Strømmen nogle Billioner Elektroner gennem et Tværsnit af Traaden i en Milliontedel af et Sekund.

Man vil af det foregaaende forstaa, at de sidste Aars mærkelige Opdagelser saa langt fra at omstyrte Atomlæren, snarere har draget den fra Spekulationernes tynde Luft ned i den haandgribelige Virkelighed, idet de har gjort det muligt saa at sige at pege paa de enkelte Atomer eller Molekyler, ja selv paa de langt mindre Elektroner. En anden Sag er det, at det nu ikke længere gaar an, som mange før var tilbøjelige til, at opfatte Atomerne som usammensatte, ubrydelige Helheder, end mindre som smaa haarde Kugler uden indre Bevægelse.

Saavel Uranium og Radium som de andre Straalestoffer, saa vidt man har kunnet undersøge dem, viser sig i alle kemiske Forhold som virkelige Grundstoffer, hvis Atomvægt det har været muligt at bestemme efter de sædvanlige Metoder; den er for Uranium omtrent 238 og for Radium 226, naar Brintens Atomvægt sættes som Enhed. Men deres Straalevirksomhed er en Proces af ganske anden Art end de kemiske Processer, hvorved Grundstoffer forbindes og adskilles. Den foregaar ganske upaavirket af de kemiske Forbindelser, hvori Straalestofferne indgaar. Den medfører Omdannelser, hvorved Stof-

ferne faar helt nye kemiske Egenskaber. Og den sker under en Energiudfoldelse Tusinder Gange mægtigere end ved nogen kemisk Proces.

Hvis vi ikke helt skal opgive vore tidligere Forestillinger om Grundstoffer og om kemisk Virksomhed, maa vi derfor sige, at ved Straalevirksomheden foregaar der en Grundstofforvandling, idet selve Atomerne sønderbrydes — eller eksploderer, maa vi snarere kalde det, naar vi betænker, at Heliumatomer og Elektroner udslynges med ufattelig Fart. Ved Uraniums Forvandling til Radium foregaar der mindst 4 Omdannelser af det oprindelige Uraniumatom, den ene under Udsendelse af en β-Partikel (Elektron), de tre andre under Udslyngning af en α-Partikel (Heliumatom) hver Gang; dette stemmer med, at Helium har Atomvægten 4, og at Uraniums Atomvægt er 12 større end Radiums. Radiumatomet omdannes saa videre, indtil der — efter Udsendelse af 5 α-Partikler og 3 β-Partikler fremkommer et mere stabilt Atom, rimeligvis et Blyatom.

Den Energi, der træder frem ved disse Forvandlinger, kan ikke komme fra noget andet Sted end Atomernes Indre. I hvad Form den er der, véd vi ikke; men der er dog al Grund til at tro, at de Heliumatomer og Elektroner, som under Atomets Omdannelser løsriver sig fra det, forud kredsede rundt i Atomet med en lignende vældig Fart som den, hvormed de nu flyver frit ud i Rummet. Straalestoffernes Atomer kan med andre Ord ikke være faste døde Stofdele; de maa langt snarere antages at være, hvad man med et Billede hentet fra Astronomien kunde kalde Solsystemer i det smaa — et System af mindre Stofdele, farende rundt i faste Baner som Himmellegemer i et Solsystem.

At alene Straalestoffernes Atomer skulde være saaledes byggede, medens de andre Grundstofatomer var af ganske anden Art, synes i høj Grad usandsynligt. Langt rimeligere synes det, at Atomerne i det hele taget er sammensatte Bygninger gemmende en indre Energi. Forskellen skulde da blot være, at Straalestoffernes Atomer — der alle hører til de største (tungeste) og derfor antagelig mest sammensatte Grundstofatomer — var »ustabile« i det lange Løb, d. v. s. at de indre Kræfter kun kunde bevare Ligevægten og Sammenhængen i Bygningen i et begrænset Tidsrum, medens de andre var stabile. Enten fuldkomment, saa at de kunde vare en absolut ubegrænset Tid, eller blot relativt, saa at de kunde holde i Billioner eller Trillioner af Aar, medens Levetiden for Uraniumatomer kun er Milliarder af Aar, for Radiumatomer Aartusinder og for flere andre Straalestoffer kun Dage eller Minutter (se S. 279), ja endog Sekunder.

Samtidig med det Spørgsmaal, om det blot er en saadan Gradsfor-

skel, der bevirker, at vi kun kan paavise Straalevirksomhed hos nogle faa Stoffer, melder sig det Spørgsmaal, om vi er i Stand til paa nogen Maade at ændre Stoffernes Stabilitet, om vi kunstigt kan forandre Straalestoffernes Levetid og deres Omdannelser eller bringe Atomer af andre Grundstoffer til at forvandle sig.

Forskellige Forsøg og Iagttagelser af Ramsay synes virkelig at tyde paa, at Straalestoffernes Virksomhed under særlige Forhold kunde ledsages af andre Grundstofforvandlinger (af Straalestoffet selv eller tilstedeværende fremmede Grundstoffer) end normalt; men Ramsay's Iagttagelser forliges rigtignok daarligt med, hvad man ellers vidste om Straalevirksomhedens Upaavirkelighed af alle ydre Forhold.

Imidlertid har ogsaa J. J. Thomson og andre gjort Opdagelser, som kunde tyde paa, at der kan foregaa andre Grundstofforvandlinger end de regelmæssige Omdannelser af Straalestofferne. Det blev antydet S. 272, at de Smaadele, som danner positive Straaler i Udladningsrørene, var Atomer af de tilstedeværende Grundstoffer. Dette er ogsaa til en vis Grad rigtigt i alt Fald for de egentlige Anodestraaler; men J. J. Thomsen fandt, at hvad Luftart der end fandtes i Røret, kunde der paavises positive Straaler bestaaende af positiv elektriske Smaadele af Størrelse som Brintatomer eller Brintmolekyler, der bestaar af to Atomer, og det selv om han med stor Omhu havde fjærnet al Brint fra Røret. Ved meget stærke Fortyndinger var det endogsaa ligegyldigt, hvilken Luftart der fandtes i Røret; de positive Smaadele syntes altid at være Brintatomer eller -molekyler; kun i Rør med Helium optraadte ogsaa Smaadele med Masse som Heliumatomet.

Medens det særlig var Straalestoffernes Forhold, der vakte Spørgsmaalet om Atomernes indre Bygning, er et andet endnu dyberegaaende Spørgsmaal om Stoffets Natur vokset frem af selve Elektronlæren. Men inden vi gaar ind paa denne ret vanskelige Sag maa der forudskikkes nogle Bemærkninger om Betydningen af det, som Fysikerne kalder »Massen« af en Genstand.

Tænkte vi os, at en Banevogn kunde løbe henad vandrette Skinner, uden at Bevægelsen mødte nogensomhelst Modstand, saa vilde der ikke kræves noget Træk til at holde den i Gang, men vel til at forøge dens Fart. Anvendes stadig samme Træk, vil Vognens Hastighed vokse lige meget hvert Sekund — altsaa ligesaa meget, naar Vognen er i stærk Fart, som til at begynde med, da den var i Hvile; skal Hastighedstilvæksten pr. Sekund fordobles, maa Trækket fordobles o.s.fr. Lægger man mere Gods i Vognen, eller tager man en større og tungere Vogn, maa man trække stærkere; kræves der det dobbelte Træk til at give samme Hastighedstilvækst pr. Sekund som før, saa siger man,

at Massen er fordoblet. Man kunde med andre Ord som Maal for en Genstands Masse bruge den Kraft, der kræves til at give Genstanden en bestemt Hastighedstilvækst pr. Sekund, naar Kraften virker i Bevægelsesretningen. Massen er med andre Ord et Maal for Genstandens Træghed til at give efter for Kræfter, der vil sætte den i Fart. I hele forrige Aarhundrede gik man ud fra, at denne Træghed ikke kunde forandres, uden at der blev taget Stof fra eller ført Stof til Genstanden, og man mente derfor, at Massen tillige kunde betragtes som Maal for Genstandens Stofmængde. — Ofte bruges Ordene Masse og Vægt i samme Betydning, fordi man faar Massen udtrykt i Gram eller Kilogram ved Vejning paa en Vægtskaal; herved foretages blot en Sammenligning mellem Genstandens og Loddernes Tryk paa de to Skaale, og disse af Jordens Tiltrækning foraarsagede Tryk forholder sig som Masserne af Genstand og Lodder. Men i og for sig har Massen ikke noget at gøre med Jordens Tiltrækning, der for samme Genstand er forskellig paa forskellige Steder af Jorden, skønt Massen er uforandret.

Elektronernes Masse kan ikke findes ved Vejning; den fandtes paa Grundlag af Iagttagelser over elektriske og magnetiske Kræfters Indflydelse paa Elektroner i Fart (se S. 271). Nu blev det imidlertid sagt S. 276, at hver Gang en Elektron fik sin Hastighed forandret (i Størrelse eller Retning), vilde den omgivende Æters elektromagnetiske Tilstand undergaa en Forandring, som med Lysets Hastighed breder sig ud i Rummet. Det synes da, som om den Kraft, der frembringer Hastighedsforandringen — lad os antage at det er en Hastighedsforøgelse — maa udrette to forskellige Ting, nemlig 1) bringe Elektronens Stof i stærkere Fart og 2) udføre det Arbejde at tilvejebringe den nævnte Forandring i Æteren. Naar man uden videre udregner Elektronens Masse paa sædvanlig Maade af den til en i bestemt Tid iagttagne Hastighedsforandring svarende Kraft, saa skulde man med andre Ord finde for stor en Værdi, nemlig foruden den egentlige stoflige Masse« en Tillægsstørrelse, som man kunde betegne som den »elektromagnetiske Masse«. Tilsammen kunde de kaldes den »tilsyneladende Masse«. Det er denne, der er sigtet til ved de tidligere Angivelser af Elektronernes Masse.

Der opstaar saaledes det Spørgsmaal: Hvor stor en Del af Elektronernes Masse er stoflig, og hvor stor en Del elektromagnetisk? En Mulighed for at faa Spørgsmaalet besvaret aabnes derved, at den elektromagnetiske Masse ikke er uforanderlig. Ved teoretiske Betragtninger finder man nemlig, at den til en bestemt Forøgelse af Elektronernes Hastighed svarende Æterforandring kræver mere Energi og derfor Anvendelse af større Kraft (om den skal udføres i samme Tid),

naar Hastigheden er meget stor, end naar den er lille. At give Elektronerne en Hastighed større end Lysets er overhovedet umuligt; naar Hastigheden nærmer sig Lysets, vil Modstanden mod yderligere Hastighedsforøgelse, altsaa ogsaa den elektromagnetiske Masse, vokse ud over alle Grænser. Ved ringere Hastigheder kan den elektromagnetiske Masse regnes for uforanderlig; først naar man kommer op til Hastigheder, som kan sammenlignes med Lysets, indtræder der en kendelig Forøgelse. Saadanne vældige Hastigheder træffer vi jo imidlertid hos en Del af de fra Straalestofferne udslyngede Elektroner. Det har nu i Virkeligheden vist sig, at deres tilsyneladende Masse er meget større end de langsommere flyvende Katodestraale-Elektroners, og ved at sammenholde de Værdier, man har fundet for Elektronernes tilsyneladende Masse ved forskellige Hastigheder med dem, man har udregnet for deres elektromagnetiske, kommer man til det mærkelige Resultat, at den elektromagnetiske og den tilsyneladende Masse er den samme, saa at en Elektron slet ikke har nogen stoflig Masse, men at hele dens Masse er af elektrisk Natur! Udtrykt med andre Ord vil dette sige, at den Kraft, der udkræves til at forøge en Elektrons Hastighed, alene anvendes til at fremkalde Ændringer i det elektriske og magnetiske Felt i Æteren, medens der slet ikke kræves nogen Kraft ud over dette til at give Elektronens »Stof« Fart.

Dette Resultat har en meget vidtrækkende Betydning. Til ethvert Atom maa der jo antages at være knyttet Elektroner, og selv om man vil sige, at disses tilsyneladende Masse er noget helt andet end den gode gammeldags Stofmasse, ja slet ikke fortjener Navnet Masse, saa kan vi dog ikke slippe for at faa den med ind i vore Bestemmelser af Genstandens Masse, og i Betragtning af den store Nøjagtighed, hvormed vi ved Vejninger kan bestemme Massen, kan Elektron-Masserne ikke betragtes som en helt forsvindende Del af den hele fundne Masse. Den gamle Opfattelse af Massen som noget absolut uforanderligt og som et Maal for Stofmængden kan derfor ikke opretholdes.

Man kunde imidlertid gaa videre endnu og spørge, om ikke al Masse til syvende og sidst er af elektrisk Natur, idet et Atom blot er en Samling af Elektroner og Atomets Masse blot Summen af alle dets Elektroners Masse? I saa Fald kunde vi som Maal for Stofmængden i en Genstand tage Antallet af alle de Elektroner, den indeholdt, og man kunde da holde fast ved Læren om Stofmængdens Uforanderlighed — Stoffets Uforgængelighed; thi man har i alt Fald aldrig opdaget noget, der kunde tyde paa, at Elektroner kan opstaa eller blive til intet. Men den almindelige grove Opfattelse af Stoffet maa da vige for en Betragtning, i Følge hvilken alt Stof kun er en Samling Punkter, som er i stærke Bevægelser, og som hver for sig ikke er en »Stof-

klump«, men derimod hvad vi kunde kalde et Kraftcentrum — et Centrum for et elektrisk og magnetisk Felt i Æteren.

En saadan Udvidelse af Elektronlæren, hvorved »Elektricitetsstoffet« bliver Grundstoffet for alle Stoffer, den elektriske og magnetiske Kraft Grundkraften for alle Kræfter, maa dog siges at gaa ud over Videnskabens foreløbige Grænser, og Vanskelighederne ved at gennemføre den synes maaske større nu end for faa Aar siden. Endnu er vi ikke naaet det mindste Skridt frem mod Løsningen af Tyngdekraftens Gaade; denne Kraft, som gennemtrænger Verdensrummet og styrer Klodernes Bevægelser, staar fremdeles uden nogen Sammenhæng med de magnetiske og elektriske Kræfter. Og endnu ved vi kun meget lidt om Atomernes indre Bygning.

