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
Ж.

TEKNISK BIBLIOTEK

HNDB. AFD. II

ELEKTRICITETEN.

En Skildring

af dens

Frembringelses- og Virkemaader og af dens Anvendelser i det praktiske Liv
med særlig Hensyn til den historiske Udvikling samt til de seneste Aars Opdagelser.

Efter de nyeste og bedste Kilder populært fremstillet

af

K. PRYTZ,
Cand. mag.

Med 231 oplysende Afbildninger i Træsnit



Kjøbenhavn.
P. G. Philipsens Forlag.
Trykt hos Nielsen & Lydiche.
1884

Forord.

Det har været min Hensigt i nærværende Bog at give en for alle tilgængelig Fremstilling af, hvad man har opnaaet paa forskjellige Omraader ved Elektricitetens Hjælp. Bogens Hovedindhold er derfor de praktiske Anvendelser af Naturkraften. I første Afsnit har jeg som Indledning meddelt det vigtigste af Elektricitetens Optræden i Naturen. De nødvendige Forudsætninger for Forstaaelsen af dens Anvendelser har jeg meddelt i andet Afsnit, der indeholder en Fremstilling af Hovedfænomenerne i Elektricitetslæren, saa begrændset som muligt for at skaffe Læseren et let Overblik. De mere i det enkelte gaaende Fænomener og Love har jeg indflettet mellem de praktiske Anvendelser i de følgende Afsnit, saa at de fremkomme i en Sammenhæng, hvor deres Betydning kan belyses, og efter at Læseren er bleven fortrolig med Naturkraftens Væsen ved at se, hvorledes den ytrer sig under forskjellige Betingelser. I et Tillæg har jeg meddelt Hovedsætningerne om Magnetismen, da denne Kraft staar i meget nøje Forbindelse med Elektriciteten. Jeg har stræbt, saa vidt paalidelige Meddelelser kunde faaes, at medtage ogsaa de sidste Fremskridt i Retning af Elektricitetens Anvendelse. De mange, til hvem jeg i den Anledning har henvendt mig, og som redebont have ydet mig Hjælp, bringer jeg herved min bedste Tak.

Forfatteren.

I.

Elektriciteten i Naturen.

Lynet og dets Natur. Franklins o. a. Forsøg derover. Lynafledereren. Tordenen. Lynets Virkninger. Kuglelyn. St. Elmsild. Nordlyset, dets Theori efter Edlund og Lemströms Forsøg over det.

Lynet hører til de Fremtoninger i Naturen, som mest have sat Folkenes Fantasi i Bevægelse. For Nordboen betegnede Tordenvejret Thors Kjørsel over Skyerne, og Grækeren saae i Lynet den vrede Zevs's Vaaben. Da man ikke kjendte noget paa Jorden, der i mindste Maade kunde vejlede Tanken til Forstaaelse deraf, havde Fantasien frit Spillerum over for Lynet og dets Oprindelse; dets Virkninger vare saa frygtelige, at kun faa kunde fristes til at udsætte sig derfor, for at udgranske dets Natur. Mindst af alt kunde man i gamle Dage falde paa at sætte det i Forbindelse med Elektriciteten, som man kun kjendte i den svage Kraft, hvormed Ravet trækker lette Ting til sig, naar det bliver gnedet. Først da man ved Aar 1700 var naaet saa vidt i Kjendskabet til Elektriciteten, at man havde set

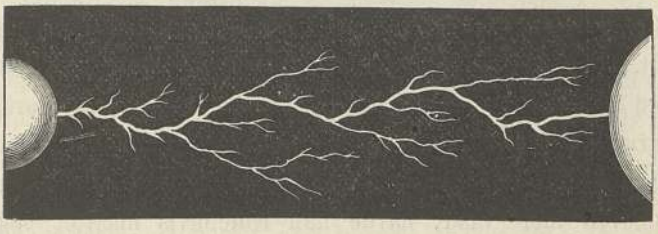


Fig. 1. Den elektriske Gnist.

den elektriske Gnist gjennembryde Luften og hørt den Lyd, som følger med, kunde man faa en Anelse om, hvor man skulde søge

Oprindelsen til Lynet. Englænderen Wall, der var en af de første, som frembragte større elektriske Gnister, skriver i 1708: Denne Gnistren og Smelden synes paa en Maade at give et Billede af Lynet og Tordenen.

Da man først havde anstillet denne Sammenligning, stræbte man efter at faa Formodningen om Lynets elektriske Natur prøvet. Det gjaldt altsaa om at undersøge, om Skyerne virkelig indeholdt uhyre Forraad af denne gaadefulde Kraft, hvis Virkninger man saa ivrigt eftersporede, men som man endnu kun kunde frembringe i ringe Mængde. Hvorledes skulde det imidlertid kunne lykkes at drage Elektricitet ud af Skyerne i den Afstand, hvori man befandt sig fra dem? Med det Kjendskab, man den Gang havde til Elektriciteten, kunde Vanskeligheden ikke overvindes. Men i Løbet af Aarhundredet blev der gjort flere Opdagelser; Franklin fandt et Middel til at drage Elektricitet ud af et Legeme paa Afstand; det bestod i at rette en tilspidset Metalstang hen imod det. Da han i Amerika mente at savne Betingelser for at prøve dette Middel over for Skyerne, opfordrede han evropæiske Fysikere til at henvende deres Opmærksomhed derpaa. Den franske Fysiker Dalibard tog sig da for at oprejse en 80 Fod høj Jærnstang, der gik ned gjennem Taget af en lille Bygning, han havde ladet opføre. Da en Tordensky den 10de Maj 1752 drog hen derover, viste det sig virkelig, at man kunde trække Gnister ud af den nederste Ende af Stangen, og denne viste i øvrigt de samme Egenskaber, som man kjender fra de elektriserede Legemer.

I Amerika fandt Franklin paa et andet Middel til at forfølge sin Tanke. I Stedet for at rejse en Metalstang, sendte han, hjulpen af sin Søn, en Drage til Vejrs mod en Tordensky. Først mærkede han intet, men da en let Regn havde gjort Snoren til Dragen fugtig og derved ledende for Elektriciteten, kunde han til sin store Glæde faa elektriske Gnister til at springe over fra Snoren til sin Haand. Han indsaae først bagefter den Fare, han havde udsat sig for. Var Snoren bleven mere vaad, havde han rimeligvis maattet bøde med Livet for sin Videbegjærlighed. Dette kan man slutte af lignende Forsøg, der senere bleve udførte i Frankrig af de Romas, som førte en tynd Jærntraad langs Snoren til Dragen, for derigjennem at lede

Elektriciteten ned. Han lod Gnisten slaa over til en Metalstang i Steden for, som Franklin, til Haanden. I et ikke stærkt Tordenvejr kunde han i Timevis trække Gnister paa mere end 10 Fods Længde ud af Traaden. »Forestil Dem,« skriver han til Nollet, »Synet af



Fig. 2. Franklin med Dragen.

Ildstriber af 9—10 Fods Længde og 1 Tommes Tykkelse, ledsagede af en Larm som Pistolskud eller endnu stærkere. I mindre end en Time fik jeg vist nok 30 saadanne Gnister for ikke at tale om

mangfoldige andre paa 7 Fod og derunder.« En saadan Gnist, som ved et Uheld traf den, der foretog disse Forsøg, vilde være den sikre Død. Ikke desto mindre ere de blevne udførte af adskillige, men have ogsaa krævet deres Offer. Den russiske Fysiker Richmann havde i St. Petersborg ført en Kjæde fra en Jærnstang, der ragede nogle Fod op fra Taget, ind i sit Arbejdsværelse for at undersøge Luftens Elektricitet. Da han en Dag, 6te Avgust 1753, i et Uvejr var ved sit Arbejde, saa en anden tilstedeværende en Gnist, ledsaget af et Skrald som et Pistolskud springe over fra Kjæden i Ansigtet paa Richmann, som styrtede død om.

Medens de fleste andre Virksomheder i Naturen ere gjorte nyttige i større eller mindre Omfang, er noget saadant ikke forsøgt med Lynet. Mennesket har kun stræbt at afvende dets Trusler. I Oldtiden kunde dette ikke lykkes, skjønt man beskjæftigede sig meget dermed, da man ikke kjendte Lynets Natur. Enkelte lærde fra det attende Aarhundrede have forsøgt at bevise, at Salomons Tempel var forsynet med virkelige Lynafledere. Af den jødiske Historieskriver Josefus's Beskrivelse af Jerusalems Tempel ser man, at dette var prydet med Metalspidser; det er dem, man paa Grund af den ydre Lighed har villet kalde Lynafledere, men der er sikkert ingen Grund til at tillægge disse arkitektoniske Prydelser denne Bestemmelse, saa meget mere som man finder andre Midler til at afvende Lynet angivne hos senere Forfattere. Den latinske Forfatter Columella, der levede i det første Aarhundrede efter Christus, fortæller, at »Tarchon omgav sit Hus med Vinranker (vitis alba) for at beskytte sig mod den store Jupiters Lyn.« Plinius fortæller, at af det, som Jorden frembringer, rammer Lynet ikke Laurbærtræet, og at det ikke naar længere end fem Fod ned i Jorden. Blandt Sødyrene rammer det ikke Sælen, og af Fuglene ikke Ørnen. Frygtsomme Folk, siger han, søge derfor ned i dybe Huler, eller bygge sig Telte af Sælhundeskind til Beskyttelse mod Lynet.

Pave Sylvester den anden, der levede i det 10ende Aarhundrede, nedsatte lange Stænger i Jorden, forsynede med Spydspidser foroven for at gjøre Lynet uskadeligt. Saadanne Stænger kunde vel øve en Tiltrækning til Lynet men ikke gjøre det uskadeligt. For at opnaa

det, maa som bekjendt hele Stangen være af Metal, og den maa fortsættes forneden, undertiden et langt Stykke ned i Jorden. Kun da kan Elektriciteten i alle Tilfælde faa tilstrækkeligt Afløb og saaledes udlades uden at gjøre Skade. Uagtet Sylvesters Opfindelse af den Grund blev næsten værdiløs og i visse Tilfælde endogsaa farlig, i det hans Stænger kunde lokke Lynet til sig for saa at sende det hen, hvor det kunde gjøre Skade, var den lærde Pave dog paa det rette Spor, som kunde have ført til Opfindelsen af Lynafledereren, hvis man havde fortsat Forsøgene dermed. En virkelig Beskyttelse mod Lynet fik man først, da man var kommen paa det rene med dets Natur ved Dalibard's, Franklin's og de Romas' Forsøg. Franklin er Opfinderen af Lynafledereren, ligesom han ogsaa var Ophavsmand til alle de Forsøg, der ledte til den. Lynafledereren bestaar af en Metalstang, der forneden er ført ned i Jorden saa langt, at den altid er i Berøring med Vand (Fig. 3) for at skaffe Elektriciteten tilstrækkeligt Afløb der. Foroven ender den med en Spids af Platin, som i Reglen vil bevirke, at Skyens Elektricitet udlades jævnt uden Nedslag; finder et saadant alligevel Sted, vil det følge Lynafledereren ned i Jorden. Man regner, at en Lynafleder kan beskytte en Omkreds, hvis Radius er det dobbelte af Spidsens Højde over det øverste af Bygningen. Paa høje Bygninger maa man føre Spidser ud til Siden, da man har Exempler

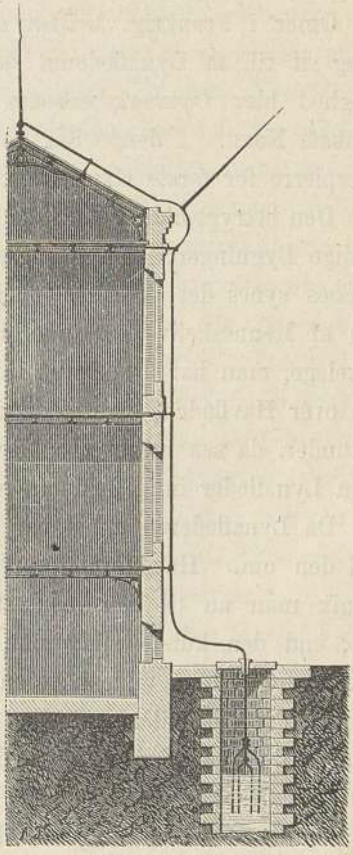


Fig. 3. Bygning med Lynafleder.

paa, at Lynet har ramt en med Lynafleder forsynet Bygning fra Siden.

Den første Lynafleder blev rejst af Franklin i Filadelfia Aar 1760. I Begyndelsen mødte dens Udbredelse stor Modstand, da man fandt det formasteligt at ville berøve Gud sit Straffemiddel mod Menneskene. Enkelte Steder blev Mængden ophidset mod Forsøg paa at opsætte Lynafledere; saaledes skete der Opløb af den Grund i St. Omer i Frankrig, hvilket gav Anledning til en Retssag, som bidrog sit til, at Lynafledereren dog trængte igjennem. Ved samme Lejlighed blev Opmærksomheden henvendt paa en hidtil ukjendt Advokats Navn. I denne Sag kom nemlig den senere saa frygtelige Robespierre for første Gang frem.

Den betryggende Metalstang hævede sig snart fra de fleste større offenlige Bygninger, ligesom ogsaa Skibene bleve forsynede dermed. Til Søes synes det ikke saa meget at være Ildsvaade som Ødelæggelse af Menneskeliv og Sønderbrydning af Dele af Skibet og dets Takkelage, man har at befrygte af Lynet. Som det eneste, der rager frem over Havfladen, er et Skib meget udsat for at blive ramt. Nuomstunder, da saa meget af Skibet fra øverst til nederst er af Jærn, vil en Lynafleder imidlertid ofte være overflødig.

Da Lynafledereren først var trængt igjennem, slog Stemningen imod den om. Havde man før anset den for unyttig, ja skadelig, saa gik man nu til den modsatte Yderlighed og tillagde den langt mere, end den kunde yde; man gjorde sig skyldig i latterlige Misforstaaelser: Enhver vilde have en Lynafleder for sig selv, saa at man endogsaa drev det til at føre den med sig paa sin Person. Damerne anbragte den paa deres Hatte, Mændene paa Paraplyer og Stokke. Denne Taabelighed stod dog ikke længe paa.

Tordenen er en Følge af de voldsomme Rystelser, som Lynet meddeler Luften ved pludselig at opvarme den meget stærkt; Luften udvider sig af den Grund som ved en Explosion og slynger Lydbølger ud fra Lynets undertiden 3—4 Mile lange Vej. Skjøndt disse Bølger frembringes i samme Nu som Lynet, hører man dem i Reglen først bagefter, fordi Lyden gaar med en Hastighed, der kun er lidt over en Milliontedel af Lysets. Man hører dem ikke alle paa én

Gang, det vil sige, Tordenen er ikke et enkelt Skrald, men en ofte langvarig Rullen, fordi de enkelte Bølger have haft ulige lange Veje til Øret og naa til Dels frem dertil ved at kastes tilbage fra Skyernes og Jordens Overflader; hvad man hører, er altsaa for en Del Ekko af den første Lyd.

I det bekjendte Vers om Franklin siges det, at han frarev Himlen dens Lyn og Tyrannerne deres Sceptere; det sidste er sandt, og det første er en tilladelig poetisk Overdrivelse til den store Mands Pris; men naar vor Tid i fuldt Alvor vil rose sig af, at den behersker saa vel Lynets som andre Naturens Kræfter, da maa der gjøres Indsigelse derimod. Mennesket kan vel ofte aflede de mægtige Naturkræfter, naar de true ham, og vejlede dem, naar han kan drage sig dem til Nytte, men hænder det til Tider, at de bryde deres sædvanlige Skranker, da staar Mennesket magtesløst. Lynstraalen og dens Torden sammenlignet med Elektrisermaskinens Gnist og den Lyd, højst som et Piskesmæld, der ledsager den, giver et tro Billede af Forholdet mellem Natur og Menneskekraft. Trods al sin Viden har Mennesket med Hensyn til sit Kjendskabet til Naturkræfterne heller ikke meget at rose sig af. Gaar der en elektrisk Strøm gjennem en Kobbertraad, da mylrer det af Virksomhed inden i Traaden, men for Menneskets grove Sans ser Traaden, selv om den skæres op, ganske ud som om intet foregik. Menneskets Evne standser saaledes baade over for det store og det smaa i Naturen.

Lynet kan enten gaa over fra Sky til Sky eller fra en Sky til Jorden. Det er kun farligt i sidste Tilfælde. Dets Virkninger kunne være mekaniske, idet det ødelægger Bygninger og splintrer eller flytter Træer og Stene; det har kemiske og fysiske Virkninger, saaledes kan det sammenstøbe Sandkornene til de saakaldte Lynildsrør; det kan sammenlodde to Stykker Metal og smelte eller forflygtige Metalgjenstande. Dets frygteligste Virkning er dog den fysiologiske, den som det udøver paa det organiske Liv. Den løsslupne Elektricitet vil som oftest dræbe paa Stedet det Menneske, til hvem den finder Vej. Undertiden nøjes den dog med at omstyrte og lamme Legemet helt eller delvis, og i saa Tilfælde er det i Reglen kun en forbigaaende Virkning, det har; der er endogsaa iagttaget flere Tilfælde,

hvor den, der har overlevet et Lynslag, har nydt et bedre Helbred efter at være ramt end før. Findes der Metalgjenstande paa den Person, der rammes, vil Lynet i Reglen søge dem, hvorved de smelte eller fordampe. Paa Liget af en lynslagen ser man undertiden Tegninger i Huden, der kunne tage sig ud som et Træ eller et Hus, man har endog indbildt sig at se en Del af det omliggende Landskab afbildet deri. Større Metalgjenstande ville fortrinsvis blive ramte men i Reglen ikke blive paavirkede af Lynet, da de kunne lede det uden at opvarmes stærkt. Mindre Gjenstande ville derimod ofte forflygtiges. Undertiden bliver Metallet, som rammes, overført paa andre Ting (saaledes borttog efter Sigende Lynet en Gang Forgyldningen fra Uret paa en Kirke og førte den over paa et Blyvindue). Naar en Gjenstand, der ikke som en Metalstang, kan lede Lynet, bliver ramt deraf, baner dette sig Vej derigjennem ved at splintre eller gjennembore Gjenstanden. Undertiden kan Lynet ogsaa kaste mægtige Ting som hele Mure bort fra deres Plads.

Man hører Folk nævne enkelte Forsigtighedsregler, som det anbefales at følge under et Uvejr, f. Ex. at undgaa enhver Luftstrøm, da den menes at kunne lede Elektriciteten, hvoraf følger Nødvendigheden af at lukke Vinduerne, hvis man er inde, og ikke at løbe, naar man er ude i Uvejret. Det fraraades at søge Ly under et enkelt staaende Træ, da Lynet netop kan søge til et saadant, som den højeste af Gjenstandene i Nærheden. At Nærheden af en Telegraftraad kan være farlig i Tordenvejr, synes at fremgaa af, at man paa en med Træer beplantet Vej har funden mange Mærker af Lynnedslag i Træerne paa den Side, hvor der var spændt en Telegraftraad, medens de paa den anden Side kun viste faa saadanne Mærker.

Befinder man sig nær ved det Sted, hvor et Lyn slaar ned, mærker man undertiden et elektrisk Stød, Bagslaget, der endogsaa kan virke dræbende. Tordenskyens Elektricitet tiltrækker den af modsat Art, som findes i Jorden, og der sker derfor en Ophobning af Elektricitet i Jordoverfladen under Skyen; det er den, som kan bringe Bajonetter og andre opadvendte Spidser til at lyse i Tordenvejr. Udlader Skyen sin Elektricitet ved Lynet, da strømmer Elektriciteten paa Jorden ogsaa bort; denne Strøm er det, man mærker i

Bagslaget. Visse Virkninger af Lynet trodse enhver Theori og Forsøg paa Forklaring. Exempelvis skal nævnes: En Ildkugle trænger sig ind i et Værelse gjennem en Aabning til Skorstenen, spadserer lydløst og langsomt omkring i Stuen, lister sig som en Kat om mellem Fødderne paa dens Beboer, for derpaa igjen at forsvinde i Skorstenen, hvor den nu exploderer under Udsendelse af Lynstraaler. Saadanne »Kuglelyn« ere iagttagne flere Gange.



Fig. 4. St. Elmsild.

Arago meddeler efter en Optælling, der blev offenliggjort i 1852, at Lynet i Frankrig dræbe aarlig omtrent 70 Personer. Han nærer dog ikke synderlig Tillid til denne, da adskillige Tilfælde efter al Sandsynlighed ikke ere blevne indberettede, og andre slet ikke ere blevne

bekjendte som Dødsfald ved Lynnedslag, f. Ex. hvor dette tillige har antændt Huset, hvor Vedkommende opholdt sig.

Luftens Elektricitet ytrer sig ogsaa paa andre Maader end ved Lynnedslaget. St. Elms Ilden skyldes en jævn Udvexling af Elektricitet mellem Jord og Luft; den viser sig som Lysduske, der i Reglen sætte sig paa fremragende Gjenstande som Toppen af Skibsmaster (Fig. 4), men endogsaa kunne bringe et Menneskes Haar og Fingerspidser til at lyse. Ogsaa Nordlyset er utvivlsomt af elektrisk Oprindelse. Efter den svenske Fysiker Edlunds Antagelse skyldes saavel Nordlysets som al anden Luftelektricitet Jordens Omdrejning om sin Axe. Jorden er som bekjendt en stor Magnet. Som det senere bliver oplyst, vil en Magnet, som bevæger sig i Nærheden af et andet Legeme, fremkalde Elektricitet i dette. Derfor vil den roterende Jordmagnet efter Edlunds Theori sende Elektricitet op gjennem Luften især fra Egnene om Ækvator. En Del af denne Elektricitet vil blive opfanget af og sammenhobet i Skyerne og fremkalde Tropernes voldsomme Tordenvejr. Hvad der ikke bliver opfanget, vil fortsætte sin Vej op efter til de højere Lag af Atmosfæren, hvor ingen Skydannelse finder Sted og gjennem hvis tynde Luft den med Lethed bevæger sig. Den vil derfor i Følge sin Natur til altid at udbrede sig vandre mod Syd og Nord. Naar den er ankommen til Polaregnene, vil den atter samle sig i et ringformigt Bælte om de magnetiske Poler. Idet den herfra igjen søger ned til Jorden, betegner den sin Vej gjennem Atmosfæren ved de lysende Linier, vi se som Nordlysets Straaler. Over Jordens magnetiske Poler vil der altsaa, naar Nordlyset er tændt, ligge ligesom en Glorie, Nordlysringen, der er dannet af næsten lodrette Straaler. Fra ethvert Sted ser man kun det Stykke af Ringen, som Stedets Horisont afskærer. Det viser sig som den bekjendte Nordlysbue.

For ganske nylig har Lemström paavist Nordlysets elektriske Natur ved et mærkværdigt Forsøg. Han gravede en Zinkplade ned ved Foden af en Bakke, der var 600 Fod høj (Oratunturi i Finland). Fra Foden førte han en isoleret Kobbertraad, der for hver halve Meter var forsynet med en opadgaaende Spids, i Spiral op om Bakken til dens Top. Dette havde til Følge, at der i Reglen over Højen laa en

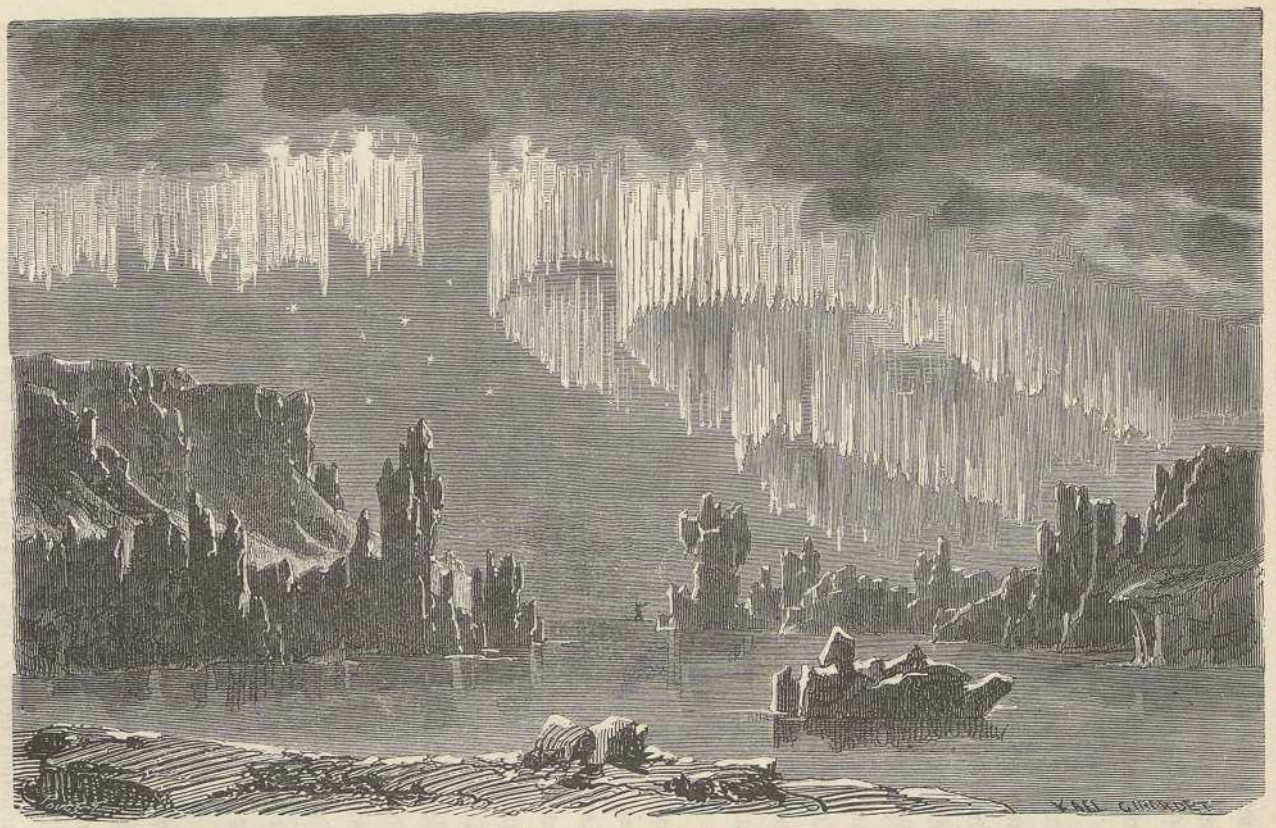


Fig. 5. Nordlys i Polaregnene.

Lysning, som var af samme Natur som Nordlysets; ved et Galvanometer fandt Lemström, at der strømmede Elektricitet gjennem Traaden, samtidig med at Lyset viste sig, Paa et andet Sted i Finland tilvejebragte dette »Udstrømningsapparat« en Nordlysstraale. En nærmere Beskrivelse af Lemströms Forsøg haves endnu ikke.

St. Elmsildens og Nordlysets lydløse og gaadefulde Fremtræden har til alle Tider været Gjenstand for Forbavselse og Overtro. Skjønt man nu paa en Maade ved hvad der foregaar, vil man dog hos mange finde en overtroisk Paavirkning deraf. Naar en Hær gaar mod Fjenden og maaske i lang Tid ikke har haft andet Tag end Himlen over sig, og denne Himmel i Nattens Stilhed paa én Gang staar i Flammer, eller naar hver Soldat ser sine Kammeraters Vaaben lyse, vil Fantasien sikkert blive sat mægtigt i Bevægelse, og Førerne ville næppe nu mere end før undlade at benytte sig deraf til at drage gunstige Varsler for deres Forehavende.

Ytringerne af Elektriciteten i Naturen har man, som forhen sagt, endnu ikke forstaaet at gjøre sig nyttige, men i des højere Grad har man vidst at bruge den kunstig frembragte Elektricitet. Der gjøres nu Brug af den paa næsten alle Omraader. Ved en lang Række Videnskabsmænds Arbejde har Menneskeslægten opnaaet at sende sit Ord med Lynets Fart gjennem Have og over Verdensdele, at oplyse Natten med et Lys, der i Klarhed nærmer sig Solens. Elektriciteten er bleven uundværlig i Lægekunsten og spiller en stor Rolle i Kunst og Haandværk. Alt synes at skulle fremmes ved dens redebonne Hjælp. I de senere Aar er Elektriciteten ogsaa tagen i Tjeneste ved det grovere Arbejde. Sammen med Dampen giver den en stærk og behændig Kraft, hvorved Vogne og store Maskiner drives, og Metaller udvindes i Bjergværksdriften.

Man træffer ikke sjælden Folk, der med en vis Medlidenhed høre, hvorledes Videnskabsmændene fordybe sig i specielle Arbejder og beskæftige sig med Virkninger, som kun kunne spores med de fineste Instrumenter. Sligt kan maaske, mene de, være en tilfredsstillende Tidsfordriv for den enkelte, men hvad Udbytte har Menneskeheden deraf? Det er i saa Henseende oplysende at se, hvad Volta tog sig for, da han grundlagde Læren om den elektriske Strøm, og

hvad Faraday arbejdede med, da han opdagede Induktionsstrømmene. Den første viste, at to Metaller blive elektriske ved at bringes i Berøring med hinanden; men Elektriciteten, der kom frem, var saa svag, at kun det mest fint følende Elektroskop kunde paavirkes deraf. Faraday fandt, at en Magnet, som førtes ned i en Traadrulle, frembragte en yderst svag elektrisk Strøm i Traaden. Paa Voltas Tid havde man Elektrisermaskiner, der gav en Millioner Gange saa stærk Elektricitet som hans »Berøringselektricitet«, og paa Faradays Tid galvaniske Elementer, der gave særdeles kraftige Strømme. Desuagtet skyldes det Voltas Iagttagelse, at man nu kan telegrafere over Atlanterhavet, og paa Faradays Opdagelse ere de elektriske Motorer grundede, hvormed man driver store Maskiner og frembringer den mægtige Virkning af det elektriske Lys.

II.

Elektricitetens Frembringelse og vigtigste Egenskaber.

1.

Stillestaaende Elektricitet.

Gilbert opdager Elektriciteten som en almindelig Naturkraft. Det elektriske Lys. Legemernes Ledningsevne. Dufays Opdagelse af de to Slags Elektricitet. Leydnerflasken. Elektrisermaskiner.

»Naar man gnider Rav, bliver det i Stand til at tiltrække smaa, lette Legemer«. I denne Sætning var Oldtidens hele Viden om Elektriciteten*) indbefattet. At man ikke kom videre, maa forklares af den Ejendommelighed ved den græske Naturvidenskab, at den vilde udlede Tingenes Egenskaber fra de filosofiske Theorier, saa at den fysiske Experimenteren næsten var ukjendt. Over for Ravets Ejendommelighed stillede man sig tilfreds med Thales's Forklaring, der tillagde Ravet (ligesom ogsaa Magneten) en Slags Sjæl. Da Sjælen antoges at bestaa i en finere Luft, har Meningen med den nævnte Forklaring vel været, at Ravet bevægede Tingene ligesom ved et Aandepust. Mathematiken og de mekaniske Videnskaber, som kunde bygges op fra simple Forudsætninger ved Tankens Hjælp, naaede en høj Udvikling i Oldtiden, men de Grene af Naturvidenskaben, i hvilke det gjaldt om at naa frem til det alment gjældende ved at udføre og sammenfatte en Mængde spredte Iagttagelser, var det forbeholdt den nyere Tid at bringe frem. I Middelalderen begyndte man vel paa Arbejdet, men dels var man hildet i Overleveringen fra Oldtidens store Tænkere, som

---

* Fra det græske Navn »Elektron« for Rav stammer Ordet Elektricitet.

endnu vare de største Avtoriteter ogsaa paa Naturvidenskabens Omraade, dels hindrede Ufriheden og Mistænksomheden Geniet i at komme frem. Den naturkyndige som arbejdede med underlige Ting og Redskaber, hvis Hensigt ikke blev forstaaet, manglede som oftest enhver Støtte og maatte arbejde næsten med Livet i Hænderne, da Mistanken for Troldom bestandig lurede paa ham. Først da man i det 15de og 16de Aarhundrede begyndte at gjøre sig fri for Trykket af Oldtidens Paavirkning, netop gjennem et grundigere og mere uhildet Studium af dens Skrifter, og da Ufrihedens Tryk samtidig begyndte at lettes, indledtes den store Udvikling af Naturvidenskaben, der er fortsat til vore Dage.

Studiet af Elektriciteten blev paabegyndt i Slutningen af det 16de Aarhundrede af Gilbert, der var Dronning Elisabeth af Englands Læge. Han havde foretaget talrige Forsøg over Jærnets Tiltrækning af Magneten, der findes omtalte i hans Bog »De Magnete«, og førtes derved til at sammenligne Ravets Virkninger med Magnetens. Han havde, rimeligvis under Paavirkning af Fremgangsmaaden i magnetiske Forsøg, fundet paa at anbringe en tynd Metalstang paa en fin Spids, saa at den blev meget let bevægelig paa samme Maade som Naalen i et Kompas. Ved at gnide forskjellige Legemer for derpaa at nærme dem til denne Stang, kunde han undersøge, om de øvede nogen Tiltrækning, og han opdagede paa den Maade, at Ravet ikke var det eneste Legeme, som havde denne mærkelige Egenskab, men at ogsaa Ædelstene som Diamanten, Opalen, Safiren og Rubinen besad den saa vel som Glas, Svovl, Harpix og andre Ting.

Man maa derfor sige, at Gilbert er den virkelige Opdager af Elektriciteten. Han henledede atter Opmærksomheden paa denne Kraft, der saa længe havde været glemt, og med ham begyndte den lange Række af Videnskabsmænd og Opfindere paa Elektricitetens Omraade, der har virket uafbrudt til vore Dage. Otto von Guericke, Borgmester i Magdeburg, der er bekjendt som Opfinder af Luftpumpen, fortsatte Gilberts Arbejde og dannede den første Elektrisermaskine. Han valgte Svovlet som et Stof, der let bliver elektriseret. Hans Maskine bestod af en Kugle af Svovl, der blev elektriseret, ved at man drejede den rundt som en Slibesten, medens man lagde

Haandfladen paa den, hvorved man let fik den gnedet paa hele dens Overflade. Han iagttog for første Gang, at Elektriciteten kunde frembringe Lys, og hørte den knitrende Lyd derved, men Lyset var endnu saa svagt, at det kun kunde opdages i Mørke. Dette Lys, siger han, er meget svagt, og kan kun sammenlignes med de Lysninger, der fremkomme, naar man knækker Sukker i Mørke. Otto von Guericke døde 1686. En Englænder Hawkesbee konstruerede den næste Elektrisermaskine, hvor han erstattede Svovlet med en Glaskugle.

Ved disse Opdagelser var det første Grundlag for Elektricitetslæren lagt. Man var naaet til at frembringe en nogenlunde kraftig Elektricitet, og havde saaledes Betingelsen for at gjøre nye Opdagelser. Mange saadanne bleve ogsaa gjorte, men endnu vare de tilsyneladende uden indre Sammenhæng, da de endnu ikke udfyldte hverandre saaledes, at der kunde bygges almindelige Love op af dem.

Man delte oprindelig Legemerne i to Klasser, de elektriske og uelektriske, eftersom man kunde faa dem til at udøve Tiltrækning eller ej ved Gnidning. Til de sidste hørte alle Metallerne. Senere viste det sig imidlertid, at Metallerne ogsaa kunde blive elektriske, naar man kun sørgede for, at de intet Steds rørte ved andre Legemer end dem, man havde kaldt de elektriske. Forskjellen paa Legemerne i de to Klasser er nemlig blot den, at Elektriciteten meget langsomt gaar gjennem dem, man kaldte elektriske, mens den overordenlig hurtig kan forlade Metallerne. Tager man et Stykke Metal i Haanden og gnider det f. Ex. med et Stykke Uldtøj, da faar det vel Elektricitet, men denne strømmer øjeblikkelig bort gjennem Haanden og det menneskelige Legeme ned i Jorden. Ligger det derimod paa en Glasplade, beholder det sin Elektricitet. Det var Englænderne Gray og Wehler, der paaviste dette i Begyndelsen af forrige Aarhundrede. De bevarede da den samme Inddeling af Legemerne, men de, der forhen hed elektriske kaldtes nu slette Ledere, de »uelektriske« kaldtes gode Ledere for Elektriciteten. De viste, at Elektriciteten kunde forplante sig fra et Legeme til et andet gjennem en lang Hampesnor (god Leder), der blev baaret af Silkesnore (slette Ledere) ligesom ogsaa

gjennem det menneskelige Legeme, naar det blev baaret paa samme Maade (Fig. 6). Naar man har omgivet et Legeme paa alle Sider med slette Ledere for at hindre dets Elektricitet i at forlade det, siges Legemet at være isoleret. Luften er en slet Leder. Er et Legeme, f. Ex. en Telegraftraad, omgivet af den og hviler paa slette Ledere overalt, hvor det er støttet, da er det følgelig isoleret.

Det var især i England og Tyskland, man indtil da studerede Elektriciteten. Den første Franskmand, der gav sit Bidrag til Kjendskabet til den, var Dufay (omtr. 1730). Otto von Guericke havde fundet, at et Legeme (f. Ex. en Hyldemarvskugle ophængt i en Silketraad), som hans Svovlkugle havde trukket til sig, blev frastødt,

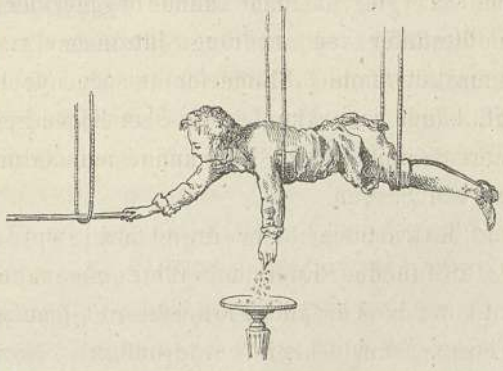


Fig. 6. Det menneskelige Legemes Ledningsevne for Elektricitet. Grays Forsøg.

saa snart det havde rørt ved Kuglen, og blev ikke atter tiltrukken deraf, før man havde rørt ved det og derved borttaget den Elektricitet, det havde faaet ved den forrige Berøring. Ved at undersøge dette nærmere, fandt Dufay, at det Legeme, som den elektriske Svovlkugle frastødte, kunde blive tiltrukket af et andet elektrisk Legeme, og han naaede derved at udlede de Sætninger, der lige til vore Tider ligge til Grund for næsten al Tale om Elektricitet. Han opdagede nemlig, at der er *to Slags* Elektricitet, og fandt, hvorledes disse forholde sig over for hinanden. Gnider man en Glasstang og en Lakstang begge med Uld, da blive de begge elektriske, idet de begge tiltrække lette Legemer. Men gjør man nu et tredie Legeme

elektrisk og nærmer det til de to Stænger, da vil man finde, at den ene frastøder det, mens den anden tiltrækker det. De to elektriske Stænger forholde sig saaledes ens overfor nevtrale Legemer, men modsat overfor ethvert elektrisk Legeme. De have altsaa modsatte Elektriciteter.

Ethvert Legeme kan faa begge Slags Elektricitet efter den Maade, man behandler det paa. Giver man et Legeme først noget af den ene Slags og derpaa lige saa meget af den anden Slags, da vil den sidste ganske *ophæve* Virkningerne af den første: Legemet viser sig uelektrisk. Af den Grund kaldte Franklin senere den ene Elektricitet (Glassets) positiv, den anden (Lakkets) negativ. Dufay's Opdagelse var, som man kan tænke, af den største Betydning. Man var nu kommen saa vidt, at man kunde bygge videre paa de ved Forsøg vundne Resultater ved at drage Slutninger fra disse. Indtil da havde man maattet famle i Blinde for at søge nye Fremtoninger: dem, man fandt, kunde man kun fastslaa som Kjendsgjerninger uden at se dem i deres Sammenhæng. Nu kunde man derimod lade Tanken vejlede sig i sin Søgen.