Hvad der hindrer os i at vinde Klarhed over dette store Problem er først og fremmest vor Uvidenhed om den positiv elektriske Del af Atomet. At der foruden de negativ elektriske Elektroner maa være noget, som holder dem sammen paa Trods af deres indbyrdes Frastødninger, og som helt eller delvis ophæver deres Virkninger udadtil, synes indlysende. Men hvad er dette positive Element for noget? Er det en Samling positive Elektroner, der kan sidestilles med de negative, men blot af en eller anden Grund ikke kan rives løs og gaa frit som disse? Eller er det noget mere udstrakt eller »massivt«, maaske med Egenskaber, der stemmer bedre med ældre Forestillinger om Stof? Bl. a. de S. 280 omtalte Forsøg kunde tyde paa, at Brint- og maaske Heliumatomer er Grundbestanddele af alle andre Atomer.

Hvor langt vi end er fra at forstaa den »Mikrokosme«, den lille Verden, som hedder et Atom, tør det imidlertid dog siges, at Udforskningen af den er begyndt, og at der har aabnet sig Muligheder for at forklare Stoffernes fysiske og kemiske Egenskaber ud fra Atomernes Bygning. J. J. Thomson, der vel mere end nogen anden har gjort sig fortjent af Elektronlærens Udvikling til et sammenhængende Hele, har gjort et interessant Forsøg i denne Retning.

En »Atommodel«, der har nogen Lighed med Thomsons tænkte Atombygninger, kan man faa ved at magnetisere en Del ens Synaale lige stærkt (hver med lige mange Strøg af en Magnet), stikke Spidserne i smaa Korkstykker og sætte dem ud at svømme som vist i Fig. 230, naar alle de opadvendende Spidser er magnetiske Nordpoler, og man noget over Vandfladen anbringer en stærk Elektromagnets Sydpol, vil Naalene under Paavirkning af deres indbyrdes Frastødninger samt Magnetpolens Tiltrækning ordne sig i bestemte Ligevægtsfigurer, dannede af en eller flere Kredse efter Naalenes Antal. Til Naalene skulde nu i Atomerne svare Elektronerne, hvis Antal antages at forholde sig som Atomernes Vægt, medens den store Magnets Pol re-

præsenteres af Atomets positive Bestanddel, der tænkes jævnt fordelt over hele det Rum, Atomet indtager. Man faar da ogsaa her bestemte Grupperinger af Elektronerne i flere eller færre Kredse, svarende til de forskellige Antal af Elektroner; idet Elektronerne antages at kredse rundt bliver deres Grupperinger dog anderledes end Naalenes. Thomson kunde nu vise, at der til de forskellige Atomgrupperinger i de tænkte Atomer vilde svare forskellige fysiske og kemiske Egenskaber i Lighed med dem, vi kender fra de virkelige Stoffer, og Thomsons Forsøg blev derved et betydningsfuldt Forvarsel om den Opklaring af mangfoldige gaadefulde Forhold, Studiet af Atomernes Bygning en Gang vil kunne bringe os. Men at de virkelige Atomer just skulde være byggede som de Thomson'ske, vilde disses Ophavsmand mindst af alle paastaa. Sandsynligvis optræder de virkelige Atomers Elektroner paa to vidt forskellige Maader, nemlig dels som Grundbestanddele af den indre Atombygning, dels i løsere Tilknytning, saa at de let kan løsrives ved almindelige fysiske og kemiske Midler og uden at Atomet derved fuldstændig omdannes. — At Atomer til Tider bliver ustabile og omdannes under Tab af Grundbestanddele, kan forklares ved Elektronernes Kredsen. Fra en kredsende Elektron vil der nemlig ligesom fra en svingende brede sig elektriske Bølger i Rummet; men til Udsendelsen af disse bruges Energi, som Elektronen maa afgive, og dette medfører, at den taber i Hastighed. Naar nu Hastigheden derved naar ned til bestemt Størrelse, kan hele Systemets Ligevægt komme i Fare, saa at yderligere Nedgang medfører et Sammenbrud, hvorved Atomdelene omordnes og muligvis en Elektron eller en større Atomdel farer ud i Rummet. Men det vanskelige bliver da at forstaa at Atomer kan holde sig uforandrede i Aartusinder, Aarmillioner, ja endnu mange Gange længere Tidsrum. Dette kan maaske forklares ved, at Energiafgivelsen indskrænkes til en forsvindende Ubetydelighed gennem de enkelte Elektroners og de positive Atomdeles Sammenspil.

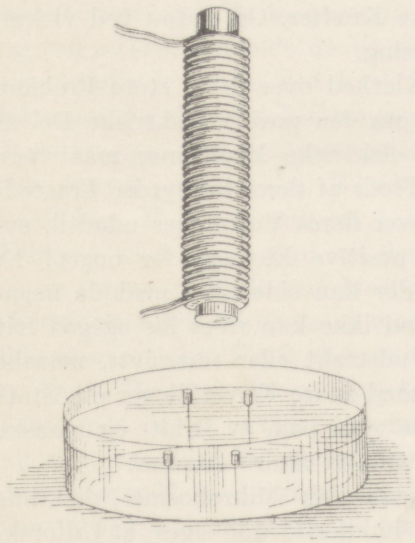


Fig. 230. En magnetisk »Atommodel«.

XVIII. ELEKTRICITETEN I NATUREN

Tordenvejr og Lynafledere. — Anden elektrisk Virksomhed ved Jordkloden og i Himmelrummet. — Fremtidsmaal.

Tordenvejr og Lynafledere. At det er elektriske Kræfter, der er i Virksomhed, naar det lyner og tordner, godtgjorde Benjamin Franklin for over halvandet hundrede Aar siden, bl. a. ved det S. 13 Bd. I omtalte Drageforsøg. Vor Kundskab om, hvorledes disse elektriske Kræfter opstaar, hvorledes de i det enkelte virker, og hvor stærke de er, er imidlertid endnu meget mangelfulde. Dette beror navnlig paa Vanskelighederne ved at undersøge Forholdene oppe i Luften, hvor Tordenskyerne dannes og vandrer, og desuden er Naturens elektriske Gnister, Lynstraalerne, saa mangfoldige Gange mægtigere end de Gnister, vi kan frembringe og undersøge, at Resultaterne fra vore smaa Forsøg kun med Varsomhed kan anvendes paa Forholdene i Naturen.

Ingen kan være i Tvivl om, at der i stærke Lyn finder en vældig K r a f t u d f o l d e l s e Sted. Tordenens Bragen fortæller vore Øren om Lynets voldsomme Virkning paa den Luft, det gennemfarer, og lynramte Træer m. m. er synlige Vidnesbyrd om den Kraft, hvormed det virker nede ved Jorden. Et sjældent smukt Eksempel saa vel paa Lynets Styrke som paa dets forskelligartede Virkemaade afgiver et Lynnedslag, som den 3. Maj 1907 fandt Sted paa Sjælland i Torp Skov nær Haslev. Inde i Skoven paa et fugtigt Sted var tre store Egetræer, der stod i en Trekant ca. 50 Alen fra hinanden og ragede noget oppover de omstaaende Træer, blevet ramt af Lynet — efter alt at dømme et enkelt Lyn, der havde forgrenet sig til dem alle. Af det ene Træ var kun Barken afrevet; dette sker ofte, naar et Lyn tager Vejen gennem de saftrige Lag under Træers Bark. Det andet Træ — en gammel knudret Kæmpe — var »stjærneflækket« fra øverst til nederst. Det tredje Træ — en ca. hundredaarig Eg — var saaledes flænget og flænset, at Kronen kun blev baaret af en tynd Skal af Stammen, medens Resten af denne var forvandlet til Splinter, dels saa store, at de, idet de var slynget omkring med stor Kraft, havde slaaet Barken af de omstaaende Træer, dels saa smaa, at de som lange fine Trævler, der lignede Halm, dækkede Jorden rundt om eller hang i Trækronerne. Endvidere havde Lynet sprængt et stort Bøgetræs knudrede Rødder, og det havde i Jorden rundt om alle de ramte Træer pløjet Huller og dybe Furer, som gik i brudte Linjer hen til Vandpytter.



Fig. 231. Fotografi af et Lyn.

Paa forskellige Maader har man søgt at udtrykke »Lynkraften« i Tal, bl. a. ved at støtte sig til Iagttagelser over Lynstrømmens Evne til at magnetisere Jærngenstande i Nærheden af en Lynafleder, hvori Lynet slaar ned, eller dens Varmevirkning, der undertiden kan bringe 2—3 Millimeter tykke Kobbertraade til at smelte. Nogle Beregninger af denne Art har givet som Resultat, at kraftige Lyn skulde kunne repræsentere mange Milliarder Hestekræfter. En saa vældig Kraftudfoldelse samlet paa en saa ringe Plads som den, den tynde Lynstraale indtager, kan vi ikke finde Mage til ved noget andet Naturfænomen, og den overgaar langt, hvad der ydes af alle samtidig arbejdende Maskiner over hele Jorden. Lynkraften bliver imidlertid noget mindre imponerende, hvis vi i Stedet for at angive den øjeblikkelige Kraftudfoldelse i Hestekræfter, søger at udtrykke den hele af Lynet repræsenterede Arbejdskraft i Hestekrafttimer. Denne Størrelse bliver forholdsvis lille, fordi Lynets Varighed er overmaade kort; den bliver ikke Milliarder, men maaske højt regnet nogle Hundreder eller Tusinder af Hestekrafttimer; sættes en Hestekrafttimes Værdi til 10 Øre, saa skulde Energien i et Lyn altsaa i det allerhøjeste være nogle Hundrede Kroner værd.

Alle saadanne Beregninger er dog meget lidt at stole paa, da de hviler paa meget usikre Skøn om Lynets Strømstyrke, Spænding og Varighed. Navnlig Spændingen — d. v. s. Spændingsforskellen mellem Lynstraalens Ender er det vanskeligt at dømme om. Medens de længste Gnister, der er frembragt ved Forsøg, næppe er stort over et Par Meter, kan Lynstraaler, der gaar fra en Sky ned til Jorden, undertiden have en Længde af over et Par Kilometer, og Lyn fra Sky til Sky kan blive endnu længere; man har iagttaget Skylyn, der var henimod en Snes, ja endog nær ved 50 Kilometer (6—7 Mil). Efter visse ved Forsøg fundne Regler for Sammenhængen mellem Gnistlængde og Spænding, kunde man vente, at der til et Nedslagslyn fra en Sky i en Kilometers (3 200 Fod) Højde krævedes en Spænding af en halv Milliard (500 000 000) Volt eller mere mellem Skyen og Jorden og til et Skylyn som det sidst nævnte ca. 25 Milliarder Volt mellem Skyerne. Men man tør slet ikke antage, at dette er rigtigt. Særlig for Skylynenes Vedkommende maa man bl. a. tage i Betragtning, at den tyndere Luft i større Højder gør ringere Modstand mod Lynets Gennemgang; desuden har de længste iagttagne Skylyn maaske bestaaet af en Række Udladninger fra en Sky til en nærliggende, fra denne til den næste o. s. v.

Efter Udseendet deler man Lynene i Linjelyn, Fladelyn og Kuglelyn. Undertiden skal der ogsaa iagttages en fjerde Slags Lyn,

Perlesnorlynene, der viser sig som en Lyslinje med talrige Udvidelser. Man kunde maaske som en femte Gruppe nævne Hvirvellynene; et Lyn af denne Art er fremstillet i Fig. 232, der gengiver et ved Basel optaget Lynfotografi; til højre ses tydeligt to af lysende Linjer dannede Hvirvler eller Skruer.

Linjelynene eller »Lynstraalerne« kaldes ofte Siksaklyn. Egentlig Siksakform har de dog sjældent eller aldrig, selv om man let kan faa et saadant Indtryk; men Lynlinjerne kan være krummede, brudte og forgrenede paa mange Maader, som det ses i Fig. 231, der (efter Hanns Meteorologi)gengiver et Lynfotografi, som er optaget ved Sydney i Avstralien.

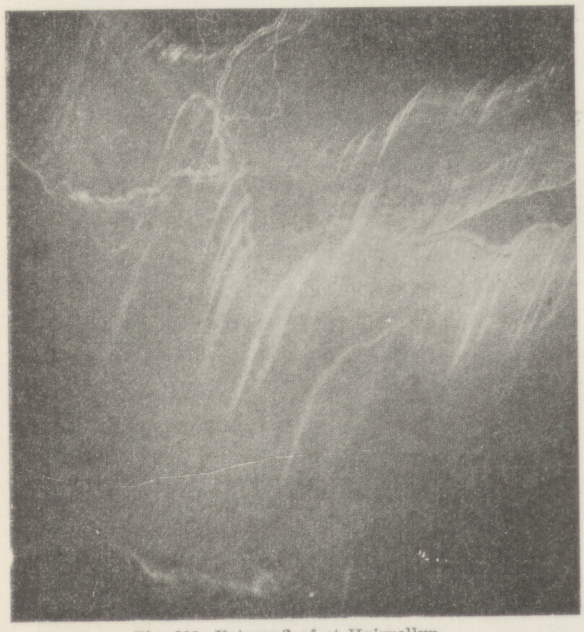


Fig. 232. Fotografi af et Hvirvellyn.

Fladelynene, der viser sig som en pludselig Lysning over en større Flade, fremkommer i mange Tilfælde blot derved, at et Linjelyn, som er skjult af Skyer, oplyser andre Skyer. Men det er dog sandsynligt, at der eksisterer oprindelige Fladelyn, hvis Natur imidlertid næppe er helt opklaret. Maaske kan de skyldes talrige mindre Udladninger mellem en Skys enkelte Dele eller Udladninger af lignende Art som Lyskosten fra en Elektrisermaskine (S. 29 Bd. I).

Kuglelynene, der bestaar af langsomt bevægede lysende Kugler eller lignende, er yderst sjældne. Af en Beretning om et Kuglelyn, der viste sig 1883 ved Upsala, skal anføres følgende. »Lynkuglen«, der forøvrigt ikke var kugleformet, men ægformet og ca. en Meter paa den lange Led, vandrede omtrent saa hurtigt som en gaaende Mand tværs gennem et Hus, hvor der sad tre Personer. Den kom skraat ned fra Himlen omtrent i Vindretningen og gik ind i Huset gennem en smal Aabning mellem en Vinduespost og et udspændt Tørklæde, der erstattede en ituslaaet Rude; herfra gik den følgende Trækkens Retning i en nedadvendende Bue over til en med Mos tilstoppet Væg-

revne, gennem hvilken den forlod Huset; kort efter hørtes en stærk Eksplosion. Lynkuglen havde dannet en Fure i Vinduesposten, væltet nogle Trækar paa Bordet og udrevet det omtalte Mos; men den havde ikke frembragt Brandmærker nogetsteds, og skønt den strøg forbi en af Personerne i en Meters Afstand, mærkede han ingen Varmefornemmelse. — Det hele lyder saa mærkeligt og utroligt, at man vilde erklære det for Digt eller Indbildning, hvis man ikke havde flere lignende Beretninger fra troværdige Kilder. Forøvrigt er det lykkedes ved Eksperimenter at fremkalde Fænomener, som har i alt Fald nogen Lighed med Kuglelyn.

Ved Betragtning af et stærkt Lyn faar man let Indtryk af, at det varer en kendelig Tid. Grunden hertil er dog i de fleste Tilfælde blot den, at det stærke Lysindtryk holder sig nogen Tid, efter at Lynet er forsvundet; at Lynets Varighed i Virkeligheden er forsvindende ringe, kan ofte opdages derved, at hurtigt bevægede Genstande — f. Eks. faldende Regndraaber eller Hjulene paa et kørende Jærnbanetog — synes at staa stille, naar de ses ved et Lyn. En Undersøgelse over Lyns Varighed kan udføres ved, at man lader en sort Skive, hvorpaa der er malet en hvid Streg fra Midte til Rand eller et hvidt Kors gennem Centrum, dreje sig hurtigt rundt med bekendt Omdrejningshastighed og iagttager, hvorledes den viser sig i Lynbelysning. Ved Forsøg af denne Art fandt Tyskeren Schmidt under nogle stærke Tordenvejr, at mange Lyn bragte Skivens hvide Kors til at træde skarpt frem i en eller anden Stilling, og han kunde da udregne, at Lynenes Varighed havde været under $^1/_{35000}$ Sekund. Et enkelt Lyn bragte imidlertid Skiven til at vise sig graa over det hele; Skiven maa her under Lynbelysningen mindst have drejet sig den Kvart Omdrejning, der adskiller to Korsarme; dette tog $^1/_{200}$ Sekund, og Lynet maatte altsaa have varet mindst saa længe, maaske meget længere. I de fleste Tilfælde saa man imidlertid to, tre eller flere Kors i forskellige Stillinger enten i hurtig Rækkefølge eller samtidig; disse Lyn maa altsaa have bestaaet af flere Udladninger med ringe eller helt umærkelige Tidsmellemrum.

At Lyn ofte bestaar af flere Udladninger, kan ogsaa vises paa anden Maade. Tyskeren Walter har taget talrige Lynfotografier, hvoraf her to gengives (Fig. 233 og 234), ved et Fotografiapparat, som drejedes rundt af et Urværk, saa at Udladninger, som foregik efter hinanden i samme Lynbane, viste sig adskilt paa den fotografiske Plade. Fig. 233 fremstiller et Lyn, som bestaar af 5 omtrent lige stærke Udladninger, af hvilke de 4 første har omtrent samme Tidsmellemrum, medens det sidste tøver noget længere; Lynets hele Varighed var ¼ Se-

kund, og efter al Sandsynlighed er der Lyn, som lyser meget længere. En væsentlig anden Karakter har Lynet Fig. 234, hvor de forskellige Udladninger er ulige stærke; omtrent hvor der i Billedet er anbragt en lille Pil, deler Lynet sig i to Grene, den ene til Jorden, den anden til en Sky. Ved nøjere Studium af Fig. 234 og andre af Walters Fotografier finder man, at der forud for de Udladninger, der fra en Tordensky naar Jorden eller en anden Sky, foregaar nogle ufuldstændige Udladninger. Fra Skyen udsendes Gnister med Forgreninger, som efterhaanden naar længere og længere frem mod Maalet. Saaledes banes en Vej for det fuldstændige Lyn, der som oftest holder sig væsentlig til en enkelt af Grenene, maaske med svage Udladninger gennem de andre, men undertiden kommer til fuld Udvikling i to Grene (som i Fig. 234) eller endog i flere, saa at samme Lyn kan slaa ned flere Steder paa en Gang.



Fig. 233. Lyn fotograferet paa en bevæget Plade.

Naar det siges, at For-Udladningerne baner Vejen for Lynet, saa er det ikke blot en Talemaade; de frembringer virkelig i den andetsteds isolerende Luft en forholdsvis godt ledende Vej, som efter følgende Udladninger kan bruge. En saadan ledende Lynbane kan, naar Lynet bestaar af flere Udladninger med ikke helt forsvindende Tidsmellemrum, flyttes kendeligt af Vinden, saa at Lynet ogsaa for Øjet eller paa en ubevægelig Fotografiplade vise sig flerdobbelt som paa Walters Plader, om end med ringere Adskillelse mellem de enkelte Udladninger.

En af Grundene til, at de elektriske Udladningers Vej bliver ledende, er rimeligvis den, at Udladningerne opvarmer Luften. Det er ogsaa i alt Fald for en væsentlig Del denne Opvarmning, der er Skyld i, at en elektrisk Gnist ledsages af en Lyd, at Lynet ledsages af T o r d e n. Idet Lynet opvarmer og udvider Luften, bringer Vanddraaber i den til at fordampe og tillige adskiller Vanddamp i dens Bestand-

dele Ilt og Brint, vil Luften omkring Lynbanen blive skudt til Side; dette sker saa pludseligt, at der udenom Lynbanen opstaar et stærkt Lufttryk, der ligesom det ved Sprængstoffers Eksplosion pludseligt fremkomne Lufttryk frembringer kraftige Lydbølger.

Da Lyden forplanter sig gennem Luften med en Hastighed af ca. 340 Meter i Sekundet, vil der for hver Kilometer, Lynet er borte, gaa paa det nærmeste 3 Sekunder, inden Tordenen naar Øret, medens Lynet paa Grund af Lysets uhyre Forplantningshastighed ses praktisk talt i samme Øjeblik, det dannes. Man kan altsaa finde, hvormange



Fig. 234. Lyn, fotograferet paa en bevæget Plade.

Kilometer et Lyn er borte ved at tælle Sekunderne og dividere Tallet med 3; Afstanden i Fod faar man ved at gange Tallet med 1100; med lidt Øvelse kan man tælle Sekunderne uden at se paa Uret. Overfor fjærne Tordenvejr kan man paa denne Maade stadig bedømme deres Afstand og høre, om de nærmer eller fjærner sig, hvilket ofte kan ske med en Hastighed af adskillige Mil i Timen. Er Tordenvejret nærved, har Metoden ikke megen Værd, da ikke blot forskellige Lyn, men ogsaa forskellige Dele af samme Lyn kan have meget ulige Afstand. Sidstnævnte Omstændighed maa bevirke, at Tordenen varer en ikke saa lille Tid; men dens Varighed kan desuden forlænges stærkt derved, at Lyden kastes tilbage fra Jorden og fra Skyer; ved saadanne Ekkofænomener fremkommer Tordenens Rullen.

Vi kommer nu til den Side af Sagen, der har størst praktisk Be-

tydning, nemlig Spørgsmaalet om, hvor Lynnedslag fortrinsvis rammer, og hvorledes de gøres uskadelige.

Tordenskyerne er snart positiv, snart negativ elektriske, maaske hyppigst det sidste. Fig. 235 viser, hvorledes en positiv elektrisk Sky virker paa Jorden. De elektriske Kræfter, der skyldes Skyens Ladning, vil frembringe en Elektricitetsbevægelse i Jorden saaledes, at Elektroner drages op i de Skyen nærmeste Dele af Jorden, der altsaa her bliver negativ elektrisk. Stærkest negativ elektrisk bliver Trætoppe og Toppen af andre fremragende Genstande, forsaavidt som de er ledende og staar i Forbindelse med fugtige godt elektricitetledende Jordlag. Naar Tordenskyerne er negativ elektriske driver de Elektroner bort fra de Skyen nærmeste Dele af Jordoverfladen, der altsaa her bliver positiv elektrisk — stærkest i fremragende Genstande. I begge Tilfælde siger man at Jorden er blevet elektrisk ved »Fordeling« (S. 35 Bd. I).



Fig. 235. En Tordensky frembringer elektrisk Fordeling i Jorden.

Dersom der paa en Bygning er anbragt en Metalstang, som rager højt op over Bygningens højeste Punkter, og som forneden er i Forbindelse med fugtige Jordlag, vil Lynet, som det følger af ovenstaaende, lettere ramme Spidsen af Metalstangen end andre Punkter af Bygningen; og naar Ledningsforbindelsen mellem Stangens Spids og Jorden er god nok, vil Elektriciteten i Reglen følge denne Vej ned i Jorden uden at volde nogensomhelst Beskadigelse. Stangen beskytter derfor den Bygning, hvorpaa den er anbragt, mod Lynet, og det var en saadan »Stanglynafleder,« som indførtes af Franklin (S. 37 Bd. I), og som endnu den Dag i Dag er det almindeligst anvendte Beskyttelsesmiddel mod Lynet.

Franklin mente, at det var af Betydning, at Stangen endte med en Spids; thi gennem Spidsen vil der, som omtalt S. 36 Bd. I, sive Elektricitet ud i Luften (ɔ: afgives eller optages Elektroner). Den elektriske Spændingsforskel mellem Tordenskyen og Jorden skulde da delvis udjævnes ved denne »stille Udladning« gennem Spidsen, saa at Lynafflederen kunde forhindre Lynnedslag, naar Tordenskyen ikke var særlig stærkt ladet eller førtes særlig hurtigt hen over Stedet. Ogsaa i vore Dage lægges der mange Steder Vægt paa, at Stangen skal ende med en Spids, og for at denne skal holde sig godt i Luften, gøres Stangenden ofte af Kobber med Guld- eller Platinbeklædning yderst paa Spidsen. I de sidste Aar vinder den Erkendelse imidlertid mere og mere Raaderum, at den Smule Elektricitet, der kan sive ud af en saadan Spids, ikke kan frembringe nogen nævneværdig Udjævning af Tordenskyens Elektricitet, og at de nævnte Forholdsregler, som betydeligt fordyrer Lynafflederen, er fuldstændig unyttige.

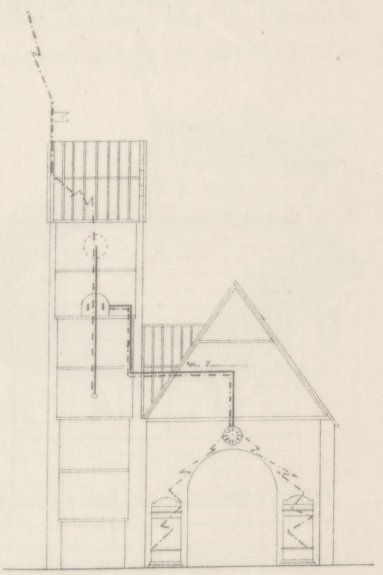


Fig. 236. Lynnedslag. Lynvejen er punkteret; de optrukne Linjer er Metaldele.

Det er med god Grund, at Franklin paa Grund af sin Opfindelse af Lynafflederen nævnes blandt Menneskehedens store Velgørere. Tusinder af Menneskeliv og uberegnelige materielle Værdier har Stanglynafflederen sikkert skærmet mod Lynets Ødelæggelser. Men et fuldkomment Beskyttelsesmiddel er den langtfra.

For det første kan den naturligvis svigte og vel endog gøre Skade i Stedet for Gavn, dersom den er mangelfuldt udført. Er den for tynd, kan Lynet bringe den til at gløde eller smelte og paa den Maade antænde brændbare Stoffer. Har Lynledningen en Afbrydelse et Sted, kan her opstaa tændende Gnister. Og har Lynafflederen daarlig Afledning til Jorden, kan Lynet springe fra Aflederne over til andre Metaldele, der byder det en bedre ledende Vej til Jorden, og herved kan Lynet tænde ligesom, naar det i en Bygning uden Lynafleder delvis tager Vejen gennem Metaldele, delvis springer gennem Luft og løber langs Mure (se Fig. 236). Heri er intet mærkeligt. Men selv om alt tilsyneladende er i Orden, idet Aflederstangen rager højt op over Huset og ved en meget tyk, fuldstændig sammenhængende Metalstang

staar i Forbindelse med en stor i fugtige Jordlag anbragt Metalplade, kan det dog, som Erfaringen viser, ske, at Lynet volder Skade.

I nogle Tilfælde kan dette maaske forklares paa lignende Maade som det saakaldte »Bagslag«. Naar en elektrisk Sky udsender et Lyn til Jorden eller til en anden Sky og derved helt eller delvis udlades, vil den elektriske Fordeling, som den førstnævnte Sky havde fremkaldt i Jorden, pludselig forandres; den derved fremkaldte pludselige Elektricitetsbevægelse i Jorden og hvad dermed staar i ledende Forbindelse kaldes Bagslaget, og det kan være saa voldsomt, at det undertiden kan dræbe Mennesker eller Dyr, skønt de ikke selv rammes af Lynet. Et Lynnedslag i en Lynafleder vil rimeligvis kunne foraarsage Antændelse paa Steder i Bygningen, som ikke rammes af Lynet, dels ved en saadan Bagslagsvirkning, dels derved, at Lynstrømmen fremkalder Induktionsstrømme i nærliggende Metalmasser, f. Eks. Gasrør, hvilket kan give Anledning til Induktionsgnister.

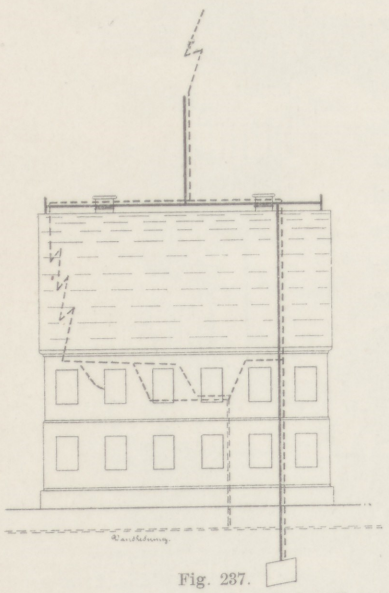


Fig. 237.
Et Lyn springer fra en Lynafleder til en Vandledning.