Studiet af Elektriciteten blev drevet med stor Iver i forrige Aarhundrede. De fundne Resultater vakte en saa almindelig Opmærksomhed, at det blev en yndet Fornøjelse at gjentage de ikke faa overraskende Forsøg, som de lærde havde udført. Noget af det, som forbavsede mest, var Forsøgene med Leydnerflasken, der er indrettet til inden for et lille Omraade at *opsamle* en stor Mængde Elektricitet. Den blev opfunden omtrent samtidig, 1745 af Kleist, der var Biskop i Pommeren, og 1746 af Fysikerne Musschenbroek og Cunæus i Leyden. De sidste vilde prøve, om de ikke kunde hindre Elektriciteten, som de gjorde Forsøg med, i at tabe sig saa hurtig som den plejede, ved at lede den ned i en Flaske med Vand gjennem en Metalstang, som hængte ved en Krog ned fra Elektrisermaskinen. Da Musschenbroek havde holdt Flasken nogen Tid i Haanden, var der, uden at han vidste af det, bleven opsamlet en stor Mængde Elektricitet i den, og da han derefter vilde lette Krogen af og fjærne Flasken, gjorde han, sig selv lige saa uafvidende, den nødvendige Bevægelse for at udlade den i Flasken opsamlede Elektricitet gjennem

sit Legeme. Han blev paa en ublid Maade sat ind i Sagens Sammenhæng, thi han fik et Stød, om hvilket han erklærede for Réaumur, at han ikke vilde tage det igjen for hele Kongeriget Frankrig.

Grunden til at der kunde samles saa megen Elektricitet i Flasken, maa søges deri, at Musschenbroek omfattede Flasken med Haanden. I denne vil der nemlig paa Grund af den gjensidige Tiltrækning samles negativ Elektricitet, hvis der gaar positiv ind i Flasken fra Maskinen. Haanden faar altsaa den Betydning, at den tilveje-

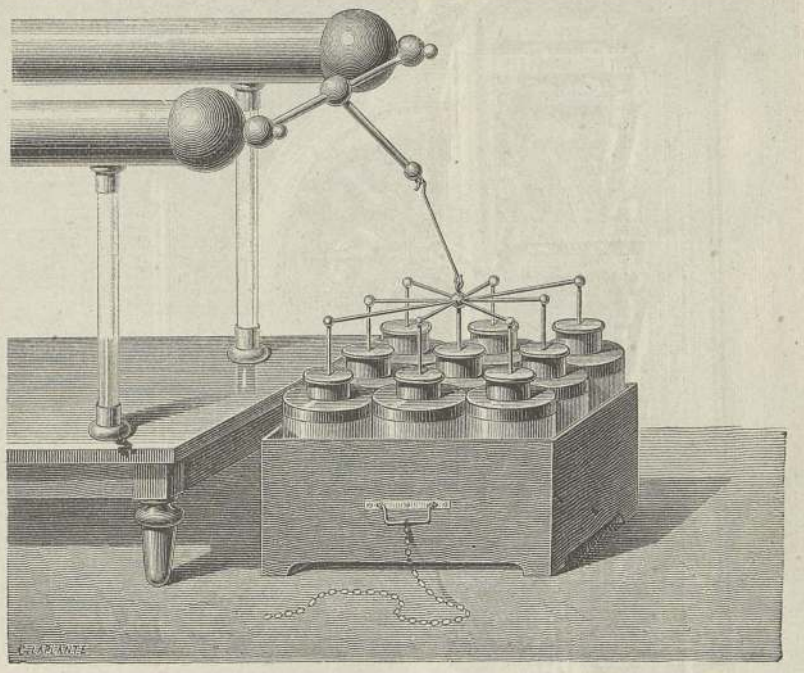


Fig. 7. Batteri af Leydnerflasker lades fra en Elektrisermaskine.

bringer et Lag af negativ Elektricitet uden om Flasken, hvorved den drager bestandig mere positiv ned i Flasken paa Maskinens Bekostning. Nu danner man en Leydnerflaske ved at beklæde en Flaske eller Krukke til noget fra Halsen indvendig og udvendig med Metal (Tinfolie) og føre en Metalstang med en Kugle foroven ned gjennem Proppen. Den første Beklædning erstatter Vandet, den anden Haanden i Musschenbroeks Flaske.

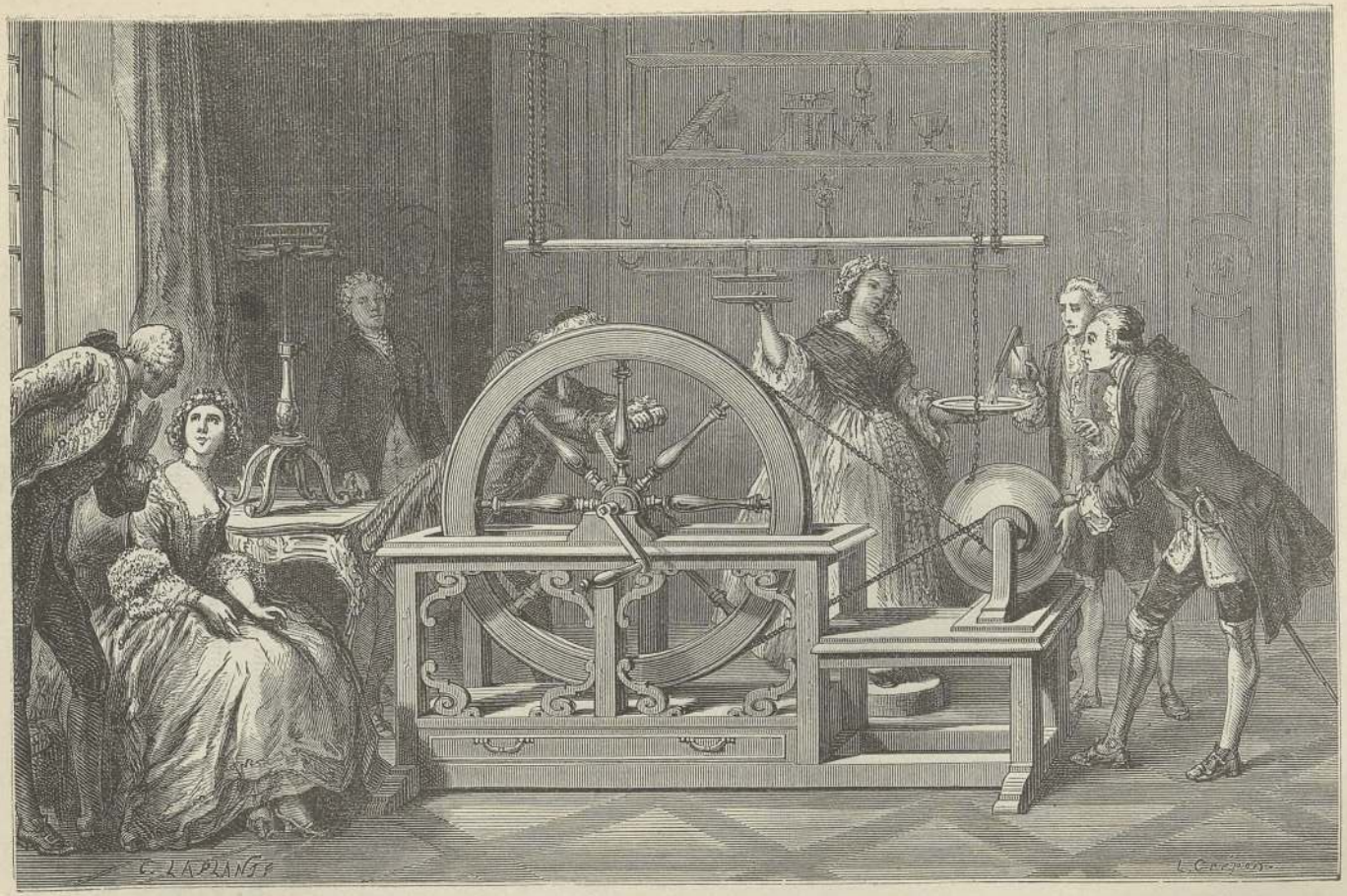


Fig. 8. Nollets Elektrisermaskine med Glaskugle fra Midten af forrige Aarhundrede. Gjennem en Metalkjæde føres Elektriciteten op til en Metalstang, der hænger ned fra Loftet i Silkesnore.

Det varede ikke længe, før alle vilde prøve Stødet af Leydnerflasken. Der blev forfærdiget Leydnerflasker over alt i Evropa; de lærde gjorde Forsøg dermed, Gøglerne forbavsede Folk med dem og bragte dem fra By til By. Abbed Nollet drev det til at meddele Stødet til et helt Compagni paa 240 Soldater paa én Gang. De toge hinanden i Haanden og dannede saaledes en Kjæde, der var opstillet i Slotsgaarden i Versailles. Nollet stillede sig op ved den ene Ende af Kjæden med den mærkværdige Flaske i Haanden, og den yderste

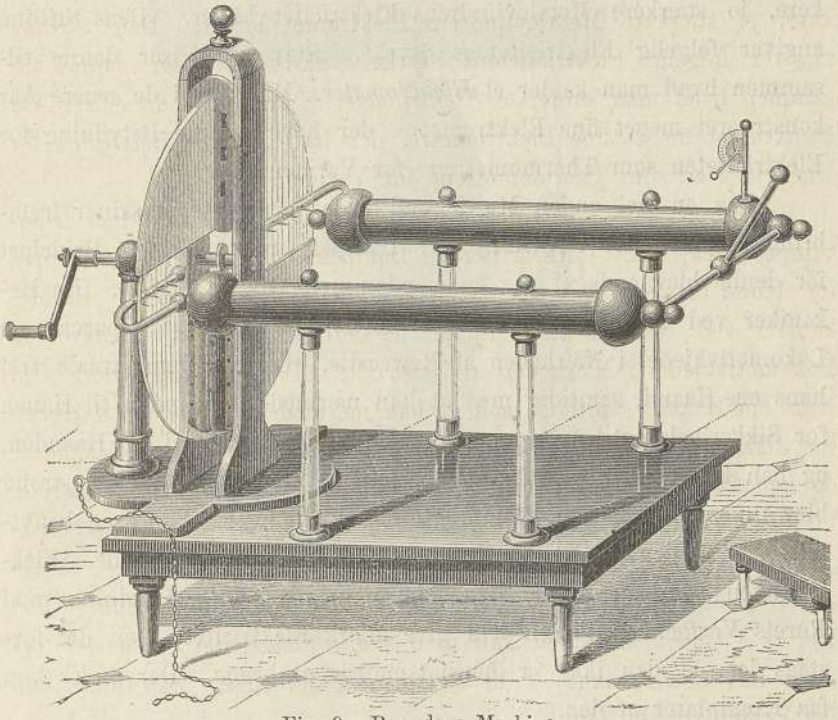


Fig. 9. Ramsdens Maskine.

Soldat i Rækken førte sin Haand mod Stangen, som førte ned i Flasken. I samme Nu blev Stødet følt af alle Mand i Kredsen.

I Løbet af forrige Aarhundrede blev Elektrisermaskinen forbedret af Winkler, Wilson, Ramsden (1766), Nairn (1782) og Van Marum. Alle disse Maskiner maa betragtes som Forbedringer af Otto v. Guerickes Svovlkuglemaskine. I dem alle gjenfindes en Kugle, Cylinder eller Skive, som drejes rundt og derved gnides.

I Ramsdens Maskine Fig. 9 bliver en Glasskive gneden ved at drejes rundt mellem to Par Puder, der ere pressede let ind imod den. De to paa Glasstøtter hvilende vandrette Metalcylindre optage Glasskivens Elektricitet ved Spidser, som ere rettede ind imod den. Disse uddrage Elektriciteten paa en lignende Maade som Lynaflederen uddrager Skyens Elektricitet. Paa den ene Metalcylinder er der til højre anbragt en Skive, over hvilken en let Viser kan bevæge sig. Denne bærer en lille Kugle af Hyldemarv, som frastødes des stærkere, jo stærkere Metalcylindrens Elektricitet bliver. Dens Stilling angiver følgelig Elektricitetens Styrke. Skive og Viser danne tilsammen hvad man kalder et *Elektrometer*. Man har i de senere Aar konstrueret meget fine Elektrometre, der have samme Betydning for Elektriciteten som Thermometrene for Varmen.

Paa en hel anden Maade end i de førnævnte Maskiner frembringes Elektricitet i Armstrong's Dampelektrisermaskine. Princippet for denne blev opdaget paa en ejendommelig Maade i 1840. En Mekaniker ved Navn Patterston var beskæftiget med at reparere en Lokomotivkjedel i Nærheden af Newcastle. Da en Dampstraale traf hans ene Haand, samtidig med at han nærmede den anden til Hanen for Sikkerhedsventilen, sprang der en stærk Gnist ud af Haanden, og han fik et Stød, som bragte ham til at styrte om. Da Armstrong blev underrettet herom, frembragte han Virkningen paa ny og benyttede sig af den til at konstruere sin Dampelektrisermaskine. Elektriciteten frembringes ved den udstrømmende Damps Gnidning mod Rørets Vægge. Maskinen kan give stærk Elektricitet, men det forstaas let, at den ikke er hensigtsmæssig at bruge. Der findes kun faa Exemplarer af den.

I de senere Aar have Carré og Holtz konstrueret Maskiner, som langt overgaa de tidligere i Virkning, skjønt de tage mindre Plads op. Skiven i disse Maskiner hæmmes nemlig ikke i sin Bevægelse ved at skulle gnides men bevæger sig frit, saa at den kan drejes meget hurtigere rundt end i de andre Maskiner og saaledes afgive langt mere Elektricitet. Ved disse forskjellige Elektrisermaskiner og ved Leydnerflasken havde man faaet Midler til at opsamle store Mængder af Elektricitet og saaledes fremkalde de Virk-

ninger, man kjendte, langt tydeligere end før ved paa én Gang at slippe den opsamlede Elektricitet løs. Nye Virkninger bleve vel ogsaa opdagede, men skulde man fremdeles have været henvist til Elektrisermaskinen som eneste Kilde til Elektriciteten, da vilde denne ikke have faaet nogen Betydning i Menneskelivet. Elektrisermaskinen, med hvad dertil hører, er kun i faa Tilfælde kommen uden for de fysiske Samlinger uden som Legetøj. Vi forlade den nu for at gaa

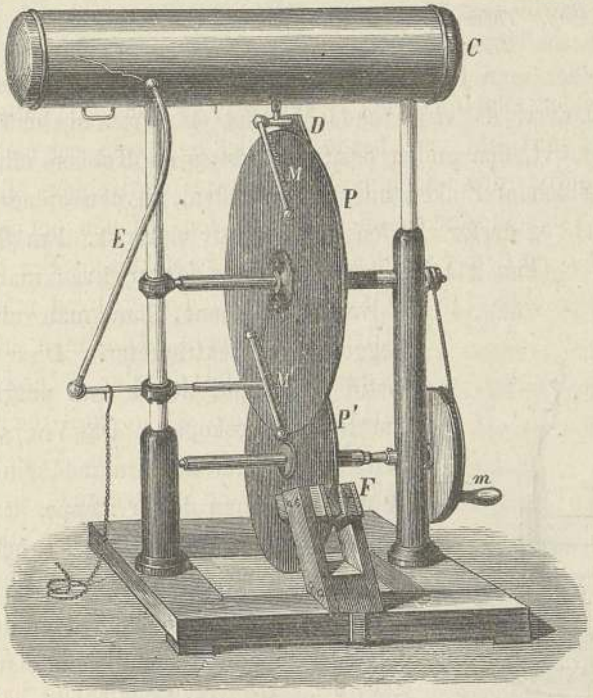


Fig. 10. Carrés Elektrisermaskine. Skiven P' af hærdet Kautschuk bliver holdt elektrisk ved at drejes langsomt rundt mellem Gnidepuderne F. Skiven P drejes hurtig rundt ved et Snorløb. Idet den farer forbi P', optager den ved Hjælp af Metalspidserne M' Elektricitet derfra, som den fører med sig og afgiver gjennem Spidserne M til Metalcylindren C.

over til det andet Afsnit af Elektricitetens Historie, det i hvilket denne Kraft med bestandig større Styrke griber ind i det praktiske Liv. Den Opdagelse, som indledede dette, blev gjort i det første Aar af vort Aarhundrede.

2.

Strømmende Elektricitet.

Det galvaniske Element. Voltasøjlen. Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen. Faradays Opdagelse af Induktionen. Magnetoelektriske Maskiner. Clarkes Maskine. Alliancemaskinen. Wildes Maskine. Dynamoelektriske Maskiner. Siemens og Grammes Maskiner. — Ruhmkorffs Induktionsrulle. — Den elektriske Strøms kemiske Virkning. Akkumulatorer. — Den elektriske Strøms Varmevirkning. Thermoelektriske Batterier. — Oversigt.

Hælder man fortyndet Svovlsyre i et Glas og sætter en Zinkstang ned deri, da vise baade Metallet og Syren sig elektriske, det første negativt, den anden positivt. Sættes en Kobber- eller Kulstang ned ved Siden af Zinken uden at røre den, vil den optage af Syrens Elektricitet, og derfor vil den blive positiv elektrisk. Fra de to Stænger Z og C (Fig. 11) i et saadant Glas, der er hvad man kalder et galvanisk Element, kan man altsaa hente begge Slags Elektriciteter. Disse ere imidlertid saa svage, at de kun mærkes ved de fineste Elektroskoper. Da Volta opdagede dette og derefter konstruerede sin Søjle Aar 1800, anede man derfor næppe, at det skulde danne Udgangspunktet for en helt ny Udvikling af Elektricitetslæren. Det blev imidlertid saa, og Grunden dertil er den, at det galvaniske Element øjeblikkelig har ny Elektricitet parat, saa snart noget er forbrugt. Der kan derfor vælde store Mængder af Elektricitet ud af Elementet i en jævn Strøm, naar man sørger for, at denne stadig faar Afløb og kun møder en ringe Modstand. Med Elektrisermaskinen kan man, ved nogen Tid at dreje Glasskiven rundt, opsamle en Del Elektricitet, som er stærkt sammentrængt og derfor i Stand til at bryde ud, selv om der er stor Modstand mod den. Naar dette Udbrud (en Slags elektrisk Explosion) har fundet Sted, er imidlertid hele Virkningen udtømt, og man maa paa ny arbejde i nogen Tid, før den kan gjentage sig.

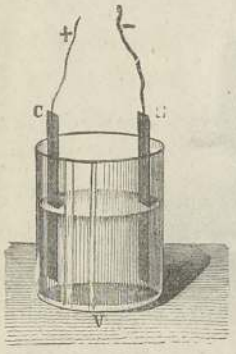


Fig. 11. Galvanisk Element.

Det er Virkningerne af den jævne elektriske Strøm, man har studeret og vidst at drage Nytte af i vort Aarhundrede, siden Volta gav Midlet til at tilvejebringe den. I de forrige Aarhundreder beskæftigede man sig dels med de svage Frastødninger og Tiltrækninger mellem elektriske Legemer, dels med Virkningerne af de pludselige Udbrud af saadanne Legemers Elektricitet. Intet af dette sidste kunde faa andet end theoretisk Interesse, hvorimod den jævne Strøms mangeartede og ofte kraftige Virkninger gjøre sig gjældende paa mange Omraader af det praktiske Liv. Forholdet mellem de Virkninger af Elektriciteten, vi faa fra Elektrisermaskinen, og dem fra de galvaniske Elementer er et lignende som mellem Krudtgassens voldsomme Virkninger og Dampens jævne, kraftige Arbejden.

Vi skulle nu se, hvorledes man ledtes til Opfindelsen af det galvaniske Element. Enhver Virksomhed, der opstaar, skylder en anden Virksomhed sin Tilværelse. Det, som holder den elektriske Strøm fra et galvanisk Element vedlige, er den kemiske Virksomhed i Elementet, som bestaar i, at Vædsken opløser, fortærer Zinken. I Steden for Zink kan man ogsaa anvende andre Metaller, som Jærn, der let angribes af Fugtighed. Den første, der iagttog et herhen hørende Fænomen, var Galvani, Professor i Anatomi i Bologna. Han havde ophængt Benene af en nylig dræbt Frø paa et Jærnstakit ved Kobberkroge. Naar Vinden bragte Frøbenene til at svinge mod Jærnstængerne, bemærkede han Trækninger i dem. Dette viste, at der fremkom elektriske Strømninger, hver Gang Berøringen med Jærnet fandt Sted. Galvani og med ham de fleste af Datidens Fysiologer antog, at Elektriciteten skrev sig fra Virksomheden i Muskler og Nerver i Benet, og han fortsatte sine Undersøgelser ud fra dette Synspunkt. Da Tingen kom Volta, der var Professor i Fysik i Pavia, for Øre, gjentog han Forsøget men kom til den Formening, at Elektriciteten i Galvanis Forsøg hidrørte fra Berøringen mellem de to Metaller, Jærnet i Stakittet og Kobberet i Krogene, og at Frøbenet blot tjente som Forbindelsesled mellem dem. Han kunde nemlig frembringe den elektriske Strøm ved at erstatte Frøbenet med et Stykke Tøj, som var gjennemtrængt med fortyndet Svovlsyre. Zink viste sig at være tjenligere end Jærn, derimod bibeholdt han Kob-

beret. Efter disse Erfaringer byggede han i Aaret 1800 sin Søjle og dermed sin Berømmelse. Voltasøjlen er afbildet i Fig. 12. Den bestaar af Plader af Zink, Kobber og Pap eller Tøj, der er gjennemtrængt med fortyndet Svovlsyre. Den maa opbygges hele Vejen med Pladerne i samme Orden, f. Ex. saaledes at hver Zinkplade over alt har en Papskive under sig og en Kobberplade over sig. Den kemiske Virksomhed mellem Zinken og Syren vil da paa samme Maade som i det galvaniske Element, der blev omtalt S. 24, sende positiv Elektricitet ned ad og negativ op ad. Ved Enderne, »Polerne«, standse disse Elektriciteter, men fører man Metaltraade fra begge Poler ned i Jorden, saa at Elektriciteterne faa frit Afløb, ville disse vælde i en stadig og jævn Strøm gjennem Traadene, idet den kemiske Virksomhed altid er parat til at sende ny Elektricitet, naar den forrige er borte. Man kan undgaa de lange Ledninger ned i Jorden ved at føre de to Traade fra Polerne, »Poltraadene« eller »Elektroderne«, sammen, saa de røre hinanden, da ville de modsatte Elektriciteter mødes der, tilintetgjøre hinanden (S. 18) og saaledes stadig give Plads for den fra Søjlen fremtrængende ny Elektricitet; det kaldes at slutte Strømmen (den Handling, man udfører, naar man trykker paa Knappen for at lade en elektrisk Klokke ringe). Fjærner man atter Traadene fra hinanden (hvilket ved Ringeapparatet besørges af en Fjeder i Knappen), ophører Strømmen, den er »afbrudt«. Er Søjlen bygget op af henved 100 Metalplader, mærker man et svagt Stød, naar man rører ved de to Poler. Kort efter at Søjlen var opfunden, anstrængte man sig for at drive

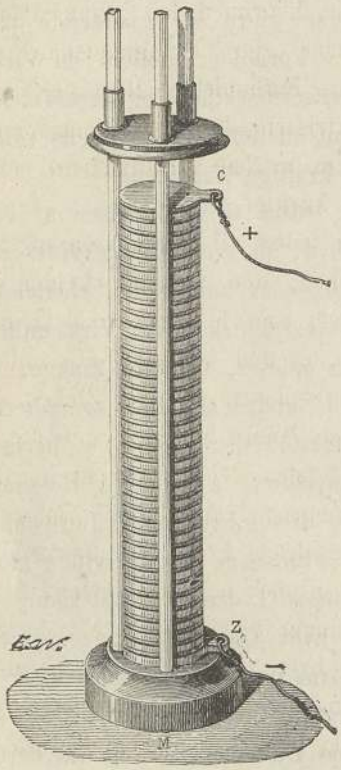


Fig. 12. Voltasøjlen.

Virkningerne af den op til det mest mulige. Man stablede derfor flere og flere Plader op. For hvert Sæt af tre Plader (Zink, Kobber, Pap) man føjer til, danner man en ny Elektricitetskilde, som sammen med de øvrige sender Elektricitet til Polerne. Styrken af disses Elektricitet voxer derfor i samme Forhold som Pladernes Tal forøges. Ritter byggede en Søjle paa 4000 Metalplader delt i 20 Afdelinger.

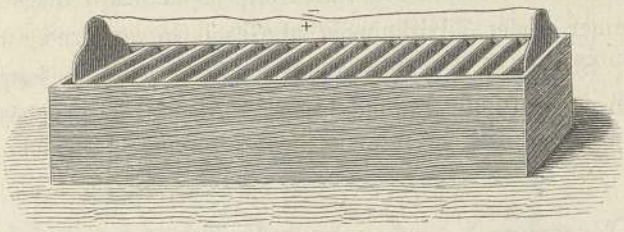


Fig. 13. Trugapparat.

Dens Virkninger vare saa stærke, at 30 Mennesker, der dannede en Kjæde ved at tage hverandre i Hænderne, alle paa én Gang fik heftige elektriske Stød, naar de to yderste rørte hver ved sin Ende af Søjlen. En saadan Søjle blev naturligvis yderst vidtløftig at opstille.

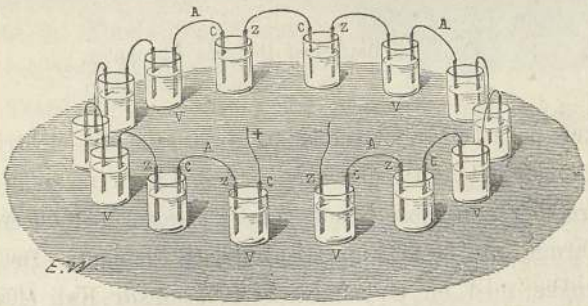


Fig. 14. Galvanisk Batteri.

Forskjellige Ulæmper ved Søjlen gjorde, at man først omdannede den til en liggende Søjle, Cruikshanks Trugapparat, hvor et Trug blev delt i Celler ved Metalpladerne. I Cellerne blev der hældt fortyndet Svovlsyre. Trugapparatet blev atter afløst af den galvaniske

Kjæde eller Batteri (Fig. 14), hvilken Form for Voltasøjlen man senere har bibeholdt. Kjædens enkelte Led ere de før omtalte galvaniske Elementer (Fig. 11). Man har nu mange Former for Elementet, som senere skulle blive omtalte under Afsnittet om Anvendelser af Strømmens kemiske Virkning; de almindeligste ere Daniells, Bunsens og Leclanchés; de adskille sig især ved Valget af de Vædsker, der danne Forbindelsen mellem de to Stænger i Elementet. Af de to Stænger er den ene altid af Zink; Kobberet erstattes derimod ofte af en haard Slags Kul, som fremkommer under Tilvirkningen af Gas i Gasværkerne. Skal man have en Strøm af meget uforanderlig Styrke bruges især Daniells og til meget kraftige Strømme bruges Bunsens. Leclanchés Element

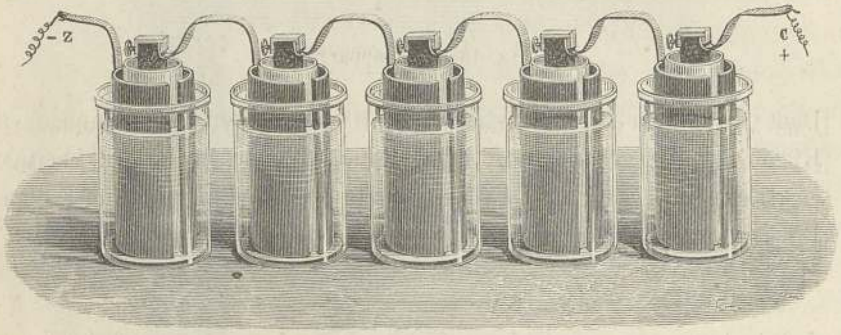


Fig. 15. Batteri af Bunsens Elementer.

bruges især paa Telegrafstationer og i Husene til elektriske Ringeapparater, fordi det kan lades længe uden Tilsyn og ikke indeholder nogen Syre, der kan gjøre Skade ved at spildes eller udsende Dampe. Lægerne bruge ofte det i Fig. 16 afbildede Element. Det bestaar af en Glaskrukke med en Opløsning af tvekromsur Kali (Kaliumbikromat). Fra Laaget hænger 2 Kulplader ned i Vædsken. En Zinkplade, som er anbragt mellem disse, kan skydes ned i Vædsken ved den Stang, som ses at føre op gjennem Midten af Laaget. Naar Elementet ikke bruges, trækkes Zinkpladen op af Vædsken.

Efter Volta møde vi Navnene Ørsted og Faraday. Den vigtigste Virkning af Strømmen, den, som betinger dens Anvendelse som

Drivkraft i Telegrafen, Telefonen og hvor Strømmen bruges til at bevæge Maskiner med, blev opdaget i 1820 af Ørsted. Faraday fandt i 1832 Induktionen, den Elektricitetskilde, uden hvilken Elektriciteten nu vilde være saa dyr og besværlig at erholde, at dens Anvendelse til Lys og i Industrien næsten maatte falde bort.

Videnskabsmændene have til alle Tider haft en Formodning om det nære Slægtskab mellem den magnetiske og elektriske Kraft. Man begyndte Studiet af Elektriciteten med at betragte det elektriske Legeme som en Slags Magnet. Nu er Forholdet vendt om, i det al Sandsynlighed taler for, at Magnetismen i Jærn og Staal er en Virkning af Elektricitet, som uafladelig strømmer i disse Metallers Indre. Ørsted havde længe søgt at finde magnetiske Virkninger af Voltasøjlen, men naar han gjorde Forsøgene, vare Søjlens Poler ikke forbundne ved Poltraade; Elektriciteten i disse var altsaa i Ro, den strømmede ikke, og, som det viste sig, det man skulde søge var en Virkning af den strømmende Elektricitet. Da gjorde Ørsted en Gang ved en Forelæsning Forsøg for at vise, hvorledes Strømmen kunde bringe en Traad til at gløde. En Magnetnaal, som tilfældig stod i Nærheden, gjorde nogle Bevægelser, som han ikke kunde forklare sig. Faa Dage efter gav Ørsted sig til nærmere at undersøge Sagen. Da han selvfølgelig savnede alle de Forudsætninger, som vi nu have, og som gjøre det let at forudse Strømmens Virkning i alle de forskjellige Stillinger, man kan give den Strømmen ledende Traad i Forhold til Magnetnaalen, maatte han udføre en stor Mængde Forsøg, før det stod ham klart, hvad det var, han havde opdaget*).

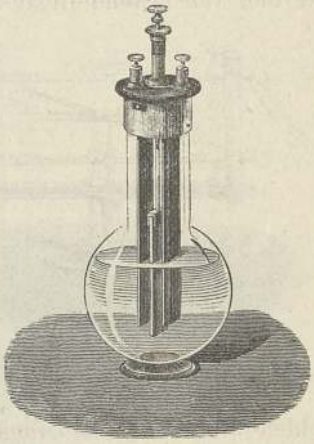


Fig. 16. Bikromatelementet.

*) Ovenstaaende Beretning om Ørsteds Opdagelse, som tildels afviger fra hvad man finder andet Steds, skylder Forf. en velvillig Meddelelse fra Prof. Holten.

Naar en elektrisk Strøm føres forbi en Magnetnaal, faar denne en Tilbøjlighed til at dreje sig saaledes, at den bliver vinkelret paa den Traad, hvori Strømmen bevæger sig (Fig. 17). Dette var Hovedsagen i Ørsteds Opdagelse. Han afsendte paa samme Dag, den 21. Juli 1820, Meddelelse derom til Evropas vigtigste lærde Selskaber. Derved sikrede han sig Anerkjendelse af at have opdaget Elektromagnetismen, saa at senere Forsøg paa at fratage ham den, hurtig ere mislykkede. I de første Aar derefter vare de fleste Fysikere optagne af nærmere at undersøge den elektromagnetiske Virkning og uddrage dens Konsekvenser. Ampère og Arago staa her i første Række. Den sidste viste allerede i September 1820, at Strømmen ikke blot var i Stand til at bevæge en Magnet, men den kunde ogsaa

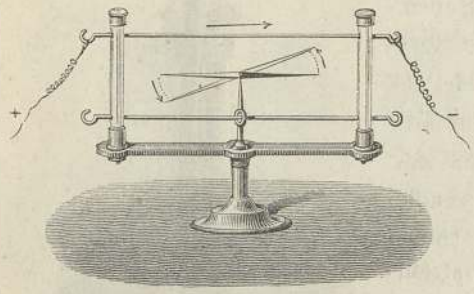


Fig. 17. Ørsteds Forsøg.

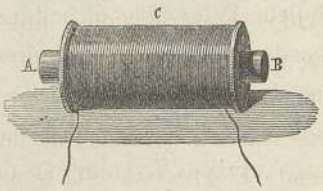


Fig. 18. Elektromagnet.

meddele Jærn og Staal Magnetisme, medens Ampère udfandt de almindelige Love, som omfatte de forskjellige elektromagnetiske Fremtoninger. Omvikler man en *Jærn*stang *A B* (Fig. 18), med en isoleret Traad *c* (d. v. s. en Metaltraad, beklædt med Silke eller andet isolerende Stof) og sender Strømmen gjennem denne Traad, bliver Stangen øjeblikkelig til en Magnet, og den taber næsten al sin Magnetisme i samme Øjeblik, Strømmen afbrydes. En saadan omviklet Jærnstang kaldes en *Elektromagnet* i Modsætning til den almindelige Magnet, der maa være af Staal og kaldes en »permanent« Magnet, fordi den bevarer den Magnetisme, den har faaet, i lang Tid. Denne sidste Egenskab ved Staalmagneten er i visse Henseender et Fortrin, men det vil i de fleste Tilfælde mere end opvejes ved den Omstændighed, at en Elektromagnet af Jærn kan ved en kraftig Strøm blive 20—30

Gange saa stærk som en Staalmagnet af samme Størrelse. Har man Brug for en stor magnetisk Kraft, og man vil opnaa den ved Staalmagneter, da maa man dertil bruge mægtige Masser af Staal, hvorimod en Elektromagnet kan blive af mere rimelige Dimensioner.

Man kan ikke se paa en Traad, om der gaar Elektricitet gjennem den eller ej, endnu mindre naturligvis, om Strømmen er stærk eller svag. En Magnetnaal, som hænger i Nærheden af Traaden, kan derimod mærke Strømmen; den bliver, som Ørsted viste, urolig, naar

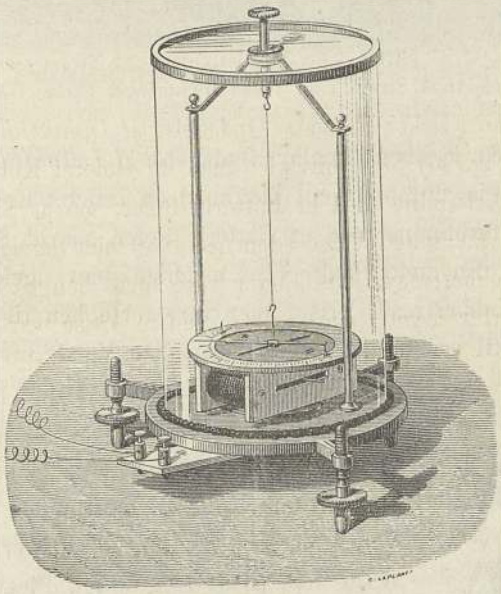


Fig. 19. Multiplikator.

Elektriciteten kommer, og flytter sig desto mere, jo stærkere Strømmen er. Paa Magneten kan man altsaa se, om Strømmen gaar, og hvor stærkt den gaar. Ørsteds Forsøg gav derfor et Middel til at iagttage og maale Strømmen. Schweigger og Poggendorff opfandt allerede i 1821 Multiplikatoren (Fig. 19), som indtil Telefonen viste sig, var det fineste Instrument man havde til at eftervise meget svage Strømme ved deres Virkning paa en fin, meget let bevægelig Magnetnaal. Hvad Betydning et saadant Instrument har, viste sig ved den

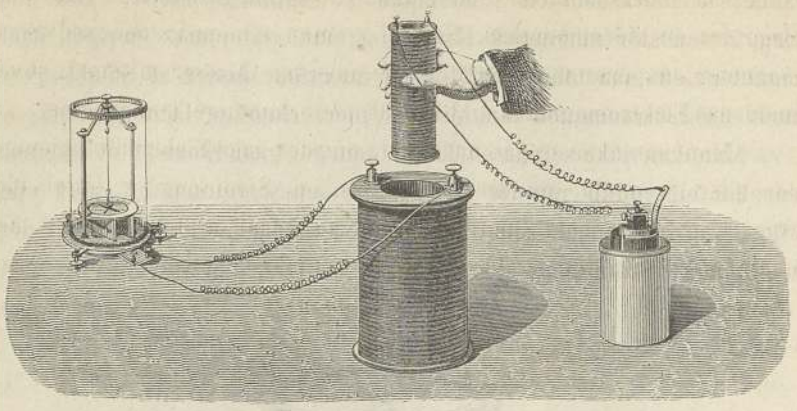


Fig. 20. En elektrisk Strøm i en Traad frembringer Strøm i en Nabotraad.

berømte engelske Fysiker Faradays Opdagelse af *Induktionsstrømmene*. En Trævalse (Fig. 20) blev omviklet med en isoleret Kobbertraad, og dennes Ender forbundne med et Batteris Poler, saa at Strømmen gik der igjennem. En anden Valse (den nederste) blev ligeledes omviklet med isoleret Kobbertraad, hvis Ender vare førte hen til Traaden i en Multiplikator (til venstre i Fig.). Den sidste Valse var hul, saa at den første kunde føres ned deri. Skete dette, satte Multiplikatorens Naal sig i Bevægelse. Skjønt der ingen Elektricitet kunde gaa over fra den ene Rulle til den anden, da Traadene vare isolerede, var den blotte Nærmelse af den første nok til at frembringe Elektricitet i den anden. Fjærnede man atter Rullerne fra hinanden, satte Naalen sig igjen i Bevægelse; men sad den ene roligt indeni den anden, mærkedes der ingen Strøm i denne, skjønt der stadig flød i hin en Strøm fra Batteriet. Endnu mærkeligere var det, at den af Elektricitet omflydte Rulle kunde erstattes af en Magnet (Fig. 21). Der blev altsaa frembragt en elektrisk Strøm i en Kobbertraad blot ved at bevæge Magneten i dens Nærhed, eller, hvad der har samme Virkning, bevæge Traaden forbi Magneten.



Fig. 21. Elektricitet fremkaldt ved Magnetisme.

Det viste sig senere, at hver Gang man bevæger en Magnet i Nærheden af Metal eller et andet Legeme, som leder Elektriciteten, da vil denne komme frem og strømme rundt i Legemet. Standser Magneten, standser ogsaa Elektriciteten, ligesom Bølgerne lægge sig, naar Stormen hører op. Denne mærkelige Opdagelse blev af den aller største Betydning, thi her var et Middel fundet til at frembringe Elektricitet uden Gnidning og uden kemiske Processer, blot ved at bevæge en Magnet og en Metaltraad frit forbi hinanden. Elektriciteten bliver frembragt, ikke som i Elektrisermaskinen i Glas eller andet slet ledende Stof, som kun trægt giver den fra sig, men i en Kobbertraad, hvor den bevæger sig næsten med Lysets Hastighed til det Sted, hvor den skal bruges. Elektriciteten, som bølger i Legemet, naar Magneten er i Bevægelse, bliver ikke tilført udefra; den maa altsaa have været skjult til Stede i Legemet i Forvejen. Dette indeholder til enhver Tid Elektricitet, men baade positiv og negativ i lige Mængder, som ophæve hinandens Virkninger, saa længe de ere ligelig blandede hele Legemet over. Deres Kræfter ere derfor slumrende, indtil en udenfra kommende Kraft (en *elektromotorisk* Kraft) vækker dem ved at styre dem hver sin Vej i Legemet. Hvergang man frembringer Elektricitet — ligegyldigt paa hvad Maade det sker —, faar man derfor baade positiv og negativ og ligemeget af hver. Den Evne, Magneten har til at vække Elektriciteten i et Legeme, er ikke andet end Modvirkningen til Elektricitetens, S. 30 nævnte Evne til at vække Magnetismen i Jærn.