Imidlertid kan ogsaa selve Lynet forlade Lynaflederen og gaa andre Veje, hvor det møder langt større Ledningsmodstand. I Fig. 237 er saaledes vist et Lynnedslag, under hvilket en Del af Lynet forlod en fuldt god Lynafleder med Jordplade og i Stedet for i lange Gnister gennembrød Luften m. m. og søgte til en Vandledning. I dette og mange andre Tilfælde har Lynet vist en Opførsel, som syntes ganske ubegribelig, saa længe man troede, at det fremfor alt kom an paa at byde Lynet en Vej med ringe Ledningsmodstand. At der overfor en pludselig indtrædende stærk Elektricitetsbevægelse er andre Ting at tage i Betragtning, er imidlertid allerede flere Steder i denne Bog (f. Eks. S. 66, 219, 225—228 Bd. I) omtalt og til Dels oplyst gennem en Sammenligning med Vandbevægelsen, hvortil vi her atter vil tage vor Tilflugt.

Dersom en Pumpe er forbundet med en stor Vandbeholder ved to Ledninger, hvoraf den ene er et langt vidt Rør, den anden et Rør, som er kortere, men saa snævert, at Vandets Bevægelse møder langt større Gnidningsmodstand her end i det store Rør, vil en Vandstrøm, som drives jævnt og stadigt fra Pumpen til Røret, væsentlig gaa gen-

nem det vide Rør. Men virker Pumpen ved pludselige Stød, vil Vandet hurtigere begynde at strømme ind i Beholderen fra det snævre Rør end fra det vide, fordi den store Vandmasse i dette ikke hurtigt nok kan sættes i Fart. Hvis det lille Rør ikke fandtes, vilde de bratte Stød maaske endogsaa sprænge det store Rør. Udsigten til, at Vandet saaledes skulde bryde ud af Ledningen, er ringere, hvis Røret er af Gummi el. desl., saa at det kan udvide sig og saaledes give Plads for det indtrængende Vand, inden hele Vandmassen i Røret er sat i Bevægelse.

Naar et Lyn pludselig vil drive Elektricitet gennem en Lynafledерledning ned i den store Elektricitetsbeholder Jorden, har vi lignende Forhold. Det er ikke det vigtigste, at Ledningen giver en jævn og stadig Strøm god Passage; langt snarere kommer det an paa, at Ledningen ikke hindrer en meget brat og pludselig Tilvækst af Strømstyrken, der ved et Lyn skal kunne vokse fra Nul til Tusinder af Ampère i et Øjeblik. Baade af teoretiske Betragtninger, Forsøg med elektriske Gnister og Erfaringer fra Lynnedslag kan man slutte, at en enkelt tyk Lynafleder med Jordplade virker langt mere dæmpende eller hæmmende paa den pludseligt voksende Lynstrøm (den har større »Selvinduktion« eller »Træghedsmodstand«) end en Lynledning bestaaende af mange tyndere Ledninger, mellem hvilke Lynstrømmen kan dele sig, og som gaar ned til Vandrør eller lange Ledningstraade i Jorden. En Lynledning af denne Art kan ogsaa, fordi Traadene tilsammen har en stor Overflade, give Plads til megen Elektricitet (den har stor »Ladningsevne«), saa Elektriciteten ikke saa let bryder ud ved Gnister, selv om den ikke hurtigt nok kan flyde i Jorden.

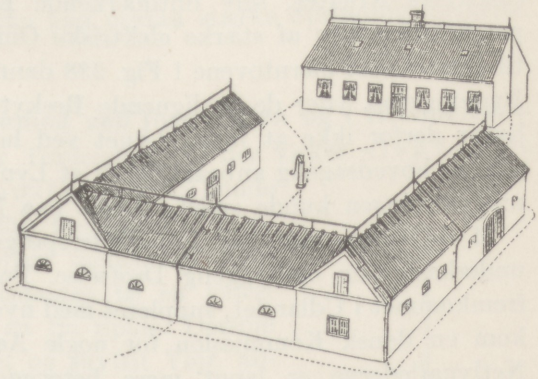


Fig. 238. Netlynafleder-Anlæg paa en straatækt Gaard.

Ved et »Netlynafleder«-Anlæg som det, der er vist i Fig. 238, kan Lynet uden at gøre Skade følge sin Tilbøjelighed til at forgrene og brede sig. Hen over Tagrygningerne er der lagt en Jærntovsledning dannet af flere sammensnoede forzinkede Traade. Til Jærntovet er der ved Skorstene og andetsteds befæstet korte »Opfangere«, d. v. s. smaa lodrette Stænger, der kan dannes af Jærntovet. Endvidere er der rundt omkring ført Jærntove fra Rygningsledningen ned til en

Ledning, der er nedlagt i Jorden hele Vejen langs Bygningerne. Denne Jordledning kan dannes af samme Slags Jærntov opslidset i sine enkelte Traade, der adskilles noget fra hverandre; fra Jordledningerne langs Bygningerne er lignende Jordledninger ført hen til en Brønd eller et andet fugtigt Sted. — I en Bygning med Netlynafleder, bør denne forbindes med tilstedeværende Vandrør, Gasrør eller andre større Metalmasser. Nogle af disse (Zinktag, Tagrender o. s. v.) kan ofte indgaa som Led af Lynafledningen, saaledes at denne derved kan blive billigere og mindre iøjnefaldende.

Michael Faraday (S. 132 Bd. I) viste i sin Tid, at Genstande, som befandt sig inden i et Metalbur, var fuldstændig beskyttede mod ydre elektriske Kræfter; selv fintmærkende Elektroskoper i Burets Indre paavirkedes ikke af stærke elektriske Gnister, som man lod slaa over til Buret. Idet Jærntovene i Fig. 238 danner et Slags Metalnet udenom Bygningerne, yder de en lignende Beskyttelse som Buret, og man behøver derfor ikke at fange Lynet ved høje Stænger. De lave Opfangere er hovedsagelig anbragt, fordi et Lyn ved at slaa ned i selve Rygningsledningen kunde smelte denne paa Nedslagsstedet.

I de senere Aar har Lynaflederspørgsmaalet i flere Lande været underkastet en omhyggelig Drøftelse. Paa Grundlag af, hvad der er fremkommet i Udlandet, suppleret med nye Forsøg af Kaptejn L. Ernst, kom en dansk Kommission for nogle Aar siden til det Resultat, at Netlynaflederne er langt mere betryggende end Stanglynaflederne, som tilmed let bliver dyrere.

— Man skelner ofte mellem »kolde« Lyn, der kun udøver mekaniske Virkninger, og »varme« Lyn, der foraarsager Antændelse. Om Lynet tænder, vil naturligvis til Dels bero paa, om det træffer let antændelige Genstande; men dets Beskaffenhed har ogsaa Betydning. Forsøg med Leidnerflaskegnister viser, at disse vanskeligt tænder, naar Elektriciteten udenfor Gnistbanen kun skal passere gennem en god metallisk Ledning; men indskydes i Ledningen en fugtig Snor, som forøger Ledningsmodstanden og derved Gnistens Varighed, faar Gnisten større Antændelsesevne. Paa lignende Maade som en fugtig Snor kan Straatag, Høforraad o. desl. virke overfor Lynet, og bl. a. af denne Grund er Antallet af »tændende Lyn« forholdsvis stort paa Landet. Her er Lynfaren ogsaa af andre Grunde større end i Byen.

Det ofte stillede Spørgsmaal om, hvor man under Tordenvejr er bedst sikret mod Lynet, er ikke let at besvare. Det kan vel siges, at det næppe er heldigt at befinde sig ude paa en flad Mark, hvor man danner den eneste fremragende Genstand i vid Omkreds; men langt farligere er det sikkert at søge Ly under et enligt Træ, særlig naar dette

er højt og staar paa et fugtigt Sted eller har god Jordledning gennem vidtstrakte Rødder; derimod er det rimeligt, at et saadant Træ kan gøre god Tjeneste som Lynafleder for En, naar man holder sig i nogen Afstand fra det. — Inde i et Hus, (uden Lynafleder) bør man ikke komme for nær ved Skorstenen, større Metalmasser, Telefonledninger o. desl.; men da bl. a. Fugtighedsforholdene i Jorden under og om Huset kan bringe Lynet til at gøre uanede Spring, kan sikre Regler ikke gives. — Medens det mange Steder er Skik at slukke Ilden i Tordenvejr, fyrer man i Ungarn tværtimod op for at skærme Huset mod Nedslag. En ungarsk Nedslagsstatistik synes at vise, at det sidste er det rette; det er ogsaa rimeligt, at den af Ilden ioniserede Luft (S. 274), som stiger op af Skorstenen, vil gøre Gavn, idet den gør Luften over Huset ledende, saa at her ikke kan opstaa stærke Spændingsforskelle.

Anden elektrisk Virksomhed ved Jordkloden og i Himmelrummet. Det er ikke blot under Tordenvejr, at der virker elektriske Kræfter i Jordens Atmosfære. Man kunde vise dette ved det i Fig. 239 fremstillede Elektroskop, hvis Blade er anbragt mellem to jordforbundne Metalkugler og befæstet til en lodret Stang, der foroven ender i en fin Spids. Dersom man en Dag, da det er klart og skyfrit Vejr, anbringer dette Apparat ude paa fri Mark, vil man i Almindelighed se Bladene gøre et Udslag; og som oftest vil det vise sig, at de er positiv elektriske. Dette kunde forklares derved, at Jordkloden var negativ elektrisk og derfor i Stangen frembragte en elektrisk Fordeling, hvorved Bladene blev positiv elektriske, medens Spidsen blev negativ elektrisk. Fra Spidsen vil der da gaa negativ Elektricitet (Elektroner) ud i Luften. Denne Elektricitetsudveksling mellem Luften og Elektroskopet foregaar imidlertid langt lettere, naar man i Stedet for en Spids anvender en brændende Væge eller en lille Genstand med radiumholdigt eller andet straalevirksomt Stof; thi Flammen eller Straalestoffet gør som tidligere anført Luften ledende. »Udjævneren«, som den brændende Væge eller Genstanden med Straalestoffet ofte kaldes, kunde befæstes paa Toppen af Stangen i Fig. 239; men i Reglen anbringes Udjævneren et eller andet Sted i Luften befæstet til en isole-

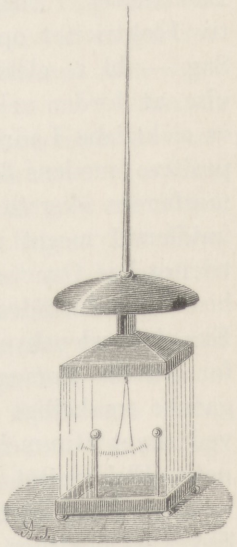


Fig. 239. Elektroskop, der viser Luftelektriciteten.

rende Stang el. desl. og sættes kun ved en tynd Metaltraad i Forbindelse med et Elektroskop.

Den elektriske Spænding, som Udjævneren, Traaden og Elektroskopbladene har antaget, naar Elektricitetsudvekslingen mellem Udjævneren og Luften er ophørt, er Udtryk for, hvad man kalder Luftens elektriske Spænding paa det Sted, hvor Udjævneren befinder sig. Forskellen mellem denne Spænding og Jordens kan ved et paa passende Maade indrettet Elektroskop maales i Volt, og man vil ofte finde, at den er 100—200 Volt eller mere allerede ved 1 Meters Højde af Udjævneren, og at den vokser med en lignende Størrelse for hver Meter Udjævneren løftes. En nogenlunde regelmæssig Stigning kan dog kun ventes over flad Mark, hvor den Elektricitetsfordeling, de elektriske Kræfter fremkalder i fremragende Genstande, ikke kan virke forstyrrende.

Man kunde som sagt forklare sig disse Iagttagelser ved at antage, at Jordkloden havde en stærk negativ elektrisk Ladning; men de kunde ogsaa fremkomme ved, at Atmosfæren var ladet med positiv Elektricitet; i begge Tilfælde vilde de elektriske Kræfter drage negativ Elektricitet op i og ud af Udjævneren. Undersøgelser over denne Sag — bl. a. elektriske Maalinger udført fra Luftballon — synes at vise, at Jorden vel er negativ elektrisk, men at der ogsaa i Atmosfæren er elektriske Ladninger, som op til betydelige Højder overvejende er positive, medens der rimeligvis findes et negativ elektrisk Lag ved Atmosfærens øverste Grænser. Elektricitetens Fordeling i Atmosfæren er imidlertid meget ujævn og foranderlig, og skønt den positive Elektricitet har Overvægten i Atmosfærens tilgængelige Dele, kan der godt hist og her findes stærke Ophobninger af negativ Elektricitet — f. Eks. i Tordenskyer. Ved en og samme Højde af Udjævneren ved de før omtalte Forsøg kan Elektroskopet derfor til forskellige Tider vise ganske forskellige Spændinger, og Spændingen bliver ofte — navnlig ved skyet Himmel — negativ, d. v. s. de elektriske Kræfter fører negativ Elektricitet ned i Elektroskopbladene.

Naar Forholdene i Atmosfæren — f. Eks. lavt staaende elektriske Skyer — bevirker, at de elektriske Kræfter ved Jordoverfladen bliver særlig stærke, kan der paa Toppen af Skibsmaster, Flagstænger, Lynafledere og andre fremragende Genstande vise sig lysende Punkter eller Lyskoste. Denne saakaldte St. Elmsild svarer ganske til de S. 29 Bd. I omtalte Lysninger under »stille Udladninger« fra Elektrisermaskinens Konduktorer, og ligesom her er det kun ved Udladning af positiv Elektricitet, at der fremkommer egentlige Lyskoste. — Under gunstige Omstændigheder kan der udgaa St. Elmsild fra

Menneskers Haar, oprakte Hænder o. a. — De meget omstridte »Lygtemænd«, smaa Lys, der undertiden skal vise sig paa fugtige Enge, anses af nogle for St. Elmsild paa flad Jord.

Læren om Elektroner og Ioner har bragt os et langt Skridt frem med Hensyn til Forstaaelsen af den atmosfæriske Elektricitet; men Forholdene er dog saa indviklede, at vi endnu har mange Skridt tilbage. Her maa vi nøjes med nogle spredte Bemærkninger om Sagen.