De Strømme, Faraday frembragte, vare svage; men man lærte snart at gjøre dem stærkere ved at indrette de saakaldte *magnetoelektriske* Maskiner, hvis Hoveddele ere de samme som i Faradays Forsøg (Fig. 21), nemlig en isoleret Kobbertraad viklet op i Ruller og en Magnet. Kun er det her indrettet saaledes, at en af Delene er anbragt paa en Axe, som drejes rundt ved Haand- eller Dampkraft efter Maskinens Størrelse, hvorved Rullerne føres hurtigt forbi Magnetens Poler eller omvendt disse forbi Rullerne. Vi have her en elektrisk Pumpe; hver Gang en Pol gaar hen mod eller bort fra en Rulle, drives der Elektricitet ud af denne, ligesom der drives Vand stødvist ud af Tuden paa en Vandpumpe, hver Gang der gjøres et Pumpeslag. Pixii konstruerede i 1832 den første magnetoelektriske Maskine. Clarkes Maskine, der

er afbildet i Fig. 22, bestaar af Magneten AB, der er bøjet om, saa at den bliver, hvad man kalder en Hesteskomagnet. Derved komme de to Poler hinanden nær, saa at begges Kraft let kan benyttes af de to Ruller t og t', der sidde paa Axen f. Denne kan drejes hurtig rundt ved Sving og Snorløb, som ses til venstre i Figuren. Inden i hver Rulle sidder en kort Jærnstang, som bliver magnetisk, hver Gang den kommer nær til en Pol, og derved bidrager sit til at drive Elektricitet ud af Rullen.

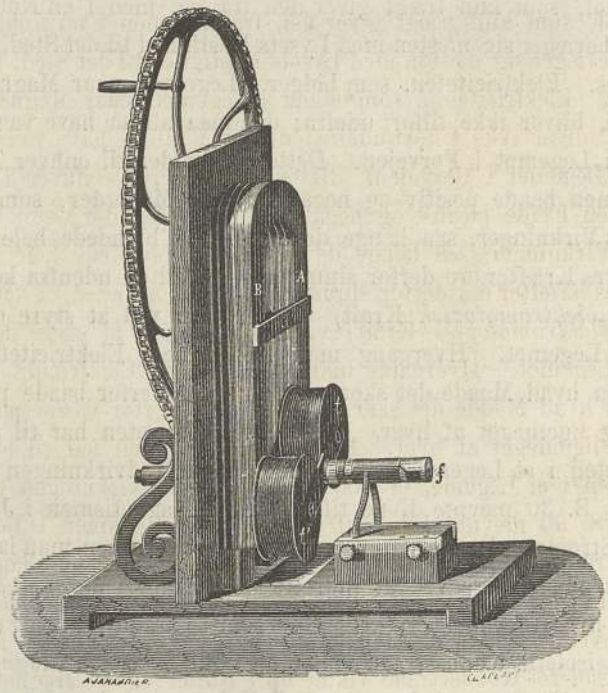


Fig. 22. Clarkes magnetoelektriske Maskine.

Efter Clarke have adskillige arbejdet paa at udvikle og forbedre de magnetoelektriske Maskiner, som bestandig tiltoge i Størrelse og Virkekraft. Hensigten med dem var til Dels at erstatte de galvaniske Elementer paa Steder, hvor der stilledes store Fordringer til Strømmen, saa at man maatte bruge et Utal af Elementer. Med den magnetoelektriske Maskine kunde man bruge mekanisk Kraft, f. Ex. den fra

en Dampmaskine til Strømmens Frembringelse, og saaledes bruge Kul dertil i Steden for det langt kostbarere Zink. Strømmen fik man derved baade billigere og bekvemmere. Den Strøm, man faar, kommer, som ovenfor sagt, ligesom Vandet fra en Pumpe stødvist; i nogle Maskiner skifter den endogsaa Retning, hver Gang Rullen gaar forbi Magnetpolen. Dette gjør den ubrugelig i flere Anvendelser. Til Frembringelse af elektrisk Lys skader det dog ikke; visse Slags Lys kræve endogsaa vexlende Strømme. Alliancemaskinen, der er

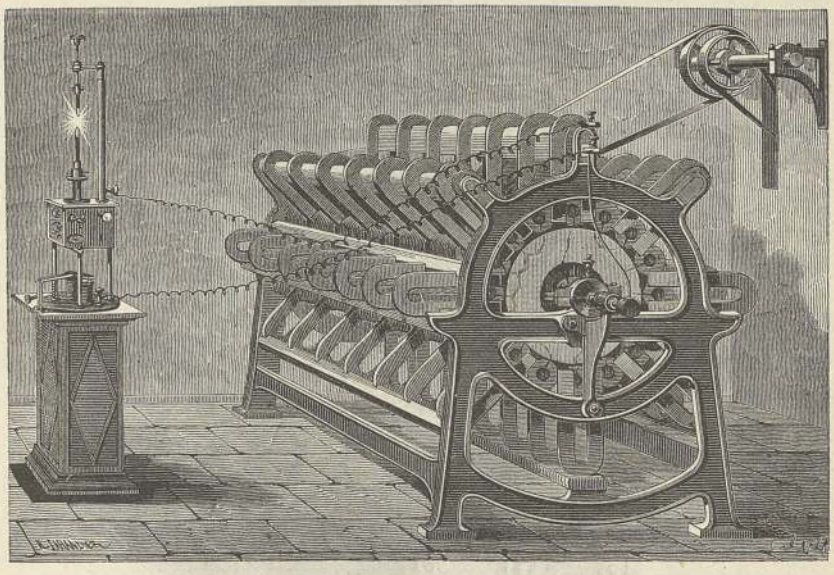


Fig. 23. Alliancemaskinen.

en stor Udgave af Clarkes Maskine, eller rettere en Mængde saadanne, samlede i et Stel, har derfor faaet en udbredt Anvendelse i Fyrtaarne, der lyse med elektrisk Lys. Den er konstrueret af VAN MALDEREN. Belgieren NOLLET havde forberedt Arbejdet, men han døde uden at være bleven færdig dermed. Maskinen, der har faaet sit Navn af det Selskab, som har bragt den i Brug i Praxis, er afbildet i Fig. 23. 56 Hesteskomagneter gjøre Tjeneste i en enkelt Maskine. De ere fæstede til Maskinens Stativ og ordnede i 7 Kredse rundt om en lang Axe med Polerne vendte ind mod denne. Traadrullerne ere i

et Antal af 96 fæstede til Axen og ere ordnede i 6 Kredse, hver paa 16 Ruller. I Figuren ses den yderste Kreds. Naar Axen drejes rundt, vil hver Rulle komme til at bevæge sig i et af de 6 Mellemrum, som dannes mellem de 7 Kredse af Magneter og saaledes sende

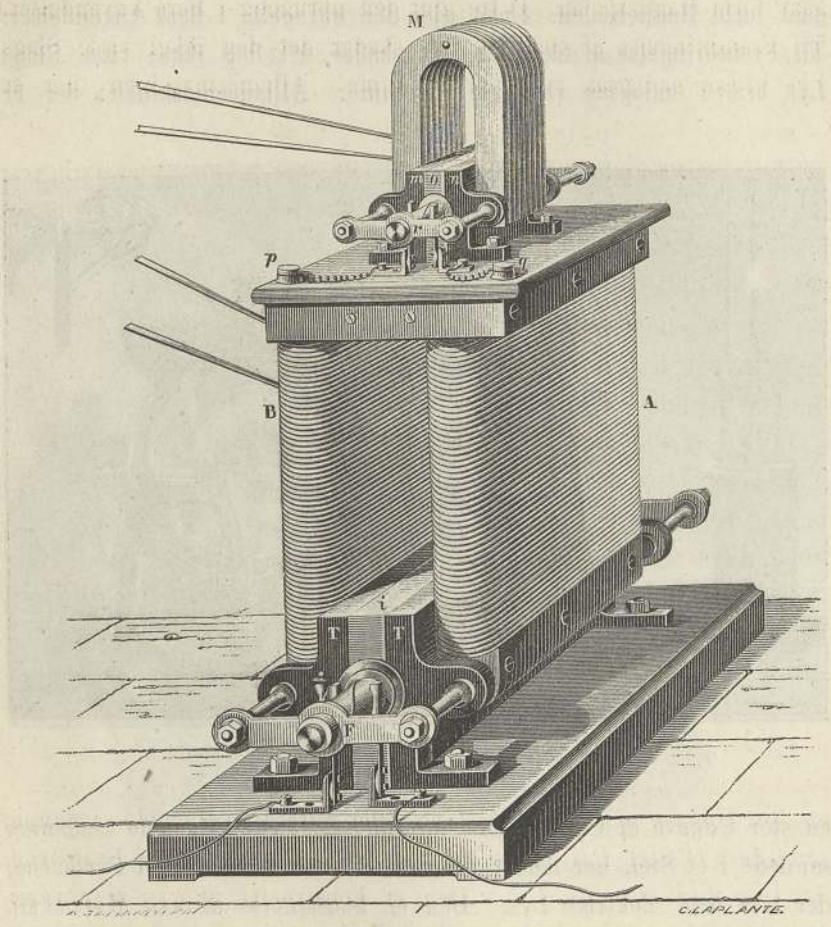


Fig. 24. Wildes Maskine.

en Mængde Strømstød ud. Alle Traadene i de 96 Ruller sende deres Strømme ud i de to, der i Fig. føre hen til en elektrisk Lampe. Axen drejes rundt ved en lille Dampmaskine paa 1 à 2 Hestes Kraft.

Alliancemaskinen giver en meget god Virkning, men de mange

store Staalmagneter gjøre den kolossal baade i Omfang og Vægt, ligesom den ogsaa bliver kostbar at anskaffe. Det var derfor et Fremskridt, da Englænderen Wilde fandt paa at bruge Elektromagneter for Staalmagneterne i Maskinen. Ved hine kan man, som det blev sagt S. 30 opnaa samme Magnetkraft med langt mindre Vægt. Man tænke sig to Clarkes Maskiner, hvoraf den ene er dannet som sædvanlig, medens den anden adskiller sig fra den første, ved at dens Staalmagnet AB er erstattet af en i samme Form bøjet Jærnstang, som er omviklet med isoleret Kobbertraad og derved bliver en Elektromagnet. Drejer man den førstes Axe rundt og fører Strømmen, som den fremkalder, ind i Kobbertraaden om Elektromagneten i den anden, da vil denne kunne blive til en Magnet, der er langt stærkere end den førstes. Drejer man nu ogsaa Axen i den anden Maskine rundt, kan den følgelig levere en i samme Forhold stærkere Strøm. Wildes Maskine bestaar af to saadanne Dele: en Hjælpemaskine M, der ikke adskiller sig væsenlig fra Clarkes og den egenlige Maskine AB. Denne er dannet af to store Jærnplader A og B, som ere omviklede med isoleret Kobbertraad og saaledes blive Elektromagneter, naar Strømmen fra Hjælpemaskinen sendes om dem. Forneden mellem Jærnpladerne drejer Axen sig med Traaden, hvori Strømmen skal fremkaldes.

Et yderligere Fremskridt blev gjort ved Siemens' *dynamoelektriske* Maskine. Han afskaffede Wildes Hjælpemaskine, idet han i Steden for brugte en Del af Maskinens egen Strøm til at holde Magnetismen vedlige. Maskinen bestaar derfor blot af to vandrette Jærnplader CC og $C, C,$ (Fig. 25), omviklede med Kobbertraad B. Der er to Traadruller m og n, som ere anbragte hver paa sin Axe. For at faa denne Maskine i Virksomhed behøver man blot én Gang for alle at sende en elektrisk Strøm gjennem Traaden B om Jærnpladerne. Har den virket en kort Tid og er derpaa bleven afbrudt, vil der være efterladt en ringe Magnetisme i Jærnpladerne CC og $C, C,$. Drejes Rullerne m og n rundt, vil man derfor kunne faa en *svag* Strøm frembragt i deres Traade. Som Figuren viser det, bliver den ene Rulle n's Strøm gjennem Traadene $a\,d$ og $b\,c$ ført ind i Traaden B om Jærnpladerne. Er Strømmen end svag, blive Pladerne dog altid *noget stærkere* magnetiske herved. Men da det er deres Magnetisme, der betinger

Strømmen, vil denne derfor ogsaa blive stærkere. Herved faar Magnetismen en ny Forøgelse, og saaledes vedblive Magnetisme og Strøm at drive hinanden op til en betydelig Styrke, som afhænger af, hvor hurtigt Rullen drejes rundt. Efter faa hurtige Omdrejninger af Rullerne, er Maskinen derfor i Stand til at udstøde kraftige Strømme gjennem Traadene a, y og b, x fra Rullen m, og Jærnpladerne ere blevne

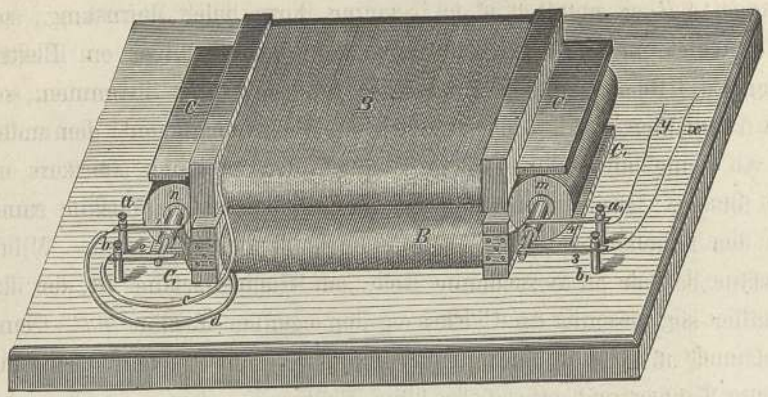


Fig. 25. Dynamoelektrisk Maskine.

saa stærke Magneter, at Søm klumper sig til dem som Filspaan til en almindelig Magnet. Man kan undvære den ene af de to Ruller og deres Axe i Siemens Maskine, idet man blot behøver at fordele Strømmen fra den ene Rulle mellem Elektromagnetens Traad og den Ledning, hvor Strømmen skal bruges. En saadan Maskine er afbildet i Fig. 26, sat i Virksomhed ved en Mands Kraft. Strømmen ses at være benyttet til at gløde en Metaltraad og frembringe elektrisk Lys. Ved en Udstilling i Paris i 1867 blev der fremstillet en Maskine af denne Art. Den vakte megen Opmærksomhed især paa Grund af sin Lidenhed i Sammenligning med de store Alliancemaskiner, som man var bleven vant til at se. Maskinen, der kun var omtrent halvanden Alen lang, 15 Tommer bred og 10 Tommer høj, gav et stærkt elektrisk Lys men maatte rigtignok drejes saa hurtig rundt, at dens Brug i Praxis af den Grund blev umulig.

Ved den dynamoelektriske Maskine havde man nu med Held afhjulpet den Ulempe, som laa i Alliancemaskinens store Dimensioner.

Men de nye Maskiner gave fremdeles ligesom de ældre stødvist frembragte Strømme, og stode i saa Henseende tilbage for det galvaniske Element med dets jævne Strøm. Ved Udfælding af Metaller og

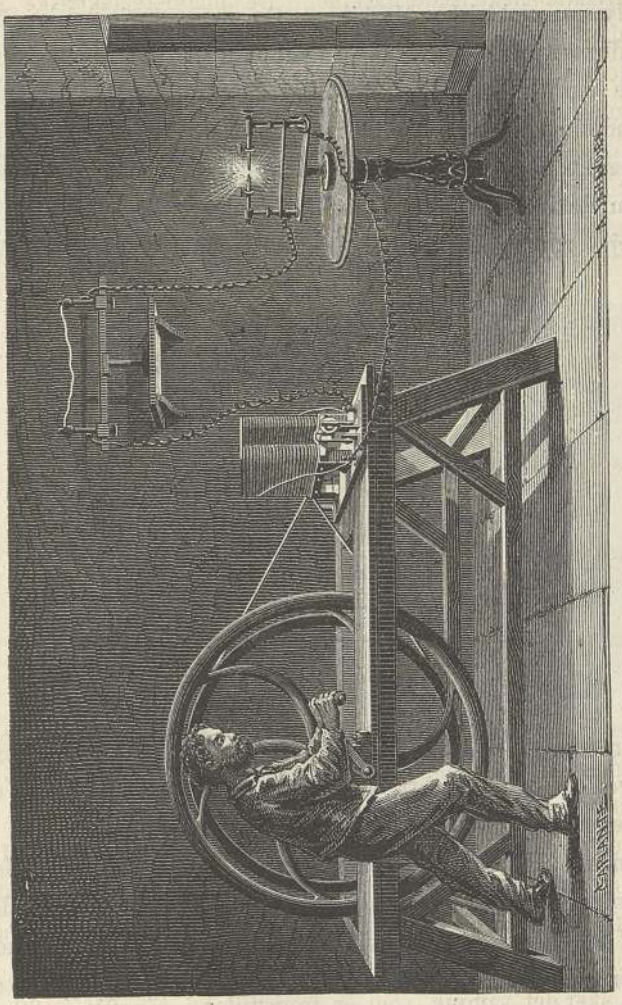


Fig. 26. En Siemens Maskine, der frembringer Lys.

Frembringelse af mekanisk Kraft, de to Omraader, hvor Elektriciteten foruden ved Frembringelse af Lys anvendes i det store, var man derfor endnu henvist til det galvaniske Element, hvis kostbare Underholdning med Zink vilde indskrænke Anvendelsen til meget snævre

Grænser. Det stod derfor tilbage for Fysikerne at udfinde en Maskine, som kunde frembringe jævne elektriske Strømme ved den billige Dampkraft. Franskmanden Gramme gjorde i 1870 dette sidste Skridt henimod Elektricitetens Anvendelse i det store ved den Form, han gav den dynamoelektriske Maskine. De magnetoelektriske Maskiner bleve ovenfor sammenlignede med Vandpumper, der for hvert Pumpeslag sende en Vandstraale ud. Man har imidlertid Pumper, der levere Vandet i en jævn Strøm, saaledes Centrifugalpumpen, hvor en vandret liggende cirkelrund, flad Kapsel indvendig forsynet med Skovle som dem paa et Dampskibshjul slynger Vandet ud til Siderne ved at drejes rundt, samtidig med at den suger nyt Vand til sig ved

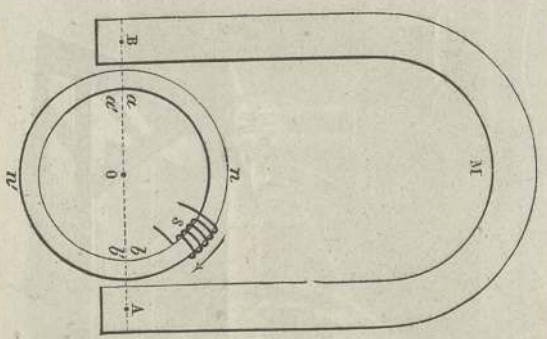


Fig. 27. Paccinottis Ring.

et Rør, der gaar op i Midten af Kapslen. Vil man fortsætte Sammenligningen mellem de elektriske Maskiner og Pumperne, maa Grammes Maskine nærmest sammenlignes med Centrifugalpumpen. Den bestaar af en Jærnring, Paccinottis Ring, der er anbragt mellem Magneten AMB's Poler A og B (Fig. 27). Ringen vil blive magnetisk under Paavirkning af Magneten, idet den vil faa én Pol ved $a\,a'$ og en anden ved $b\,b'$. Vikler man en Kobbertraad s løst om Ringen, og skyder den fra n til b, da sker det samme, som er fremstillet i Fig. 21, S. 32, nemlig at en Magnetpol bliver ført ind i Traadspiralen. Heraf er Følgen, at der fremkommer Elektricitet i Traaden, f. Ex. positiv for oven og negativ for neden. Omvikler man hele Ringen med en i sig selv tilbageløbende Traad og skyder denne ligesom før rundt uden om Ringen,

da vil denne Bevægelse foranledige, at der fra hele Traaden sendes positiv Elektricitet mod n, negativ mod n'. Lader man Elektriciteterne ved n og n' faa Afløb til Jorden, ville de strax erstattes paa ny, saa at man faar en stadig Strøm ud af Traaden. Drejes Ringen rundt sammen med Traaden, vil dette ingen Forandring medføre, thi da den er af blødt Jærn, ville de Dele deraf, som oprindelig vare ud for Polerne A og B, tabe deres Magnetisme, naar de komme udenfor Polernes Virkekreds, medens de nye Dele af Ringen, som efterhaanden indtage de førstes Plads, bestandig modtage den Magnetisme, disse først havde. Med andre Ord: Ringen drejer sig rundt, men dens Poler blive liggende uforandret over for de to Poler A og B.

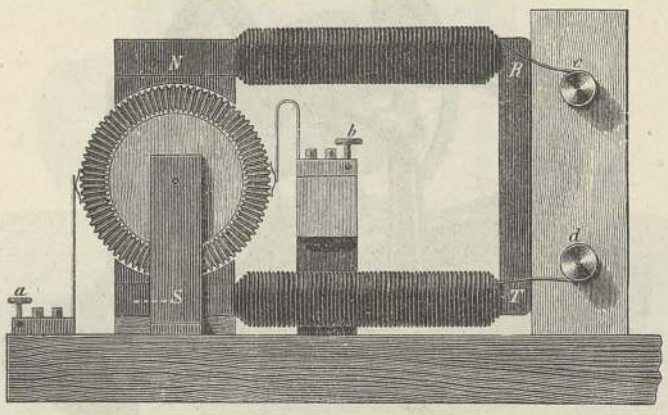


Fig. 28. Model til en Grammes Maskine.

Fører den Traaden, som er viklet om den, med sig, vil det gaa ligesom før: Traadens Vindinger blive til enhver Tid førte enten hen imod eller bort fra en Magnetpol, og ligesom før vil der til enhver Tid være positiv Elektricitet at hente ved n, negativ ved n'.

En Model til en Maskine efter Grammes System er fremstillet i Fig. 28. Magneten $NRTS$ er her en Elektromagnet, mellem hvis Poler Ringen ses at være anbragt, saaledes at den kan drejes rundt med sin Klædning af Kobbertraad. To Fjedre, som trykke let ind mod Traaden, opfange dens Elektriciteter og sende dem til a og b. Fra b til c og fra a til d føres der Kobbertraade, hvorved Elektro-

magneterne faa deres Del af Strømmen; andre Traade fra *a* og *b* føre den øvrige Del af Strømmen derhen, hvor den skal bruges.

Gaar Ringen meget hurtigt rundt (og det er nødvendigt for at frembringe kraftige Strømme) vil Sliddet af Fjedrene mod dens Omkreds blive alt for stort. I de egenlige Maskiner som de i Fig. 29 og 30 afbildede føres derfor Elektriciteten først til et Sted nærmere ved Axen, hvor Hastigheden jo er mindre, gjennem Metalstænger, der som Egre i et Hjul føre fra Ringen ind mod Axen. (De ere synlige i Fig. 30 paa højre Side af Ringen, der ses midt i Figuren). Hvor

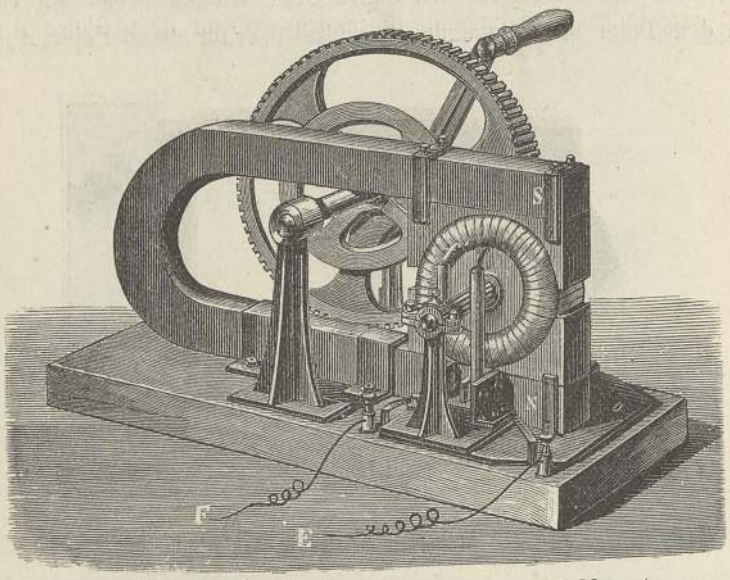


Fig. 29. Lille Grammes Maskine med permanent Magnet.

Stængerne møde Axen ere de forbundne med andre Stænger, som ere lagte isolerede henad Axen og danne en hel Klædning eller Kappe om den. Mod denne Kappe glide Fjedrene (*f* og *f'* i Fig. 29) som derved opfange Ringens Elektricitet og sende den videre gjennem Ledningstraadene (*E* og *F* i Fig. 29). Fig. 29 er en lille Grammesmaskine til Haandkraft med Staalmagnet, medens Fig. 30 fremstiller den Form, som den i Industrien anvendte store Maskine med Elektromagneter har faaet. Den sidstes Ring drejes rundt ved Kraften fra en Dampmaskine, idet der fra dennes Axe gaar en Drivrem om

Remskiven, som ses tilvenstre i Fig. 30. De massive med isoleret Kobbertraad omviklede Jærnstænger for oven og for neden ere Elektromagneterne, hvis Magnetisme koncentreres i Midten i de Jærnstykker, der omfatte Ringen tæt men dog uden at røre den.

Ved Grammes Maskine er som sagt det Maal naaet, som tilstræbtes: at faa en Maskine, der ikke vejer og fylder for meget, og som giver en jævn og kraftig Strøm. De galvaniske Elementer, som maatte sættes sammen for at give samme Virkning som én saadan

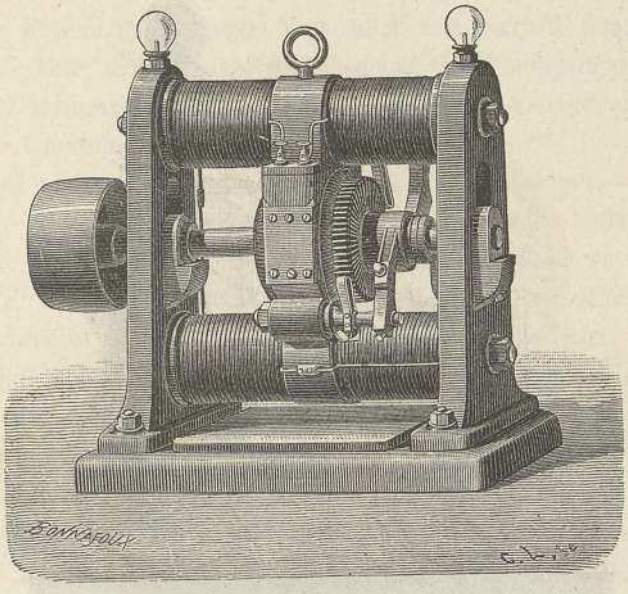


Fig. 30. Grammes dynamoelektriske Maskine.

Maskine, maa tælles i Hundreder. Strømmen bliver *jævn*, thi Stederne, hvor Fjedrene røre ved Traaden om Ringen, modtage hele Tiden *uforandret* Elektricitet. Siemens, Farmer, Brush, Edison og adskillige andre have senere konstrueret Maskiner, hvorved det samme naaes, og som til Dels ere Modifikationer af Grammes. Danmark har ogsaa givet sit Bidrag i denne Retning, idet Lorenz og Jürgensen i 1881 have konstrueret en Maskine, som har vakt megen Opmærksomhed i Ind- og Udland ved sine gode Virkninger. Den vil sammen med andre dermed beslægtede Maskiner blive nærmere om-

talt under det Afsnit, hvor det elektriske Lys og Midlerne til dets Tilvejebringelse behandles.

Der kræves en Dampmaskine paa flere Hestes Kraft for at drive en af de større dynamoelektriske Maskiner. Man maa dog ikke derfor forestille sig disse som store Kolosser. Fig. 31 forestiller en transportabel Dampmaskine (Brotherhoods System), der kan udføre en halv Snes Hestes Arbejde og er bestemt til at drive en Grammesmaskine, som findes til venstre paa Figuren over de smaa Hjul. Den sidste er

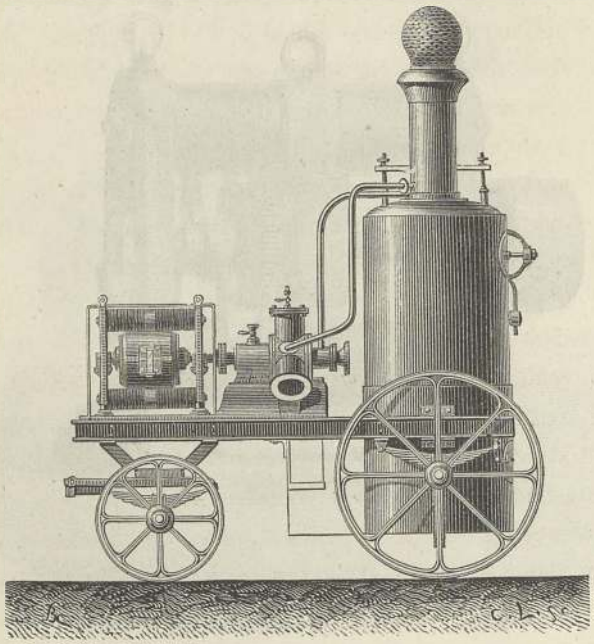


Fig. 31. Transportabel Grammes Maskine med Dampkraft.

aabenbart af ringe Omfang og Vægt i Sammenligning med, hvad der hører til Dampmaskinen, og dog kan den sluge hele dennes Arbejde. Hvad Dampmaskinen har at udrette, er blot at dreje Ringen rundt i Grammes Maskine. Ringen gaar imidlertid frit rundt (se Fig. 28) uden anden Gnidningsmodstand end den, som nødvendig opstaar i Tappelejerne, hvori dens Axe drejer sig, og den som forvoldes ved den lette Berøring med de Fjedre, som skulle opfange Elektriciteten. Ringen er ikke tungere, end at en Mand let kan dreje den hurtigt rundt —

at sige, naar man ikke tager Elektricitet fra den; gjør man det, maa der flere Hestes Kraft til Arbejdet. Hvis man lader Traadene *E* og *F* i Fig. 28 ligge som i Figuren, saaledes at deres Elektriciteter intet Afløb finde, da er det en let Sag ved Haandtaget at holde Ringen i hurtig Omdrejning. Der frembringes i første Øjeblik lidt Elektricitet, som sendes ud i Traaden, positiv i den ene og negativ i den anden. Her standser den imidlertid og hindrer, at der træder ny Elektricitet ud fra Ringen; der udrettes intet ved Omdrejningen, som derfor er let at udføre. Helt anderledes stiller det sig, hvis man blot foretager den lille Forandring at lægge Traaden *F* hen over *E*; i samme Øjeblik dette sker, mærker den, som foretager Omdrejningen, det som et Ryk, der hæmmer Bevægelsen, og han maa nu tage ordenlig fat for at holde Omdrejningen vedlige.

Ved at Traadene bringes i Berøring med hinanden, ville deres modsatte Elektriciteter ophæve hinanden og saaledes bestandig give Plads for ny Elektricitet fra Ringen; der vælder altsaa en Strøm ud af denne og gjennem dens egen Traad. Herved bliver Ringens Jærn, som omkredses af denne Strøm, magnetisk med to Poler, der altid ville ligge saaledes, at Magnetpolerne *S* og *N*, mellem hvilke Ringen drejer sig, ville holde igjen paa den ved de Tiltrækninger, som de udøve paa Ringens Poler. Det er den Modstand, man mærker, naar man foranlediger, at Strømmen kommer i Gang ved at lade Traadene røre ved hinanden; og det til Modstandens Overvindelse medgaaende Arbejde er den nødvendige Tribut man maa yde for at faa den elektriske Strøm, man ønsker.

Paa en helt anden Maade end i de forrige Maskiner er Faradays Opdagelse af Induktionen gjort nyttig i Ruhmkorffs Induktionsrulle. Flere Læsere have vistnok i Instrumentmageres Butiksvinduer set Navnetræk og andre Figurer fremstillede af et bøjet eller snoet Glasrør. Om Aftenen kan det hænde, at man ser dette Rør fyldes med et fosforagtigt, sitrende Lys, som spiller i forskjellige Farver, og som derved tegner Navnet eller Figuren (Fig. 32). Ser man nær-

mere til, vil man finde, at der til de to Ender af Røret fører to Kobbertraade, der komme fra et Apparat som det, der er afbildet i Fig. 33; Traadene ere fæstede til Opstanderne *A* og *B*. To andre Kobbertraade ere fæstede til Skruerne *b* og *b'* (til højre i Figuren) og komme fra et galvanisk Batteris Poler. Lyset er altsaa af elektrisk Oprindelse, men Batteriets Elektricitet kan ikke uden videre fremkalde det, thi fører man Poltraadene derfra umiddelbart til Rørets Ender i Steden for at lade dem gaa om ad det ovennævnte Apparat, da forbliver Røret mørkt. Dette Apparat, Induktionsrullen eller Ruhmkorffs Rulle, har den Opgave at omdanne Batteriets Elektricitet, saaledes at den bliver i Stand til at bane sig Vej gjennem det lange Glasrør. Af dette er næsten al Luft pumpet ud, det danner altsaa en Kanal med meget tynd Luft. Ved hver Ende er der

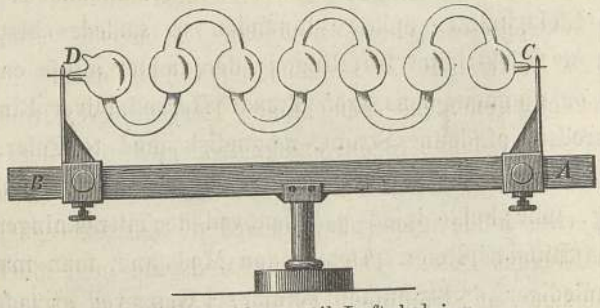


Fig. 32. Glasrør til Luftglødning.

ført en Platintraad lufttæt gjennem Glasset ind i Røret (Fig. 32), saa at der kan ledes Elektricitet ind. Er denne tilstrækkelig kraftig, vil den kunne gjennemløbe Røret fra den ene Traad til den anden. Det gaar ikke her, som naar Elektriciteten baner sig Vej gjennem Luft af almindelig Tæthed, at den følger en smal maaske forgrenet Linie (den elektriske Gnist S. 1), men den bringer hele Luftmassen til at gløde med det ejendommelige, fosforagtige Lys, vi før nævnte. Et galvanisk Batteris Elektricitet er langt fra kraftigt nok hertil. Den maa først lige som tage Tilløb i Induktionsrullen, for at kunne udføre Springet i Røret fra den ene Traad til den anden.

Det indvendige af Induktionsrullen er en Jærnstang (eller bedre et Bundt af Jærntraadsstykker), hvorom der er viklet en isoleret

Kobbertraad af almindelig Tykkelse. Den ligger inden i en hul Valse af isolerende Stof. Uden om denne er der viklet en meget tynd isoleret Kobbertraad i mangfoldige indtil 200000 Vindinger af en Længde, der naar op til 32 Mil i de største Apparater. (Paa den polytekniske Læreanstalt i Kjøbenhavn findes en Induktionsrulle, hvis udvendige Traad er omtrent 14 Mile lang). Lader man en elektrisk Strøm fra et galvanisk Batteri løbe gjennem den inderste Kobbertraad, mærkes intet i Traaden uden om; afbryder man nu pludselig Strømmen, da vil Elektriciteten forsvinde fra den indre Traad, men paa samme Tid vil den for et Øjeblik opstaa igjen i alle den ydre Traads Vindinger; da disse findes i saa stort et Antal, vil der altsaa

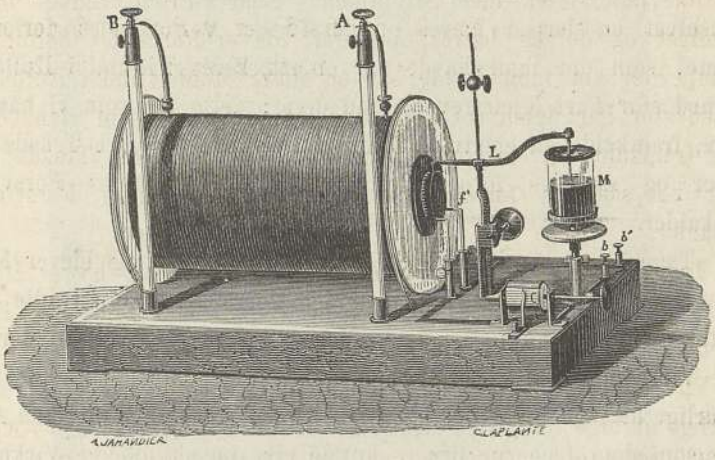


Fig. 33. Ruhmkorffs Induktionsrulle.

(dog kun i en meget kort Tid) være en Mængde Elektricitetskilder i Virksomhed der; den enes Elektricitet trænger den andens udefter, hvorfor der ogsaa i samme Øjeblik kan fare alenlange, elektriske Gnister ud af Metalstykkerne A og B, hvortil Enderne af den ydre Traad ere førte hen. Saa ofte man fører Strømmen ind og atter afbryder den, vil det samme gjentage sig*). Den elektromagnetiske

*) Ruhmkorffs Induktionsrulle er ikke væsenlig forskjellig fra Faradays S. 32 Fig. 20 fremstillede Apparat, og Strømmen, som den udsender, frembringes ogsaa paa ganske lignende Maade som den Strøm, der udgik fra den nederste Rulle i Fig. 20 til Multiplikatoren, naar den øverste blev ført ned i den eller

Hammer $L\,M$ besørger disse Afbrydelser. Bringer man Vægtstangen L til at vippe paa den Fjeder, som bærer den, vil en Metalstift, som er fæstet til den, og hvorigjennem Strømmen skal gaa, sænkes ned i Kviksølvet i Glasset M eller hæves op deraf. Strømmen ledes fra Batteriet ind i Kviksølvet og kan altsaa fortsætte sin Vej til Rullen, naar Stiften er nedsænket, men vil afbrydes, naar den hæves op deraf. Det er indrettet saaledes, at Magnetismen, som Strømmen kalder frem i Jærnstangen inderst i Rullen, vedligeholder den vippende Bevægelse ved sin Tiltrækning. Denne Jærnstang spiller en meget vigtig Rolle i hele Apparatets Virksomhed. Sendes Strømmen gjennem Traaden udenom den, bliver den en stærk Elektromagnet; men dens Magnetisme forsvinder igjen med Strømmen. Naar Stiften sænkes ned i Kviksølvet og derpaa hæves op deraf, da er Forholdet derfor det samme, som om man havde sat en stærk Magnet ind i Rullen og nu med stor Fart igjen rev den ud deraf; dette vil, som vi have set S. 32, fremkalde en elektrisk Strøm i hver af den ydre Traads Vindinger og saaledes forøge den Virkning, Strømmens Forsvinden fremkalder.

Tager man fat paa A og B med Hænderne og hæver Metalstiften op af Kviksølvet, vil den af den yderste Traad udstødte Elektricitet gjennemløbe ens Legeme. Var det et større Apparat, der blev sat i Virksomhed af adskillige galvaniske Elementer, vilde det være livsfarligt at tage imod det elektriske Stød. Selv ganske smaa Apparater som dem Lægerne bruge, kunne give meget følelige Virkninger paa Nerverne, naar Stødene følge hurtigt efter hverandre. Fig. 34

---

atter blev tagen ud deraf. Der er kun den Forskjel, at den indvendige Traadrulle her ligger fast inden i den ydre. Den kan altsaa ikke flyttes ind og ud som i Faradays Apparat. Men i Steden for lader man Strømmen paa egen Haand gaa ind i Apparatet gjennem den indvendige Traad eller tager den atter bort derfra ved henholdsvis at slutte eller afbryde Forbindelsen mellem Traaden og Batteriet ved Vippen L (Fig. 33). Elektriciteten føres mangfoldige Gange hurtigere ind og ud, naar den gaar paa egen Haand end naar Rullens Masse skal slæbes med, hvorfor ogsaa de Strømme, som den udvendige Rulle udstøder ved den indvendige Strøms Kommen og Forsvinden, blive uden Sammenligning stærkere i første end i sidste Tilfælde. Det maa bemærkes, at allerede Faraday frembragte Induktionsstrømme paa samme Maade som de frembringes i Ruhmkorffs Apparat.

viser et større Ruhmkorffs Apparat i Virksomhed. Til højre ses Traadene, som føre fra det galvaniske Batteri, medens Traadene fra Rullen føre hen til to Metalspidser til venstre, mellem hvilke der spiller elektriske Gnister, naar Vippen sættes i Bevægelse. Et Batteri

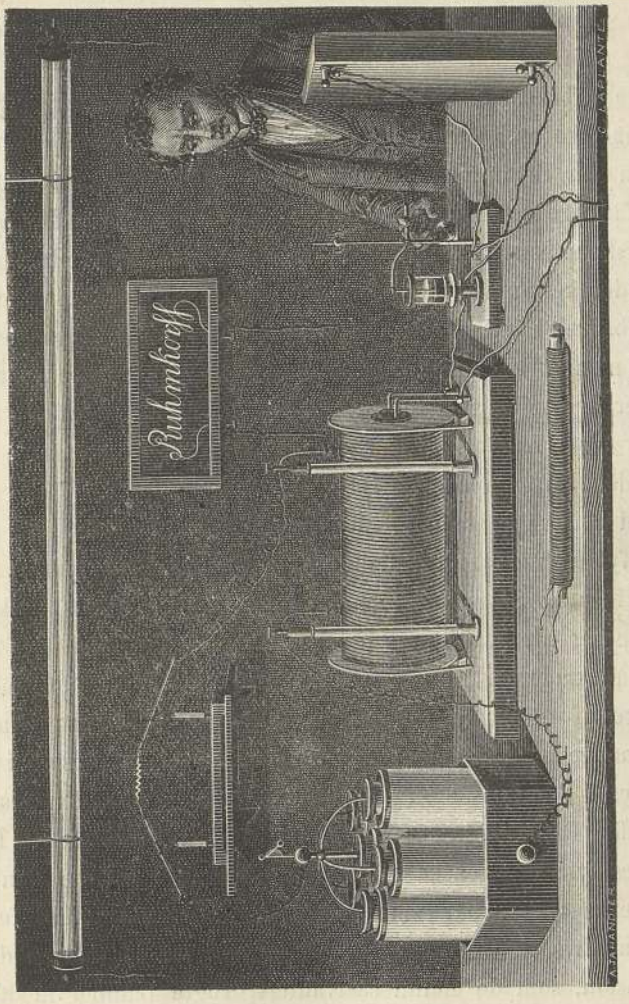


Fig. 34. Ruhmkorffs Apparat i Virksomhed.

af 6 Leydnerflasker tjener til at forstærke Virkningen. Fjærnes Spidserne fra hinanden, fare Gnisterne over mellem dem med stor Larm, saa man virkelig faar Følelsen af at se en Afbildning i det smaa af

Lynet med dets Torden. Over Bordet hænger et langt Glasrør, hvis Luft kan bringes til at lyse, naar Traadene fra Rullen føres hen til dets Ender. Paa en Tavle er Opfinderens Navn tegnet med de lysende Glasrør.

Allerede kort efter at Faraday i 1832 havde opdaget Induktionen, begyndte man at konstruere Induktionsruller til medicinsk Brug. Wagner opfandt den elektromagnetiske Hammer, der tilvejebringer de mange Afbrydelser af Batteriets Strøm (Mekanismen i en elektrisk Klokke er ikke andet end en saadan Wagnersk Hammer). Med den kan man faa Strømmen afbrudt flere tusinde Gange i Minutet og følgelig faa lige saa mange Stød. Da man senere begyndte at studere Glødningsfænomenerne i de med fortyndet Luft fyldte Rør (Fig. 32), stilledes der bestandig større Fordringer til Stødenes Styrke. Flere Videnskabsmænd arbejdede derfor paa at forøge Apparatets Virksomhed, men et tilfredsstillende Resultat blev ikke naaet, før Ruhmkorff, der begyndte som simpel Arbejder hos en Ingeniør, ved Aar 1850 gav sig i Lag med Opgavens Løsning og konstruerede sit over hele Verden berømte Apparat.

Ved at undersøge det Lys, som de før nævnte Rør udsende, naar de fyldes med forskjellige Luftarter, har man fundet, at hver Luftart giver sit Slags Lys, saa at man nu af Lysets Beskaffenhed kan slutte sig til, hvad Røret indeholder. Efter at man paa lignende Maade har undersøgt Lyset fra Solen, som jo er omgiven af en Atmosfære af glødende Dampe og Luftarter, har man faaet Bevis for, at mange af de Stoffer, hvis Lys er bleven undersøgt i Rørene, maa findes i Solatmosfæren (Spektralanalysen). Paa den Maade har Ruhmkorffs Rulle bidraget meget til vort Kjendskab til Himmellegemernes fysiske Egenskaber. Skjønt Luften i Rørene kun oplyser Omgivelserne svagt, har man dog i den aller sidste Tid forsøgt at bruge dens Lys til Oplysning af Minegange for at undgaa den Fare for Explosion, som de endnu sædvanligt brugte Lamper medføre.

Kort efter at man havde lært at frembringe en vedvarende og kraftig elektrisk Strøm ved Voltasøjlen, fandt man en Virkning af den, som har faaet stor Betydning. Det er Strømmens Evne til at *adskille kemisk bundne Stoffer* fra hinanden. Da de fleste Gjenstande i Naturen ere dannede, ved at to eller flere Grundstoffer have indgaaet en saadan nøje Forbindelse, fik Kemikeren heri et virksomt Hjælpemiddel ved sin Analyse af saadanne Gjenstande, og flere nye Grundstoffer bleve ogsaa opdagede derved. I den ved Videnskabens Fremskridt opstaaede kemiske Industri spiller den elektriske Strøm nu til Dags en stor Rolle.

For at et Stof skal kunne paavirkes af Strømmen, maa det være bragt i flydende Tilstand enten ved at smeltes eller ved at opløses.

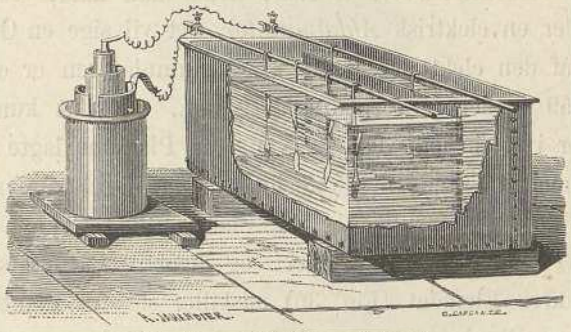


Fig. 35. Udfælding af Metal.

Har man saaledes opløst Kobber i Svovlsyre og Vand og anbragt Metalgjenstande i det Kar, som indeslutter den kobberholdige Vædske (Fig. 35), da vil den elektriske Strøm, som bringes til at gjennemløbe Vædsken, naar Poltraadene fra et Batteri føres til to af Gjenstandene i Karret, atter bringe Kobberet frem af Vædsken, i det det vil vise sig, at der under Strømmens Paavirkning afsætter sig et Lag af Kobber paa den Gjenstand, som modtager den negative Elektricitet fra Batteriet. Den anden Gjenstand i Karret vil blive angreben af Vædsken paa sin Overflade, hvis den er af uædelt Metal.

Sætter man to Blyplader, hvis Overflader ere særligt præparerede, ned i et Kar med Vand, hvortil er sat lidt Svovlsyre, og sender man en elektrisk Strøm fra den ene Plade til den anden, da vil Vandet

blive adskilt i Ilt og Brint. Ilten og Brinten ville afsætte sig hver paa sin Plade og paavirke deres Overflader hver paa sin Maade. Strømmen fra Batteriet bliver her meget svagere, end om den hele Vejen havde haft Metal at gaa igjennem. Karret sluger altsaa en stor Mængde af Batteriets Kraft, som ikke har haft andre Virkninger end at forandre Beskaffenheden af Blypladernes Overflader. Denne Kraft er imidlertid ikke spildt; den er kun bleven hengjemt. Det viser sig nemlig, at de to Blyplader i Vædsken ere i Stand til at give Elektricitet fra sig igjen, naar de skilles fra Batteriet, og det endogsaa længe efter, at de have været under dets Paavirkning. De to Blyplader have altsaa i den Tilstand, hvori Strømmen har bragt dem, for en Tid samme Egenskaber som de to Stænger i det galvaniske Element (S. 24). De danne med Vædsken, hvori de staa, hvad man kalder et sekundært Element eller en elektrisk *Akkumulator*, det vil sige en Opsamler og Opbevarer af den elektriske Kraft*). Akkumulatoren er opfunden af Planté 1859 og senere forbedret af Faure. For at kunne rumme store Plader i et forholdsvis lille Kar, ere Pladerne lagte tæt op ad hinanden men dog adskilte ved mellemliggende Strimler af Kautschuk, og derefter oprullede. Fra Pladerne føre Traade op til de Skruer, der sidde fast i Laaget, og hvortil Batteriets Poltraade fæstes. Faures Element (Fig. 36) adskiller sig fra Plantés ved Behandlingen af Blypladernes Overflader, der ere belagte med Mønnie.

Siden Akkumulatoren paa den elektriske Udstilling i Paris 1881 blev almindelig bekjendt, er der gjort mange Forsøg over dens Egenskaber. Englænderne Ayrton og Perry experimenterede med en

*) Akkumulatoren kan i visse Maader sammenlignes med Leydnerflasken (S. 18), som jo ogsaa tjener til at opsamle Elektricitet. Men medens Leydnerflasken indeholder sin Ladning som virkelig Elektricitet, der er stærkt sammentrængt paa begge Sider af Glasset, saa indeholder derimod Akkumulatoren Elektriciteten kun som en Mulighed. Tager man Blypladerne op, da vise de kun svage Spor af Elektricitet, men paa deres Overflade er der bleven dannet kemiske Forbindelser ved Strømmen, som gik gjennem dem, da de bleve ladede. Bliver Akkumulatoren overladt til sig selv, ville disse Forbindelser atter opløses. Men denne Opløsningsproces tilvejebringer paa ny lige saa megen Elektricitet, som der før blev brugt til at danne Forbindelserne. En lille Akkumulator kan optage langt mere Elektricitet end det største Batteri af Leydnerflasker, man har dannet.

Akkumulator, hvis Indhold vejede omtrent 75 Pd. De ladede den med Elektricitet ved at sende en elektrisk Strøm fra en kraftig Grammes Maskine derigjennem. Efter at den var fuldt ladet, fandt de, at den i sine 75 Pd. indeholdt saa megen Elektricitet, at man vilde kunne hæve henved 10,000 Pd. 100 Fod i Vejret med dens Kraft eller udføre et andet tilsvarende Arbejde.

Et saadant Kraftmagasin kan naturligvis faa mange Slags Anvendelser; flere saadanne ville blive omtalte i det følgende. Her skal

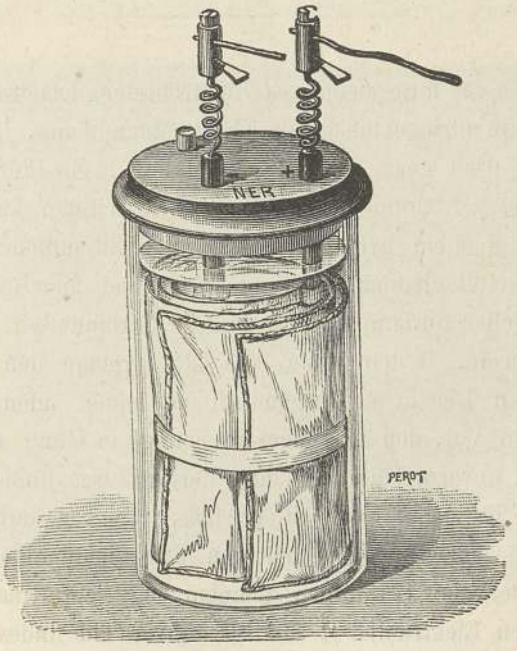


Fig. 36. Faures Akkumulator.

den Rolle nævnes, som Akkumulatoren kan komme til at spille som Regulator og Reservebeholder for en dynamoelektrisk Maskine, idet den kan optage dennes overflødige Kraft, hvis Maskinen en Gang giver for meget, og kan hjælpe til, med hvad den saaledes opsparer, naar Maskinen af en eller anden Grund maatte give for lidt. Bliver en Bygning eller en Gade oplyst elektrisk ved Strømmen fra en Dynamomaskine (saaledes kaldes ofte for Kortheds Skyld den dynamo-

elektriske Maskine), der drives af en Dampmaskine, da behøver der blot at komme Brud paa en af Maskinerne, for at det hele skal ligge i Mørke. En saadan Kalamitet kan ikke saa let indtræde ved andre Belysningsmidler. Ved Akkumulatorens Hjælp kan det elektriske Lys ogsaa undgaa den. Lader man nemlig en Del af Strømmen paa sin Vej til de elektriske Lamper optages i Akkumulatorer, da kan det Forraad, som her opsamles, gjøre Tjeneste, hvis Maskinens Strøm bliver svækket eller helt ophører i nogen Tid.

Vi have i det foregaaende set Elektriciteten dels frembringes ved og dels selv frembringe mekanisk Kraft, Magnetisme, Lys og kemisk Virksomhed. Det staar tilbage, at se den i sin Forbindelse med *Varmen*. Det var tidlig bekjendt, at Elektriciteten kunde opvarme de Legemer, gjennem hvilke den gik. Ved at udlade en Leydnerflaskes Elektricitet gjennem en tynd Metaltraad faar man let denne til at smelte eller fordampe. Saa nøje er Forbindelsen mellem Elektricitet og Varme, at den første ikke kan foretage den mindste Bevægelse fra en Del af et Legeme til en anden uden at efterlade Varme paa sin Vej; den maa ligesom betale sin Gang gjennem Legemerne ved at opvarme dem og lider derfor ogsaa under Bevægelsen et bestandigt Tab i sin Evne til at virke. Det er derfor den elektriske Strøm svækkes meget, naar den skal gjennemløbe lange Ledninger. Sender man Strømmen gjennem en Telegraftraad og maaler Styrken af den Elektricitet*), som til enhver Tid findes udbredt paa Traaden ved et Elektrometer (S. 22), da vil man finde Styrken jævnt aftagende fra Udgangspunktet og fremefter. Hvis man afleder Elektriciteten fra et Batteri ved tyk Kobbertraad PC (Fig. 37), som kun øver en ringe Modstand mod dens Gang, og paa et enkelt Sted afbryder denne for at indskyde en meget tynd Platintraad CD, der gjør stor Modstand, da vil man ved et Elektrometer finde den elek-

*) Det som her er kaldt Elektricitetens Styrke, kaldes ogsaa dens Spænding eller Potential.

triske Spænding størst ved *P*. Paa sin Vandring til *C* gjennem Kobbertraaden taber Elektriciteten kun lidt af sin Kraft, saa at Elektrometret kun viser ringe Forskjel, enten det forbindes med *P* eller *C*. Derimod vil man finde, at Elektriciteten paa den lille Strækning fra *C* til *D* i Platintraaden har sat næsten al sin Kraft til, idet Elektrometret viser næsten paa Nul ved *D*. Overenstemmende hermed vil det vise sig, at Kobbertraaden næsten ikke opvarmes, hvorimod Platintraaden gløder paa Grund af den Varme, Elektriciteten har efterladt deri.

Det elektriske Lys frembringes ved den Glødning, som Elektriciteten saaledes kan fremkalde ved at bane sig Vej gjennem en stor

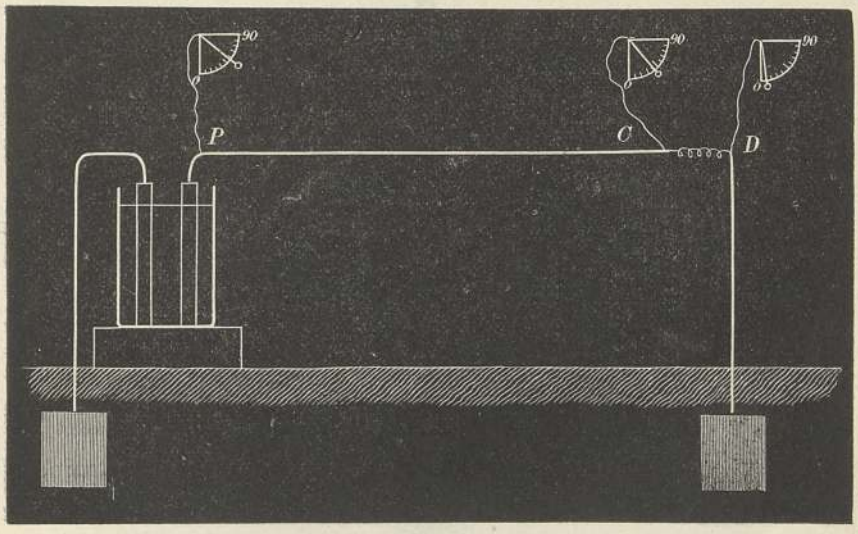


Fig. 37.

Modstand. Den Virkeevne, som den taber i en stærkt lysende Lampe, er saa stor, at den anvendt paa anden Maade kunde udrette det samme som 10—20 Heste i fuldt Arbejde. En lige saa stor Arbejdskraft maa følgelig i det mindste sættes ind for at føde en saadan Lampe med den nødvendige Elektricitet.

Kan Elektricitet frembringe Varme, saa kan omvendt Varmen ogsaa fremkalde Elektricitet. Det sidste gaar imidlertid ikke nær saa let for sig som det første. Paa en Maade kan man allerede sige, at man frembringer Elektricitet ved Varmen, naar man driver en

Dynamomaskine med en Dampmaskine; men det Varmen her direkte frembringer, er mekanisk Kraft, som ved Magnetisme atter giver Elektricitet. Det skulde synes at være en Fordel, hvis man uden disse Mellemled kunde frembringe Elektricitet ved Varmen; dette sidste kan man virkelig gjøre, men sin Fordel vil man i Reglen ikke finde derved, thi selv de bedste af de Maskiner, man har indrettet med dette Formaal for Øje, ere meget ødsle med Varmen.

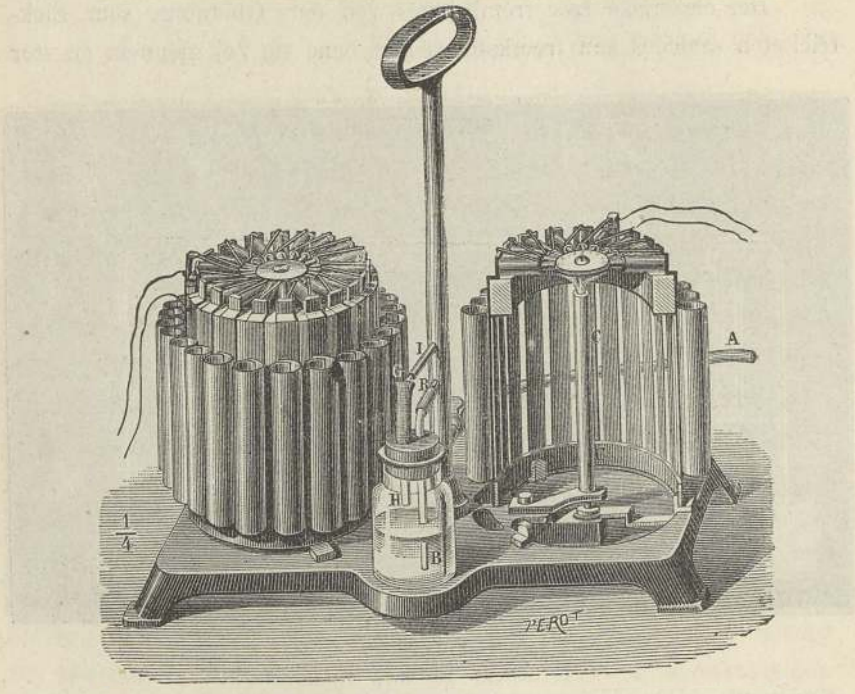


Fig. 38. Noés thermoelektriske Batteri.

Midlet, hvorved man kan omsætte Varmen direkte i Elektricitet, er følgende. Man danner en Kjæde af mange Stykker af to forskjellige Metaller ved at lodde dem sammen, saaledes at det ene Metal stadig skifter med det andet. Holder man hvert andet Lodningssted saa varmt og hvert andet saa koldt som muligt, da ville de to Ender af Kjæden vise sig elektriske og sende en elektrisk Strøm fra sig, hvis man forbinder dem med en Metaltraad eller afleder dem til

Jorden. Seebeck opdagede dette i 1821, og paa hans Opdagelse ere de saakaldte thermoelektriske Batterier eller Kjæder grundede, der allerede længe have været brugte i mindre Stil men nu ogsaa have faaet Anvendelse i det store.

Fig. 38 viser Noés thermoelektriske Batteri bestaaende af to Kjæder. Hver Kjæde er sammenloddet af Stykker af Nysølvtraad og smaa Stænger af en Blanding af Metallerne Antimon og Zink. Den er bøjet i Zigzag og ført rundt efter en Cirkel og ses saaledes at dække for oven hver af de to Cylindre, der ere fremstillede i Figuren. Paa den Maade vil hvert andet Lodningssted vende ind mod Centrum af Cirklen, hvert andet mod dens Omkreds. Inde i hver Cylinder brænder en Gaslampe, saaledes som det ses i den til højre, hvis halve Sideklædning er fjærnet. Derved opvarmes de mod Centrum vendte Lodningssteder. De udad vendte ville afkøles af Luften. Vandflasken foran tjener til at regulere Gastilstrømningen. Noés thermoelektriske Element er meget bekvemt at bruge (f. Ex. for Læger), da man blot behøver at tænde en Gas- eller Spritflamme for at faa en elektrisk Strøm ud af det. Clamond har indrettet et større Batteri af lignende Form med 6000 Par Led i Kjæden. Anvendt til elektrisk Lys gav det med et Forbrug af 24 Pd. Kokes i Timen lige saa meget Lys som 2—300 almindelige Stearinlys.

Det meste af den Varme, som forbruges, gaar tabt til Luften; kun lidet bliver nyttigt. Det thermoelektriske Batteri kan derfor i Reglen kun anvendes med Fordel, hvor Luften alligevel skal opvarmes ved et Ildsted. Omgav man f. Ex. Kakkelovnen i en Stue med en thermoelektrisk Kjæde, kunde man faa baade Varme og elektrisk Lys fra Kakkelovnen. Naar Virksomheden i en Fabrik fører med sig, at der gaar megen Varme tabt, da kan en Del deraf gjøres nyttig ved Batteriet; man kunde saaledes tænke sig et Batteri anbragt over Skorstenen til en Smelte- eller Glødeovn og dets Strøm benyttet til Oplysning af Fabrikslokalerne.

Det beror paa Omstændighederne, hvilket man maa bruge af de i det foregaaende omtalte Midler til Frembringelse af Elektriciteten. Denne er den samme, paa hvad Maade den end frembringes, skjønt dens Styrke kan være højst forskjellig. Man har ikke desto mindre indført to Betegnelser for den, nemlig Gnidnings- og Berørings-Elektricitet. Den første Betegnelse bruges ofte, naar man taler om de Virkninger, et Legeme kan udøve, naar man har samlet Elektricitet op i det. For at disse Virkninger skulle være tydelige, maa Elektriciteten være forholdsvis stærk (d. v. s. have et højt Potential, se S. 54 Anm.), og saadan Elektricitet tilvejebringer man simplest ved Gnidning. Elektrisermaskinen bliver i Reglen Kilden.

Navnet Berørings-Elektricitet bruges ofte, naar man taler om de Virkninger, et Legeme bliver i Stand til at udøve, eller som det selv bliver udsat for ved at gjennemstrømmes af Elektricitet. For at disse Virkninger skulle blive tydelige, behøver man i Reglen ikke stærk Elektricitet, men man maa have meget af den, for at Strømmen kan holdes gaaende i en tilstrækkelig lang Tid. Det galvaniske Element (S. 24) er derfor vel skikket til at frembringe den elektriske Strøm, og, indtil Faraday opdagede Induktionen (S. 32), var man alene henvist dertil. Faradays Opdagelse har ledet til de magneto- og dynamo-elektriske Maskiner, som nu ere vigtige Strømkilder. Da Elektriciteten i det galvaniske Element frembringes ved kemiske Processer og følgelig er betinget af, at de Stoffer, der tage Del i disse Processer (Zink og Vædske), *røre* ved hinanden, har man valgt Navnet Berørings-Elektricitet. Dette er dog et uheldigt Navn nu, da man benytter i saa stort Omfang de ovennævnte Maskiner, i hvilke der netop ingen Berøring maa finde Sted mellem de Dele (Magnet og Ledningstraad), der virke ind paa hinanden for at frembringe Elektricitet.

Det ligger i Elektricitetens Natur altid at udbrede sig over den størst mulige Flade. Udbredelsen foregaar meget langsomt i de slette Ledere. I Elektrisermaskinen fremkommer Elektriciteten, ved at en Skive af slet ledende Stof bliver gneden. For at faa den frem til det Sted, hvor den skal bruges, maa man dreje Skiven rundt, hvorved det gnedne Sted og dets Elektricitet føres hen til en Del af Maskinen, hvor Elektriciteten opfanges af en *god Leder*

(Konduktoren). Først naar den er der, har man Raadighed over den, idet man da kan føre den hen til Stedet, hvor den skal virke, blot ved at forbinde dette Sted og Konduktoren ved en Metaltraad. Selv om Traaden er milelang, gjennemløber Elektriciteten den dog i en Tid, der er forsvindende lille mod den, som Skiven bruger for at dreje sig den lille Strækning fra det Sted, hvor den har modtaget, til det, hvor den afgiver Elektriciteten (Fig. 10).

I det galvaniske Element saa vel som i de magneto- og dynamoelektriske Maskiner og i de thermoelektriske Batterier (S. 57), frembringes Elektriciteten i lutter gode Ledere (Metaller og Vædsker). Man har den altsaa strax til sin Raadighed, naar den er frembragt; og der frembringes øjeblikkeligt ny Elektricitet, saa snart den forrige er forbrugt. Hvor megen Elektricitet man faar i given Tid, beror derfor væsenlig paa, hvor hurtigt man forbruger den. Saaledes er det ikke i Elektrisermaskinen; der beror Mængden af Elektricitet paa Skivens Hastighed. Denne kan vel efter almindelige Forestillinger om stort og smaat være stor men er dog Sneglefart mod Elektricitetens Hastighed, naar den bevæger sig paa egen Haand gjennem gode Ledere, altsaa uden at noget legemligt skal slæbes med.

Endnu er det galvaniske Element den vigtigste Elektricitetskilde. Det staar stilfærdigt og passer sig selv, naar det en Gang er stillet op, og er parat, saasnart man har Brug for det. Men dets Kraft er temmelig kostbar. Ved Telegraferingen og ved Anvendelsen i det smaa af Elektriciteten spiller dette en underordnet Rolle; i Industrien derimod er Pengespørgsmaalet Hovedsagen. Betaler det sig at bruge Elektriciteten, da trænger den igjennem, hvis ikke falde dens Anvendelser bort, selv om disse ere nok saa sindrige og smukke. Her tilbyder da Dynamomaskinen sig. Den tilvirker kraftig og billig Elektricitet, men den virker først, naar Dampmaskinen, som driver den, har Damp oppe. I en stor Bedrift er dette i Reglen ingen Ulæmpe, men det bliver til det, hvor man kun har Brug for en mindre kraftig Elektricitetskilde, eller hvor man kun skal bruge denne kort Tid ad Gangen. Her er altsaa et Hul i Rækken af Elektricitetskilder: det galvaniske Element er for kostbart, og Dynamomaskinen kræver for stort et Apparat i Virksomhed. Dette Hul synes at

skulle udfyldes af Akkumulatoren. Har man Dampmaskine og Dynamomaskine til sin Raadighed, kan man, naar der er Lejlighed, lade Akkumulatorer med Elektricitet og saa tage af det opsamlede Forraad, naar man har Brug for det. Mindre Forbrugere ville kunne forsyne deres Akkumulatorer gjennem Ledningstraade fra et Centralværk for Elektricitet. Saadanne Værker ville snart rejse sig, naar Elektriciteten først er bleven en afsættelig Handelsvare.

Den mangfoldige Anvendelse, den elektriske Strøm har faaet, beror ikke paa en tilsvarende Mangfoldighed af Egenskaber ved Strømmen. Tvært imod, de Egenskaber, man gjør Brug af, ere kun faa; men Elektriciteten er en saa bøjelig Kraft, at den samme Egenskab ved den kan bruges i de forskjelligste Øjemed. I første Række maa man stille dens Evne til at udbrede sig med overordenlig stor Hastighed ad store Vejstrækninger. I den Henseende staar den lige med Lyset; men medens Lyset i Reglen kræver en ret Linie for at naa frem til sit Maal, kan Elektriciteten komme frem over alt, hvor man kan faa anbragt dens Ledningstraad. Dernæst maa fremhæves den Lethed, hvormed den elektriske Kraft omsættes i andre Naturkræfter som Bevægkraft, Varme og Lys. Paa mange Omraader, hvor man har Brug for én af disse Virksomheder, finder man sin Fordel ved at lade Elektriciteten levere den, bl. a. fordi man let kan faa den frem netop der, hvor man helst vil have den, da to Metaltraade er al den Forbindelse, der behøver at være med Elektricitetskilden. Foruden *Bevægkraft, Varme* og *Lys* kan den elektriske Strøm frembringe *kemiske* Virkninger, og sendes den gjennem et levende Væsens Legeme, har den *fysiologiske* Virkninger paa dette. Disse Virkninger er det, man har draget Nytte af paa saa mange Maader. Naar vi i det følgende omtale den elektriske Strøms Anvendelser, skal det derfor ventelig lykkes at give et Overblik over disse ved at stille de Anvendelser sammen, der ere betingede af samme Virkning af Strømmen.

III.

Bevægkraft ved Elektricitet.

1.

Telegrafen.

Elektromagneten. — Brevduen. Pnevmatisk Post. Optisk Telegraf, Polybs, Æneas og Chappes Systemer. Den optiske Telegraf tilsøs. — Elektrisk Telegraf. Naaletelegraf. Morses System. Jordplader. Skivetelegraf. Trykketelegraf. Pantelegraf. Undulator. La Cours System. Tonehjulet. Søkabler. Luft- og Jordledninger. Telegrafens Anvendelser. Ringeapparater. Lydtelegraf. — Selvvirkende Telegrafer. Bloksystemer. Anvendelse i Meteorologien.

Sender man en elektrisk Strøm gjennem to Metaltraade, faar man disse til efter Omstændighederne at tiltrække eller frastøde hinanden, altsaa udøve en mekanisk Paavirkning. Det er dog kun en svag Kraft her virker. Af stor Virkning er derimod den Bevægkraft, som Strømmen kan udøve paa Grund af sin tidligere (S. 30) omtalte Evne til at gjøre Jærn magnetisk. Sender man en stærk Strøm omkring en Jærnstang, bliver denne til en kraftig Magnet, og (hvad der har meget at sige), naar Strømmen afbrydes, forsvinder Magnetismen i Jærnet atter. Er der anbragt et Stykke Jærn (Ankeret) under Stangen, vil det kunne blive hævet med mange Punds Kraft, naar Strømmen gaar, og standses denne, vil Elektromagneten atter slippe sit Tag. Man har paa denne Maade en Bevægkraft til sin Raadighed, som er fuldkommen lydig og lyder øjeblikkelig, og som man kan byde over paa de største Afstande blot ved den Forbindelse, en Metaltraad danner. Kraften kan man efter Omstændighederne gjøre saa stor, at den kan udføre flere Hestes Arbejde, eller som i Telefonen saa lille, at dens hele Virkning er en svag Lyd.

Man bruger den elektromagnetiske Bevægkraft til at give Signaler med paa Afstand: hørlige i elektriske Ringeapparater og synlige i elektrisk Telegraf og Ur. I de senere Aar har den faaet en udbredt Anvendelse i Telefonen til at overføre Tale med. I den elektromagnetiske Kraftmaskine bruges den til at drive smaa og store

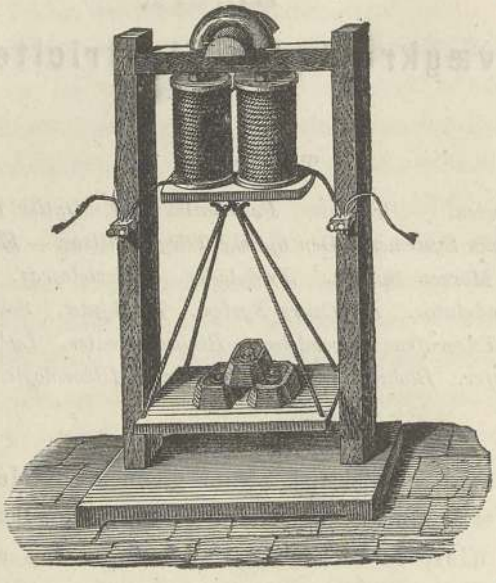


Fig. 39. Elektromagnet med Anker.

Maskiner lige fra Symaskiner til store Fabriksmaskiner og Vogne. Endnu er Kraftens Anvendelse i Telegrafien den, som spiller den største Rolle.

Mennesket har til alle Tider følt Trang til at udvide den snævre Virkekreds, hans Evner har, naar alt, hvad der skal udrettes eller erfares, er betinget af personlig Nærværelse. Denne Trang har først fremkaldt Skrivekunsten, hvorved den skrivendes Nærværelse kunde erstattes ved en andens, uden at man var udsat for, at denne anden forsætlig eller uforsætlig forvanskede Budskabet. Var Afstanden stor, kom Meddelelsen imidlertid sent. Man anlagde Veje for at fremme

Forbindelsen; men det forøgede Samkvem mellem Folkene, som Vejenes Anlæg fremkaldte, gjorde, at *Trangen* til en hurtig Forbindelse voxede stærkere end Hjælpemidlerne til en saadan. I Krigstilfælde kunde et Folks Skæbne afhænge af, om en Underretning eller Befaling kom nogle Timer før eller senere. Derfor ser man ogsaa Telegraferingen udvikle sig sammen med Krigskunsten. Det var naturligvis især i de store, sammenerobrede Stater, at man følte Trang til og derfor ivrigst søgte efter Midler til hurtigt at bringe Bud imellem fjærne Steder.

For at forkorte den Tid det tager at føre et Budskab frem paa stor Afstand, har man dels søgt Midler til at sende en Skrivelse hurtigst muligt afsted, dels har man søgt at gjøre sig forstaaelig paa Afstand ved Signaler, som kunde erstatte en Skrivelse. Den hurtige Besørgelse af et Brev har man allerede i gamle Dage opnaaet ved *Brevduen.* Dens Anvendelse er imidlertid meget begrænset, da en Due ikke kan føre meget med sig, kun kan bruges mellem to Stationer og tilmed kun kan bringe Brev den ene Vej imellem disse. Har den bragt det, maa den føres tilbage i et Bur for igjen at kunne bruges. Det er nemlig Duens Hjemkjærlighed og Evne til at finde den rette Vej, som i Forbindelse med dens hurtige Flugt gjør den saa skikket til Postbud. For at holde en gjensidig Forbindelse vedlige mellem to Steder, maa man af den Grund paa hvert Sted have Hold af Duer, som ere opfødte der. I gamle Dage var det ikke meget, man kunde meddele med en enkelt Due, da den kun kan bære en lille Vægt. Nu har man imidlertid lært at sende tusinder af Ord med den. Det er her som saa ofte Nøden, der har været Læremesteren.

Ved Paris's Belejring 1870—71 vare henved 2 Millioner Mennesker afskaarne fra regelmæssig Forbindelse med Yderverdenen. Ved dristige Ballonfarter over de prøjssiske Linier bragtes der Bud fra Byen til Provinserne, men det omvendte kunde vanskeligt iværksættes, da 99 af 100 Forsøg paa at naa Paris fra Omverdenen med Ballon vilde mislykkes. Men her kom Brevduen til Hjælp; Ballonerne, som forlode Byen, medtoge Duer, som havde hjemme der, og med disse sendtes der Brevskaber tilbage. Brevenes Vægt maatte gjøres overordenlig lille. I Begyndelsen bleve disse skrevne saa fint som muligt,

men senere lod man dem trykke og ved Fotografi overføre stærkt formindskede paa en Kollodiumshinde, der var stærk nok til at holde sammen under Rejsen og overordenlig let. Paa denne Maade kunde et enkelt Kollodiumsblad, der var 7—8 Kvadrattommer stort, indeholde hvad der var trykt paa 48 Sider i Oktav, det vil sige 1000 Depecher, hver paa 15 Ord. Bladet blev rullet sammen og stukket ind i en Pennepose, der blev bunden til en af Duens Halefjer. Naar Dyret var kommen til Paris, blev Bladet oprullet og lagt mellem to

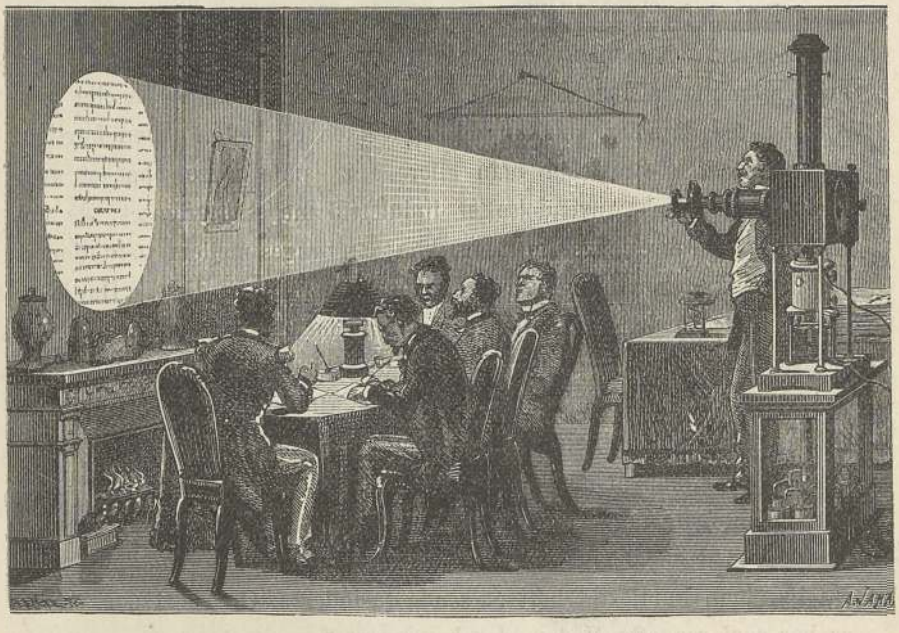


Fig. 40. Brevduedepecher læste ved elektrisk Lys.

Glasplader. Ved at belyse disse elektrisk i et Projektionsapparat (en stor Laterna magica, Fig. 40) blev der kastet et forstørret Billede af Bladets Indhold paa en hvid Skærm. De fraværende Parisere fik Tilladelse til at benytte denne snilde Brevbesørgelse og brugte Tilladelsen i stort Omfang.

For at sende Breve hurtigt fra Sted til andet bruger man nu i flere større Byer den *pnevmatiske Post*. Lange Rør ere nedlagte i Jorden, og gjennem disse blæses som i et Pusterør smaa Vogne eller

Hylstre med deres Indhold af Breve, ved at man pumper Luft ind bag ved eller fortynder Luften foran.

For at omsætte Ordene i Tegn og saaledes paa en Maade skrive saa tydeligt, at det kunde læses paa stor Afstand, har man brugt iøjnefaldende Signaler, frembragte ved Flag eller ved Ilden fra Blus og Fakler. Den græske Militærhistoriker Polybius, der levede i det andet Aarhundrede f. Chr. og selv var Hærfører, forbedrede Fakkeltelegraferingen. Han delte Alfabetet i 5 Afdelinger; de 4 første indeholdt hver 5, den sidste 4 Bogstaver. De to Stationer, mellem hvilke der skulde telegraferes, laa saaledes, at man kunde se fra den ene til den anden. Paa hver Station var der rejst to Skærme i nogen Afstand fra hinanden, bag hvilke den telegraferende var anbragt med 5 Fakler. Skulde der telegraferes, gaves der et Signal, som blev besvaret fra den anden Station til Tegn paa, at man der var rede til at modtage Telegrammet. Dette blev nu meddelt, ved at Bogstav for Bogstav gaves til kjende med Faklerne. To Fakler over Skærmen til højre og tre over den til venstre betød f. Ex. det andet Bogstav i den tredje Afdeling.