Talrige Undersøgelser har godtgjort, at der altid i Atmosfæren findes større eller mindre Mængder af de positive og negative Smaadele, som vi har kaldt Ioner. Om Antallet i en bestemt Luftmængde kan man faa et Begreb ved at lede et afmaalt Luftrumfang gennem et Rør, hvori der findes en Genstand, som er saa stærkt positiv elektrisk, at den drager alle de negative Ioner til sig. Af den Formindskelse Genstandens positiv elektriske Ladning derved lider, kan det udregnes, hvor mange negative Ioner, den har indfanget, under Forudsætning af, at hver Ion har afgivet én Elektron til Genstanden; som nævnt S. 282 har man nemlig fundet, hvor stor en Elektricitetsmængde en Elektron repræsenterer. I Praksis er Fremgangsmaaden dog ikke saa let og lige til, som det kunde synes. Antallet af Ioner er meget forskelligt under forskellige Forhold, men i Almindelighed maa man regne med Hundredetusinder i en Liter. Dette svarer dog til en overmaade ringe Ledningsevne hos Luften, da hver enkelt Ion kun fører en overmaade ringe Elektricitetsmængde. Selv om den elektriske Spænding stiger med nogle hundrede Volt for hver Meter man gaar til Vejrs, bliver det derfor kun en overordentlig svag elektrisk Strøm eller Elektricitetsudveksling, der foregaar gennem Luften ved at de positive Ioner føres nedad, de negative opad af de elektriske Kræfter.

Alligevel vilde denne Elektricitetsstrømning naturligvis udjævne alle Spændingsforskelle mellem Jorden og forskellige Dele af Atmosfæren, hvis der ikke var medvirkende Aarsager, som frembragte Spændingsforskelle. Man har langtfra endnu fuld Klarhed over denne Sag; men utvivlsomt spiller det herved en Rolle, at de negative og positive Ioner har ulige Bevægelighed, ulige Tilbøjelighed til at hæfte sig ved faste Genstande og ulige Evne til at optræde som Draabekærner ved Vanddamps Fortætning (S. 282). Denne sidste Forskel giver bl. a. en Mulighed for at forklare Fremkomsten af positive og negative Skyer paa følgende Maade:

Naar en Luftstrøm stiger til Vejrs, vil den udvides og afkøles, og hvis den indeholder megen Vanddamp, vil en Del af denne fortætte sig til Draaber om de af Luftstrømmen medførte Støvdele, som da synker ned. Jo højere Luften kommer op, des støvfriere bliver den,

og Fortætningen hører op paa Grund af Mangel paa »Draabekærner«, indtil Luften ved fortsat Stigning er blevet saa stærkt afkølet, at de negative Ioner kan gøre Tjeneste som Draabekærner. Fortætningen begynder da paany, og Draaberne, der synker ned med de negative Ioner, vil danne en negativ elektrisk Sky eller Regn med negativ elektrisk Ladning, medens den videre opstigende Luft har positive Ioner i Overskud. Fortsættes Stigningen og Afkølingen, vil der ogsaa dannes Draaber om disse; vi faar da en positiv Sky eller positivt Nedslag. At Nedslag ofte er elektrisk, kan paavises ved Forsøg.

Det er sagt S. 273, at i Luft, der indeholder positive og negative Ioner, vil disse søge at slutte sig sammen til uelektriske Dele, saa at Ionernes Antal efterhaanden vilde tage af, og Luften tilsidst bliver helt ionfri, hvis der ikke dannedes nye Ioner ved en eller anden ioniserende Indflydelse. En saadan maa da stadig være til Stede ude i Naturen, siden Lufthavet stadig indeholder Ioner i store Mængder. En Kilde til Iondannelse har vi i de mange Ildsteder; hvorfra der opstiger ioniseret Luft; men Forsyningen herfra er som en Draabe i Havet. Hovedkilden til Ioniseringen af de lavere Luftlag er utvivlsomt at søge i Straalestoffernes Virksomhed. Medens man til at begynde med ansaa Radium for et overmaade sjældent Stof, som kun fandtes i nogle faa Mineralier, kom man senere til den Erkendelse, at det er udbredt overalt i Jordskorpen, ganske vist i overmaade smaa Mængder — f. Eks. 1 Gram i 10 000 Kubikmeter Jord — men dog tilstrækkeligt til at foraarsage en betydelig Ionisering af Luften. Man fandt først, at Luft, som suges op af Jorden, ikke blot selv er ioniseret, men ogsaa ioniserer Luft, hvormed den blandes, ja endog kan meddele sin ioniserende Egenskab til Genstande, den stryger hen over; en nærmere Undersøgelse af Grundluftens Forhold har gjort det utvivlsomt, at den indeholder det S. 279 omtalte straalevirksomme Omdannelsesprodukt af Radium, den saakaldte Radiumemanation, og at det er Straaler fra denne og andre af Radiums Omdannelsesprodukter, der virker ioniserende.

Naar Lufttrykket synker, suges en Del af Grundluften op af Jorden, og idet den blander sig med Luften ovenfor og føres af Sted med Vinden eller til Vejrs med opstigende Luftstrømme, kan den bidrage til Luftens Ionisering langt fra det Sted, hvor den er udviklet af Jordens Radium. Under stigende Lufttryk trænger der omvendt Luft ned i Jorden, og denne vil saaledes afvekslende indaande ionfattig Luft og udaande ioniseret og straalevirksom Luft. At disse Forhold har Betydning for Vejrforholdene, kan der næppe være Tvivl om, og det synes ikke urimeligt, at ogsaa Menneskers Befindende kan paa-

virkes af Luftens større eller mindre Indhold af Ioner og Straalestof, da vi ikke blot indaander dem i vore Lunger, men endogsaa fuldstændig gennemtrænges af Straalerne.

Medens Elektriciteten i Atmosfæren kan være meget uregelmæssig fordelt, vil den Elektricitet, som tilføres Jorden, hurtig udbrede sig over hele Jordkloden, der er at betragte som en stor, ledende Kugle, mellem hvis forskellige Dele der ikke kan vedligeholdes Spændingsforskelle af Betydning i Sammenligning med dem, der optræder mellem Jord og Luft. Selv mindre Spændingsforskelle paa faa Volt mellem to Steder i lang indbyrdes Afstand kan imidlertid fremkalde en

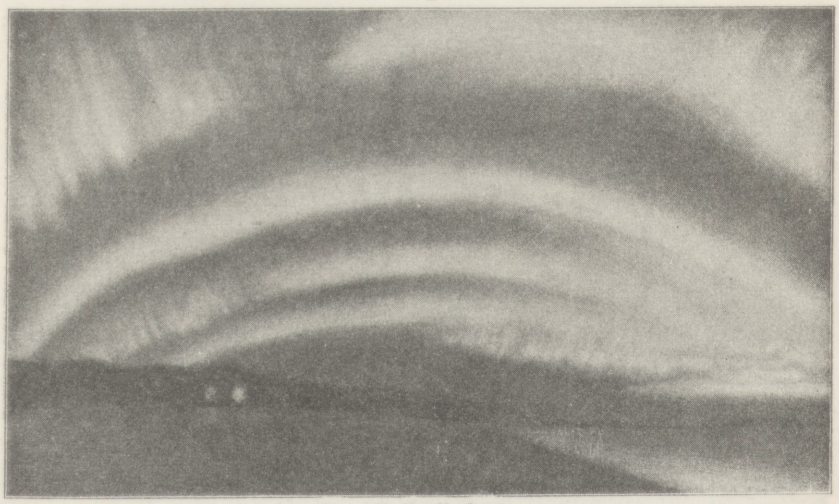


Fig. 240. Nordlysbuer.

kendelig Strøm i en Telegrafledning, der forbinder Jordplader paa de to Steder, og undertiden kan disse »Jordstrømme« helt umuliggøre Telegrafering over store Strækninger af Jorden.

En saadan udbredt Optræden af Jordstrømme ledsages altid af Forandringer i Kompasnaalenes Stilling og betegnes derfor ofte som »magnetiske Uvejr«. Aarsagerne til disse saa vel som til andre mindre Forandringer i Kompasnaalenes Stilling maa vistnok for en Del søges i elektriske Strømninger i Atmosfærens højere Lag.

Den elektriske Virksomhed heroppe giver sig et synligt Udslag i P o l a r l y s e t, der, som Navnet antyder, hyppigst viser sig i Egnene nær Jordens Poler. For den nordlige Halvkugles Vedkommende kaldes Polarlyset i Reglen N o r d l y s.

Fig. 240 viser et Nordlys, som H. Moltke har tegnet efter Naturen under et Ophold paa Island. Det bestaar dels af flade langstrakte Lysbuer, dels af »Straaler«, som gaar paa tværs af Buerne; saadanne opad-

gaaende Straaler er navnlig tydelige til venstre paa Billedet. Ogsaa i Danmark eller paa endnu lavere Breddegrader ses Nordlys af lignende Bueform, i Reglen dog kun en enkelt Bue, som forneden begrænses af en mørk Flade (det »mørke Segment«), men med meget udvisket øvre Begrænsning. Nordlysbuen viser sig her altid paa den nordlige Himmel og med Midten af Segmentet omtrent i den Retning, hvori



Fig. 241. Nordlystæpper.

Kompasnaalen peger. Men i de polare Egne kan Nordlyset vise sig i alle Retninger.

Fig. 241, der er tegnet i Grønland efter Naturen, viser en Form, Nordlyset kun antager i de polare Egne. Man ser det som folderige nedhængende Lystæpper, der er stærkest lysende forneden, hvor de tillige er skarpt begrænsede. De er ofte i stærk bølgende Bevægelse og kan bevæge sig med betydelig Hastighed paa tværs af deres Længderetning. At de er meget tynde fremgaar af, at de kun viser sig som en bølgende Streg, naar de passerer over Iagttageren. Ogsaa disse Tæpper synes at udsende opadgaaende Straaler. Medens de Nordlys, som ses fra lavere Breddegrader, altid befinder sig mange Mil over Jorden, mener flere Iagttagere at have set Nordlystæpper, som er naaet længere ned end til Bjærgenes Toppe. Det er dog et Spørgsmaal, om der ikke her har været Synsskuffelser med i Spillet. I hvert

Fald har Nordlysene som Regel hjemme i langt større Højder — fra halvhundrede til nogle hundrede Kilometer — hvor Luften er overordentlig tynd. Højdebestemmelser kan foretages derved, at samme Nordlystæppes Rand iagttages samtidig fra to Steder. Paa Grund af Tæppernes Bevægelse er dog sikre Resultater vanskelige at opnaa. Denne Bevægelse vanskeliggør ogsaa Fotografering af Nordlys. I 1910 er det imidlertid lykkedes Nordmanden Professor Størmer at optage Øjebliksbilleder af Nordlys, tilmed samtidig fra to forskellige ved Telefon forbundne Iagttagelsessteder; dette vil sikkert faa megen Betydning for Nordlysforskningen.

En nærmere Beskrivelse af de rigt vekslende Lysfænomener i Nordlysene skal her ikke gives. Det skal endnu blot nævnes, at Nordlyset kan vise sig som en ensartet hvidlig Lysning, og at det ofte synes at foranledige Dannelse af Skyer.

Hvad Nordlysets Natur angaar, da har man forlængst erkendt, at der er elektriske Kræfter med i Spillet. Dette fremgaar bl. a. deraf, at Kompasnaalen ofte bliver urolig under stærke Nordlys. Den danske Meteorolog Adam Paulsen (1833—1907) opstillede i Halvfemserne den Teori, at Nordlyset skyldes Katodestraaler, som kommer fra meget store Højder og frembringer Lysning (Fluorescens) af den tættere Luft længere nede. Da Katodestraalerne ioniserer Luften, kan de dels fremkalde Skydannelse, idet Luftens Vanddamp fortættes om Ionerne, dels foranledige Fremkomsten af elektriske Strømme mellem positive og negative Egne af Atmosfæren, idet de dannede Ioner fører Elektricitet fra den ene Egn til den anden. Desuden er Katodestraalerne jo selv at betragte som elektriske Strømme, idet de er Elektroner i Bevægelse. Og da Strømme paavirker Magnetnaale, bliver Kompasnaalens Uro forstaaelig.

Paa den anden Side paavirkes Nordlyset af Jordens magnetiske Kræfter. Jorden kan betragtes som en stor Magnet, dog med ret uregelmæssig Fordeling af Magnetismen. Den har sine magnetiske Poler i Nærheden af Jordens Poler. Højt oppe i det nordligste Amerika ligger saaledes den nordlige Magnetpol, som kendes paa, at en om sit Tyngdepunkt frit drejelig Magnetnaal (»Inklinationsnaal«) her vil stille sig lodret med Nordenden pegende nedad; den jordmagnetiske Pol, som ligger her, maa altsaa i magnetisk Henseende betegnes som en Sydpol. Efterhaanden som man fjærner sig fra den magnetiske Pol, bliver Magnetkraftens ved Inklinationsnaalen angivne Retning mindre og mindre lodret, og omtrent midt mellem de to magnetiske Poler vil Naalen stille sig vandret. Det viser sig, at de Straaler, der i nordlige Egne tilsyneladende skyder op fra Nordlysbuer eller Nord-

lystæpper, har omtrent samme Retning som Inklinationsnaalen; ved en perspektivisk Virkning vil de, naar de gaar højt til Vejrs, synes alle at stile mod det Punkt af Himlen, hvorimod Inklinationsnaalens Sydende peger; ser man Straaler til alle Sider, kan de om dette Punkt danne den saakaldte Nordlyskrone. Disse Forhold kan til Dels forklares ud fra Magnetkræfters kendte Virkninger paa Katodestraaler (S. 271). Naar Katodestraaler eller med andre Ord Elektroner i stærk Fart tilbagelægger lange Strækninger gennem et magnetisk Felt, hvor Magnetkraften stadig har samme Retning, vil de afbøjes saaledes, at de beskriver Spiraler om Linjer i Kraftretningen; man kan heraf forstaa, at Katodestraaler, der trænger ned i Atmosfæren, kan frembringe Lyslinjer, der i Hovedsagen har den jordmagnetiske Krafts Retning.

Skønt der endnu er meget gaadefuldt ved de mangeartede Nordlysfænomener, navnlig ved Tæppernes mærkelige Former og Bevægelser, og skønt det er uforstaaeligt, at Katodestraaler skulde kunne trænge ned til de laveste Højder, hvori Nordlys menes at være iagttaget, kan der dog ikke godt være Tvivl om, at Adam Paulsens Teori i Hovedsagen er rigtig. Den siger imidlertid blot, at Nordlyset skyldes Katodestraaler, der skyder ned fra store Højder, men hvorledes disse Straaler opstaar, lader den staa hen.