Polybius fortæller om en mærkelig Krigstelegraf, som en Mand ved Navn Æneas havde indrettet. Som bekjendt brugte Grækerne Vand-Ure. Et saadant kan tænkes bestaaende af et Kar med et Hul, der kan lukkes med en Prop tæt ved Bunden. Hælder man Vand i Karret og lader en Korkplade svømme deri, vil den synke tillige med Vandet, naar Proppen tages ud. Har man fæstet en lodret Stang midt i Korkpladen og derpaa afsat et Mærke med Tal for hver af Dagens Timer, kan Klokkeslettet angives ved det Mærke, der er i Højde med Karrets Rand. Saadanne to Vand-Ure, der gik ens, vare opstillede paa de to Stationer; paa Stængerne stod der imidlertid ikke Tal, men der stod skrevet forskjellige Ting, som kunde ventes at ville indtræffe, og som det var af Vigtighed at melde. Til disse Ting var Telegrafens Virksomhed altsaa begrænset. Skulde en Efterretning bringes videre, og de første Signaler vare vexlede, gav Afsenderen et Signal, der betød, at Modtageren skulde tage Proppen ud af Hullet i sit Kar, hvilket Afsenderen ligeledes gjorde ved sit Kar umiddelbart efter at have givet Signalet. Der blev altsaa lukket op for

Vandet paa samme Tid begge Steder. Afsenderen iagttog nu den synkende Stang i sit Kar, og naar den Sætning, han vilde melde, kom i Højde med Karrets Rand, satte han igjen Proppen i og gav saa strax efter et Signal, der havde til Følge, at ogsaa Modtageren næsten samtidig satte sin Prop i. Da hans Stang sank lige saa hurtig som Afsenderens og indeholdt de samme Sætninger i samme Orden, maatte han læse den samme Sætning over Karrets Rand, og Meddelelsen var altsaa bragt videre ikke blot til den anden Station men tillige til alle de følgende, saa hurtigt som Signalerne kunde besørges. Carthagenienserne telegraferede paa den Maade fra Afrika til Sicilien. Den gamle Sætning: der er intet nyt under Solen, venter man ikke at finde bekræftet ved Telegraferingskunsten, og dog kan man i Polybs Telegraf se Forbilledet for Morses og dermed beslægtede Telegraferingssystemer og i Æneas's for de sindrige Systemer af Hughes (Trykketelegrafen, hvor Depechen trykkes med sædvanlige Bogstaver) og af Caselli (Pantelegrafen, hvor Afsenderens Haandskrift gjengives).

Der skete ikke noget stort Fremskridt i Telegraferingskunsten før i Slutningen af forrige Aarhundrede, da Franskmanden Claude Chappe i Forening med sine Brødre opfandt og udførte sin optiske Telegraf. Ved denne blev det muligt at sende fuldstændige Depecher med en indtil da ukjendt Hurtighed. Det var under Revolutionstiden, de udførte deres Arbejde, og den første Depeche, som blev afsendt, indeholdt Budskab om en Sejr for Republikens Hær (Condés Indtagelse 1794). Kort efter Afsendelsen havde Hæren Nationalkonventets Svar: «Nordarmeen har gjort sig værdig til Fædrelandets Paaskjønnelse».

I tidligere Telegrafsystemer bleve Signalerne, som dannede Bogstaverne, i Reglen gjorte forskjellige, ved at det samme Grundsignal (Tilsynekomst af et Flag eller en Fakkel) blev gjentaget flere eller færre Gange. I Modsætning til denne Fremgangsmaade, der tog lang Tid, fandt Chappe paa et Middel, hvorved han kunde frembringe saa mange fra hinanden forskjellige og i stor Afstand synlige enkelte Tegn, at han kunde betegne hvert Bogstav med sit særlige Tegn, eller betegne hvert Ord i en for Telegraferingen indrettet Ordbog. Et

Tegn angav Sidetallet i Ordbogen, et andet Ordets Plads paa Siden. Det var altsaa en virkelig Fjærnskriver (Telegraf). Exempler paa de Tegn, Chappe dannede, ere fremstillede i Fig. 41. De bleve alle tilvejebragte ved et Stel af tre Stænger, som vare forbundne med hverandre ved Led. En Telegraflinie blev dannet ved en Række Stationer, hvoraf hver bestod af en Bygning, som laa saa højt, at man fra den kunde se til de to Nabostationer (Fig. 42). Fra Taget førte en 7—8 Alen høj Stang i Vejret. Paa den øverste Ende af Stangen var der anbragt en Vippe, omtrent som man ser dem paa Signalstængerne ved Jærnbanerne. Denne kunde gives forskjellige Stillinger ved Kjæder, der førte ned til en Vinde i Bygningen. Paa hver Ende af Vippen var der anbragt en Vinge, som Telegrafisten i det indre af Bygningen ligeledes kunde give forskjellige Stillinger uafhængigt af den, han havde givet Vippen. Han var saaledes i Stand til at give ethvert af de nedenstaaende Tegn og desuden 186 andre blot ved at gjøre

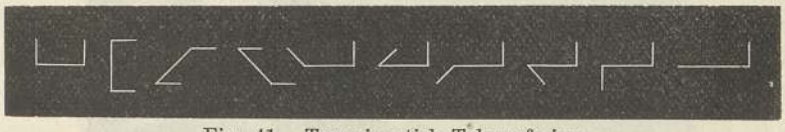


Fig. 41. Tegn i optisk Telegrafering.

3 Haandgreb hver Gang. I Taarnet havde Telegrafisten en Model af Vippestellet for Øje; den var forbunden saaledes med den hele Mekanisme, at den altid indtog samme Stilling som den store Vippe over Taget. De fleste Stationer vare simpelt hen Overbringere af Tegnene. Kun Endestationerne og maaske enkelte af de mellemliggende vare bestemte til Modtagelse af Depecher, og kun paa disse havde man Nøglen til Forstaaelse af Tegnene; de andre bragte dem mekanisk videre.

Ved den hurtige Besørgelse opnaaede man blandt andet at bøde noget paa Hovedmanglen ved den optiske Telegraf, som bestaar i, at man er hindret i at telegrafere i usigtbart Vejr. De lange Afbrydelser, som skyldtes Taage og uklart Vejr staa endnu for manges Erindring. Ikke sjældent lød Svaret paa et Telegram: Afbrudt paa Grund af Taage, ved et Signal, som var et af de faa, hvis Betydning

kjendtes paa Mellemstationerne. Jo hurtigere et Telegram kunde affærdiges, des bedre var man imidlertid i Stand til at bruge kortvarige Opklaringer i Vejret. Fra Paris til Lille, henved 30 Mil, var et enkelt Signal kun to Minuter under Vejs.



Fig. 42. Optiske Telegrafstationer.

Det varede ikke længe, før man førte Linier ud over hele Landet fra Paris. Napoleon benyttede sig meget af den optiske

Telegraf. 1801 førte han en Linie frem fra Paris til Milano. 1802 blev Telegrafen indført i Danmark. Korsør og Nyborg kom saaledes i Forbindelse med hinanden med Sprogø som Mellemstation.

Den optiske Telegraf hævdede længe sin Plads ved Siden af den elektriske især i sit Hjemland. Der staar endnu enkelte af de ejendommelige Stationsbygninger tilbage; men den Vejfarende ser ikke længer de store Vinger bevæge sig, hvis hemmelighedsfulde Tegn man før saa nysgjerrigt iagttog. Nu bruges den optiske Telegraf kun paa Steder og under Forhold, hvor man vanskelig kan tilvejebringe en elektrisk Forbindelse og efter Omstændighederne maa man hjælpe sig med forskjellige Midler til Tilvejebringelse af Signalerne. Under Krigsforhold vil man ofte være henvist til den optiske Telegraf, fordi den elektriske Felttelegraf kræver et stort Materiel, som ikke altid kan være tilstede, hvor man har Brug for det; dens Opstilling kræver Tid og — hvad der har mest at sige — den kan slet ikke føres frem over en Egn, som er besat af Fjenden. I den nordamerikanske Borgerkrig spillede den optiske Telegraf en stor Rolle ved at tilvejebringe Forbindelse mellem adskilte Hærafdelinger. Til Signaler bruges om Dagen Flag, som svinges til højre eller venstre, om Natten Fakler. Skinner Solen, kan man kaste Glimt langt hen ved et Spejl; i Englændernes Krig med Zulukafferne tilvejebragte man en Gang en telegrafisk Forbindelse ved et almindeligt Barberspejl. I fremtidige Krige vil det elektriske Lys sikkert komme til at spille en stor Rolle ved Signalgivning paa Afstand. Mellem Skibe indbyrdes og mellem Stationer paa Kysterne og forbisejlende Skibe er der nu oprettet en international Telegrafforbindelse, hvorved der kan udvexles Meddelelser, uden at de vedkommende behøve at forstaa hinandens Sprog. Hvert Skib eller Station har en Ordbog affattet i Hjemlandets Sprog, hvor Signalernes Betydning findes. Disse ere de samme i alle Landes Ordbøger og danne altsaa et Slags Skriftsprog uden tilsvarende Talesprog.

Naar man bruger en Ordbog, kan Meddelelsen besørges hurtigere, end naar man telegraferer Bogstav for Bogstav; da selv den fuldstændigste Ordbog imidlertid ikke altid kan slaa til, har man i Marinen ved Siden af Ordbogstelegrafen ogsaa et Bogstavtelegraferings-

system; naar man vil bruge det, maa man først give det tilkjende ved et særegent Signal »Telegrafflaget«.

Ved de tidligere omtalte Telegrafsystemer, der alle vare optiske, maatte man kunne se fra den ene Station til den anden. Her kunde altsaa dels Havet, dels Terrænforholdene paa Landjorden lægge Hindringer i Vejen for at føre Linierne frem, og Arbejdet paa disse blev let standset af Vejrforholdene. Signalerne paa den optiske Telegraf vare synlige for alle, saa at man blot behøvede at kjende Nøglen til Tegnenes Forstaaelse for at læse Telegrammet. Man søgte derfor efter andre Midler end Lyset for at tilvejebringe Forbindelse med fjærne Steder. En tæt Rørledning fuld af Luft eller Vand kunde her gjøre Tjeneste, idet et Tryk paa Rørets Indhold ved den ene Ende hurtigt vilde forplante sig til den anden og dér let kunde benyttes til at give et Signal; men saadanne Ledninger kunne aabenbart ikke gjøres meget lange. En Snor eller Metaltraad kunde ogsaa bruges til ved et Træk at forplante Signalet; det sker i Virkeligheden ogsaa i stort Omfang, thi enhver Klokkestræng er jo en Telegraftraad, men heller ikke den kan som bekjendt gjøres meget lang. Den mekaniske Kraft kan altsaa hverken paa den ene eller den anden Maade bruges til egenlig Telegrafering.

Da man havde opdaget Elektricitetens Evne til hurtig at forplante sine Virkninger gjennem en tynd Metaltraad, varede det ikke længe, før man forsøgte at drage Nytte deraf i Telegraferingen. Ere to Steder forbundne ved en isoleret Metaltraad, som det ene Sted er ført hen til en Elektrisermaskine, det andet Sted forbunden med et Elektrometer (S. 22), da kan man faa dettes Viser til at bevæge sig, naar man lader en elektrisk Gnist slaa fra Maskinen over i Traaden; man kan altsaa give et Signal gjennem denne. Selv bortset fra at den Kraft, hvormed Viseren bevæges, kun er svag, blev denne Fremgangsmaade umulig i Praxis. En Elektrisermaskine faar man vanskelig til at virke i fugtigt Vejr inde i en Stue, fordi den fugtige Luft

borttager Elektriciteten, men hvorledes skulde man da holde sammen paa den i en milelang Traad. Elektrisermaskinen har sin Styrke i at kunne sammentrænge Elektriciteten, som slipper ud paa én Gang, naar Gnisten viser sig; men netop fordi den er saa stærkt sammentrængt, har den stor Tilbøjelighed til at udbrede sig og er derfor vanskelig at holde sammen paa.

Anderledes forholder det sig med det galvaniske Element, hvis Elektricitet strømmer med ringe Spænding i en jævn Strøm gjennem Traaden og derfor let kan isoleres. Da man havde lært dets Egenskaber at kjende, varede det derfor ikke længe, før man indsaa, at hvis en elektrisk Telegraf skulde lykkes, maatte det være ved Hjælp af det galvaniske Element. 20 Aar hengik imidlertid, efter at Volta Aar 1800 havde givet dette Middel til Frembringelse af den elektriske Strøm, før man fandt en Virkning af denne, som kunde bruges til at meddele sikre Signaler gjennem den Traad, som Strømmen gjennemløber. Det var Strømmens Virkning paa en Magnet (S. 30), som Ørsted opdagede 1820, der gav den praktiske Løsning paa Spørgsmaalet. Har Ørsted da opfunden den elektromagnetiske Telegraf? Nej, men han har lagt Grunden til den; der maatte atter hengaa 20 Aar efter hans Opdagelse, før den af Andre blev udnyttet paa en saadan Maade, at den kunde bruges i Praxis.

Grunden til at det kunde vare saa længe, før Elektromagnetismen for Alvor blev brugt til Telegrafering, maa vist nok søges i den Omstændighed, at Trangen til en Forandring i det bestaaende ikke var saa stor, at man vilde indlade sig paa noget nyt. Den optiske Telegraf, som nu i lang Tid havde staaet sin Prøve, kunde endnu nogenlunde svare til, hvad det forhaandenværende Samkvem fordrede. Man nøjedes derfor i den første Tid med at gjøre Forsøg i det smaa med den elektriske Telegraf.

Det er ikke meget, der behøves for at tilvejebringe en elektrisk Signalforbindelse mellem to Steder f. Ex. Kjøbenhavn og Roskilde. I Kjøbenhavn opstiller man et galvanisk Batteri, fra hvis ene Pol man fører en Traad isoleret til Roskilde. Her fører man den hen over et Kompas parallelt med dettes Naal og lader den derpaa fortsættes tilbage til Kjøbenhavn med en anden Traad »Tilbagetraaden«,

som forbindes med Batteriets anden Pol. Forbindelsen mellem dette og de to Traade sker gjennem et lille Apparat, man kalder en Kommutator, ved hvilket den positive Elektricitet kan sendes ud, efter som man vil, i den ene eller den anden af de to Traade. Kommutatoren kan tillige stilles saaledes, at Forbindelsen afbrydes. Herved kan man faa Kompasnaalen til efter Omstændighederne at dreje sig til højre eller til venstre eller blive i Ro. Af disse Bevægelser lader der sig let danne et Alfabet ligesom af Prikker og Streger i det sædvanlige Telegrafsystem og ligesom ved Faklerne til højre og venstre i Polybs Telegraf. De lærde Tyskere Gauss og Weber dannede en saadan Telegraflinie i 1833; den var en halv Fjerdingvej lang og førte fra det fysiske Kabinet i Göttingen til det magnetiske Observatorium. Efter samme Princip telegraferes der endnu mange Steder i England (Naaletegrafen), ligesom ogsaa Kabeltelegrammerne over Atlanterhavet besørges paa denne Maade. Telegrafisten, som skal aflæse et saadant Telegram, maa imidlertid have Øjnene godt med sig. Et Telegram paa 20 Ord bliver dannet af flere hundrede Tegn, som alle skulle optegnes, og hvoraf helst ingen maa undgaa Opmærksomheden. Naalens Slag bleve vel af Steinheil i München brugte til at sætte Mærker paa to forbiløbende Papirsstrimler og saaledes optegne Telegrammet uafhængigt af Telegrafistens Paapassenhed; men da det er en temmelig ringe Kraft, der bevæger Naalen, vil man ikke altid kunne stole paa, at ethvert Mærke bliver tydelig afsat.

For at faa Strømmen til at frembringe en Bevægkraft i Telegrafapparatet, der var stor nok, til at man turde overlade det alene til Apparatet at opskrive Telegrammet, tyede Morse til Elektromagneten. Fig. 43 forestiller to Stationer, der ere forbundne ved to Traade; den punkterede er Tilbagetraaden. Paa den ene Station findes Batteriet *L*, forbundet med Traaden ved en saakaldt Nøgle *S*. Trykker man paa den, sendes Strømmen afsted; slipper man, vil Strømmen afbrydes. Ved den anden Station ses Traaden at være viklet om en lodret Jærnstang, og derefter fortsat med Tilbagetraaden. Over Stangen, som i Forbindelse med Traaden danner en Elektromagnet, hænger der vandret en mindre Jærnstang (Ankeret) paa Enden af en Vægtstang *V*, som ved den anden Ende har

en Modvægt. Trykker man paa Nøglen ved den første Station, vil Strømmen gaa om Elektromagneten og vil derved kunne trække

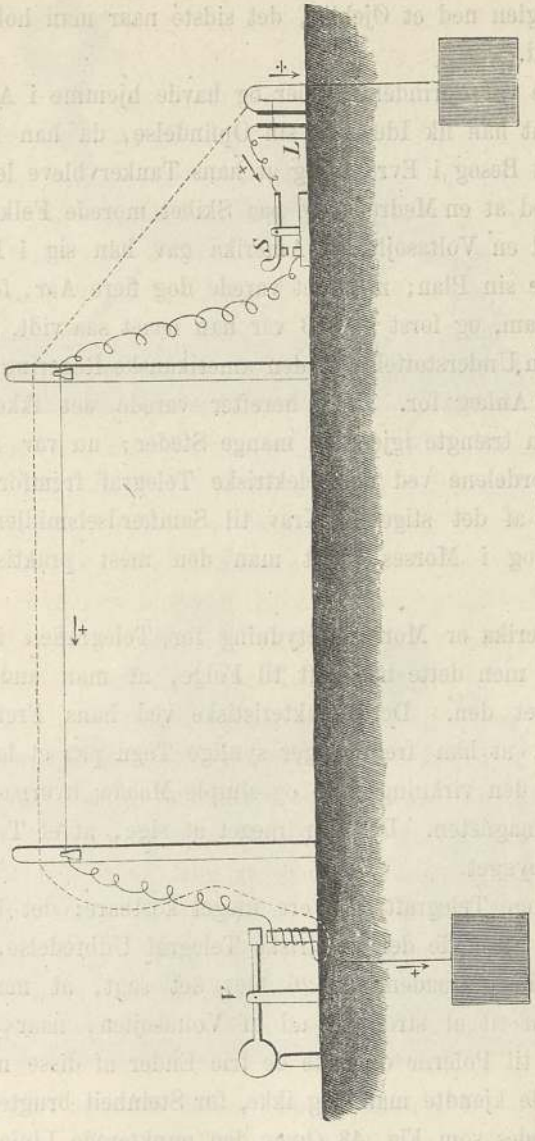


Fig. 43. En elektromagnetisk Telegrafforbindelse.

Ankeret ned med en betydelig Kraft. Det Slag, som herved fremkaldes, kan let bruges til at sætte et Mærke i en forbiløbende Papirs-

strimmel. For at faa to forskjellige Signaler, som ere nødvendige til Dannelsen af et nogenlunde simpelt Alfabet, lod Morse Apparatet tegne enten Prikker eller Streger. Det første sker, naar man kun trykker Nøglen ned et Øjeblik, det sidste naar man holder den nede i nogen Tid.

Morse var oprindelig Maler og havde hjemme i Amerika. Man fortæller, at han fik Ideen til sin Opfindelse, da han i 1832 rejste hjem fra et Besøg i Evropa, og at hans Tanker bleve ledede i denne Retning, ved at en Medrejsende paa Skibet morede Folk ved at gjøre Forsøg med en Voltasøjle. I Amerika gav han sig i Færd med at virkeliggjøre sin Plan; men det varede dog flere Aar, før man hørte noget fra ham, og først i 1843 var han naaet saa vidt, at han kunde skaffe sig en Understøttelse af den amerikanske Regering til at udføre et virkeligt Anlæg for. Men herefter varede det ikke længe, før hans System trængte igjennem mange Steder; nu var nemlig efterhaanden Fordelene ved den elektriske Telegraf fremfor den optiske paa Grund af det stigende Krav til Samfærdselsmidlerne gaaet op for Folk, og i Morses fandt man den mest praktisk Form for Telegrafen.

I Amerika er Morses Betydning for Telegrafien bleven meget overdreven, men dette har haft til Følge, at man andet Steds har undervurderet den. Det karakteristiske ved hans Fremgangsmaade er ikke det, at han frembringer synlige Tegn paa et løbende Papir, men det er den virkningsfulde og simple Maade, hvorpaa han anvender Elektromagneten. Det har meget at sige, at et Telegrafapparat er simpelt bygget.

De lange Telegraftraade ere meget kostbare; det bidrog derfor ikke lidt til at skaffe den elektriske Telegraf Udbredelse, at Steinheil afskaffede Tilbagetraaden. S. 26 blev det sagt, at man kunde faa Elektriciteten til at strømme ud af Voltasøjlen, naar man fæstede Metaltraade til Polerne og førte de frie Ender af disse ned i Jorden. Denne Maade kjendte man dog ikke, før Steinheil brugte den i Telegrafien saaledes som Fig. 43 (hvor den punkterede Linie skal tænkes borte) viser. Den ene Poltraad føres strax paa Stedet ned og ender i en »Jordplade«, der er en Plade af Kobber, som er gravet saa

langt ned i Jorden, at den altid er omgiven af Vand, for at Elektriciteten hurtig kan optages (jvnfr. Lynafledereren S. 5). Den anden

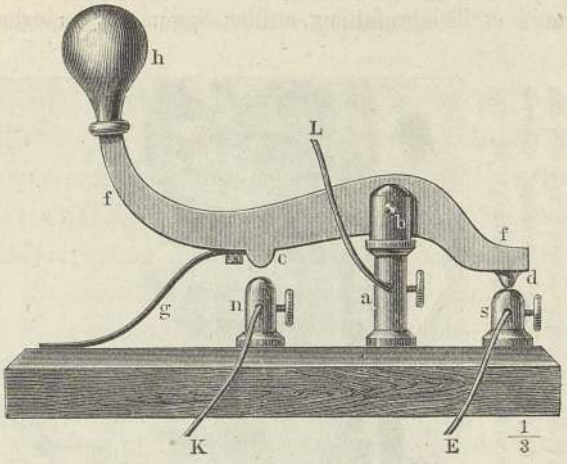


Fig. 44. Telegrafnøglen.

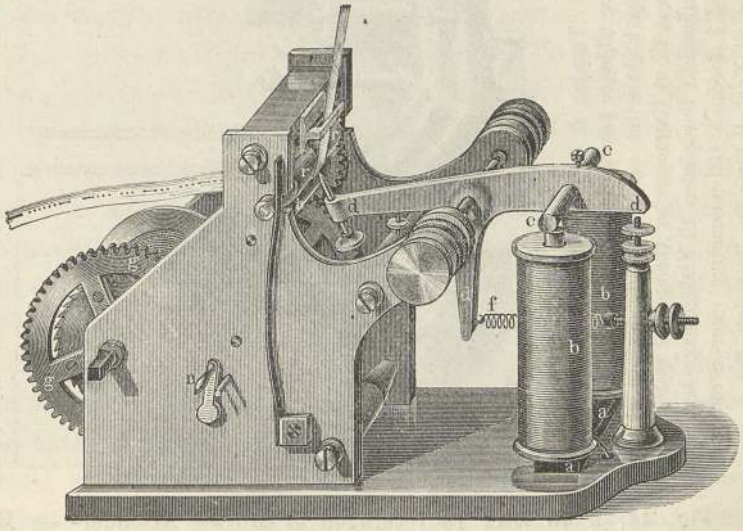


Fig. 45. Morses Telegrafapparat.

Poltraad er Telegraftraaden, der fører ned til en Jordplade paa den anden Station i Steden for at fortsættes med Tilbagetraaden. De

Forsøg, hvorpaa Telegrafen blev grundet, bleve foretagne inden for fire Vægge, hvor Forbindelsestraadenes Længde ikke spillede nogen Rolle. Med de milelange Telegraftraade, hvis Anskaffelse volder Hovedudgiften i et Telegrafanlæg, stiller Sagen sig anderledes.

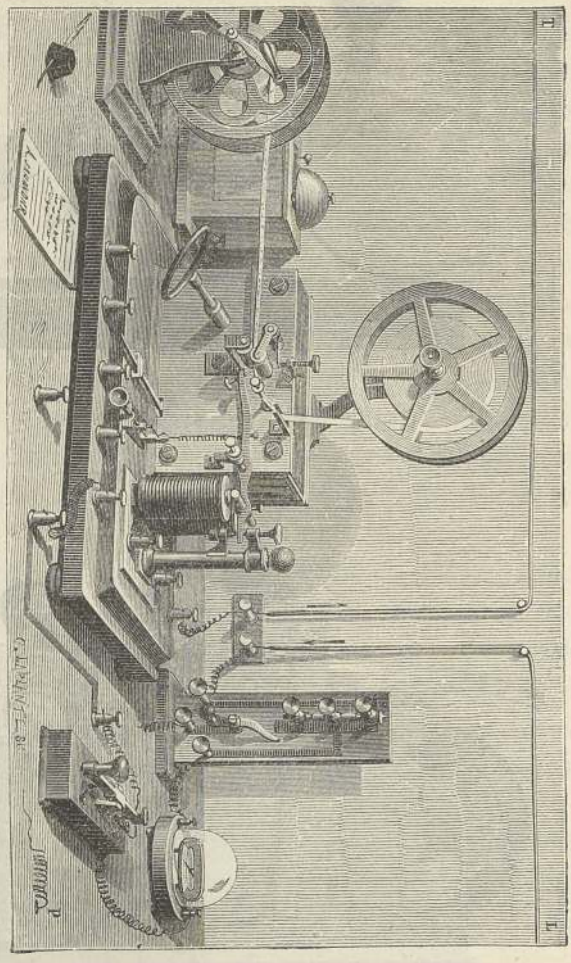


Fig. 46. Telegrafstation efter Morses System. Traaden *L* er en Fortsættelse af Telegraftraaden. Strømmen føres først til en Opstander til højre paa Bordet, hvor man ved et Haandtag kan tilvejebringe Afledning for Atmosfærens Elektricitet ved en Traad, der ses at gaa ned ad igjennem Bordet. Strømmen gaar dernæst til et Galvanometer (længst til højre); derfra til Nøglen og derfra atter gjennem et Metalbaand i Bordpladen til Elektromagneten. Fra denne gaar Strømmen gjennem Traaden *T* ned i Jorden. Galvanometret viser Strømmens Styrke. Traaden *P*, der skal fastskrues til Nøglen, fører fra Batteriets Pol.

Fig. 44 og 45 viser Indretningen af Morses Afsender- og Modtagerapparat, det vil sige Nøglen og Elektromagneten med Tilbehør. *b b* (Fig. 45) er Elektromagneten, hvis Traad er en Fortsættelse af Telegraftraaden. Naar Strømmen gaar, tiltrækkes Jærnstangen *c c*, og trækker Vægtstangen *d d* med sig. Ophører Strømmen, føres Vægt-

stangen tilbage ved Fjederen *f*, der erstatter Modvægten i Fig. 43. Ved Vægtstangens Slag slaar en til Enden af Vægtstangen fæstet Staalspids Mærker i den Papirsstrimmel, der ses at løbe forbi mellem Rullerne *r*, hvilke drejes rundt ved et simpelt Urværk *g*.

Nøglens Indretning forstaas let ved et Blik paa Fig. 44. Traaden *K* fører til én af Batteriets Poler, *L* til Telegraftraaden, *g* er en Fjeder, der holder *c* og *n* og derved Batteri og Telegraftraad adskilte, medens et Tryk med Haanden paa Elfenbensknappen *h* (isolerende Stof) bringer dem i Forbindelse med hinanden.

Paa hver Station er der selvfølgelig baade Nøgle og Skriveapparat*). De ere forbundne ved Traaden *E* (Fig. 44). Som Nøglen staar i Fig. 44, kan en Strøm, der maatte komme fra en anden Station gjennem Telegraftraaden finde frem til Skriveapparatet ad Vejen *L a b d s E* (jvf. Fig. 46).

Der hører adskillig Øvelse saa vel til at afsende et Telegram efter Morses System som ogsaa til at læse det. Da det f. Ex. i Jærnbanetjenesten kan være af Vigtighed, at ogsaa andre end de særligt indøvede kunne sætte sig i telegrafisk Forbindelse med hverandre, har man indrettet *Skivetelegrafen*, hvor en Viser ved et Urværk drejes hen over en Skive, der indeholder Bogstaver og Tal og bringes til at pege paa det Tegn, man vil meddele, ved den elektriske Strøm. Fig. 47 fremstiller Modtagerapparatet. For i faa Ord at give en Forestilling om dets Mekanisme, ville vi minde om, hvad der sker, naar man tager Pendulet af et almindeligt Stueur. Uret mangler da sin Regulator; man hører en rask Dikken, og Viserne gaa med uvant Hastighed hen over Skiven. Man kan standse denne Fart ved at fastholde en Staaltraadsbøjle, som svinger frem og tilbage inden i Uret. Slipper man den, tager Uret strax fat igjen. Som et saadant Ur uden Pendul, maa Skivetelegrafen betragtes. Naar der ikke telegraferes, er det imidlertid hindret i at gaa; men i Værket findes der en Elektromagnet, som ved sin magnetiske Tiltrækning kan udtrække

*) Er Ledningen saa lang, at Strømmen af den Grund bliver for svag til at kunne skrive sikkert, benyttes det saakaldte Relais; Vægtstangen *d d*'s Bevægelse (Fig. 45) tjener da blot til at slutte Ledningen for et Batteri, der staar paa Modtagerstationen (Lokalbatteriet); dettes Strøm lader man arbejde i Skriveapparatet.

det Stykke, som hindrer Gangen. Naar man sender en Strøm gjennem Elektromagnetens Traad og atter afbryder den, vil Urværket derfor

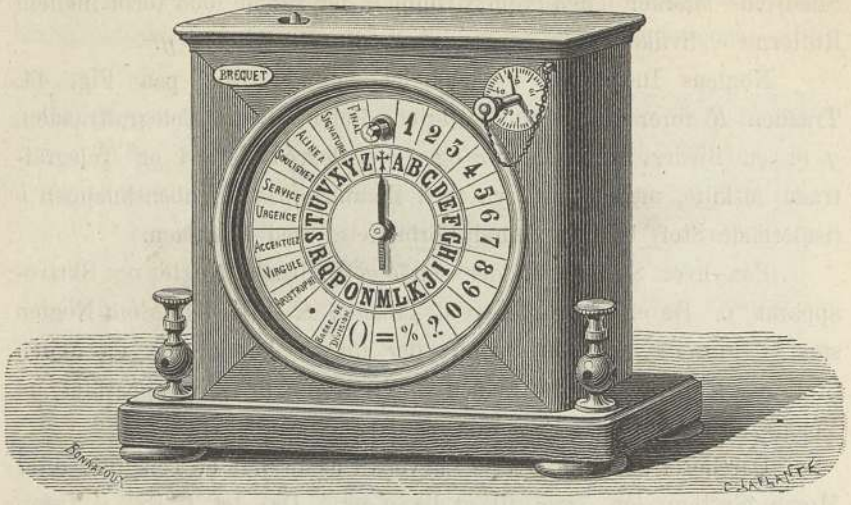


Fig. 47. Skivetelegrafens Modtagerapparat.

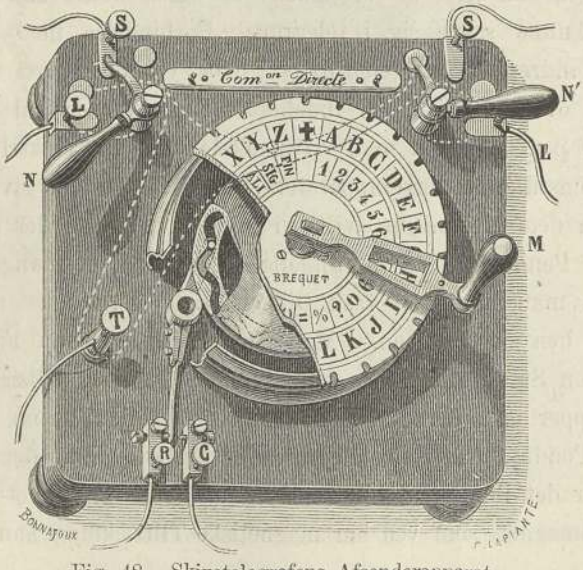


Fig. 48. Skivetelegrafens Afsenderapparat.

faa Lov til at gaa saa længe, at Viseren bliver flyttet fra et Bogstav til det næste. Vil man f. Ex. telegrafere Bogstavet H, maa man 8 Gange sende Strømmen af Sted og atter afbryde den.

Afsenderen Fig. 48 er lige saa let at bruge som Modtageren er let at aflæse; man har blot at dreje Haandtaget *M* fra sin øverste

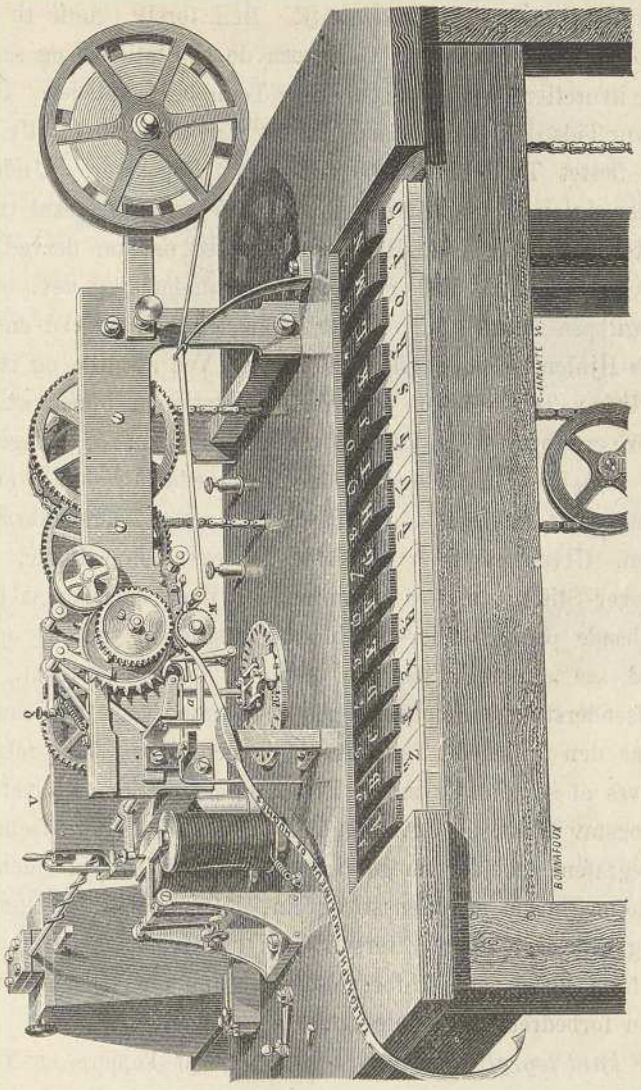


Fig. 49. Hughes Trykketelegraf.

Stilling til Bogstavet, der skal telegraferes. Det er nemlig indrettet saaledes, at der sendes en Strøm af Sted, hver Gang Haandtaget gaar fra et Bogstav til det næste. Skal Bogstavet E følge paa H, maa

man imidlertid ikke gaa tilbage over G og F, men maa gaa frem ad over alle de andre Bogstaver; dette forsinker Telegraferingen meget.

Det blev sagt S. 66 at Æneas' Telegraf kunde betragtes som Forbillede for Hughes *Trykketelegraf*. Den første brugte to Vandure, der bleve satte samtidig i Gang paa de to Stationer og samtidig standsede, hvorefter de viste det samme Tegn begge Steder. Hughes har to af vor Tids Ure, der gaa ens. Paa et af Hjulene i hvert Ur er der i Randen fæstet Typer med alle Alfabetets Bogstaver. Under det bevæger der sig en Papirsstrimmel, hvorpaa Telegrammet skal trykkes. Telegrafisten sender en elektrisk Strøm af Sted og faar derved begge Urværker sat i Gang. Ved en ny Strøm undersøges det, om det samme Tegn paa samme Tid er over Papirsstrimlen, og ved en tredie Strøm, om Hjulene gaa nøjagtig lige hurtig. Ved at stille og regulere sit Urværk kan Telegrafisten paa Modtagerstationen opnaa at begge Betingelser ere opfyldte. Ved at trykke paa den af Tangenterne (Fig. 49), som bærer det Bogstav, der skal meddeles, skydes en Stift op gjennem et af Hullerne i den Plade, der ses at være anbragt paa Bordpladen. Urværket drejer en Slæde hen over denne Plade. Glider den hen over Stiften, sluttes Strømmen, hvilket bevirker at Papirsstrimlen baade paa Afsender- og Modtagerstationen trykkes op mod Typehjulet, saa at det Bogstav, der netop er for, bliver trykt. Dette er paa Afsenderstationen nødvendigvis det samme som det, der staar angivet paa den anslaaede Tangent, thi Typehjul og Slæde følges ad, da de drives af samme Urværk. Paa Modtagerstationen bliver ogsaa samme Bogstav trykt, da Urværket der jo er stillet efter Afsenderens. Trykketelegrafen arbejder meget hurtigere end Morses, men dens Mekanisme er meget sammensat og fin, hvorfor den let kommer i Uorden og kræver hyppigt Eftersyn; den har derfor ikke, trods sine Fortrin, faaet nogen stor Udbredelse. Nordmanden Olsen har konstrueret en forbedret Trykketelegraf.

Ved *Pantelegrafen* er man i Stand til at kopiere en Tegning eller Haandskrift. Den beror ogsaa paa to ensartede Bevægelser paa de to Stationer. Strømmen bringes til at skrive, ved at en Jærnstift, hvorigjennem den gaar, føres frem og tilbage af et svingende Pendul hen over et Stykke Papir, der er befugtet med en Opløsning af gul

Cyanjærnkalium (Fig. 50). Over alt hvor Stiften gaar hen, vil den farve Papiret blaat, idet den elektriske Strøm paavirker Vædsken, som det indeholder, kemisk, hvorved den omdanner Cyanjærnkaliet til

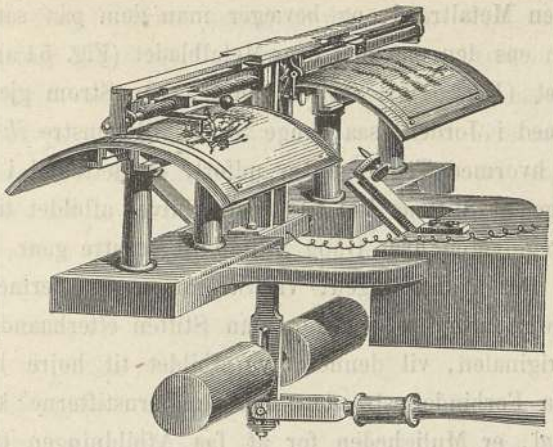


Fig. 50. Pantelegrafens Skriveapparat. Jærnstiften bæres af en Arm, der gaar ud fra en lodret Vægtstang. Denne drejes af Pendulet om en Axe, som falder sammen med den, der bestemmer Papirets Krumning.

Berlinerblaat. Da Stiften flyttes lidt til Siden, for hver Gang den er gaaet over Papiret, vil der tegnes en Række parallele Streger. Disse ville afbrydes, hver Gang Strømmen afbrydes.



Fig. 51 a.



Fig. 51 b.

Lad Fig. 51 a forestille en Tegning, som skal kopieres, og antag at den er udført paa et Blad af Metal med en Farve, som ikke tillader Strømmens Gjennemgang. Man sætter Metalbladet i For-

bindelse med den positive Pol af et galvanisk Batteri, hvis negative Pol er afledet til Jorden. I Fig. 51 b tænkes der anbragt et med Cyanjærnkalium befugtet Stykke Papir paa en Metalplade, som staar i ledende Forbindelse med Jorden. Har man nu forbundet to Jærnstifter ved en Metaltraad, og bevæger man dem paa samme Tid og fuldkommen ens den ene hen over Metalbladet (Fig. 51 a), den anden over Papiret (Fig. 51 b), da vil der gaa en Strøm gjennem Cyanjærnkaliet ned i Jorden, saa længe Stiften til venstre *ikke* gaar over den Farve, hvormed Tegningen er udført, og dette vil i Følge ovenstaaende sige, at Stiftens Vej til venstre bliver afbildet til højre med en blaa Streg. Men hver Gang Stiften til venstre gaar hen over en eller anden Del af Tegningen, vil Strømmen og dermed den blaa Streg til højre afbrydes. Fører man Stiften efterhaanden over alle Dele af Originalen, vil denne blive afbildet til højre lys paa blaa Grund. Da Forbindelsestraaden mellem Jærnstifterne kan være en Telegraftraad, er Muligheden for at faa Afbildningen frem i Miles Afstand fra Originalen godtgjort. I Virkeligheden indrettes det saaledes, at Afbildningen tegnes ved blaa Streger paa lys Grund; det vilde dog føre os for vidt at gaa nærmere ind paa, hvorledes dette sker, saa meget mere som Pantelegrafen hidtil ikke har faaet nogen praktisk Betydning.

Ved stærkt benyttede Telegrafforbindelser er det af Vigtighed at faa hvert enkelt Telegram besørget saa hurtigt som muligt, da man saa kan nøjes med færre Traade. Det samme vilde naas, hvis man kunde besørge flere Telegrammer paa én Gang gjennem samme Ledning. Det store nordiske Telegrafselskab bruger den af Ingeniør Lauritzen, konstruerede hurtige Slangetelegraf eller *Undulator*, hvor en Slags Pen, dannet af et meget fint Rør af Sølv, som stadig holdes vædet med et flydende Farvestof, hele Tiden er i Berøring med en nedenunder den anbragt Papirsstrimmel. Midtvejs paa denne skriver den derfor en ret Linie, naar Papirsstrimlen sættes i Bevægelse, hvilket sker, naar et Telegram er bleven anmeldt. Pennen sidder paa en Arm, der gaar ud fra en lodret Axe. Gaar der fra Afsenderstationen en kort Tid Elektricitet gjennem Telegraftraaden ind i Apparatet, vil en Elektromagnet bevirke, at Axen drejer sig, og

Pennen derfor svinger lidt ud til Siden, saa længe Strømmen gaar. Der bliver følgelig en Bugt paa den Linie, den skriver. Kommer der nu Elektricitet af modsat Art fra Telegraftraaden, vil der fremkomme en Bugt til modsat Side. Telegrammet opskrives følgelig som en Bølgelinie, hvor Bølgerne kunne gjøres kortere eller længere. Den korte har samme Betydning som en Prik i Morses System, den lange betyder en Streg. Grunden til at Undulatoren kan opskrive Telegrammet hurtigere end Morses Apparat, er den, at Pennen hele Tiden glider over Papiret, medens Stiften i Morses Apparat skal løftes op derfra og atter sættes mod det for hvert Tegn. Forholdet er som mellem almindelig Haandskrivning og Prentning. Undulatoren kan skrive indtil 50 Ord i Minutet*) Den har tillige et andet ikke uvæsenligt Fortrin for Morses Apparat deri, at den kun kræver svage Strømme for at kunne arbejde.

Man har opnaaet at kunne afsende flere Telegrammer paa én Gang gjennem samme Ledning ved de saakaldte Mangefoldstelegrafer, der nu bruges meget. Et Bidrag i denne Retning har den danske Fysiker Poul la Cour givet ved at indføre de saakaldte Tone- eller Bølgestrømme i Telegrafien. En Stemmegaffel, som svinger f. Ex. 200 Gange i Sekundet, sender, hver Gang den gjør en Svingning, først positiv og derpaa negativ Elektricitet fra et Batteri paa den ene Station ud i Telegraftraaden, der altsaa ligesom gjennembølges af Elektricitet. Paa den anden Station er der opstillet flere f. Ex. 10 Apparater til at modtage Telegrammer, og det kan nu indrettes saaledes, at hvert af disse Apparater kun modtager og derfor ogsaa kun paavirkes af hver tiende Bølge, medens de mellemliggende Bølger

*) En saa stor Hastighed kan kun naas, ved at Telegrammet afsendes avtomatisk ved en Maskine, den saakaldte Transmitter. Det optegnes først af en Telegrafist paa en Papirsstrimmel, ved at han stempler Huller i denne ved Hjælp af en lille Maskine, den saakaldte Perforator. Derpaa føres den gjennemhullede Strimmel gjennem Transmitteren. Hver Gang et Hul kommer for i denne, slipper en Stift igjennem og bevirker efter Omstændighederne, at den ene eller den anden af Batteriets Poler sættes i Forbindelse med Telegrafledningen, som følgelig modtager Elektricitet i Overensstemmelse med Telegrammet. Skal f. Ex. 10 Telegrammer afsendes, da kunne 10 Telegrafister sættes i Virksomhed paa én Gang med at stemple Papirsstrimlerne, hvorefter de 10 Telegrammer meget hurtigt sendes ud i Ledningen af Transmitteren.

fordeles til de andre Apparater. Enhver af de 10 Bølger kan holdes tilbage eller sendes ud hver ved sin Nøgle (Fig. 44) paa Afsenderstationen. Saaledes staar den 7de Nøgle alene i Forbindelse med det 7de Modtagerapparat ved den 7de Bølge i Rækken. Sender man denne Bølge ud, da paavirkes netop det tilsvarende Modtagerapparat og ikke andre, og holder man den tilbage, bliver det upaavirket, selv om andre Apparater sættes i Virksomhed af andre Bølger i Rækken

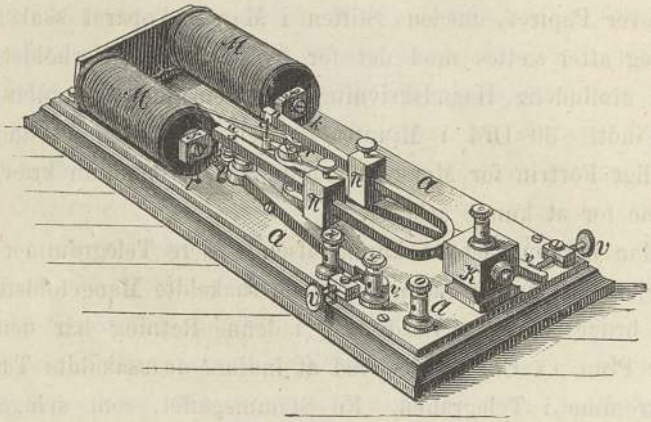


Fig. 52. La Cours Apparat til Dannelse af en elektrisk Tonestrøm. Stemmegaflen *n s* bæres af Messingklodsen *K*, der hviler paa et isolerende Underlag. Den ene Poltraad fra et Batteri skrues fast til *K*, hvorved Stemmegaflen modtager f. Ex. positiv Elektricitet. Den anden Poltraad føres til Skruen *L*, fra hvilken der gaar en Traad til Elektromagneten *M*, hvis Traad følgelig modtager negativ Elektricitet. Denne føres videre derfra til en lille Platinstift *c*, der rører en af Stemmegaflens Grene *n* indvendigt. Strømmen er altsaa sluttet og *M* magnetisk. Ved Tiltrækningen spiles Stemmegaflens Grene ud; men herved afbrydes Strømmen, og Magnetismen ophører; Stemmegaflens Grene svinge tilbage, hvorved der kommer ny Magnetisme og nyt Udsving; Svingningerne holdes følgelig stadig vedlige, og Batteriet udsender Elektricitet i Takt med dem. Tonestrømmen kan atter benyttes til ved Tonehjulet (Fig. 53) at udsende vexelvis positiv og negativ Elektricitet.

paa samme Tid. Der er altsaa Mulighed for, at 10 Telegrafister paa hvert Sted kunne være i Virksomhed paa én Gang og alle bruge den samme Telegraftraad. Til Udsendelse og Modtagelse af disse Bølger samt til at besørge den rigtige Uddeling af dem hver til sit Apparat, bruger la Cour sin smukke Opfindelse *Tonehjulet*. Dette er et Tandhjul af Jærn (Fig. 53), mod hvis Rand der er rettet en Elektromagnet. Sendes Bølgestrømmen om denne, vil Hjulet, naar det først

er sat i Bevægelse, kunne holde sig i en af Bølgernes Tidsfølge bestemt Hastighed, nemlig den, der er saa stor, at en Tand passerer Elektromagneten, hver Gang en Bølge ankommer til denne. To Hjul, som paavirkes af samme Strøm, ville derfor gaa fuldkommen ens, selv om de ere milevidt fjærnede fra hinanden. Saadanne to Bevægelser, som med Nødvendighed ere ensartede, er det af stor Betydning at have i Telegrafien; det er til Dels Vanskeligheden ved at opnaa dem, som stiller sig i Vejen for Systemer af Trykketelegrafens og Pantelegrafens Art. La Cours Telegrafsystem bliver nu prøvet i

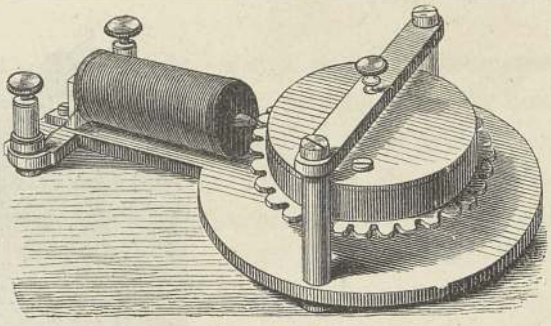


Fig. 53. Tonehjulet.

praktisk Udførelse i Nordamerika, i hvilket Land Patentet er blevet solgt. Patenthaverne have hidtil udtalt sig med Tilfredshed om Resultaterne.

Siden den elektriske Telegraf for Alvor blev tagen i Tjeneste, har den gjort mægtige Fremskridt. Først nøjedes man med at føre dens Traad frem over Landjorden. Men netop over Vandet, hvor enhver Forbindelse stundom kan afbrydes, var det af Vigtighed at faa et Meddelelsesmiddel, som var uafhængigt af Vejr og Vind. Det gjaldt altsaa om at føre Telegraftraaden gjennem Havene, men Traaden turde man ikke lægge uden Beskyttelse ned i Vandet, som vilde bortage Størsteparten af Elektriciteten. Man fandt da et fortrinligt Middel til at isolere Traaden i Guttaperkaet, hvilket Stof, lige uigjennemtrængeligt for Vand og Elektricitet, kunde holde det første ude, det andet inde. Man beklædte den Kobbertraad, der skulde føre Elektriciteten frem, med Guttaperka og kunde nu rolig sænke den

ned paa Havets Bund. Det første længere Søkabel, der blev nedlagt 1851, forbandt Frankrigs og Englands Kyster. Kun et Par Aar efter begyndte man at forberede Nedlægningen af Kabelet mellem Evropa og Nordamerika, men først 1866 kronedes Foretagendet med Held. Mange Uheld ramte de første Forsøg; men ethvert Uheld gav en ny Lære for det næste Forsøg, og med beundringsværdig Ihærdighed førtes Planen da tilsidst igjennem. Senere ere flere Kabler førte over. Det sidste er bleven nedlagt uden Uheld i 12 Dage. Nu er Evropa og Amerika forbundne ved 9 Kabler, hvoraf de fleste udgaa

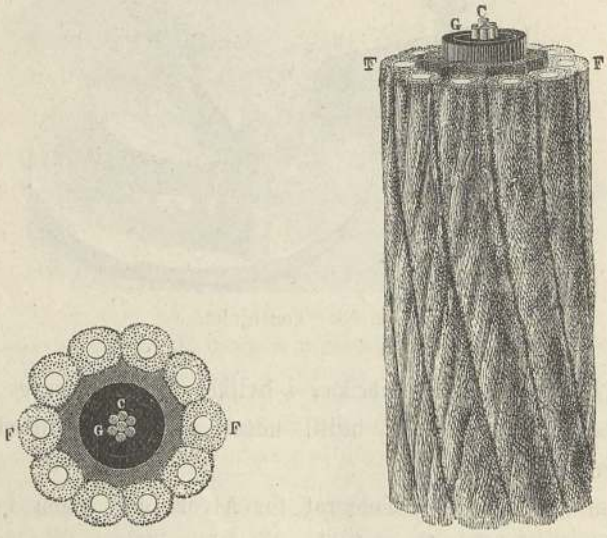


Fig. 54 a og b. Transatlantisk Kabel.

fra Valentia i Irland. Saa mange føre fra ét Sted dels for at sikre sig mod, at Forbindelsen afbrydes, dels for at kunne sende flere Telegrammer afsted paa én Gang. Det sidste, skulde man synes, kunde opnaas ved at lægge flere fra hinanden isolerede Traade inden i Kablet og bruge dem hver for sig. Det gaar dog ikke an; thi som vi have set ved Ruhmkorffs Induktionsrulle, vil enhver Strøm, som sendes ind i en Traad, frembringe en elektrisk Bølge i en Nabotraad. Ere Traadene lange og ligge nær ved hinanden, kunne Bølgerne blive stærke og saaledes volde Forstyrrelse i andre Apparater end det, der skal

virke. Som Fig. 54 a viser, indeholder hvert Kabel dog flere Traade, men man tager dem alle i Brug ved hvert Telegram, idet man fordeler Strømmen gjennem dem alle. Man foretrækker dette frem for at have én tykkere Traad, i det der da ikke opstaar Brud paa hele Ledningen, fordi en Traad knækker.

Fig. 54 a og b viser et Stykke af et transatlantisk Kabel i naturlig Størrelse. Indvendig ved *C* ses Kobbertraadene isolerede med et Lag af Guttaperka *G*. Uden om dette lægges der til Beskyttelse mod ydre Vold et Lag af tjæret Hamp, som atter er omsnoet af Jærntraade *F*. Det ene af Kablerne fra Frankrig til Amerika vejer omtrent 80000 Centner.

Paa Landjorden fører man i Reglen Ledningerne frem over Jorden, da de der ere omgivne af den isolerende Luft. De ere i Reglen af Jerntraad, der er henved to Linier tyk og som er »galvaniseret«, d. v. s. overtrukken med Zink for at hindres i at ruste. Hvor de støttes af Telegrafstængerne, maa man imidlertid sørge for, at Elektriciteten ikke ad dem finder Vej til Jorden. Traadene hænges op i de saakaldte Isolerhoveder, der ere Porcellænsklokker, som bæres af en i Telegrafstangen fastskruet Jærnkrog, der gaar op som en Paraplystang i Klokken. I det øverste af Klokken er der en Spalte, hvori Traaden nedlægges. I Regnvejr kan Elektriciteten udbrede sig i Vandet paa det udvendige af Klokken men vil standse ved Randen, da Regnen ikke kan skaffe sig Vej til det indre af den og følgelig heller ikke til Krogen, som bærer det hele. Klokken danner en Paraply over den. Ledningerne over Jorden, »Luftledninger«, ere imidlertid udsatte for at blive afbrudte dels ved Uvejr, dels ved Overlast fra Mennesker. At ogsaa Dyr kunne forulæmpe dem, saae man et Bevis paa ved den elektriske Udstilling i Paris, hvor der i den norske Afdeling fandtes en Telegrafstang, som en Bjørn næsten havde ødelagt. Bjørnen havde hørt den vel bekjendte summende Lyd, som Telegraftraaden fremkalder, og i den Mening, at det var en summende Bisværm, den hørte, søgte den efter dennes Honning i Stangen. Især i Tyskland er man begyndt at nedlægge Ledningerne som Kabler i Jorden. Disse blive imidlertid meget kostbarere end Luftledninger, da Traaden skal beklædes.

Naar Vejret forstyrrer Telegraferingen, er det i Reglen Storm og Sne, der knækker Stængerne eller bryder Traaden; som det maatte ventes, har dog ogsaa Atmosfærens Elektricitet Indflydelse paa Telegraferingen. Naar hyppige Tordenvejr indtræffe om Sommeren, kunne de forvolde langvarige Afbrydelser. Et Tordenvejr, som trækker hen over et hvilketsomhelst Punkt af en Telegraflinie, kan nemlig frembringe Forstyrrelse paa Stationerne dels ved at sætte Apparaterne i Virksomhed ved sin Elektricitet, dels, hvis denne er stærk nok, ved at ødelægge dem; endvidere er det jo ikke uden Fare at opholde sig paa et Sted, hvortil man har indbudt Lynet uden at have sørget for at skaffe sig hurtigt nok af med det igjen. For at hindre Forstyrrelse af Apparaterne i et ikke stærkt Tordenvejr bruges det, som i Telegraf- og Telefonsproget hedder en Lynafleder. Denne bestaar af to Kamme (Fig. 55), hvis Tænder ere fine Metalspidser, der ere

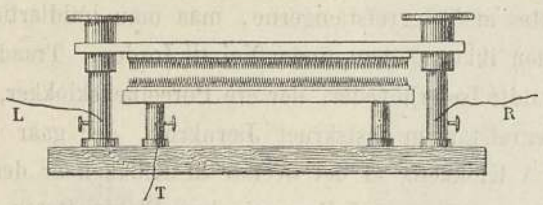


Fig. 55. Lynafleder for en Telefonledning.

rettede mod hverandre i ringe Afstand. I Steden for Kamme bruges ogsaa to Plader, hvori der er skaaret Furer, saa at et Gjennemsnit af Pladen bliver savtakket. Traaden L (Fig. 55) fører fra Ledningen til den øverste Kam, og R fører videre fra denne til det Apparat, som skal modtage Strømmen. Den nederste Kam staar ved Traaden T i Forbindelse med Jorden. Ankommer der en jævn, elektrisk Strøm gjennem L vil den gaa videre gjennem R, i det den ikke kan gjennembryde Luftlaget mellem Spidserne. Derimod vil en pludselig Udladning være i Stand til dette, og en saadan vil derfor søge den kortere Vej gjennem Spidserne ned i Jorden. Atmosfærens Elektricitet vil i Reglen komme paa den sidstnævnte Maade og bliver saaledes uden Virkning paa Apparaterne, naar den da ikke er for stærk; thi i saa Tilfælde er det uberegneligt, hvad Vej den vil tage. Er der

Fare for en stærk Udladning, det vil sige for et egenligt Lynnedslag, da maa dette afledes paa samme Maade som ved den sædvanlige Lynafleder (S. 5). Dette sker, ved at man bringer Traaden *L* (Fig. 55) i umiddelbar Forbindelse med Jorden. Derved afleder man ikke blot Lynets men tillige al anden Elektricitet: Telegraferingen ophører fuldstændigt.

Elektriciteten er langt mere paa Færde i Naturen, end man i Reglen aner. Luften er sjælden eller aldrig fri derfor, og i Jorden bølger den idelig frem og tilbage. Gjennem Telegraftraaden, hvis Ender jo ere nedsænkede i Jorden, finder dennes Elektricitet ofte en bekvem Vej. Herimod hjælper ingen Lynafleder; ville Jordstrømmene tale med, maa man finde sig i det, og stundom sker det saa højrøstet, at Telegraferingen maa standses. Jordstrømmene synes at optræde stærkt samtidigt med stærke Nordlys.

Hvad Betydning Telegrafen nu har, kan man danne sig en Forestilling om ved den Oplysning, at den samlede Længde af alle Telegrafledninger, bortset fra Jærnbaneledninger, undersøiske Kabler og private Ledninger, i 1878 var omtrent 40 Gange saa stor som Jordens Omkreds, og at Anlægskapitalen for alle disse Ledninger oversteg 300 Millioner Kroner.

Det *store nordiske Telegrafselskab*, der har sit Sæde i Kjøbenhavn, spiller en Hovedrolle i den internationale Telegrafvirksomhed dels i Nordevropa dels i Østasien. For Nordevropas Vedkommende ere *Fredericia* og *Gøteborg* Centralstationer. Fra Fredericia udgaar der tre Linier, der føre direkte til St. Petersborg, Calais og Newcastle. I Calais har Selskabet en Overdragestation, hvorfra Trafikken overføres paa en fransk Linie til Paris's Centraltelegrafstation, hvor den overtages af den franske Administration. I England fortsættes Kablet fra Søndervig til Newcastle (se omst. Kort) med en Landlinie, som Selskabet har Raadighed over, fra Newcastle til London. Den russiske Regjering har ført en Landlinie gjennem Sibirien til Wladiwostock paa Asiens Østkyst. Gjennem denne over 1000 Mil lange Linie staar Selskabets Anlæg i Evropa ved Overenskomst med den russiske Regjering i Forbindelse med dets Kabler i Østasien.

Fra Newcastle eller rettere fra Newbiggin 5 Mil nord for New-

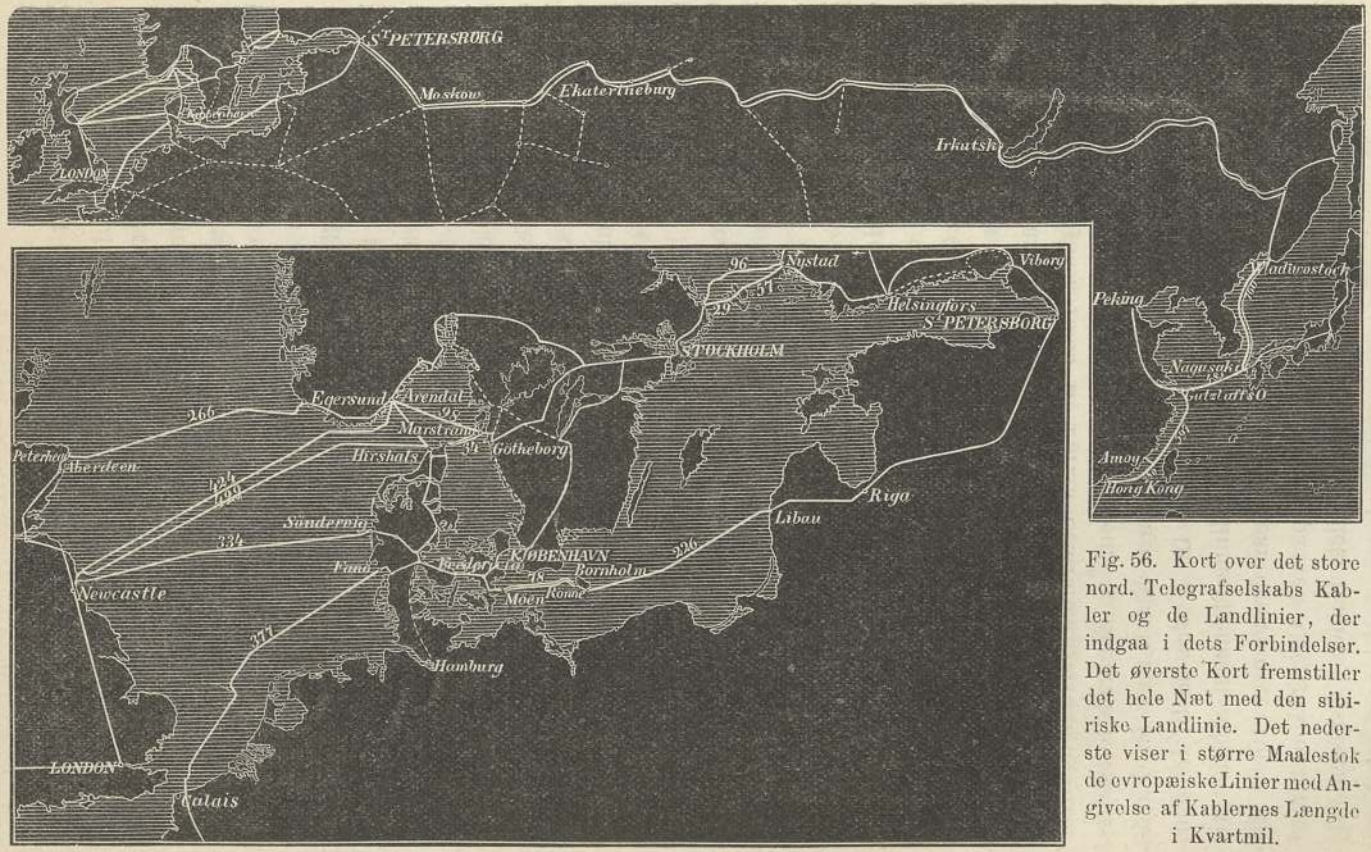


Fig. 56. Kort over det store nord. Telegrafselskabs Kabler og de Landlinier, der indgaa i dets Forbindelser. Det øverste Kort fremstiller det hele Næt med den sibiriske Landlinie. Det nederste viser i større Maalestok de europæiske Linier med Angivelse af Kablernes Længde i Kvartmil.

castle har Selskabet ført to Kabler ud foruden det, der danner den før nævnte Forbindelse med Fredericia. Det ene gaar til Hirtshals og fortsættes derfra til Gøteborg. Det andet gaar over Arendal til Gøteborg. Gjennem disse to Linier besørges Telegrafforbindelsen mellem England og Sverrig. I Gøteborg kan Kablet sættes i direkte Forbindelse med en Landlinie til Stockholm, som atter fortsættes med Kabler over til den finske Kyst. Derved kan der telegraferes direkte fra Newcastle til Nystad i Finland. England og Rusland ere saaledes satte i telegrafisk Forbindelse ved to af hinanden uafhængige Linier, den ene over Fredericia, den anden over Gøteborg.

Fra Peterhead i Skotland har Selskabet ført et Kabel over til Egersund, hvorved Telegrafforbindelsen mellem Norge og England er tilvejebragt. Denne kan om fornødent ogsaa føres gjennem Kablet Newcastle—Arendal.

I Østasien har Selskabet udstrakt sine Forbindelser ved Søkabler langs Kysten fra Wladiwostock (Endestationen for den sibiriske Linie) til Japan og Kina. Et Kabel er under Anlæg fra Japan til Korea. Japan har nu tilvejebragt et fuldstændigt Telegrafnet, og selv Kina har fundet sig i at modtage Telegrafen ikke blot ved sine Grænser men ogsaa indenfor dem, for største Delen ved det danske Selskabs Medvirkning. Forbindelsen mellem Østasien og Evropa tilvejebringes som ovenfor sagt ved den russiske Linie gjennem Sibirien. Denne Linie er for lang, til at man kan sende et Telegram gjennem dens hele Længde. Ethvert Telegram maa derfor omtelegraferes flere Gange, i Reglen 4—5 Gange; det beror paa, hvor godt de enkelte Dele af Ledningen i Øjeblikket ere isolerede. Gjennemsnitlig bruger et Telegram 4—6 Timer for at naa fra Evropa til Østasien, men det kan ske paa $^1/_2$—1 Time. Det som tager Tiden, er selvfølgelig Omtelegraferingen paa Stationerne. Tjenesten paa den sibiriske Linie besørges af den russiske Administration; paa en Del Stationer er der i russisk Tjeneste ansat Danske, der ere uddannede af Selskabet. Endestationerne: Libau og Nystad i Vest og Wladiwostock i Øst arbejdes af Selskabets egen Stab.

Som det vil ses, ere de fleste Forbindelser i Evropa tilvejebragte ved dobbelte Linier; dette har sin store Betydning. da der i saa Fald

sjælden vil kunne indtræde Afbrydelser. Selskabet er nu i Færd med ogsaa i Østasien at fordoble sine Kabler. Naar de under Arbejde værende Kabler blive fuldførte, vil den samlede Længde af Selskabets Kabler blive 6041 Kvartmil, hvoraf 1509 i Evropa og 3532 i Østasien. Tjenesten besørges af et Personale, der den 1ste Januar 1883 talte 210 Funktionærer i Evropa, 141 i Asien; disse ere for største Delen danske; de overordnede Stillinger beklædes udelukkende af Danske. De længere Landlinier, som gaa ind i Selskabets Forbindelser, tilhøre og vedligeholdes af vedkommende Stat.

Foruden Telegrafens sædvanlige Anvendelse skal her nævnes dens Betydning i Meteorologien, ved Jærnbanetjenesten og i Felten, samt Brugen af den til at advare om Ildebrand, Oversvømmelse ved Stigning af Floder og andre truende Ulykker. I Norge spiller den en vigtig Rolle ved Fiskeriet. Hvad der er nord for Trondhjem af Telegrafledninger er i Hovedsagen anlagt med Fiskeriets Behov for Øje. Vi hidsætte efter Elektrotechn. Zeitschrift for 1880 følgende om, hvorledes Telegrafen benyttes her. Linierne ved Bergens og Stavangers Kyststrækninger ere væsenlig indrettede for Vaarsildens Fangst, som der beskjæftiger omtrent 40000 Mennesker i de første Maaneder af Aaret. Da komme nemlig Sildene paa deres Vandringer til Kysterne for at lege i det lave Vand i Ly mellem Klipperne. Kort før Fangsten begynder, varsles den, ved at »Sildeblinket« viser sig ude paa det aabne Hav. Det hidrører fra uhyre Stimer af Sild, som nærme sig Kysten, fulgte af Hvaler og utallige Sværme af Havfugle. En flyvende Fiskeriinspektion sender da regelmæssige telegrafiske Meldinger til alle Stationer, der ere interesserede i Fangsten; ved Opslag af Meldingerne blive Fiskerne stadig underrettede om Sildens Komme. Der holdes flyvende Telegrafstationer i Beredskab til at sætte et hvilketsomhelst Punkt af Kysten i Forbindelse med de faste Stationer, og fra nu af blive Sildens Bevægelser ved Kysterne nøje fulgte. Fiskerne ile til Fiskeripladserne fra alle Sider med deres Redskaber og med Saltetønder, og efter dem komme Opkjøberne og andre Handlende. Kystbefolkningen forstaar meget godt at vurdere den vigtige Plads, som Telegrafen indtager i deres Virksomked.

»Telegrafsild« bliver Udbyttet af en Fangst kaldt, naar den, hvad ikke sjælden sker, alene skyldes de telegrafiske Meldinger.

Indtil 1870 var det hovedsagelig Vaarsildefangsten, som drog Nytte af Telegrafen; men senere er dennes Tjeneste bleven endnu vigtigere i Fangsten af Kabliau og i Sildefiskeriet i Sommer- og Efteraarsmaanederne. Den gjør især Nytte om Efteraaret, naar Silden optræder i store Mængder snart i én, snart i en anden af den vidtstrakte Kysts Fjorde. Foruden Fiskenes Bevægelser blive andre Ting meldte, der have Interesse for Fiskeriet, som Markedspriser, Vejrforhold o. s. v. Anlægsomkostningerne ved de for Fiskeriet indrettede Telegrafanlæg have været omtrent 2 Millioner Kroner, over $^1/_3$ af hele den Sum, der er anvendt til Norges Telegrafvæsen.

I Chicago har Politiet indført Telegrafen i den daglige Tjeneste. Rundt om i Byen er der aflaasede Smaabygninger, til hvilke dels Politibetjentene, dels adskillige af Borgerne have Nøgle. Her kan en forfulgt finde et Tilflugtssted og tilkalde Hjælp, idet der findes en Art Skivetelegraf, ved hvilken Politiet dels kan tilkaldes, dels underrettes om, hvad der er paa færde. Skiven omfatter 11 Rubriker, der indeholde Betegnelser for Ting, der kunne indtræffe, som Vold, Tyveri, Opløb, Brand o. s. v. For at forebygge Misbrug fra de Borgeres Side, hvem man har betroet Nøgler ere disse numererede, og Laasen er indrettet saaledes, at Nøglen ikke kan tages ud af andre end Politiet, naar den først er drejet om. Anholdelser siges at være stegne og Forbrydelser at være aftagne i Antal, siden denne Foranstaltning, hvor ogsaa Telefonen gjør Tjeneste, blev indført.

Man har gjort et lille Tilløb i samme Retning i Kjøbenhavn og andre større Byer i Evropa, hvor en telegrafisk Brandallarm er tilgængelig for alle, idet den er anbragt i Jærnskabe, der ere ophængte paa Husene. For at vanskeliggjøre Misbrug er Haandtaget, i hvilket man skal trække for at give Signalet, anbragt inden for en Glasrude, der maa slaas itu af den, der vil bruge Apparatet.

Den elektriske Klokke er en Telegraf, hvor Signalet opfattes ved Hørelsen i Steden for ved Synet. Foruden til Husbrug har den en udbredt Anvendelse i Jærnbanetjenesten, ved Telefonering og Telegrafering. Ved den sidste bruges Klokken ikke blot til at

give Indledningssignal med, idet der nu paa mange Steder telegraferes alene med Lydsignalerne. I Amerika bruges den i stort Omfang. I England er der nu 2000 Lydapparater i Brug, medens der i 1869 ingen fandtes.

Fig. 57 forestiller en almindelig elektrisk Klokke til Husbrug. Den hænges op paa to Søm ved Bøjlerne for oven. Poltraadene fra Batteriet fæstes ved Skruerne *B* og *C*. Fra *B* er der ført en Traad hen til Skruen *A*. Hammeren, som slaar paa Klokken, er en Metalkugle; den er ved en Stilk fæstet til et firkantet Stykke Jærn, som bæres af en Fjeder og derfor kan bringes til at vippe foran Polerne af Elektromagneten, der ses midt paa Træpladen. Fjedren fortsættes forbi Spidsen af Skruen *A*, som den trykker let ind imod. Naar Skruen *B* er forbunden med en af Batteriets Poler, kan dennes Elektricitet udbrede sig til *A*, derfra til Fjedren og derfra atter til Elektromagnetens Traad. Denne er altsaa elektrisk, men derfor giver Klokken ikke Lyd. Thi det er først, naar Elektriciteten strømmer gjennem Traaden, at Jærnets Magnetisme bliver vakt. Sker det, da trækkes Hammerens Jærnskaft ind mod Polerne og Klokken faar et Slag. Elektriciteten gjøres strømmende ved at Skruen *C* ogsaa bringes i Forbindelse med Batteriet, saa at Strømmen sluttes (S. 26). De mange hurtige Slag, som en saadan Klokke giver, frembringes ved, at Hammeren trækkes til af Elektromagneten; derved ophører Fjedren at røre ved Skruen *A*, saa at Strømmen finder Vejen spærret og standser. I samme Øjeblik forsvinder Magnetismen i Jærnet; Hammeren svinger tilbage som Følge af Fjederkraften; derved møder imidlertid Fjeder og Skrue atter hinanden; Strømmen flyder paa ny en kort Tid, og Klokken faar et nyt Slag. Dette vedbliver, saa længe man vedligeholder Forbindelsen

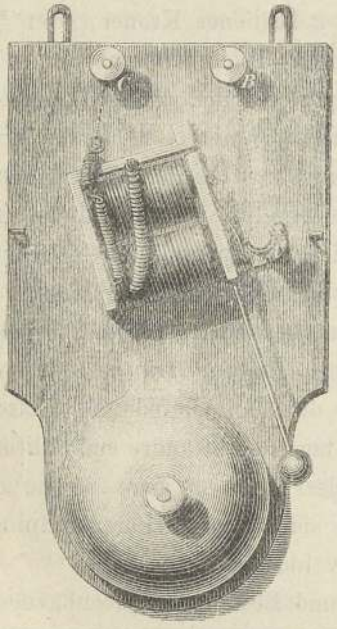


Fig. 57. Elektrisk Klokke.

mellem Batteriet og Skruen *C*. Fra denne udgaar en og fra Batteriets Pol en anden Kobbertraad, og disse Traade mødes paa det Sted, hvorfra man vil ringe, i den vel bekjendte lille Mekanisme, der kaldes Knappen; trykker man paa den, bringes de to Traade i Forbindelse og Klokken ringer; slipper man, vil en Fjeder deri atter fjærne Traadene fra hinanden og bringe Klokken til Tavshed.

Af Fig. 58 ses det, hvorledes man kan ringe fra mange forskjellige Steder paa samme Klokke *K* og med samme Batteri *L*. Fra dettes ene Pol fører en Traad lige til Klokken. Fra den anden Pol føres en Traad ud, som forgrener sig til de forskjellige Steder *A*, *B*, *C*, *D*, hvorfra der skal kunne ringes. En anden Traad udgaar fra Klokken

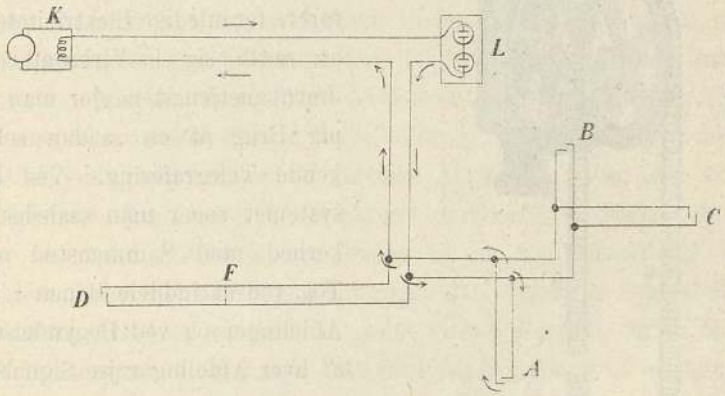


Fig. 58. Ledningerne i et Hus for et elektrisk Ringeapparat.

til de samme Steder. Der er til enhver Tid over hele Traadnettet udbredt stillestaaende Elektricitet, som imidlertid kun venter paa det Øjeblik, da man trykker paa en af Knapperne, for at strømme gjennem den tilsvarende Del af Ledningen og gjennem Klokkens Traad. Pilene i Figuren vise den Vej, Elektriciteten strømmer, naar man trykker paa Knappen ved *A*.

Traadene ere isolerede ved at være beklædte med Kautschuk eller Vox og Bomuldstraad; de kunne da lægges tæt op ad hinanden og langs ad eller gjennem Murene. Hvis det Lag, som beskytter Traadene, et Sted (f. Ex. ved *F*) slides af, og de der komme til at røre hinanden, eller noget ledende Stof kommer mellem dem, da

vil Klokken ringe og blive ved dermed, til man har opdaget Skaden og fjærnet Traadene fra hinanden. Indtræffer et saadant Uheld, gjør man bedst i strax at løsne en af de Traade, der ere skruede til Klokken.

Hvis man véd at en Begivenhed vil eller kan indtræffe, kan det tidt være ønskeligt at faa at vide, *naar* den indtræffer; ofte lader man sig da underrette derom af Elektriciteten, idet man indretter det saaledes, at de Forandringer, som Begivenhedens Indtræffen medfører, foranledige Elektriciteten til at sætte sig i Virksomhed. I Jærnbanetjenesten gjør man hyppig Brug af en saadan selvvirkende Telegrafering. Ved Bloksystemet søger man saaledes Sikkerhed mod Sammenstød af to Tog ved at inddele Banen i smaa Afdelinger og ved Begyndelsen af af hver Afdeling rejse Signalstænger, hvor et Signal, enten det er Nat eller Dag, giver det til kjende, hvis der er noget Tog paa Afdelingen, saa at et følgende eller mødende Tog kan holde sig tilbage. Signalet kan være indrettet til at hejses avtomatisk, idet Toget ved at løbe ind paa Afdelingen sætter en elektrisk Strøm fra et Batteri i Gang. Ved Hjælp af Elektromagneter, hvis Magnetisme denne Strøm vækker, bliver der givet Stoppesignal til ethvert mod

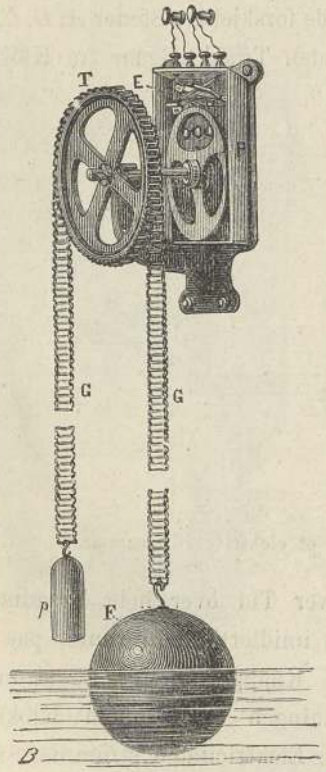


Fig. 59. Elektrisk Vandstandsmaaler (efter Tidsskriftet La Lumière électrique). Svømmeren *F* meddeler sin Bevægelse ved Kjæden *G* og Loddet *p* til Hjulet *T*. Herved sættes den elektriske Mekanisme *E P* i Virksomhed, saa at den melder Svømmerens Stilling.