Det tør imidlertid betragtes som afgjort, at vi ikke kan faa dette Spørgsmaal klaret blot ved Betragtning af Forholdene paa Jordkloden. Allerede længe har man vidst, at der var en vis Tidssammenhæng mellem paa den ene Side Nordlys og jordmagnetiske Uregelmæssigheder og paa den anden Side den Solvirksomhed, som giver sig til Kende ved »Pletter«, »Fakler« og »Protuberanser«, der er Udslag af voldsomme Bevægelser i Solens Atmosfære, og man har heraf sluttet, at Tilstanden paa Solen paa en eller anden Maade indvirkede paa den elektriske Tilstand paa Jorden, men om Arten af denne Forbindelse har man først i de senere Aar kunnet danne sig nogenlunde klare Forestillinger.

Utvivlsomt er de omtalte stærke Bevægelser i Solatmosfæren ledsagede af elektriske Uvejr, mod hvilket alt, hvad vi kender fra Jorden, er Legeværk, og baade under disse Uvejr og under mere normale Forhold er sikkert uhyre Mængder af Ioner og Elektroner i Bevægelse. Om de ydre Dele af Solatmosfæren overvejende er positiv eller negativ elektriske, derom er Meningerne delte. I Følge én Antagelse skulde Solprotuberanserne — de mægtige »Flammer«, der skyder op fra Solens Overflade, undertiden til en Højde af nogle Hundredetusind Kilometer i faa Minutter — ligefrem være Anodestraaler, altsaa en Samling af positive Ioner, uddrevne fra et positivt Parti af Soloverfladen. Solpletterne skulde saa være negative Partier — Katoder —, hvorfra

der udsendtes Katodestraaler, altsaa negative Elektroner; disse skulde paa Grund af deres ringere Masse og større Fart gaa meget længere ud i Rummet, og »Koronaen«, den ejendommelige Glorie, som under totale Solformørkelser ses at strække sig langt ud fra Solen, skulde være en af Katodestraaler frembragt Lysning.

Hvorledes det nu end forholder sig hermed, saa er det givet, at saafremt Nordlyset skyldes elektriske Partikler, der kommer fra Solen, saa maa disse være negativ elektriske, da Nordlyset dannes af negative Straaler.

Den svenske Fysiker Arrhenius, der antager, at Solatmosfærens yderste Lag er stærkt positiv elektriske, mener, at der ikke des mindre fra Solen sendes negative Smaadele til Jorden; blot sker dette ikke ved elektrisk Frastødning, men ved »Straaletryk«. Det er tidligere nævnt, at Lysstraaler udøver et Tryk paa Genstande, de træffer; for ganske smaa Draaber, hvis Størrelse ligger indenfor bestemte Grænser, kan dette Tryk fra Solstraalerne blive større end Solens Tiltrækningskraft, og Draaber, der i Solatmosfæren har fortættet sig om en Elektron, kan da med denne drives ud i Rummet. Saadanne Draaber skulde da i større eller mindre Mængder efter Solvirksomhedens større eller mindre Voldsomhed ankomme til Jorden, stanses af Atmosfærens ydre Lag og gøre dem negativ elektriske. De saaledes dannede negativ elektriske Partier i Jordatmosfæren vilde da sende Katodestraaler ned mod Jorden og derved frembringe Nordlys.

Langt simplere er det dog med Professor Birkeland at antage, at Solen ligefrem udsender Katodestraaler, som saa enten kan lade de øvre Lag af Jordatmosfæren eller direkte trænge ned i denne og danne Nordlys. At disse væsentlig iagttages i Egnene omkring Jordens magnetiske Poler og ikke midt imellem dem, forklares let ved, at Katodestraalerne som omtalt følger Magnetkraftens Retning; da denne i Nærheden af Polerne er rettet mod Jorden, men mellem dem gaar parallel med Jordoverfladen, kan Katodestraalerne kun de førstnævnte, ikke de sidstnævnte Steder naa langt ned i Atmosfæren. Der opstaar imidlertid mange meget indviklede Forhold, naar en Strøm af Katodestraaler træffer en saadan magnetisk Kugle, som Jorden kan antages at være. For at opnaa Klarhed over disse Forhold har Birkeland anstillet Forsøg med meget store Udladningsrør, hvori en magnetisk Kugle blev udsat for en Strøm af Katodestraaler. Fig. 242 viser et saadant Rør med »den lille Jord« til højre, Katoden til venstre. De senere Forsøgsrør har imidlertid Form af en Kasse med Glasvægge; disse maa være meget tykke for at taale den ydre Lufts Tryk. Saa vel ved disse Forsøg som ved sine Nordlysiagttagelser har Birkeland

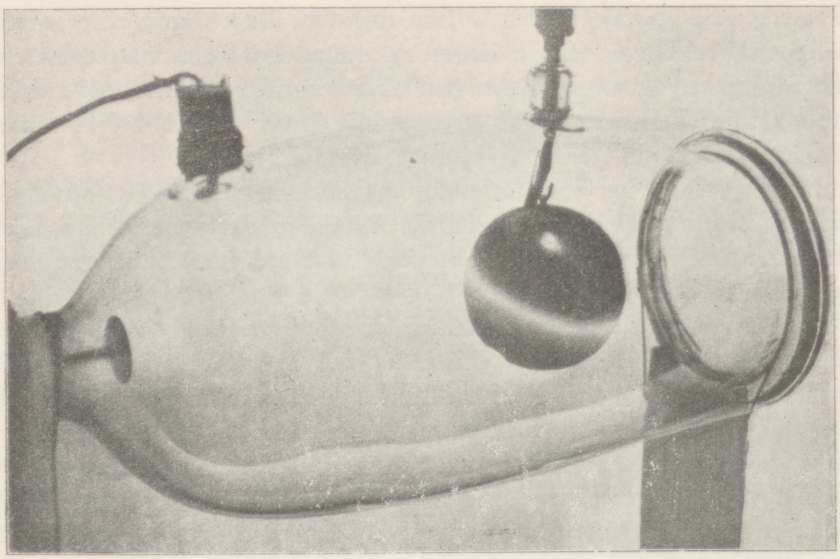


Fig. 242. Udladningsrør med en magnetisk Kugle, der forestiller Jorden.

og Størmer fundet mange Resultater af stor Interesse. Det er ogsaa lykkedes Birkeland i Udladningsrør at fremkalde Lysfænomener, der minder om Nordlystæpper; Fig. 243, hvor S er en kraftig Magnets Sydpol, viser et saadant Lysfænomen.

Hvad enten Birkelands eller Arrhenius' Teori om Nordlysenes Oprindelse er den rette, maa det antages, at Hærskarer af elektriske Smaadele, mest negativ elektriske, gennemfarer Verdensrummet i forskellige Retninger og danner en tidligere uanet elektrisk Forbindelse mellem alle Kloder og Solsystemer. De gør Planeter, Maaner og andre kolde Himmellegemer negativ elektriske, bidrager til at ionisere Planeternes Atmosfære, foranlediger Polarlys og magnetiske Ure-

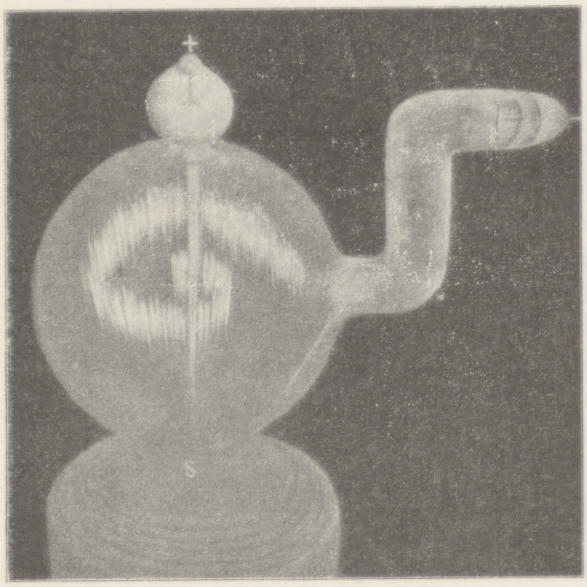


Fig. 243. Kunstige Nordlystæpper.

gelmæssigheder m. m. Muligvis er de saakaldte Stjærnetaagers Lys Fluorescenslys, fremkommet ved de elektriske Smaadeles Indtrængen i store Luftmasser i Rummet. Og rimeligvis har de omvandrende elektriske Hærskarer endnu andre vigtige Hverv i Verdensordningen.

Fremtidsmaal. Den nyvundne Erkendelse af Sammenhængen mellem Vejrforholdene og Atmosfærens elektriske Tilstand, vil maaske i sin videre Udvikling komme Vejrvidenskaben saaledes til Gode, at Vejrforudsigelser kan gives med større Sikkerhed, end det nu er Tilfældet. Et andet Spørgsmaal er det, om det voksende Kendskab til Elektriciteten i Naturen ogsaa vil kunne hjælpe Menneskene til det saa ivrigt eftertragtede Herredømme over Vejret? Helt urimeligt synes det ikke, at vi med Tiden kunde lære lidt af V e j r m a g e r k u n s t e n.

Ganske vist er der ikke nogen Udsigt til, at vi kan standse Vinden eller forandre dens Retning, saa at fugtige Luftstrømninger føres hen over tørre Landstrækninger eller omvendt; heller ikke synes det rimeligt, at vi i nævneværdig Grad kan paavirke Luftstrømmes Synken eller Stigen med deraf følgende Temperaturforandringer og Fortætning af Vanddamp. Det kunde imidlertid tænkes, at der over en Egn, som vansmægter efter Regn, befinder sig Luftmasser, som er rige paa Vanddamp og kolde nok til, at Dampen kunde fortætte sig, men blot mangler Ioner, der kan gøre Tjeneste som Draabekærner (se S. 282). Kunde man — f. Eks. ved Opsendelse af Luftballoner med Straalestof — ionisere denne Luft, vilde Fortætningen indtræde. Den Fremtidsmulighed, at man vil naa til paa en eller anden Maade at kunne paavirke Luftens Ionholdighed og derved i visse Tilfælde fremskynde Dannelsen af Nedslag, kan næppe betragtes som absolut urimelig.

En Art Vejrmageri i mindre Stil er forsøgt af den ansete engelske Fysiker Oliver Lodge. Ud fra den Iagttagelse, at elektriske Udladninger kan bringe Støv-, Røg- eller Taagepartikler til at samle sig til større Fnug eller Draaber, som hurtigt synker ned, prøvede Lodge for nogle Aar siden at sprede Taage ude i fri Luft. Paa Toppen af en Bygning i Liverpool anbragte han en høj Stang; et Bundt fine Spidser paa Toppen af denne blev gennem en godt isoleret Ledningstraad fra en Fordelingselektrisermaskine bragt paa en meget høj Spænding. Undertiden støttedes Spidsernes Virkning af en Gasflamme, og det lykkedes paa denne Maade under en tæt Taage at tilvejebringe et klart Rum ud til en Afstand af halvhundrede Meter fra Flammen. Lodge mener, at man ved en Række Apparater af denne Art langs en Flod

eller Havnestrækning kunde muliggøre Sejlads, Losning og Ladning under Taage. Heller ikke synes det utænkeligt, at man ved lignende Fremgangsmaader en Gang vil blive i Stand til at fremkalde Regn af lavtstaaende Skyer. I Fabriksrum el. desl. kunde Metoden bruges til Fjærnelse af Støv, Blydampe o. a. Lodge har senere i Stedet for Elektrisermaskinen anvendt en Vekselstrømsgenerator og saa ved Transformator og Ligeretter faaet højspændt ensrettet Strøm ligesom ved de S. 139 omtalte Forsøg med Elektrokultur; men det har dog vist sig for kostbart at anvende saadan Taagespredning i Praksis.

Hvis man gennem fortsatte Elektrokulturforsøg naar til den Erkendelse, at Planternes Trivsel staar i direkte Sammenhæng med Luftens elektriske Tilstand (Spændingsforskelle, Indhold af Ioner m. m.), saa aabner der sig Muligheder for i stor Stil at frembringe det »elektriske Vejr«, der passer bedst for Planterne.

Lynets voldsomme Kraftvirkninger har ofte fremkaldt den Tanke, at Mennesket skulde kunne gøre sig til Herre over Lynkraften — ikke blot værge sig mod dens ødelæggende Virksomhed, men ogsaa tvinge den til at udføre nyttigt Arbejde. Denne Tanke er dog kun lokkende for Lyrikeren, ikke for Teknikeren. For ham synes Lynenergien netop at være den slettest mulige Energiform, — voldsom, saa at det synes haabløst at tæmme den, springende, saa at den skulde fanges snart hist, snart her, ustadig, saa at man aldrig aner, naar den indfinder sig, og saa kortvarig, at dens Vælde vilde svinde ind til Svaghed, naar den skulde fordeles over et længere Tidsrum. Heller ikke den Arbejdskraft, som giver sig Udslag i den mere normale elektriske Virksomhed i Atmosfæren, frembyder Muligheder for praktisk Udnyttelse i vore Maskiner; dertil er den altfor ubetydelig. Den elektriske Strøm, som under almindelige Forhold gaar ned ad mod en Flade af en Kvadratkilometer, er paa Grundlag af nogle Maalinger anslaaet til at være gennemsnitlig noget som en Milliontedel Ampère, og selv om vi tænkte os den fuldt udnyttet oppe fra en Højde, hvor Spændingen var 100 000 Volt større end ved Jordoverfladen, vilde hertil dog kun svare en Arbejdsydelse af $^1/_{10}$ ~~Volt~~ Watt eller $^1/_{7000}$ Hestekraft; for hele Danmark blev det kun til nogle faa Hestekræfter. Selv om Strømmen gennem Luften var 100 eller 1000 Gange saa stærk som antaget, vilde det dog ikke være noget af Betydning.