Afdelingen farende Tog. Naar Toget forlader Afdelingen igjen, falder Signalet tilbage til den Stilling, der betegner Afdelingen som fri for Passagen. En svensk Ingeniør Brunius har drevet Sikkerheden mod Sammenstød videre ved at sætte Togene i elektrisk Forbindelse med en Telegraftraad, som følger Banen; derved kan der telegraferes mellem to kjørende Tog, ligesom mellem et Tog og Stationerne.

Til Vandmøller og Vandværker hører der i Reglen Bassiner, hvis Vandstand man ofte kan ønske at kjende i stor Afstand fra Bassinet. Man sætter da en paa Vandet svømmende Kugle i Forbindelse med et selvvirkende Telegrafapparat, som melder Kuglens og dermed ogsaa Vandspejlets Stilling gjennem en Telegraftraad (Fig. 59).

Beslægtede hermed ere de selvvirkende Apparater, hvormed man paa stor Afstand ved den elektriske Strøm kan skaffe sig at vide, hvad et Barometer eller Thermometer eller andet meteorologisk Instrument viser. Man har længe haft de saakaldte selvregistrerende Apparater, som selv optegne paa et Papir eller en Tavle, hvad man ellers maatte erkyndige sig om ved at iagttage Apparatet. Man kan altsaa overlade dette til sig selv, indtil Papiret er skrevet til Ende, og kan derpaa se, hvad Stillingen har været til en hvilkensomhelst Tid. Naar man, hvad ofte er Tilfældet, bruger den elektriske Strøm til at udføre dette Arbejde, saaledes som det vises i Fig. 60 for et Barometers Vedkommende, kan man ikke blot faa Apparatet til at optegne Stillingen paa Stedet, hvor det er opstillet, men tillige paa ethvert Sted, hvortil man fører den elektriske Strøm. De selvregistrerende Instrumenter faa en bestandig større Betydning i Meteorologien, hvor det netop gjælder om at faa Iagttagelser gjorte saa hyppigt som muligt. Endnu værdifuldere blive de mange Iagttagelser, naar de, som ovenfor antydet, ved den elektriske Strøm kunne faas øjeblikkeligt meldte fra mange forskjellige Steder. Det er paatænkt at indrette Stationer rundt om i Evropa, forsynede med selvregistrerende Apparater, som skulle sende deres Meldinger omkring til de forskjellige meteorologiske Instituter. En af Kommissionerne ved den elektriske Kongres i 1881 fik det Hverv at udarbejde Forslag i saa Henseende.

Paa den elektriske Udstilling i Paris 1881 lagde man særlig Mærke til en Barometeroptegner, opfunden af Theorell i Upsala, i hvilken By

den har gjort god Tjeneste i flere Aar. Belgieren VAN RYSSELBERGH havde udstillet 6 forskjellige Instrumenter, Barometer, Thermometer, Fugtigheds-, Vindretnings-, Vindstyrke- og Regnmaaler, hvis Angivelser alle bleve optegnede elektrisk hver tiende Minut. Fig. 60 viser hvorledes van Rysselberghs Barometeroptegner i Hovedsagen er indrettet. Til venstre ses Barometret. I den aabne Ende af Barometerrøret kan en Metalstift *S*, Følestiften, skydes op og ned. Den føres ned ad, til den netop møder Kviksølvets Overflade; dette Møde føles strax af den elektriske Strøm, der udgaar fra Batteriet *N*,

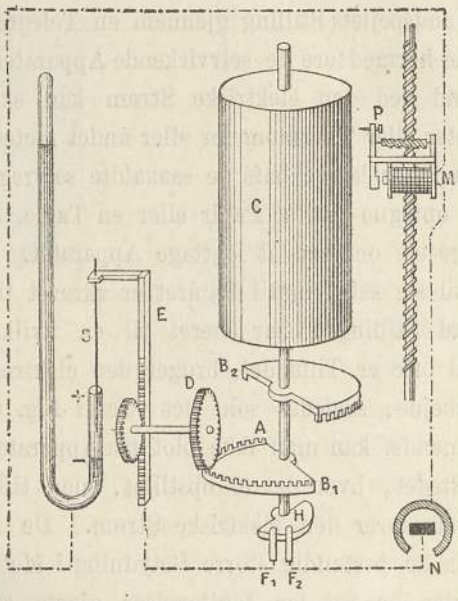


Fig. 60. Selvvirkende Barometeroptegner.

og som nu optegner, hvor i Røret Mødet har fundet Sted. Optegningen sker paa Overfladen af Valsen *C*. Denne bliver hvert tiende Minut greben af et Urværk (udeladt i Figuren), som drejer den én Gang rundt og derpaa atter lader den i Ro i ti Minutter. Før Urværket tager fat, er Følestiften *S* i sin øverste Stilling, højere oppe end Kviksølvet nogensinde kommer; men saa snart Valsen begynder at gaa rundt, vil det halve Tandhjul B_1 gribe Tandhjulet *D*, som atter ved Tandstangen *E* skyder Følestiften ned ad. Medens denne gaar sin Gang, ville

vi se, hvorledes det giver sig tilkjende, naar den møder Kviksølvet. Den punkterede Linie, som danner en Ramme om Figuren, forestiller to Kobbertraade, som udgaa hver fra sin af Batteriet N's Poler. Den ene, som fører op ad fra Batteriet, ender i Kviksølvet i Barometret, som den tilfører negativ Elektricitet; den anden giver Følestiften positiv Elektricitet. Saa snart den sidste møder Kviksølvet, vil der komme en elektrisk Strøm i Gang. Denne gjør Elektromagneten M magnetisk og ligesom i Morses Telegrafapparat vil nu Mærkestiften P trykkes ind mod Valsen og sætte et Mærke i et Blad, man har viklet om den. Da Valse og Følestift følges ad i deres Bevægelser, vil Mærket blive sat paa et nyt Sted, hver Gang Kviksølvet efter de ti Minuters Forløb har indtaget en ny Stilling i Røret. For at kunne vide, til hvilke Tider de forskjellige Mærker ere satte, flytter Urværket Elektromagneten og Mærkestiften et lille Stykke ned, hver Gang det drejer Valsen.

Naar Valsen er gaaet sin halve Vej rundt, tager det halve Tandhjul B_2 fat; det hæver Følestiften op til sin øverste Stilling, saa at den er færdig til igjen om ti Minutter at føle sig frem til Kviksølvet. Sendes Strømmen igjennem en Telegraftraad et andet Sted hen, kan den der ligeledes bruges til at sætte Mærker paa en Valse, som drejes samtidig med den paa Afgangsstationen, og saaledes melde Resultatet. Ved Hjælp af van Rysselberghs Apparater kunde man i Paris følge Vejrforholdene i Bryssel, idet Apparaterne vare opstillede det sidst nævnte Sted og sendte deres Meldinger gjennem en Telegrafledning til Paris.

2.

Tidsmaaling ved Elektricitet.

Elektriske Ure. — Smaatidsmaaling. Wheatstones, le Boulengés og Siemens Smaatidsmaalere. Maaling af Projektilers Hastighed. Sandseindtryks Forplantningshastighed. Explosioners Hastighed. Bestemmelse af to Steders Længdeforskjel. Elektricitetens Hastighed i Ledninger.

Som det kunde ventes, har Elektricitetens hurtige, næsten øjeblikkelige Virkninger faaet Betydning for Tidsmaalingen. I den borgerlige og astronomiske Tidsangivelse benytter man sig af den elektriske Strøm til at melde Klokkeslettet fra et Normalur til andre Steder. Saaledes meldes det til Nikolaj Taarn i Kjøbenhavn fra Observatoriet, naar Kl. er 1 Eftm., og det gives tilkjende paa Taarnet, ved at en Kugle dersteds falder. Dette er det simpleste elektriske Ur, som kun en Gang om Dagen giver Klokkeslettet.

Man har brugt Elektriciteten paa to Maader for at løse en Opgave, der har en ikke ringe Betydning i store Byer, nemlig at faa en hel Række af Ure til at følge et Normalur. I ethvert almindeligt Ur vil man finde dels en Fjeder eller et Lod, som driver Værket, dels et Pendul eller en Uro, som afpasser, regulerer Værkets rigtige Gang. Den ene Slags elektrisk Ur mangler helt Reguleringen og drives alene af den elektriske Strøm. Det indeholder en Elektromagnet, som ved den Tiltrækning, det udøver paa sit Anker, naar Strømmen kommer, griber ind i et af Urets Hjul og drejer dette et lille Stykke frem f. Ex. saa meget, at Viseren gaar 1 Minut frem. Ophører Strømmen igjen, trækker en Fjeder Ankeret tilbage, hvorved Viseren drejer sig atter 1 Minut frem. Strømmen skal altsaa komme og atter forsvinde hvert andet Minut. Den rigtige Afsendelse af Strømmen kan Normaluret let bringes til at besørge, og Strømmen kan fordeles til saa mange Ure, det skal være (Fig. 61). Skjønt denne Fremgangsmaade ser meget simpel ud, har den dog hidtil ikke vist sig heldig i Praxis. Blandt andet er der den Ulempe, at Urene ere fuldstændig afhængige af Normaluret og den elektriske Mekanisme. Et Uheld kan bevirke, at alle Ure standse, eller at de alle komme til at vise fejl Tid.

Man foretrækker derfor nu i Reglen til elektrisk Ur at benytte et almindeligt Ur, der har sin egen Drivkraft og sin egen Regulator, og man nøjes da med at lade Elektriciteten udgaa fra Normaluret f. Ex. hver Time til de forskjellige elektriske Ure for at bøde paa disses mangelfulde Regulering ved at lade en Elektromagnet hver Gang bringe Viserne i deres rette Stilling. Udebliver Strømmen en Gang, da kan der ikke indløbe store Fejl, og saadanne blive rettede, næste Gang Strømmen kommer. Da Strømmen udgaar saa sjælden, kommer den elektriske Mekanisme ikke saa let i Uorden, og kræver derfor ikke saa meget Eftersyn som ved den først nævnte Fremgangsmaade.

Man sér af og til »elektriske« Ure, der ere indrettede efter samme Princip som almindelige Ure; kun er Loddets Bevægkraft erstattet

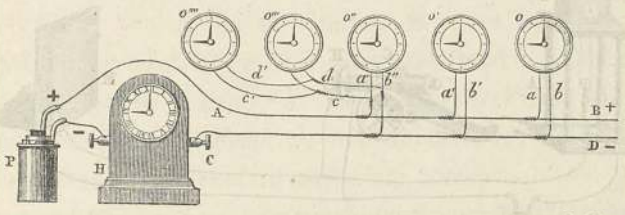


Fig. 61. Et Normalur *H* styrer de elektriske Ure *o*, *o'* ... ved Strømmen fra Batteriet *P* gjennem Hovedledningerne *C D* og *A B* og Sideledningerne *a*, *b*, *c*, *d*.

af den fra en Elektromagnet, som modtager Strøm fra et galvanisk Element. Hver Gang Pendulet svinger ud til Siden, slutter det Strømmen i rette Tid til at faa et lille Ryk fra Elektromagneten og afbryder Strømmen under Tilbagesvinget, da Elektromagnetens Tiltrækning vilde hæmme Bevægelsen. Af den Grund vedligeholdes dets Bevægelse. Man slipper her for at trække Uret op men har til Gjengjæld det galvaniske Element at passe. Fordelen ved Elektricitetens Anvendelse er derfor i Almindelighed næppe stor, saa meget mere som man ikke véd, hvornaar Elementet nægter at gjøre Tjeneste, hvorimod et Lods Løbetid altid er den samme.

Elektriciteten har faaet en meget større Betydning i Tidsmaalingen der, hvor det gjælder om at maale særdeles smaa Tidsrum. Saadanne faar man at maale, naar man vil undersøge de hurtige Bevægelser af udskudte Projektiler og af Lyden, Lyset eller Elektriciteten. Smaatidsmaalingen har endvidere faaet en interessant Anvendelse til at bestemme den Hastighed, hvormed et Menneske kan fatte og udføre en Beslutning, som foranlediges ved et Sandseindtryk (se S. 106). Wheatstones Smaatidsmaaler (Kronograf) er fremstillet i Fig. 62. Den bestaar af et meget hurtigt løbende Urværk, som kan standses, ved at en Elektromagnet ved sin Tiltrækning griber ind i Værket; dette vil altsaa staa stille, naar den elektriske Strøm flyder om Elektromagneten, og sætte sig i Gang, saa snart Strømmen

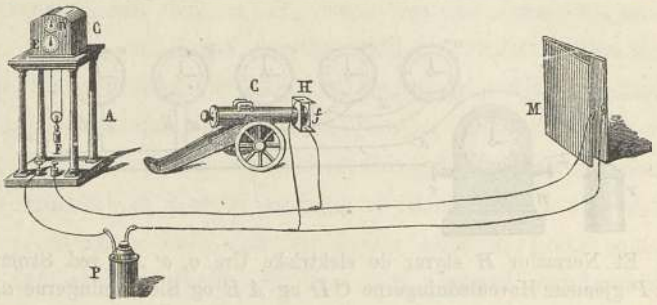


Fig. 62. Wheatstones Smaatidsmaaler.

ophører. I Figuren ses det anvendt til at maale den Tid, et Projektil bruger om at gaa fra Mundingen af Kanonen *C* til Skiven *M*. Før end Kanonen fyres af, gaar Strømmen fra Batteriet *P* gjennem en Traad *f* umiddelbart foran Kanonens Munding. Uret staar altsaa stille. Men saa snart Projektilet efter Affyringen naar Traaden, rives denne over, Strømmen afbrydes, og Uret sætter sig i Gang, saa længe til Skiven rammes. Denne bestaar af to Klapper; til hver af dem er der ført Traade henholdsvis fra Elektromagneten i Uret og fra Batteriet. Projektilets Slag føre disse Traade sammen, slutter derved Strømmen og standser Uret. Dette har altsaa kun gaaet i den korte Tid, Projektilet har brugt om at naa frem til Skiven, og angiver derfor denne Tids Længde.

La Cours Tonehjul (S. 85) er bleven anvendt i Smaatidsmaalingen i Steden for Urværket til at frembringe den omdrejende Bevægelse. Dets Anvendelse medfører den Fordel, at man let kan maale Hjulets Hastighed, da den afhænger af det Antal Svingninger, der udføres i Sekundet af den Stemmegaffel, som frembringer Tonestrømmen.

I Steden for et Urværk har LE BOULENGÉ brugt en tung Jærnstang, som falder frit ned under Paavirkning af sin Vægt. Da man nøjagtig kjender den Lov, hvorefter en saadan falder, véd man, hvor lang Tid den er om at naa ethvert som helst Punkt af sin Faldhøjde. Le Boulengés Smaatidsmaaler bruges i Danmark ved Artilleriets Skydeforsøg, saaledes har den været anvendt ved en Maaling af Remingtongeværets Begyndelseshastighed i 1876. Stangen bringes til at falde, ved at Projektilet river en Traad over, hvorigjennem der gaar en elektrisk Strøm. Ved at Skiven rammes, afbrydes en anden elektrisk Strøm, hvilket bevirker, at en Kniv slaar ind imod den faldende Stang og sætter et Mærke i den. Af dette Mærkes Plads kan man se, hvor langt Stangen er falden, og følgelig beregne, hvor lang Tiden for Kuglens Gang fra Traad til Skive har været.

Saadanne Tidsmaalere, som ere grundede paa Elektromagnetismen, ere dog ikke sikre, naar det gjælder en stor Nøjagtighed. Magnetismen i Jærnet vækkes vel hurtigt af Strømmen men dog ikke hurtigt nok over for de korte Tider, her er Tale om. Man har da maattet søge en anden, hurtigere mekanisk Virkning af Elektriciteten for paa en synlig Maade at kunne betegne, hvornaar Tidsrummet, som skal maales, er begyndt, og hvornaar det atter er hørt op. En saadan har man funden i den Evne, den elektriske Gnist har til at gjennembryde et Lag af mindre godt ledende Stof, for at naa frem til en god Leder. Fig. 63 viser en Tidsmaaler af denne Art i Brug til at maale Tiden for et Projektils Bevægelse mellem de to Skiver, som ses opstillede, den ene lige foran Kanonen, den anden i større Afstand. Paa et Bord er Smaatidsmaaleren opstillet; den bestaar af et cirkelrundt Blad af Papir, der drejes hurtigt rundt af et Urværk. Foran dette staar der en Induktionsrulle til Dannelse af den elektriske Gnist (S. 47) og to galvaniske Batterier. Det vil erindres,

at Induktionsrullen ingen Virkning giver, naar Strømmen fra Batteriet flyder roligt gjennem den indvendige Traad; men i samme Øjeblik

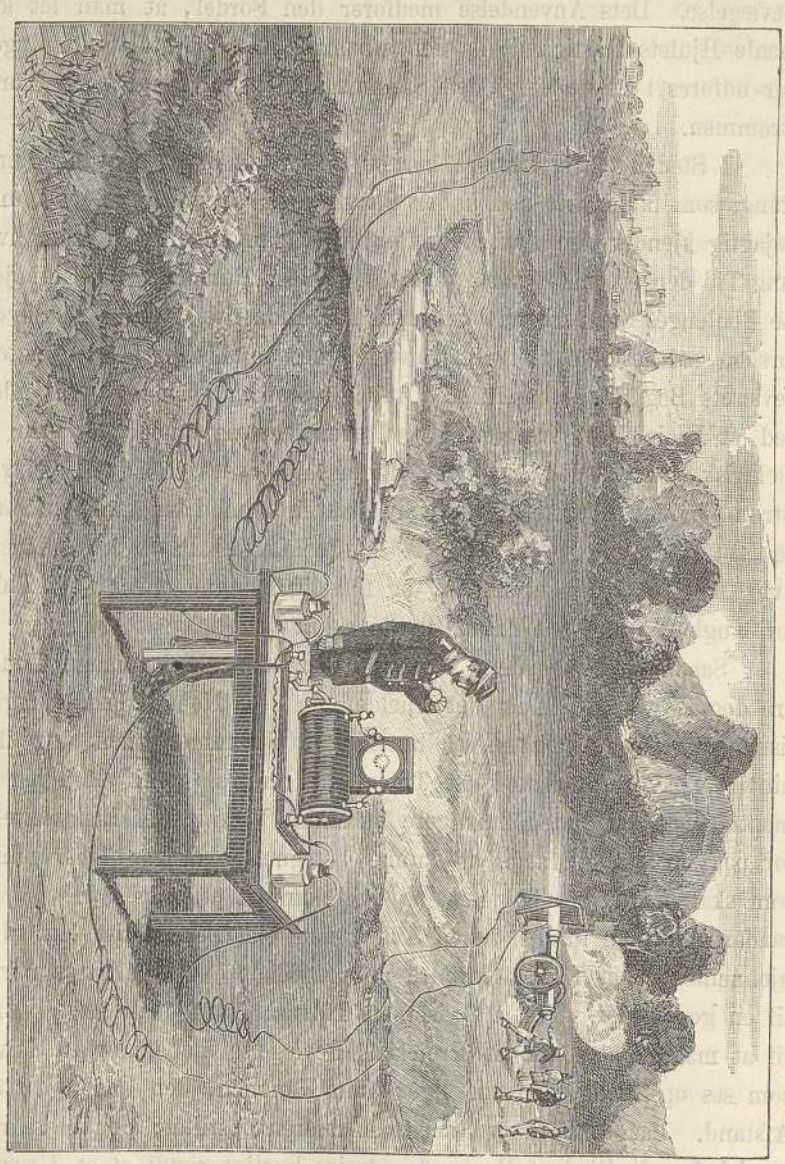


Fig. 63. Maaling ved Elektricitet af et Projektils Hastighed.

Strømmen forsvinder herfra, ved at Forbindelsen med en af Batteriets Poler afbrydes, udstødes der Elektricitet af det udvendige Lag

af Kobbertraad, saa at en Gnist kan fremkomme. Hvert af de to Batterier (et for hver Skive) sender sin Strøm gjennem Rullens indvendige Traad; men dens Vej dertil er lagt om ad en Traad, der er udspændt i den tilsvarende Skives Ramme. Naar Projektilet rammer den første Skive, vil den sprænge dens Traad og afbryde det ene Batteris Strøm. Dette har til Følge, at en Gnist springer ud af Induktionsrullen igjennem det løbende Papir, i hvilket der bores et fint Hul. Medens Projektilet gaar videre, drejer Papiret sig ogsaa videre, og naar den anden Skive rammes, afbrydes det andet Batteris Strøm; en ny Gnist gjennemborer da Papiret paa et Sted, hvis Afstand fra det første Hul angiver Tidens Længde, naar man véd, hvor hurtig Papirsbladet har drejet sig rundt. Dette gaar maaske mange Gange rundt i Sekundet; men det kan let indrettes saaledes, at Urværket slaar paa en lille Klokke, hver Gang Papiret drejer sig f. Ex. 100 Gange rundt. Ved at tælle Klokkeslagene, f. Ex. i 5 Minuter, kan man regne sig til Papirets Omdrejningshastighed.

Siemens i Berlin bruger i Steden for et Papirsblad en tyk Skive af Staal, hvis Rand er bedækket med et Lag af Kønrøg. Gjennembryder Gnisten dette for at søge ned til Staalet, da efterlader den et blankt Mærke ved at blotte Staalet for Kønrøg. Skiven gjøres tung for at Hastigheden kan holde sig jævn. I Artillerividenskaben spiller Maalingen af det udskudte Projektils Hastighed en stor Rolle til at bedømme Vaabnets Godhed samt til at bestemme det rette Forhold mellem Projektilets Vægt og Krudtladningens Størrelse. Man har ogsaa funden Midler til at maale Hastigheden af Projektilet inden i Skytset. Lad os antage, at man har funden, at Projektilet er ude af Løbet $^1/_{50}$ Sekund, efter at Krudtet er tændt, da er det i denne korte Tid ved Krudtgassens Tryk gaaet over fra at være i Hvile til at bevæge sig med en Hastighed af f. Ex. 1000 Fod i Sekundet. Denne Hastighed kan det med et meget hurtigt exploderende Krudt maaske have naaet allerede, da det var halvvejs i Løbet. Med en anden Slags Krudt kan det derimod hænde, at Hastigheden voxer jævnt gjennem hele Løbet. For at undersøge de forskjellige Sorters Virkning i Skytset kan det altsaa have Interesse at kjende Hastigheden, ikke blot efter at Projektilet har forladt Løbet, men ogsaa

mens det endnu er i dette. Siemens foreslaar at gjøre dette ved at fæste en Stok til Enden af Projektilet og lade Stokken ende udenfor Løbet med et Knivsblad. Idet Projektilet skydes ud, overskærer Knivsbladet Traade, der ere spændte ud i forskjellige Afstande foran Mundingen, og som føre elektriske Strømme. Hver Gang en Traad overskæres, afbrydes vedkommende Strøm, og en Gnist sætter sit Mærke paa den omdrejende Staalskive.

Man kan paa mange Maader maale den Tid, der forløber, før et Sandseindtryk forplantes til Bevidstheden, og før den Beslutning, som dette Indtryk foranlediger, faar det Lem, som skal udføre Beslutningen, til at bevæge sig. Er der Tale om et Lysindtryk, kan man frembringe en elektrisk Gnist, idet man i Forvejen har bestemt, i samme Øjeblik den ses, da at trykke paa en Knap, som foranlediger en ny elektrisk Gnist. De to Gnister komme kort Tid efter hinanden og denne Tid skal maales. Dette kan ske meget simpelt ved Siemens Smaatidsmaaler, thi de samme elektriske Udladninger, som forvolde de to Gnister, kan man bruge til at sætte Mærker med paa den omdrejende Staalskive. Disse Mærker ville findes i en Afstand fra hinanden, der svarer til den forløbne Tid.

Bevægelsesnerver kaldes de fra Rygmarven udgaaende Nervestammer, som forgrene sig til Legemets Muskler og foranledige disses Sammentrækning og derved Lemmernes Bevægelser. Blotter man en saadan Nervestamme og irriterer den, vil den vedkommende Muskel trække sig sammen. Helmholtz har vist, at Sammentrækningen af en Muskel f. Ex. i Haanden følger senere efter Irritationen, naar denne foretages op mod Skuldren, end naar den foretages længere nede paa Armen. Han har herved kunnet beregne, at Virkningen af en Nerveirritation forplanter sig gjennem Nerven med en Hastighed, der mærkeligt nok ikke beløber sig til mere end 30—36 Meter (omtr. 100 Fod) i Sekundet. Lyden gjennemløber Luften med en 10 Gange saa stor Hastighed. Paa Grund af den korte Strækning gjennem Armen, har Tiden, som Helmholtz har haft at maale, dog ikke været mere end omtrent $^1/_{100}$ Sekund. I selve Rygmarven er Bevægelsen endnu langsommere end i Nervestammerne, nemlig kun 11—12 Meter i Sekundet.

Er Gassen i en Rørledning blandet med almindelig Luft, vil den kunne brænde meget hurtigt, naar den tændes, fordi den i Forvejen indeholder den Ilt, som nærer Forbrændingen. Den stærke Varme, som udvikles, fremkalder en pludselig Udvidelse af den brændende Luft, det vil sige en Explosion. Den Hastighed, hvormed Forbrændingen skrider frem i en exploderende Luft, kan man maale ved at spænde tynde Metalstrimler ud paa tværs i et Rør, som indeholder Luften, og gjennem disse lede elektriske Strømme, som afbrydes og derved sætte Mærker i Smaatidsmaaleren, naar Explosionen sønderriver Strimlerne. Har man med faste eller flydende Sprængstoffer at gjøre, lægger man dem i Render og spænder Traade ud over disse.

For at faa at vide, hvor mange Længdegrader et Sted paa Jorden ligger øst eller vest for et andet Sted, maa man skaffe sig at vide, hvad Uret viser de to Steder paa samme Tid. Ere de to Steder forbundne ved en Telegraftraad, da kan Klokkesletsforskjellen bestemmes meget nøjagtigt. Er det saaledes bleven aftalt, at man fra det østlige Sted afsender en elektrisk Strøm, som afbrydes, naar Uret viser 3, da vil Virkningen heraf mærkes det andet Sted næsten paa samme Tid, men til et andet Klokkeslet; vi kunne antage at det sker, naar Klokken der er 1. Er Strømmen sendt gjennem en Luftledning, og gives dens Afbrydning tilkjende paa Ankomststedet ved en Gnist, da forløber det hele i en forsvindende Brøkdel af et Sekund. Klokkesletsforskjellen er da 2 Timer; det vil sige, at det første Sted ligger 30° øst for det andet.

Den Hastighed, hvormed Elektriciteten forplanter sig frem i en Traad, kjender man ikke; man vil næppe heller faa den maalt nogensinde; thi skjønt det hele fuldbyrdes meget hurtigt, kommer Virkningen først efterhaanden. Traaden skal nemlig paa ethvert Sted først lades med Elektricitet paa sin Overflade før den tillader, at Strømmen gaar videre. Men der kan vanskelig tænkes noget Middel, hvorved man skulde kunne paavise det første svage Spor af Elektricitet, som ankommer til den yderste Ende af Traaden. Det man i Virkeligheden maaler, er Tiden, som forløber fra det Øjeblik, man paa det ene Sted udsender Elektricitet, til det Øjeblik, da den paa

det andet Sted er bleven kraftig nok til at fuldbyrde de Virkninger, man bruger for at give dens Nærværelse tilkjende.

Saa meget har man imidlertid funden, at Hastigheden er højst forskjellig i forskjellige Tilfælde. Den afhænger af Elektricitetens Spænding, af det Stof, Ledningen er dannet af, og i høj Grad af hvad Ledningen er omgiven af. Hurtigst forplantes Elektricitetens Virkninger i Luftledninger, hvor den strømmer langt borte fra andre gode Ledere. Hastigheden er her af lignende Størrelse som Lysets, der er over 40000 Mile i Sekundet. Derimod gaar den mangfoldige Gange langsommere i Søkablerne; og dette skyldes den før nævnte Omstændighed, at Traaden, først skal lades med Elektricitet, før Strømmen kan naa frem. Ladningen kræver her en stor Mængde Elektricitet; thi efterhaanden som Strømmen naar frem i Traaden inden i Kablet, trækker den Elektricitet af modsat Art sammen uden om Kablet fra det omgivende Vand. Men denne modsatte Elektricitet tilbageholder til Gjengjæld en stor Del af Strømmen ved sin Tiltrækning. Kablet virker kort sagt som en Leydnerflaske (S. 19). Denne Omstændighed virker hæmmende paa Telegraferingen i lange Kabler. Den bidrager bl. a. til, at man i Reglen ikke kan telegrafere paa samme Tid gjennem to i samme Kabel indesluttede Traade.

3.

Telefoni.

Lydens Hastighed. Raaberen. Talerøret. Aerofonen. Fonografen. Traadtelefonen. Telefoni ved den elektriske Strøm.

Telefon betyder et Redskab, som meddeler Lyd, især Tale, paa Afstand. Hertil hører tre Hoveddele: én Del, hvorved Lyden udsendes, en anden, som modtager Lyden, for at bringe den til Øret, og endelig en tredie, som forbinder de to førstnævnte, og hvorigjennem Lyden føres frem eller bliver ledet. De tre Dele ere altsaa en Af-

sender, en Modtager og en Leder. Som Leder for Lyden tjener Luften, enten fri eller indesluttet i Rør. En Stang eller en Traad, der fører fra den talende til den hørende, kan ligeledes gjøre Tjeneste. Baade gjennem Luften og gjennem et Mellemled som det, Stangen eller Traaden danner, kunne Lydbølgerne skride frem paa egen Haand eller, som det kaldes, »forplante sig«. I de senere Aar har man fundet Midler til at nedlægge Lydbevægelsen i den elektriske Strøm og saaledes faa denne til at føre Lyden frem (Telefoni i snævrere Forstand); ja endog Lysstraalen kan man nu bruge som Lydleder (Fotofoni).

Naar Lyden bliver baaren frem af Elektricitet eller Lys, da gaar den med disses næsten ufatteligt store Hastighed; skal den gaa paa egen Haand, er dens Fart herimod kun ringe. En Snegls Fart, sammenlignet med en udskudt Kanonkugles, er mindst hundrede Gange større end Lydens Fart, i Sammenligning med Lysets. Tænder man en Mine ved en elektrisk Strøm gjennem en Ledning, der er lang nok til, at man kan være f. Ex. $^1/_2$ Mil borte fra Minen, da vil man se denne blive sprængt saa at sige i samme Nu, som man trykker paa den Nøgle, hvormed Strømmen sluttes; men Braget hører man først, naar der er gaaet mere end 11 Sekunder. Elektriciteten er gaaet frem, og Lyset er vendt tilbage i en umærkelig kort Tid, mens Lyden har været en meget kjendelig Tid om at gaa Vejen én Gang. Man har maalt Lydens Hastighed i Luften ved at sende Lys og Lyd ud paa samme Tid fra et højt Punkt (det skete ved Affyring af en Kanon) og iagttage fra et andet højt liggende Punkt den Tid, Lyden kom senere end Lyset. Man fandt en Hastighed for Lyden af omtrent 1100 Fod i Sekundet. (Lysets Hastighed er 40000 Mil i Sekundet). Paa lignende Maade har man fundet, at Lyden gaar omtrent 4600 Fod i Sekundet gjennem Vandet.

Uagtet man ikke kan gjøre sig forstaaelig paa stor Afstand ved at raabe ud i fri Luft, have dog Gallerne efter Cæsars Beretning brugt at meddele Efterretninger til fjærne Steder paa den Maade. Skal denne Meddelelsesmaade kunne bruges paa længere Strækninger, maa der imidlertid opstilles mange Poster forsynede med kraftige Lunger. Da Lyden nemlig spredes til alle Sider fra den talendes

Mund, svækkes den stærkt, saa snart Afstanden bliver stor. Ved at holde en Raaber for Munden, hindrer man til Dels denne Spredning. Raaberen (Fig. 64) er et kegledannet Rør med et Mundstykke, hvori hele Munden kan faa Plads ved den spidse Ende af Røret. De Lydbølger, der ellers vilde gaa ud til Siden, prelle nu flere Gange af mod den indvendige Side af Røret og faa derved tilsidst dettes Retning. Mere fuldstændig holder man Lyden samlet ved Talerøret, gjennem hvilket man kan høre almindelig Tale paa stor Afstand. En Benediktinermunk, Dom Gauthey indsendte i 1782 en Skrivelse til det franske Videnskabernes Akademi, hvori han gav Meddelelse om, at han havde fundet et Middel til at give Lydsignaler paa stor Afstand. Han begjærede og fik Understøttelse til at udføre et afgjørende Forsøg og indrettede derefter en Ledning af Metalrør paa en Strækning af 800 Metre (henved $^1/_8$ Mil), gjennem hvilken

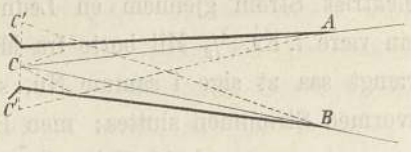


Fig. 64. Raaberen. Lydbølger udgaa fra C og tilbagekastes i Retninger $C'A$ og $C'B$.

Lyden skulde føres. Uagtet Forsøget faldt heldigt ud, blev Fremgangsmaaden dog straks opgiven, da Omkostningerne vilde blive alt for store ved den praktiske Brug paa store Afstande. Paa mindre Afstande, som fra én Etage i et Hus til en anden har derimod Talerøret som bekjendt faaet stor Anvendelse.

Edison, som synes at interessere sig mest for Lyden næst efter Elektriciteten, skal have forbedret Raaberen saaledes, at den kan høres paa mere end $^1/_4$ Mils Afstand. (Skjønt der, saa vidt vides, endnu ikke foreligger paalidelige Efterretninger om dette Arbejde af Edison, skal Tingen dog omtales her, da den har sin Interesse, selv om den kun betragtes som et Tankeexperiment.) Edison sammenpresser Luften i en lukket Beholder og danner saaledes en kunstig Lunge af mange Gange større Kraft end den menneskelige. For at faa Lungen til at tale, maa den have en Strube, det er et Rør, hvoraf

Luften kan slippe ud, og som kan aabnes mer eller mindre ved en elastisk Ventil ligesom Menneskets Strube ved Stemmebaandene. For den aabne Ende af Røret sættes en almindelig Raaber, der svarer til Mundhulen i det menneskelige Stemmeapparat. Taler man ned mod Ventilen, idet Luften strømmer ud, ville Lydsvingningerne, der jo oprindelig skrive sig fra Stemmebaandene, sætte Ventilen i en dirrende Bevægelse, der er af samme Art som Stemmebaandenes. Luftbeholderen, Røret og Ventilen ere nu altsaa bragte i samme Virksomhed som den talendes Lunge, Strube og Stemmebaand. De frembringe derfor samme Lyd som han; men medens han taler, saa brøle de det

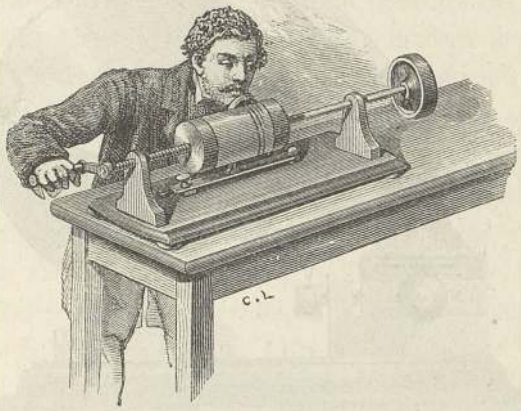


Fig. 65. Fonografen.

talte ud, paa Grund af den kunstige Lunges store Kraft. Modtageren, mod hvilken Raaberen rettes, er to store Høretragte, fra hvis Ender der føre Rør til den hørendes Øren. Efter hvad Edison skal have sagt, har man hørt Ord og Sang tydeligt paa over 7000 Fods Afstand. Principet i dette Apparat, »Aerofonen«, er et lignende som i Sirenen, hvis Lyd, saaledes som man en Tid havde Lejlighed til at høre den fra en Fabrik i Udkanten af Kjøbenhavn, ligner et Uhyres Brøl og bruges til at give Taagesignaler med. Svarer Aerofonen virkelig til, hvad der ovenfor blev sagt om den (nogle benægte det), kunde den ikke blot give Taagesignaler, men give Meddelelser til Skibene, naar ingen anden Forbindelse var mulig.

En anden af Edisons akustiske Opfindelser, *Fonografen*, til-

sigter ikke saa meget at flytte Talen fra Sted til andet, som at opbevare den, saa at den kan blive gjentagen til en hvilken som helst Tid, efter at den er fremsagt. Skjønt den saaledes ikke egenlig hører til Telefonerne, er den dog paa sin Plads mellem disse, da den er meget oplysende til Forstaaelse af Lydsvingningernes Forhold i den elektriske Telefon. Den bestaar af et Mundstykke E (Fig. 66) og en Valse af Metal T, der kan drejes rundt ved Haandtaget M.

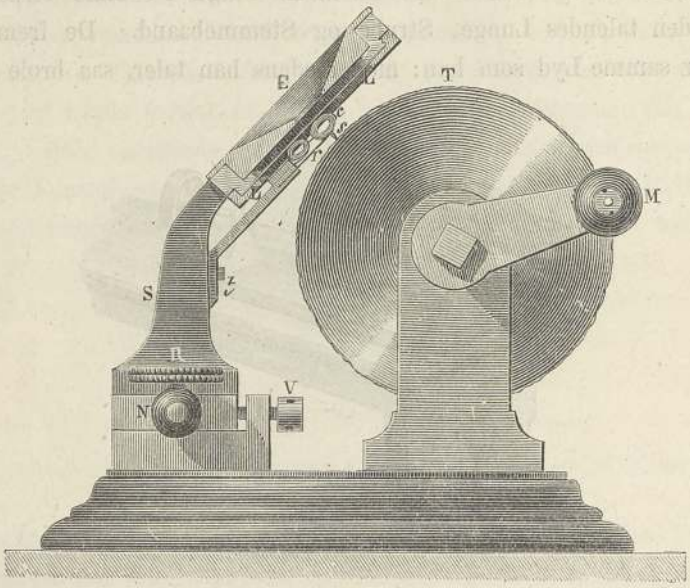


Fig. 66. Fonografen. Ved Skruen V bringes Spidsen s i den rette Afstand fra Valsen. Ved N bringes den i rette Stilling til Furen i Valsens Overflade, og med R fastklemmes Stativet S i sin Stilling. Da én Omkreds af Valsen ikke slaar til til mange Ord, gaar Furen rundt efter en Skruelinie (Fig. 65). Furen holdes dog stadig under Spidsen, derved at Valsen skydes til Siden, samtidig med at den gaar rundt, idet den ene Ende af Aksen er skrueskaaren, og dens Skruelinie har samme Højde som Valsens.

Man taler ned mod den tynde, elastiske Plade L, som derved kommer i Lydsvingninger. Disse meddeles til den lille Kautschukpude c, som bringer dem videre til en fin Spids s, der bæres af Fjeden r. Spidsen, som Lydsvingningerne bringe til at hoppe op og ned, vil sætte Mærker i Valsens Overflade, hvis denne er blød nok til at paavirkes deraf. En saadan blød Overflade faas ved at skære en Fure, Valsen

rundt, ud for Spidsen og dække denne Fure med et Blad af tyndt hamret Tin (Stanniol). Drejer man Valsen en Gang rundt, vil Spidsen trykke en Fordybning i Tinbladet, og gjentager man Omdrejningen, samtidig med at man taler mod Jærnpladen, vil Bunden af denne Fordybning blive mærket af Pladens Svingninger med en Række Prikker, der minde om Mærkerne i et Stykke Lærred efter en Maskinsyning. Drejer man nu tredie Gang rundt, vil man høre det, der før blev talt ind i Mundstykket, gjentaget ud deraf, ikke smukt, men dog saaledes, at i Reglen alle Ord tydelig kunne kjendes. Drejes Valsen den omvendte Vej, hører man Ordene i omvendt Orden og hvert Ord udtalt bagfra. Grunden til, at Fonografen kan gjentage Ordene, er let forstaaet; thi de Mærker, som Spidsen før satte i Tinbladet, tvinge den nu til at gaa op og ned i samme Takt som før, og Pladen, som den støtter mod, følger efter og sætter derved Luften i de samme Lydsvingninger, som før forplantede sig fra den talendes Mund ind til Tinbladet. Men at det ikke kan blive nogen fuldkommen Gjengivelse forstaas ogsaa let, thi et Tinblad og en Spids, som ridser i det, er en grov Ting mod de fine Organer, der betinge Talen og dens Tonefald. Fonografen mangler endnu Elektricitetens Hjælp for at kunne tilfredsstille.