Teknikerens Ideal af en Energiform er langt snarere end Lynkraften den kemiske Energi, der f. Eks. i Stenkul eller Petroleum findes samlet i store Mængder paa et ringe Rum, og som her rolig og ubemærket afventer det Øjeblik, da den kaldes frem af sin Uvirk-

somhed. Men en Arbejdskraft af lignende Beskaffenhed, blot mangfoldige Gange mere sammentrængt, findes i Straalestofferne. Et Gram Radium indeholder gemt i sine Atomer mere Energi end en Tønde Kul; et Gram af Radiums Stamstof Uranium, der ikke hører til de helt sjældne Stoffer, indeholder endnu mere; og som nævnt S. 283 er der Mulighed for, at alle Stoffer gemmer en mægtig Atomenergi, saa at en Haandfuld død, kold Jord, som vi kan opsamle hvorsomhelst for vor Fod, rummer mere Arbejdskraft end mange Tønder Kul. Vi har i alt Fald Lov at haabe paa, at det en Gang skal lykkes os at fravriste Stoffet denne indre Atomkraft, tvinge den til at komme frem saa hurtigt eller saa langsomt som vi ønsker. Kunde dette tilmed ske ved smaa simple Apparater, der umiddelbart gav elektrisk Strøm, vilde det blive muligt at løse mange nu uløselige Opgaver — f. Eks. den at drive Luftskibe frem med Stormens Fart saa lang en Vej, det skulde være. Varme og elektrisk Lys kunde skaffes overalt uden Forbrugsudgifter. Tænker vi os desuden, at Kemien til den Tid er naaet til at fremstille alle Slags Fødemidler af Jord, Vand og Luft, saa kunde Atomenergien anvendes til denne Fremstilling. Den besværlige Indvinding af Solkraften ved Dyrkning af Markerne blev da overflødig; Jorden kunde overalt dækkes med Skove og Haver, og Menneskene kunde leve vidt spredte i den frie Natur og dog nær forbundne ved Hjælp af Telefoner, hurtigtsejlende Luftskibe m. m. Kort sagt, en skønnere og lykkeligere Tid kunde oprinde — vel at mærke under den Forudsætning, at man ikke blot havde vundet større Herredømme over Naturkræfterne, men ogsaa lært at udnytte dette Herredømme bedre til virkelig Gavn og Glæde for alle.

Vi behøver imidlertid ikke at vende Tankerne mod saadanne fjærne og usikre Maal, som forudsætter dybere Indsigt i og større Magt over de elektriske Kræfter. Der er foreløbig for en lang Fremtid nok at gøre med at udnytte Naturens gammelkendte Kraftkilde paa en bedre og fyldigere Maade gennem elektrisk Kraftoverføring, Kraftspredning og Kraftforvandling.

ALFABETISK REGISTER

Acetylen II 131.
Afbryder, se Strømafbr.
Afbrydningsgnist I 65.
Akkumulator I 163 o. flg., II 110 o. flg., 114.
Aluminium II 128.
Amalgamering I 42.
Ampère I 66 o. flg.; -meter I 69; -time I 160; time-maaler I 162.
Anker I 56, 73, 94, 143.
Anode II 120; -straaler II 272.
Arbejdskraft I 136 o. flg.
Arrhenius II 309.
Atmosfærisk Elektricitet II 289 o. flg.
Atom I 19, II 280 o. flg.; -energi II 283, 313; -model II 287.
Avtomat-central II 195; -nøgle I 202.
Avtopyrofon I 108 o. flg.

Baner (elektr.) II 72—109.
Banesignaler I 96 o. flg.
Batteri; galv. B. I 47, 68; Akkumulatorb. I 167.
Bell II 171, 230.
Beskyttelses-dragt I 268, II 260; -traad I 186.
Bevægelsesenergi I 138.
Billedtelegrafi II 232—36.
Birkeland II 134; 309.
Bittersaltelement I 88.
Bjærgværksdrift II 63.
Bragstad I 257.
Bloksystem I 97 o. flg.; II 86.
Blysikring I 214.
Blæsemagnet I 220.
Brandalarm I 105 o. flg.; -fare I 210 o. flg., 315.
Branly II 215, 228.
Bremerlampe I 305.
Bremsning II 82.
Brint I 40.
Browns Relæ II 202.
Buelys el.-lampe I 48, 285—95, 305; talende B. II 230.
Bunsenelement II 121.
Bølger (elektr.) II 206 o. flg.

Celle I 167; -skifter I 168.
Central for Stærkstrøm (se Elektricitetsværk); for Telefon II 186 o. flg.; for Ure I 122; -betjening I 101 o. flg.; -energisystem II 183.
la Cour J. L. I 257.
la Cour P. I 198, II 164.

Daaseafbryder I 212, 312.
Dampturbine I 258.
Daniells Element I 88.
Detektor II 218.
Dieselmotor I 190.
Drejestrømsmotor I 234, II 34.
Drivkraft (elektr.) særlig II 26—119.
Duplekstelegrafi II 163.
Dynamo I 135, 142—51, 221—24, 256—58.
Dyrisk Elektr. I 38, 42; d. Magnetisme II 244.
Dæmpespole I 219, 225.

Edison I 132. II 114, 172.
Edison-Akkumulator II 114.
Effektbuelampe I 305.
Ekstrastrøm II 247.
Elektricitetens Natur I 17—25, II 270—88.
Elektricitets-maaler I 159 o. flg., 180, 196; -pris 179, 195, 253, 265, 283, 298 o. flg., 309 o. flg., II 8—9, 13—15, 37—38, 55 o. flg.; -stof I 18, 22, II 272; -værk I 131 o. flg.
Elektrisermaskine I 9, 25—29, II 244.
Elektriske Baner, se Baner o. s. fr.
Elektrode I 306, II 121.
Elektrokemi I 54, II 120—40.
Elektrokultur II 138.
Elektrolyse I 54.
Elektromagnet I 55—59. II 251.
Elektrometer I 29.
Elektromobil II 109—16.
Elektromotor I 134 (Navnet); I 147 (Princip); I 154 o. flg. II 30, 37—39, 59 (Elektricitetsforbrug); I 233—37, II 34 (Vekselstrømsmot.); II 29—34 (Virkemaade); II 26—119 (Anvendelser).
Elektromotorisk Kraft I 46, 65, 68.
Elektron (Rav) I 5.
Elektron (Elektricitetsatom) I 19, II 255, 270 o. flg.
Elektroplettering II 120.
Elektroskop I 16—17.
Elementer, se galv. E.
Elevator II 47.
Elmsild II 302.
Energi I 136 o. flg.; -opsamling I 163.
Enfase-baner II 96 o. flg.; -motor I 237.
Ensretter I 271.

Eyde II 134.

Fabriksdrift (elektr.) II 38.
Faldklap I 81.
Faraday I 60, 132.
Faradisation II 247.
Farer I 209—20, 265—70, 315.
Fase I 224.
Finsen II 252.
Fjærn-afbrydning I 197; -styring II 228, 267; -syn II 232; -tænding II 25.
Flammebuelampe I 305.
Flerfoldstelegrafi II 162.
Fluorescens II 254.
Forbrugsmaaler I 159 o. flg.
Fordeling I 35; -elektrisermaskine II 244; -system II 193; -tavle I 170.
Franklin I 13.
Franklinisation II 244.
Frekvens I 222.
Fællesbatterisystemet II 183.
Fødeledning I 181.

Galvani I 42.
Galvanisation II 247.
Galvanisk Batteri I 47, 68; g. Elementer I 39, 42—51, 84—88, II 121; g. Kæde II 242; g. Metaludfældning I 54, II 120 o. flg.
Galvanisme I 43.
Galvano-meter I 52; -plastik og -stegi II 120 o. flg.; -skop I 52.
Gastænding II 25.
Generator I 223.
Glødelampe I 53, 135, 279—85, 295—304.
Gnidningselektricitet I 5 o. flg.
Gnist 10; -induktor II 23; -svingninger II 209; telegrafi II 215 o. flg.
Grammemaskine I 143.
Grundstof I 41, II 283.

Hefnerlys I 279.
Hejseværk II 44 o. flg.
Hektowatt-time I 154.
Hellesens Element I 87
Hertz II 210.
Hestekraft I 137; -time I 137; elektr. H. I 255.
Hewitt I 271.
Hilkier I 108.
Hjemmet (El. i) II 65.
Hjort, Søren I 148.
Hornlynafleder I 219.
Hus-ringeanlæg I 72 o. flg.; -telefoni II 175, 195.
Hvilestrøm I 94.
Højspændingsanlæg I 221 o. flg.

Igangsætter II 32, 81.
Ilt I 41.
Induktions-apparat II 21; -motor I 236; -ringning I 94; -strøm I 60 o. flg.
Induktor I 94.
Ioner II 270 o. flg.
Isolatorer I 11 o. flg., 89—90, 252.
Isolationsfejl I 217.

Jack II 187 o. flg.
Jensen, Fr. II 119.
Jensen, J. L. W. II 201.
Jord-magnetisme I 8, II 307; -plade I 90; -strøm II 305.
Jürgensen I 146, 289.
Jærnfremstilling II 129.
Jævnstrøm I 142; -anlæg I 131—220.

Kabel I 183, 256, II 147 o. flg., 158, 197—201.
Kalk-kul II 131; -kvælstof II 138.
Kapacitet II 161.
Katode II 121; -straaler II 254, 270 o. flg.
Kemi I 40—42.
Kemisk Energi I 140.
Kilo-gram I 67; -grammeter I 136; -meter I 67; -watt 137; watttime I 137, 154.
Kjellins Ovn II 130.
Klemskruer I 49.
Klokke I 73.
Knaldluft I 168.
Knivafbryder I 211.
Kobberfremstilling II 127.
Kobling (elektromagn.) I 104, II 119.
Kogning II 11—15, 67.
Kohærer II 215.
Kollektor I 145.
Kommutator I 96, 145.
Kompas I 7; -styring I 120.
Kondensator I 29.
Konduktor I 27.
Kontaktindretninger, se Strømafbryder.
Kontroller II 80.
Kortslutning I 213.
Kraft-maskiner I 134; overføring I 136, 153—159, 221 o. flg., II 229.
Kraner II 44.
Krarup II 201.
Krigen II 262—269.
Kromsyreelement I 50.
Kronograf II 268.
Kuglelyn II 292.
Kultraadsglødelampe I 279 o. flg.
Kviksølv-afbryder II 23; -damplampe I 271, 306.
Kvælstofvinding II 133 o. flg.
Kørsel II 72 o. flg.

Laas I 115, II 49.
Ladningsevne II 161; tavle I 31.
Lamper I 274—320.
Landbrug I 192 o. flg., 204 o. flg. II 50—63, 138.
Larsen, Absalon II 78.
Lauritsen II 161.
Ledere I 11 o. flg.
Leclanchéelement I 84.
Ledninger I 49, 88—91; L. for Stærkstrømsanlæg I 151—59, 175—77, 180—86, 190, 193, 209—19, 248—53, 261—70, II 76—79; L. for Telefon II 197—202; L. for Telegraf II 146—62.
Lednings-lynafleder I 218, II 182; -modstand I 62, 66 o. flg.
Leidnerflaske I 29—35.
Lige-retter I 271; -strøm I 142.
Liliputlampe I 294.
Linje-skifter I 93; -vælger II 195—96.
Luft I 41 (Bestanddele; II 132 o. flg. (elektrokem. Beh. af L.); -artslys I 304, -elektricitet II 289 o. flg.; -ledninger I 185.
Lyn I 13, II 289 o. flg.; -afleder I 37, 218; II 182, 296—300.
Lys I 274—320; -anlæg = Stærkstrømsanlæg; -behandling II 252; -bue I 48; -buetelegrafi II 221; -buesvingninger II 212; -fordeling I 291, 317; -kaster II 264; -lære I 274 o. flg.; -telefoni II 230; -økonomi I 281—85, 309 o. flg.

Lægekunst I 38, II 242—62.

Maaler I 159 o. flg. 180, 196; -ledning I 216.
Maalinger I 53, 70, 121, 159—63, 182, II 205, 268.
Magnet-felt I 144; -induktor I 94; -naal I 8.
Magnetisme I 6—9, 55 o. flg.; dyrisk M. II 244.
Magnetosystem II 179 o. flg.
Malmfinding II 205, -rensning I 57.
Marconi II 210.
Maskintelegraf I 117.
Masse II 284.
Metal-lurgi II 127 o. flg.; -udfældning II 120 o. flg.; -traadslamper I 297—304.
Metersystemet I 67.
Mikrofon II 172 o. flg.; Mikrotelefon II 175.
Miner II 20, 264.
Minimalafbryder I 170.
Minusleder I 151.
Modspænding II 30.
Molekyl I 19, 41, II 280.
Moores Lys I 309.
Morsetelegrafi II 141 o. flg.
Motor-Maaler I 162; -tænding II 24.
Musik (elektr.) II 203.
Multiple II 188.

Negativ elektrisk I 23.
Nernstlampe I 295.
Netlynafleder II 399—300.
Niagara I 242.
Nordlys II 305 o. flg.
Normallys I 279.
Nulleder I 176.
Nummertavle I 80.

„Ohm" I 66 o. flg.
Omformer I 256.
Osmiumlampe I 297.
Osramlampe I 300.
Ovn II 5—10, 128 o. flg.
Ozon II 132.

Parallel-indskydning I 77, 151, -sammenstilling I 69.
Partsabonnement II 185.
Paulsen, Ad. II 307.
Pen, elektr. II 35.
Pladsenergi II 138.
Plusleder I 151.
Pløjning I 62.
Pol. I 45; -spænding I 46, 144.
Polarisation I 50, 85.
Polarlys II 305 o. flg.
Politialarm I 116.
Positiv elektrisk I 23.
Poulsen, V. II 212 o. flg. 231, 236.
Prytz, K. I 112.
Pufferbatteri II 77.
Pumpe II 54.
Pupinruller II 200.

Radiator II 10.
Radiotelegrafi II 206 o. flg.; -telefoni II 231; -telemekanik II 228, 267.
Radium II 276 o. flg.
Regulermodstand I 149.
Relæ I 93, II 202.
Retningstelegrafi II 219.
Ringanker I 149.
Ringe-anlæg I 72 o. flg.; -induktor I 94.
Rink II 127.
Rjukananlæggene I 244, II 137.
Ruhmkorfer II 23.
Række-indskydning I 77, 151; -sammenstilling I 69.
Røntgenstraaler II 253—62.

Salpeterfremstilling, II 136 o. flg.
Salt I 41.
Schönherrs Ovn II 136.
Sejlads II 116.
Selen II 230.
Selvafbrydning I 74.
Selvinduktion I 66, 225.
Serie-dynamo I 148; -motor II 33.
Shunt I 78; -dynamo I 149; -klokke I 78; -lampe I 289; -motor II 33.
Siemens I 148, II 72.
Signaler I 71 o. flg. II 85, 204, 227, 264.
Sikringsmidler ved Baner I 96—105, II 81—82, 85—86; mod Brand I 105—112; mod Tyve I 113—117; i elektr. Anlæg I 186, 209—220, 268—270.
Skinneløse Baner II 107.
Skovshovedanlægget I 264.
Smedning II 15 o. flg.
Smelte-ovn II 128 o. flg; -prop I 214; -sikring I 214 o. flg.
Sodafremstilling II 127.
Solenoide I 60.
Spektrum I 276.
Spintariskop II 280.
Sporveje II 72 o. flg.
Spænding I 25, 45, 46. 62—71; -maaling I 70, 169, 182; -tab I 157.
Staalfremstilling II 130.
Stemmegaffeltelegrafi II 165.
Stik-kontakt I 92, 316; -ledning I 76, 216.
Stof II 280.
„Store Nordiske" II 149—155.
Straalestof II 276 o. flg.
Strøm I 39 o. flg.; -afbryder (el. -slutter) I 72, 91—94, 211 o. flg. 268, 312; -begrænser I 196; S's kemiske Virkn. I 54; -maaler I 52, 70; S's magn. Virkn. I 51 o. flg.; -skifter I 169; -styrke I 62—71; -tavle I 170 S's Varmevirkn. I 53; -vender I 96; -viser I 52.
Stærkstrøms-anlæg I 135, 131—274; -mikrofon II 201; -teknik I 132, 131—320, II 5—140.
Støvsuger II 71.
Sugegasværk I 187.
Svejsning II 16 o. flg.
Svingninger (elektr.) II 208 o. flg.
Svælgfosanlægget I 239, 245, II 137.
Synkron Bevægelse II 164; -motor I 234.
Syre I 41.

Tantallampe I 298.
Tarifsystem I 180, 196, 254.
Tegnkasse I 80.
Telautograf II 169.
Telefon II 170—206; -avis II 202; -relæ II 202; traadløs T. II 230—32; T. i Krigen II 262.
Telefotografi II 233.
Telegraf I 38, II 140—70; Billedtel. II 232—36; Signaltel. I 71 o. flg.; traadløs T. II 206—29; T. i Krigen II 262.
Telegrafon II 236—41.
Temperatur-kontakt I 108; -maaling I 121; -regulering I 112.
Termo-batterier II 218; -detektor II 218.
Tesla I 228, 308, II 229.
Thomson J. J. I 19, II 284, 287.

Tidssignal I 130, II 227.
Togsikring I 96 o. flg., II 85.
Toledersystem I 178.
Tonehjul II 164.
Tordenvejr I 13, II 289 o. flg.
Traadløs Telefoni II 230—32; -Telegrafi II 206—29, 263; -Styring II 228, 267; -Kraftoverføring II 229.
Traad-rulle el. -spole I 59.
Transformator I 230; -lampe I 303.
Transmissioner (elektr.) II 38.
Transportapparater II 44—50.
Trappeavtomat I 313.
Trefase-anlæg I 249—50, 263—64; -bane II 90 o. flg.; -elektromotor I 234—36, II 34; -generator I 224; -strøm I 224, 234—37.
Treledersystem I 176.
Troldhättananlægget I 245.
Tromleanker I 149.
Tryk-knap el. -kontakt I 72; -telegrafi II 168 o. flg.
Tumblerafbryder I 312.
Turbine I 238 o. flg.
Turbogenerator I 258.
Tyvealarm I 113 o. flg.
Tænding I 107, 130, II 19—25.
Tærskning, se Landbrug.
Tørelement I 86.
Tørveelektricitetsværker I 265.

Udladninger (elektr.) I 10, 28, 228, II 23, 132, 214, 253, 270 o. flg., 291, 302.
Udladningsrør II 270.
Undervandssignaler II 204.
Ure I 121—31.

Vagabondstrømme II 78.
Vand-adskillelse I 164, II 126; -kraft I 237 o. flg.; -standsviser I 120.
Vakuumrør I 309; II 270.
Varme (elektr.) II 5—25; 65 o. flg.; -behandling II 251.
Vejrmageri II 311 o. flg.
Vekselstrøm I 94, 221 o. flg.; -dynamo el. -generator I 221—24, 257—59; -klokke I 95; -motor I 233—37, II 34.
Vekseltal I 222.
Ventil (elektr.) I 273.
Ventilator II 35, 72.
Vifte II 35.
Vindelektricitet I 198 o. flg. II 150 o. flg.
Vinduesvarmer II 10.
Vippeforlag I 200.
Visertelegrafi I 117 o. flg.
Vogne II 109—16.
Volt I 66 o. flg.; -meter I 70.
Volta I 39; -element I 46; -kors II 243; -søjle II 242.
Vægterkontrolur I 115.
Vækkeindretning I 82; -ur I 130.

Watt, James I 131.
„Watt“ I 154; -time I 154; -timemaaler I 162.
Wehnelt-afbryder II 24.
Wheatstone II 142, 162, 268.
Wolframlampe I 300.

Æter I 275, II 206 o. flg., 275.

Ørsted, H. C. I 51.

RETTELSER

I. S. 13 L. 15 f. n. Dette; læs: Dette for.
I. S. 40 L. 13—14 f. o. Vandet i Svovlsyren; læs: Svovlsyren i Vandet.
II. S. 26 L. 1 f. o. IX; læs: VIII.
II. S. 140 L. 9 f. n. Morstelegrafi; læs: Morsetelegrafi.

Litteraturhenvisning. Af danske Bøger er foruden dem, hvorfra der er benyttet Oplysninger eller Billeder, ogsaa anført en Del andre, som der er Grund til at henlede Læsernes Opmærksomhed paa. Af fremmed Literatur er foruden Tidsskrifter kun anført enkelte Bøger, hvorfra nogle Billeder skriver sig.

Prytz: Elektriciteten. La Cour og Appel: Historisk Fysik. Ellinger: Naturen og dens Kræfter. Hverdagsfysik. Ad. Poulsen: Naturkræfterne. Bogen om Norge. La Cour og Holst: Menneskeaandens Sejre. Dahl: Edison. Otto C. Lund: Edison. Jespersen: Elementær Elektroteknik. Leth og Rée: Vejledning for Installatører. Bruun: Stærkstrømsanlæg. Buemann: Vejledning for Forbrugere af Elektr. Jul. Petersen: Lærebog i Magn. og Elektr. Barmwater: Lrb. i Magn. og Elektr. Jubilæumsskrifter fra „Det store nordiske Telegrafselskab" og fra Statstelegrafen. Hansen: Praktisk Telegrafi. Statsbanedriften: Vejledning (Telegraf, Telefon og Sikringsanlæg). Henrichsen: Telefonen. Klugmann: Telefonanlæg. Landstelefonforeningens Haandbog (norsk). K. Meyer: Radium. Bie: Lysets Anvendelse i Lægevidenskaben. Klugmann: Elektromobilet. La Cour: Tidens Naturlære. La Cour og Bjerre: Landlige Elektricitetsværker. Ernst: Lynafledere efter Netsystemet. Absalon Larsen: Elektrisk Lys. Jespersen: Elektriske Sporvogne. Beretning om den nordiske tekn.-hygiejn. Kongres 1903. Beretning om Forsøg med Lysanlæg i Mejerier. Elektroteknikeren. Den tekniske Forenings Tskrft. Elektroteknisk Tskrft. Ingeniøren. Tskrft. for Industri. Tskrft. for Vindelektricitet. Fysisk Tskrft. Dansk Telegraftidende. Elektroteknisk Tskrft. (norsk). Teknisk Ugeblad (norsk).

Elektrotechnische Zeitschrift. Elektr. Kraftbetriebe u. Bahnen. Annalen der Physik. Fortschrifft a. d. Geb. d. Röntgentstrahlen. Prometheus. Jahrbuch der Erfindungen. Nature. Electrical Review. Electrical World. A. E. G. Zeitung. Scientific American. Popular Science Monthly. La Nature. Le Radium. — Anleitung zum Bau elektr. Haustelegraphen-, Telephon- u. Blitzableiter-Anlagen; udg. af Mix & Genest. Die elektr. Anlagen der Schweiz. Graetz: Die Elektricität. Wilcke: Die Elektricität. Hann: Meteorologie. Nesper: Die drahtlose Telegraphie. Tyndall: Faraday.

Endvidere er benyttet Billedstof fra Kataloger o. desl. fra følgende Firmaer: Titan. Thomas Thrige. Tværmoes & Abrahamson. Liers Buelampefabrik. Det store nordiske Telegrafselskabs Fabrik. Aksel Schou. Nord. Auer Kompagni, — Ericsson. Siemens & Schuckert. Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft. Quick Meal Stove. Elektra. Prometheus. O. fl.

Ved Udarbejdelsen af denne anden Udgave af »Elektriciteten« har Elektroingeniør E. v. Holstein-Rathlou ved de københavnske Elektricitetsværker ydet mig værdifuld Hjælp ved Gennemsyn navnlig af Stærkstrømsafsnittene. Andre har mundtlig eller skriftlig givet mig vigtige Oplysninger, udlaant Fotografier eller paa anden Maade været mig behjælpelig. Dem alle bringer jeg herved min bedste Tak.

FORFATTEREN.

INDHOLDSFORTEGNELSE

FØRSTE BIND

Side

I. FRA ELEKTRICITETENS BARNDOMSTID 5

Gilberts Værk. — Guerickes Forsøg. — Ledere og Isolatorer. — Elektrisk Pendul og Elektroskop. — Hvad er Elektricitet? — To Slags elektriske Tilstande. — Gnidningselektrisermaskinen. — Leidnerflasken eller Kondensatoren. — Elektrisk Fordeling. — Forsøg paa at anvende Gnidningselektricitet.

II. DEN ELEKTRISKE STRØM 39

Lidt Kemi. — Det galvaniske Element. — Forskellige Virkninger af Strømmen. — Elektromagneter. — Traadruller og Magneter. — Induktionsstrømme. — Sammenligning mellem en Vandstrøm og en elektrisk Strøm. — Enhederne „Ampère", „Volt" og „Ohm".

III. ELEKTRISKE SIGNALER, SIKRINGSMIDLER OG URE 71

Husringeanlæg. — Galvaniske Elementer. — Ledninger. — Strømsluttere eller Kontaktindretninger. — Induktionsringning. — Togsikring. — Sikring mod Ildebrand. — Sikring mod Tyve. — Signal- eller Visertelegrafi. — Elektriske Ure.

IV. ELEKTRICITETSVÆRKER OG LEDNINGSNET FOR JÆVNSTRØM..... 131

Indledning. — Arbejdskraft eller Energi. — Dynamoer. — Strømmens Fordeling til Lamper og Motorer. — Forbrugsmaalere. — Akkumulatorer. — Forbindelse mellem Dynamo, Batteri og Ledningsnet. — Et københavnsk Jævnstrømsanlæg. — Mindre Centralanlæg. — Vindelektricitetsværker. — Farer og Sikringsmidler.

V. VEKSELSTRØM OG KRAFTOVERFØRING PAA LÆNGERE AFSTANDE 221

Vekselstrøm. — Vandkraftens Udnyttelse gennem Elektricitetsværker. — Højspændingsanlæg med andre Kraftkilder. — Ulemper og Farer ved Højspænding og Vekselstrøm.

VI. ELEKTRISK LYS 274

Lidt Lyslære. — Kultraadsglødelampen. — Buelampen. — Nernstlampen. — Metaltraadslamper. — Lamper, hvor det er Luft, der lyser (Flammebuelamper, Kviksølvdamplamper, Teslas og Moores Lys). — Om de elektriske Lampers Anvendelse.

ANDET BIND

VII. ELEKTRISK VARME 5

Elektriske Varmeovne. — Varmeapparater til Husholdningsbrug. — Elektrisk Smedning. — Elektrisk Tænding.

Side

VIII. ELEKTROMOTORERS ANVENDELSE I INDUSTRI OG LANDBRUG M. M. 26

Indledning. — Elektromotorers Virkemaade. — Elektromotorers Smaahverv rundt om i en By og deres Virksomhed i Fabrikker. — Elektriske Transportapparater. — Elektromotorer i Landbrugets Tjeneste. — Elektrisk Bjærgværksdrift. — Elektriciteten i Hjemmet.

IX. ELEKTRISK KØRSEL OG SEJLADS 72

Elektriske Sporveje og Bybaner. — Elektriske Baner af forskellig Art. — Elektromobiler. — Elektrisk Sejlads.

X. ELEKTROKEMISK INDUSTRI 120

Galvanisk Metalplettering og Galvanoplastik. — Forskellige elektrokemiske Virksomheder (Fremstilling af Soda, Metaller, Karbid, Ozon, Kvælstofgødning m. m.).

XI. TELEGRAFEN 140

Morsetelegrafi. — Telegrafens Fremtrængen over Jorden. — Telegrafens Fjender. — Særlige Slags Telegrafi (Kabel-, Hurtig-, Flerfolds- og Tryktelegrafi).

XII. TELEFONEN 170

Telefon og Mikrofon. — Telefonanlæg. — Særlige Anvendelser af Telefonen.

XIII. TRAADLØS TELEGRAFI ELLER RADIOTELEGRAFI 206

Elektriske Bølger. — Telegrafering uden Traad. — Særlige Anvendelser af elektriske Bølger.

XIV. TRAADLØS TELEFONI, BILLEDTELEGRAFI OG TELEGRAFONEN 229

Telefoni ved Lysstraaler og ved elektriske Bølger. — Billedtelegrafi. — Valdemar Poulsens Telegrafon.

XV. ELEKTRICITETEN OG LÆGEKUNSTEN 242

Indledning. — Forskellige Behandlingsmaader og Instrumenter. — Røntgenstraaler.

XVI. ELEKTRICITETEN OG KRIGEN 262

Telegraf og Telefon. — Andre Anvendelser af Elektriciteten. — Maaling af Projektilers Hastighed.

XVII. ELEKTRICITETENS NATUR 270

Elektroner og Ioner. — Radium og andre Straalestoffer. — Stof og Elektricitet.

XVIII. ELEKTRICITETEN I NATUREN 289

Tordenvejr og Lynafledere. — Anden elektrisk Virksomhed ved Jordkloden og i Himmelrummet. — Fremtidsmaal.

ALFABETISK REGISTER 314

RETTELSER 317