Ved et, det skal indrømmes, noget dristigt Tankeexperiment kunde Fonografen gjøres til en Telefon. Man tænke sig to Fonografer, én paa hvert af de to Steder, fra hvilke der skal tales. De to Valser ere forbundne, ved at der er lagt et langt i sig selv tilbageløbende Baand af Stanniol om dem. Drejes begge Valser lige hurtigt rundt og i samme Retning, vil Baandet være i uafladelig Bevægelse frem og tilbage mellem de to Steder. Taler man nu ind i den ene Fonografs Mundstykke, vil man indpræge Talen i det løbende Metalbaand, og naar dets Mærker ankomme til den anden Fonograf, vil dennes Plade komme i Svingninger og gjentage, hvad der blev talt ind mod den første. Saaledes gaar det i Virkeligheden til ved den elektriske Telefonering; kun er det løbende Metalbaand erstattet af den elektriske Strøm. Den ene Telefon indpræger Talen i Strømmen, og denne fører den med sig til den anden Telefon.

Man kan som før nævnt opnaa at føre Lyden fra et Sted til

et andet blot ved at spænde en Traad af Silke eller Bomuld ud der imellem. Paa hvert Sted skal der være anbragt en Telefon (Traadtelefon), som blot bestaar af et kort Rør af Metal, der er lukket ved den ene Ende med en Bund af udspændt Pergament (Fig. 67). Traaden forbinder Midtpunkterne af de to Bunde. Taler man paa det ene Sted ind i Røret, og lægger en anden Øret til Røret paa det andet Sted, kan den sidste høre, hvad der bliver sagt, selv om der ikke tales højt. Paa den Maade er en Samtale bleven ført i mere end 400 Fods Afstand. En saadan Telefon findes allerede omtalt 1667 af Fysikeren Robert Hooke. Traaden maa ikke røre ved andre

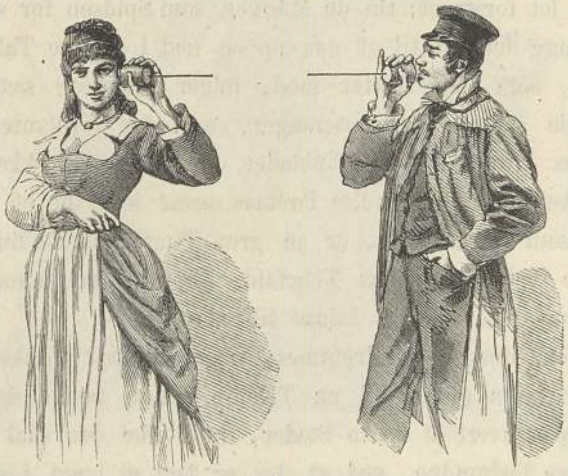


Fig. 67. Traadtelefonen.

Ting paa sin Vej, da Lyden saa gaar over i dem og spredes i Luften. Vil man tale om Hjørner, maa der paa hvert Sted, hvor Traaden skal gjøre en Bøjning, være anbragt et kort, bøjet Talerør, der er lukket for begge Ender med Pergament. Luften i dette Rør erstatter Traaden, idet den danner Ledningen, hvor Lyden skal bøje af. Traaden er nemlig ført hen til den ene Pergamentbund og fortsættes fra den anden. Traadtelefonen kom i Mode, da man hørte de mange forunderlige Beretninger om Bells elektriske Telefon, som et Slags let erhverveligt Surrogat for denne. Men den blev kun til

et Legetøj og er nu atter glemt. Det vil let indses, at den kun i ganske særlige Tilfælde vil kunne faa nogen Anvendelse.

Den mekaniske Overførelse viser sig lige saa lidt anvendelig i Telefonien som i Telegrafien, saa snart der bliver Tale om større Afstande. Derimod har den elektriske Strøm vist sig at være det rette Middel til at føre ikke blot det skrevne men ogsaa det talte Ord frem over lange Strækninger. For at faa en Forestilling om, hvorledes den elektriske Strøm kan føre Lydbølgerne med sig, ville vi sammenligne disse sidste med almindelige Vandbølger. Tænker man sig Vandet i en 100 Fod lang Kanal sat i Bølgebevægelse ved Kanalens ene Ende, da kan det antages, at Bølgerne ville gjennemløbe denne i 10 Sekunder, hvis Vandet staar stille. Strømmer det derimod i samme Retning som Bølgerne, ville disse følge med Vandet og derfor gjennemløbe Kanalen i kortere Tid. Kunde Strømmen tænkes at gaa med 90 Fods Hastighed i Sekundet, da vilde Bølgerne kun være 1 Sekund i Steden for 10 om at komme de 100 Fod frem. Sætter man Elektriciteten i en elektrisk Strøm ved den ene Ende af Ledningstraaden i Bølgegang ved at tale ned mod den (i det følgende vil det sees, at dette kan lade sig gjøre), da vil Elektriciteten føre Lydbølgerne frem med sig gjennem Traaden, og disse kunne derfor naa mange Gange længere og hurtigere frem, end det sædvanlig sker.

4.

Den elektriske Telefon.

Den elektriske Lydbølgestrøm. Bells Telefon bringes til at tale ved en saadan Strøm. — Frembringelse af Bølgestrømmen. Reis's Musiktelefon. Edisons Kultelefon afsender, og Bells Telefon modtager de elektriske Bølger. — Bells Telefon baade som Afsender og Modtager. — Oversigt.

Befinder man sig i et Telegrafkontor, medens et Telegram ankommer, hører man en Klapren, som frembringes af Vægtstangens Slag i Morseapparatet (S. 75), idet disse Slag sætte deres Mærker i

Papirsstrimlen. Kunde man paa samme Tid være tilstede paa Stationen, hvorfra Telegrammet afsendes, da vilde man høre en ganske lignende Klapren af Nøglen, som Telegrafisten vexelvis trykker ned og atter slipper for derved at faa Vægtstangen paa Telegrammets Bestemmelsessted til at gjentage Nøglens Bevægelser. Her have vi allerede en Telefon om end af en grov Art: Den klaprende Lyd føres milevidt frem med Elektriciteten gjennem Telegraftraaden.

Skjønt de i det ydre ere vidt forskjellige, er der dog en stor Væsenslighed mellem Telegrafapparatet og Bells elektriske Telefon. De have ogsaa samme Bestemmelse nemlig at gjenfrembringe paa Modtagerstationen en Bevægelse, som man frembringer vilkaarligt paa Afgangsstationen. I dem begge sker dette, ved at en Elektromagnet efter den ankommende elektriske Strøms Ordre tiltrækker eller slipper et Stykke Jærn, som holdes i Stilling over den ved en Fjeder. Medens Telegrafapparatet kun skal gjengive Telegrafistens Slag paa Nøglen, har imidlertid Telefonen en langt mere indviklet Opgave; den skal nemlig gjengive alle de fine dirrende Bevægelser, som meddeles Luften af den talendes Stemmeorganer. Hver ny Stavelse, der udtales, eller hvert nyt Tonefald, hvormed samme Stavelse udtales, skyldes en forskjellig Dirren i Luften. Hver Luftdel faar en uophørlig Række smaa Stød, medens der tales; den forskjellige Rækkefølge af disse Stød og deres relative Styrke er det, som betinger Lydens Ejendommelighed. Skal den gjengives ved den elektriske Telefon, maa alle de smaa Bevægelser i den rette Orden nedlægges i den elektriske Strøm, for at den kan føre dem frem og atter afgive dem paa Bestemmelsesstedet i Modtagertelefonen.

At Bevægelserne ere nedlagte i den elektriske Strøm i den rette Orden vil sige, at Elektriciteten stødes ud i sin Ledningstraad i *Bølger*, der udgaa i den samme Takt, i hvilken Luftdelene dirre, og i Mængder, som staa i Forhold til den dirrende Bevægelses Størrelse. Vi ville foreløbig lade det staa hen, hvorledes det bliver muligt at tilvejebringe en saadan Bølgestrøm. Vi antage at have Midlerne til dens Tilvejebringelse og skulle nu betragte den Telefon, hvori de elektriske Bølger gjengive de Bevægelser, som de skylde deres Oprindelse, og saaledes bringe Telefonen til at tale.

Som det ovenfor blev sagt, bestaar Telefonen ligesom Telegrafapparatet af en Magnet, ud for hvilken et Stykke Jærn bliver holdt i Stilling af en Fjeder. Hvis man sendte en Bølgestrøm som den ovenfor omtalte om Elektromagneten i Telegrafapparatet, vilde den vippende Vægtstang ganske vist faa et nyt Ryk, for hver Gang en Bølge ankom; men dens Masse er alt for stor til at kunne lyde de hurtigt skiftende Paavirkninger. Telefonen maa derfor have et finere Organ. Et saadant fandt Graham Bell i en meget tynd Jærnplade. Spændes den som et Trommeskind ud oven over Elektromagneten i Telegrafapparatet, efter at Vægtstangen er fjærnet, ja da bliver Telegrafapparatet til en Telefon; kunde det før skrive, saa kan det nu tale. Pladens egen Spændighed erstatter Fjedren i Skriveapparatet. Den

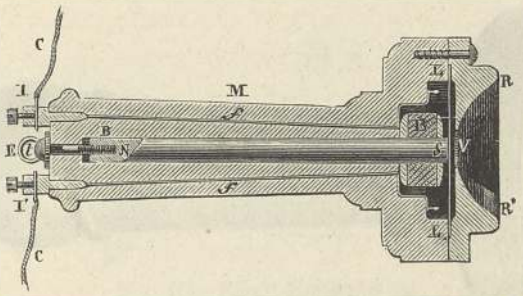


Fig. 68. Bells Telefon (Gjennemsnit).

tynde Jærnplade vil lyde enhver lille Paavirkning, den faar, og vil atter meddele den til Luften oven over.

Fig. 68 viser, hvorledes Graham Bell har indrettet sin Telefon. NS er en Magnet, hvis ene Pol S er omviklet mange Gange med en tynd isoleret Kobbertraad B. Traadens to Ender ff ere førte hen til Klemmeskruerne I og I'. Magneten er indesluttet i et Træhylster M, som ved den ene Ende er udvidet for at give Plads for Traadrullen B. Her er Hylstret lukket med den tynde Jærnplade, som sees i Gjennemsnit ved LL. Ved Skruer fastklemmes Pladen mellem Hylstret og Trædækslet RR', i hvilket man har udskaaret en tragtformig Fordybning, der udmunder tæt foran Pladen ved V. Magnetstangen NS er ved N forsynet med en Stilleskrue t, hvorved den kan bringes netop i den rette Afstand fra Pladen.

De elektriske Strømme ledes ind i Traadrullen B ved den ene af Traadene C og ud ved den anden. Ankommer der en Bølge, vil dens Elektricitet kredse rundt om Magnetpolen S. Derved vil efter Strømmens Retning Polen S enten forlægges noget ind mod Midten af NS eller drives ud mod Jærnpladen. Antages det sidste at være Tilfældet, vil Pladen trækkes stærkere ind mod Polen end før; den bøjer sig derfor lidt indad. Ophører Bølgen eller følges den umiddelbart af en anden med modsat Elektricitet, gaar Magnetpolen S tilbage og Fjederkraften i Pladen vil da gjøre, at Pladen atter svinger ud, hvilket den faar Tid til at fuldbyrde, selv om en tredie Bølge melder sig ikke $^1/_{1000}$ Sekund efter den første for igjen at trække den indad. Pladen følger saaledes nøjagtig med Magnetismens Be-

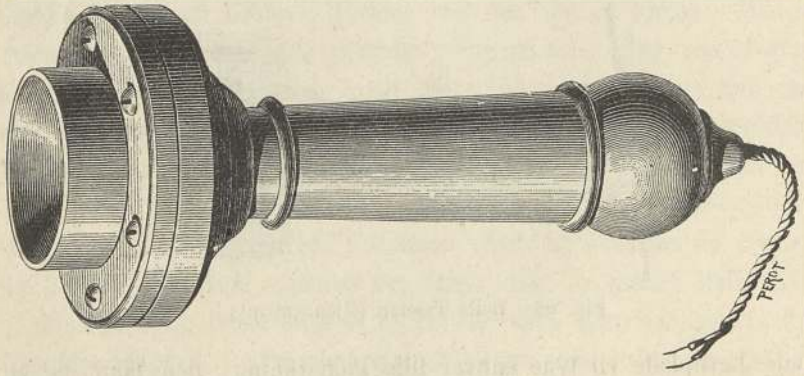


Fig. 69. Bells Telefon (omtr. $^2/_3$ virkelig Størrelse).

vægelser i S og disse lyde atter Strømbølgerne. Lægger man Øret til Aabningen V, vil det modtage de fra den dirrende Plade udgaaende Lydbølger og saaledes høre den Lyd, som udtales paa samme Tid paa det Sted, hvorfra Elektriciteten gaar ud, og som dèr bringer denne til at bølge.

Vi skulle nu se, hvorledes man nedlægger Lydbevægelsen i den elektriske Strøm, altsaa hvorledes Afsenderen er indrettet. Det er dens Konstruktion, som har voldet Opfinderne saa store Vanskelig-

heder, at de først ere blevne overvundne for faa Aar siden, uagtet man tidligere har arbejdet meget paa at løse Opgaven. Det er en let Sag at faa en elektrisk Strøm til at bølge i Takt med en tonende Stemmegaffels Svingninger. Man behøver blot at sætte Gaflen i Forbindelse med et galvanisk Batteris Pol og føre Enden af den Traad, hvori Strømmen skal gaa, saa tæt hen til en af de svingende Gaffelgrene, at denne netop kan naa Traaden, naar den svinger ud. Den vil da, for hver Gang den gjør en Svingning, sende noget af Batteriets Elektricitet ud i Traaden. En Stemmegaffels Tone kan derfor let telefoneres (jvfr. S. 84).

Ogsaa andre Instrumenters Toner ligesom Sangtoner kunne afsendes paa lignende Maade ved den elektriske Strøm. Reis var

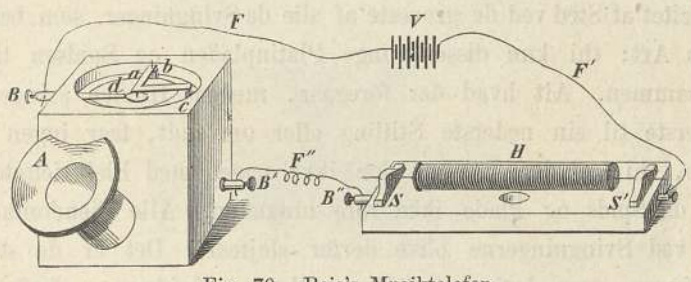


Fig. 70. Reis's Musiktelefon.

den første, der konstruerede en saadan Telefon. Den bestaar af en Resonanskasse af Træ med et Mundstykke A, ud for hvilket man lader Tonen lyde. Kassen har for oven en rund Aabning, der er dækket med en udspændt elastisk Hinde, paa hvis Midte der hviler en lille Plade af Platin d. Til den sender man Elektricitet fra den ene Pol af Batteriet V gjennem Traaden F. Tæt over Platinpladen men ikke i Berøring dermed fastholdes en lille Platinspids ved den bøjede Stang $b\,a\,c$, og til den føres den modsatte Elektricitet fra den anden Batteripol ad Vejen $F'HF''$. Lyder nu Tonen ud for A, da vil Luften i Kassen komme i en stærk Lydbevægelse, og Hinden for oven vil gjøre de til Tonen svarende Svingninger. Herved komme Platinplade og Spids til at røre hinanden én Gang ved hver Svingning, og hver Gang det sker, vil Strømmen blive

sluttet, og Elektriciteten vil bølge ud i Traaden. Apparatet SHS' bestaar af en Elektromagnet H anbragt paa en Resonanskasse SS'. Det har samme Opgave som Bells øven for beskrevne Telefon, nemlig at modtage de elektriske Bølger for at omsætte dem i Toner *), som følgelig kunne komme frem langt fra det Sted, hvor de frembringes, ved at Traadene F' og F'' forlænges.

Man har heri et Middel til at fremsende baade høje og dybe Toner. Men enten man lader en Fløjte, Stræng eller Stemmegaffel tone foran A eller man synger ned deri, vil Virkningen i Modtagertelefonen SHS' omtrent være den samme. Denne udsender Toner, der vel i Højde stemme med de oprindelige; men den forskjellige Klangfarve er Apparatet ufølsomt for; endnu mindre kan det naturligvis gjengive Talens Ejendommeligheder. Der sendes nemlig kun Elektricitet af Sted ved de groveste af alle de Svingninger, som betinge Lydens Art; thi kun disse bringe Platinpladen og Spidsen til at støde sammen. Alt hvad der foregaar, medens Hinden svinger fra sin øverste til sin nederste Stilling eller omvendt, faar ingen Indflydelse, thi i al den Tid har den ikke noget med Elektriciteten at gjøre, da Spids og Plade ikke røre hinanden. Alle Ejendommeligheder ved Svingningerne blive derfor sløjfede. Det er de største Svingninger, som betinge en Tones Højde; Højden er derfor det eneste ved Tonen, der bliver gjengivet af Reis's Telefon.

Man kan saaledes ikke vente at faa en mere sammensat Lyd som den menneskelige Tale nedlagt i elektriske Bølger ved at lade Svingningerne bringe to Metaldele som Spidsen og Pladen i Reis's Telefon til at støde sammen og derved slippe Elektricitet fra et Batteri ud i Ledningstraaden. Saadanne Sammenstød med udenfor værende Ting ville tilmed i Reglen forstyrre Lydsvingningerne i det lydgivende Legeme. Midlet er kort sagt for grovt. Skal det lykkes at faa Strømmen fra et galvanisk Batteri til at bølge i Takt med Lydsvingninger, som frembringes ved menneskelig Tale, maa Strømmen ifølge Erfaringerne fra Reis's Telefon ikke nogensinde afbrydes, medens man taler, da den Del af Lydbevægelsen, som foregaar, medens

*) Dets Virkemaade vil blive nærmere omtalt i et følgende Afsnit.

Strømmen er afbrudt, ikke kommer med. Strømmen maa kun gjøres stærkere eller svagere, eftersom det lydgivende Legeme svinger mere eller mindre ud. Det gjælder altsaa om at finde et Middel, hvorved Lydsvingningerne kunne komme til at indvirke paa Strømmens Styrke. Et saadant har man fundet og det et meget simpelt. Det grunder sig paa følgende Kjendsgjerning. Naar man lægger de to Poltraade fra et Batteri løst over hinanden (se Fig. 13, S. 27), vil den elektriske Strøm, som derved sættes i Gang, møde nogen Modstand paa Overgangen fra den ene til den anden Traad. Trykker man Traadene sammen, bliver denne Modstand mindre og Strømmen derfor stærkere. Denne Forøgelse af Strømmen ved Tryk viser sig endnu tydeligere, hvis man lader de to Traade ende med smaa Metalplader og lægger disse mod hinanden, adskilte ved et tyndt Lag Kul, som man kan

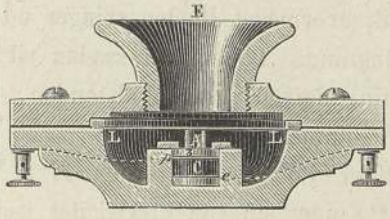


Fig. 71. Edisons Kultelefon.

have dannet ved at presse Kønrøg sammen. Trykker man paa Kullaget, hvorigjennem Strømmen jo kommer til at gaa, blot ved at lægge en Finger paa én af Pladerne, tiltager Strømmen meget kjendeligt i Styrke og formindskes igjen, naar Trykket ophører. Dette forklarer man, dels ved at der kommer flere Berøringssteder mellem Metalplader og Kul ved Trykket, og Elektriciteten saaledes faar flere Veje at gaa ad, dels ved at selve Kulmassen kommer til at lede bedre, naar den bliver udsat for Trykket.

Denne Omstændighed har Edison gjort nyttig i sin Kultelefon (Fig. 71) som Middel til at lade den elektriske Strøm optage Lydbevægelsen i sig. *p* og *e* ere to tynde Platinplader, mellem hvilke Kullaget *C* findes. Fra *p* og *e* føre to isolerede Metaltraade (de punkterede Linier) hen til Klemmeskruerne til højre og venstre i Figuren.

Det hule Rum, hvori Kullet og Platinpladerne findes, er lukket med en tynd elastisk Plade *L L* som i Bells Telefon. Over Pladen udmunder et Mundstykke *E*. Ved at man taler ned i dette, vil Pladeu *L L* sættes i Svingninger. For at disse kunne komme til at indvirke paa Kullet og derved paa Strømmen, er den svingende Plade understøttet ved Midten af den lille Jærncylinder *A*, der ved Metalpladen *b* hviler paa Platinpladen *p* og derved udøver et svagt Tryk paa Kullet. Svinger Pladen, vil den idelig forandre dette Tryk. Hvis man derfor fører en elektrisk Strøm fra et Batteri til den ene Klemmeskrue, derfra til *e* og gjennem *C* og *p* til den anden Skrue og derfra atter videre ud i en Ledningstraad, da vil denne Strøms Styrke stige og falde, naar Pladen *L L* svinger. Ved hver Svingning indad mod Kullet sendes en kraftig Bølge ud; en svagere Bølge udgaar derimod ved en udad gaaende Svingning. Denne Stigen og Falden af Bølgerne vil staa i Forhold til, hvormeget Pladen svinger ud, og mærkes selv ved den mindste Svingning. Thi enhver saadan vil forandre Trykket mellem Kul og Platin, derved ogsaa Modstanden, som Elektriciteten møder, og følgelig Strømmens Styrke.

Fig. 72 fremstiller Edisons Kultelefon *E* i Virksomhed. Det galvaniske Element *P* sender sin ene Elektricitet ned i Jordpladen *F*; den anden gaar gjennem Kullet *C* i Kultelefonen, Ledningstraaden *L* og Traaden omkring Magneten i Bells Telefon *B* ned i Jordpladen *F'*. Idet Strømmen gaar gjennem Kullaget, optager den Talen i sig for derpaa at føre den lydløst frem til Bells Telefon *B* og der aabenbare sit Indhold for det Øre, som lytter til den. Svinger Pladen ikke i Edisons Afsendertelefon, gaar Strømmen med jævn Styrke, og den vil derfor bøje Pladen *a'* i Bells Telefon lidt ind, men uden at lade den dirre. Saa snart Afsenderens Plade *a* derimod svinger f. Ex. udad, da bliver der strax en Svækkelse i Strømmen, og naar den ankommer til Modtageren, vil dennes Plade trækkes til med mindre Kraft end før; dens egen Fjederkraft vil derfor bevirke, at ogsaa den svinger udad. Paa lignende Maade vil hver indad gaaende Svingning i Edisons Telefon næsten øjeblikkelig hidføre en indad gaaende Svingning i Bells Telefon. De to Plader følges ad i deres Svingninger; den sidste gjentager derfor, hvad der bliver talt mod den første.

Paa store Afstande vil Traaden, der forbinder de to Telefoner, gjøre stor Modstand mod Strømmen; denne kan dog let blive stærk nok til at sætte Bell-Telefonens Plade i Svingninger, thi dette simple og dog saa fine Instrument giver Lyd selv ved den svageste Strøm. Men den store Modstand har til Følge, at Bølgerne i Strømmen næsten sløjfes. Dette har Edison bødet paa ved et Middel, der er ganske det samme som det, vi tidligere S. 46 omtalte, og hvorved man faar et galvanisk Batteri til at sende Elektricitet gjennem et langt Glasrør fyldt med fortyndet Luft, som af den Grund bringes til at lyse. Han sender nemlig de elektriske Bølger fra sin Telefon ikke direkte ud i

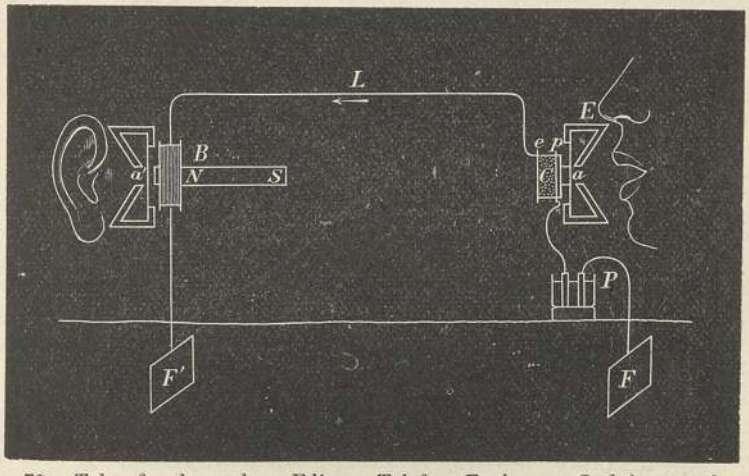


Fig. 72. Tale afsendes ved en Edisons Telefon *E* gjennem Ledningstraaden *L* for at høres i en Bells Telefon *B*.

Forbindelsestraaden men ind i den indvendige Traad af en lille Induktionsrulle (S. 47); da denne Traad er forholdsvis kort og tyk, gjør den ikke synderlig Modstand imod Strømmen, som derfor bølger stærkt deri og frembringer en tilsvarende Bølgen af Elektriciteten i den ydre Traads mange Vindinger. Disses Bølger er det, man sender ud gjennem Ledningstraaden til Modtagertelefonen. Da hver Bølge opstaar paa én Gang i alle den ydre Traads Vindinger, vil den stødes ud i Ledningstraaden med stor Kraft og vil være i Stand til næsten usvækket at gjennemløbe en milelang Traad. Et eneste galvanisk Element er tilstrækkeligt til at fremkalde denne Virkning.

Den første, der bragte en Telefon til at tale, var Amerikaneren Graham Bell. Paa en Udstilling i Filadelfia 1876 fik Offenligheden første Gang Lejlighed til at høre den. Den vakte almindelig Forbavselse og blev snart bekjendt over hele Verden. Naar vi hidtil kun have nævnt Edisons Kultelefon som Afsendertelefon, er det altsaa ikke, fordi den fremkom først, men fordi den Maade, hvorpaa Edison frembringer den elektriske Bølgestrøm, knytter sig nærmest til de Forsøg, man tidligere har gjort paa at telefonere. Paa en Maade optraadte Telefonen strax i sin fuldkomneste Form, thi ved Brugen af Bells Telefon behøves intet galvanisk Element. Hans Afsendertelefon frembringer selv den Elektricitet, hvori den nedlægger Talen. Hvorledes dette bliver muligt vil fremgaa af følgende.

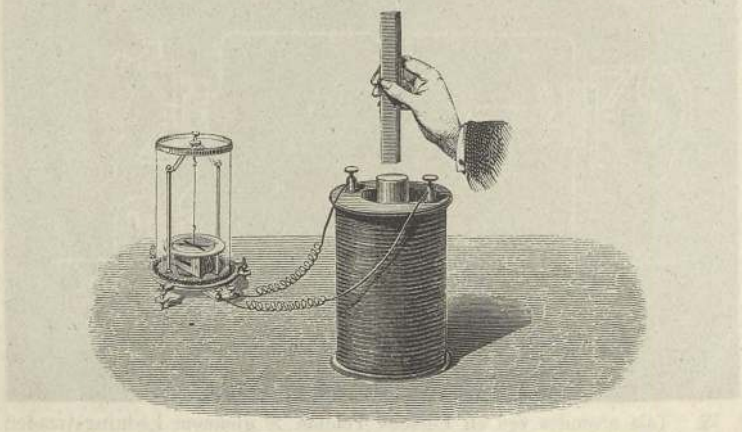


Fig. 73.

Fig. 73 forestiller en Rulle med isoleret Kobbertraad, inden i hvilken man har sat en Magnet, hvis Nordpol f. Ex. vender opad. Fører man Sydpolen af en anden Magnet ned mod den første, ville de to Polers Magnetismer tiltrække hinanden. Nordpolen forlægges derfor opad i den nederste Stang, men den gaar atter tilbage, naar den øverste Magnet fjærnes. Fører man denne fra og til, vil det altsaa have til Følge, at Magnetpolen inde i Rullen gaar op og ned, og samtidig dermed vil der bølge Elektricitet i Traaden udenom den; thi som nævnt S. 33 kan en Magnetpol ikke bevæge sig i Nærheden af et Legeme, som kan lede Elektriciteten, uden at denne sidste vækkes

og kommer i Bevægelse deri. At Elektriciteten her strømmer i Rullens Traad, vil give sig tilkjende i den Multiplikator (se S. 31), hvormed Traaden om Rullen er forbunden; dens Naal vil blive urolig og gaa til højre eller til venstre, eftersom den øverste Magnet føres til eller fra den nederste, paa Grund af de Strømme, som derved stødes ud af Rullen og føres hen i Multiplikatorens Traad. Betragtes nu Bells Telefon (Fig. 68), da sidder der ogsaa en Magnet $S\,N$ inden i en Traadrulle B. Ud for den ene Magnetpol er der her anbragt en Jærnplade $L\,L$ i Steden for den bevægelige Magnet i det forrige Apparat (Fig. 73). Men Jærnpladen bliver til en Magnet under Paavirkning af den nære Pol N, og den er bevægelig, idet den paa Grund af sin

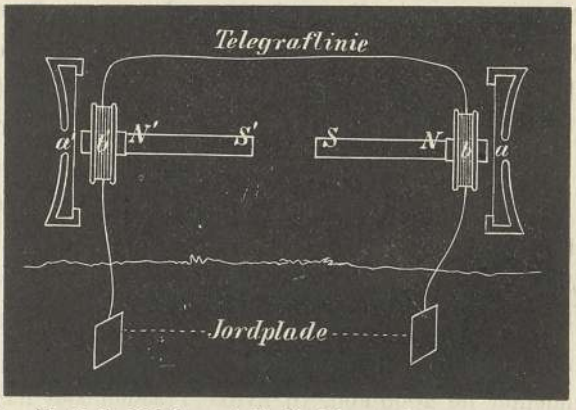


Fig. 74. To Bells Telefoner i Forbindelse med hinanden til Samtale.

Bøjelighed kan svinge ud og ind. Bells Telefon bestaar følgelig af de selv samme Dele som de, der ere fremstillede i Fig. 73. Svinger Pladen $L\,L$ enten ud fra eller ind mod Magneten, da vil der afvexlende stødes positiv og negativ Elektricitet ud af Rullen i Takt med Svingningerne. Frembringes disse, ved at man taler ned mod Pladen, vil det talte altsaa blive sendt ud i Form af elektriske Bølger. Bells Telefon kan derfor ikke blot bringes til at tale ved en Bølgestrøm; men den kan ogsaa uden nogen anden Elektricitetskilde end sig selv frembringe den talende Strøm, naar man taler ned i den.

I Fig. 74 er der fremstillet to Bells Telefoner, hvis Traade ere forbundne ved en Telegraflinie. Taler man ind i Telefonen til

højre, og Pladen derfor svinger, da ville elektriske Bølger afgaa gjennem Telegraftraaden til den anden Telefon og bringe dens Plade til at tale. Det er dog kun Talens Art, men ikke dens Styrke, man faar gjengiven, idet Lydbevægelsen naturligvis maa svækkes meget, naar den først skal overføres fra Luften til Jærnpladen a, derpaa fra denne gaa over i Traaden, hvor den forvandles til elektriske Strømme, og endelig staa op igjen af Strømmen i den anden Telefons Plade a'. Her vil den derfor vise sig, vel i næsten uforandret Skikkelse men stærkt formindsket. Det samme er Tilfældet ved den almindelige Lydoverførelse. Taler man i et Værelse, der er adskilt fra et andet ved en Bræddevæg, da overføres Lyden gjennem denne til det andet Værelse. Den dirrende Luft i det første Rum sætter Væggen i en med sin egen stemmende Bevægelse, og denne overføres atter til Luften i det andet; men den er som bekjendt stærkt svækket, fordi Væggen tilbageholder en Del af Bevægelsens Virksomhed (Energi). I Telefonen ville de to Plader og Traaden tilbageholde hver sin meget betydelige Del af Lydbevægelsen; man maa derfor tale højt og især tydeligt i Afsenderen, og Øret maa lægges tæt til Modtagertelefonen, naar Lyden skal kunne høres.

Forbinder man to Bells Telefoner med en Traad, der f. Ex. er 2000 Fod lang, og lægger den ene Telefon til Øret, da kan det hele betragtes som et Høreorgan, hvormed man kan høre lige godt i alle Afstande indenfor de 2000 Fod, til hvilke Traaden kan naa hen. Paa korte Afstande, hvor intet hindrer Lydens frie Fremgang, hører man naturligvis bedre med det blotte Øre end gjennem Telefonerne. Siemens satte en Spilledaase i Virksomhed og fandt, at han i fri Luft med Øret alene endnu netop kunde høre den i 400 Fods Afstand. Brugte han nu Telefonerne, maatte han nærme den, der skulde optage Lyden for at sende den gjennem Traaden til Øret, ind til 4 Fods Afstand fra Spilledaasen forat høre Lyden lige saa stærkt, som han før hørte den paa 400 Fods Afstand med Øret alene. Det kunstige Øre (den første Telefon) maatte altsaa være paa 4 Fods Afstand for at høre Spilledaasen, som det naturlige kunde være fjærnet 400 Fod fra. Den ene af Bells Telefoner modtog Lyden med den Styrke, den havde 4 Fod fra Spilledaasen, og den anden gav den fra sig kun

med den Styrke, der svarede til 400 Fods Afstand. Til Gjengjæld for den svage Lyd har det kunstige Øre, som de danne, den ovennævnte Fordel at kunne opfatte Lyden lige godt paa alle Afstande, hvor Traaden kan naa hen, og den kan være milelang. Forholdet kan ogsaa udtrykkes saaledes: Indenfor 400 Fods Afstand hørte man Spilledaasen bedre med det blotte Øre end med Telefonen, men uden for de 400 Fod kunde den kun høres ved Telefon. Forholdet vilde naturligvis have stillet sig langt gunstigere for den sidste, hvis man havde anbragt Afsendertelefonen paa selve Spilledaasen i Steden for at holde den i 4 Fods Afstand derfra.

Man kan altsaa tale paa Afstand 1) ved at bruge Strømmen fra et galvanisk Element som Overbringer, idet Talen nedlægges

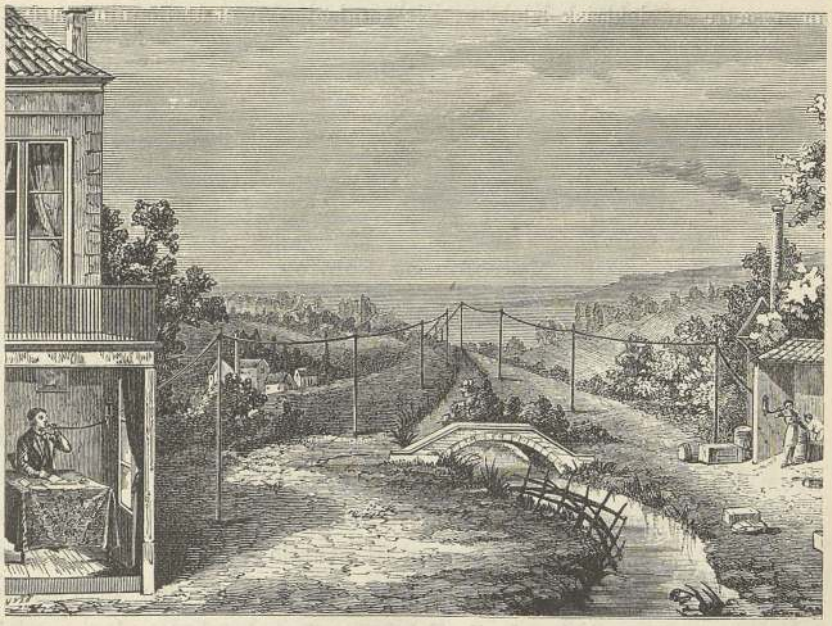


Fig. 75. En Samtale føres ved Bells Telefoner.

deri ved en Kultelefon og modtages af en Bells Telefon, 2) ved at lade Lydsvingningerne selv frembringe den elektriske Strøm i en Bells Telefon. Den sidste Fremgangsmaade er den simpleste; der

bruges intet Batteri, og paa hver Station behøves der kun én Telefon, der sat for Munden er en Afsender og sat til Øret bliver en Modtager, men man maa tale højt ind i Afsendertelefonen og faar dog kun en saa svag Lyd i Modtageren, at den i Reglen kun kan høres, naar man lægger Øret helt til; det har derfor sine Vanskeligheder at give tilkjende, naar man ønsker at begynde en Samtale.

Ved den første Fremgangsmaade maa man have et galvanisk Batteri i Virksomhed foruden Telefonerne, og vil man kunne baade tale og faa Svar, maa *hver* Station være forsynet med en Kultelefon og en Bells Telefon, men saa kan man ogsaa faa en Strøm af den Styrke, som passer bedst ved at vælge et tilstrækkelig kraftigt Batteri; Talen afgives derfor langt lydeligere end ved Bells Telefon alene. Tilmed har man den Fordel med Sikkerhed at kunne tilkalde den, man vil tale med, thi med det galvaniske Batteris Strøm kan man sætte en elektrisk Klokke i Virksomhed som et Indledningssignal.

5.

Mikrofon og Fotofon.

Forstærkelse af Lyden. Hughes Mikrofon. Forsøg med Mikrofonen. — Bells Fotofon. Radiofoni.

Naar man sendte Strømmen fra et tilstrækkelig kraftigt Batteri til en Kultelefon og derfra til en Bells Telefon, skulde man vente at kunne gjenfrembringe Talen af en ubegrænset Styrke, saa at Bells Telefonen endogsaa kunde komme til at tale højere end det Menneske, som taler ned i Kultelefonen. Ganske vist har man ogsaa indrettet saadanne højt talende Telefoner; men hvad man har vundet i Styrke, det har man tabt i Tydelighed; det blev en meget ufuldkommen Gjengivelse af Lydens Art. Imidlertid, i Tilfælde, hvor man vil opspore en svag Lyd, som den fra et Insekts Bevægelser eller fra smaa Bevægelser i det menneskelige Legeme, uden at det just kommer

an paa at høre den rent, dér kan man virkelig med Fordel forstærke Lyden ved Kultelefonen, saa at man nu ved dens Hjælp kan faa Lyd at høre, som aldrig før ere hørte, ligesom man i Mikroskopet ser Ting, som aldrig før ere sete. Den særegne Form, som Kultelefonen har faaet i dette Øjemed, er den given af Hughes, som kaldte sin Opfindelse Mikrofonen.

Hughes studerede nøje den særegne Modstand, som Elektriciteten møder paa Overgangen fra én Leder til en anden, der ligger løst hen over den første. Et af hans Forsøg var anordnet, saaledes som Fig. 76 viser. Fra et galvanisk Batteri P føres den ene Elektricitet til Jærnstiften C, den anden gjennem Telefonen T til Stiften C''.

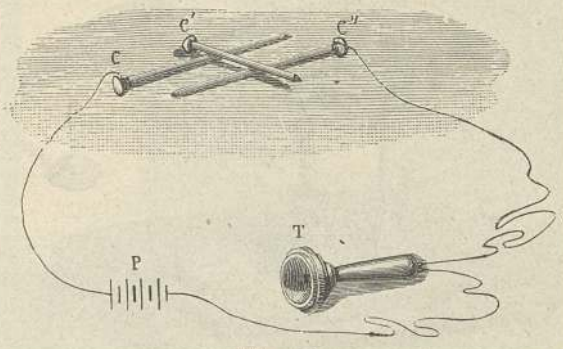


Fig. 76.

Tværs over de to Stifter er der lagt en tredie C'. Frembringer man en svag Lyd over de tre Stifter, vil Telefonen strax give Lyd. Efter at have gjort sine Erfaringer, gav Hughes Mikrofonen den i Fig. 77 fremstillede Form. Paa en Træplade $R\,R$ er der fastgjort to Kulstykker (Retortkul) A og B. B hviler umiddelbart paa Træpladen og staar i Forbindelse med Klemmeskruen I ved en Kobbertraad, der er ført under Træpladen (i Fig. er Traaden antydet ved en punkteret Linie), Kulstykket A bæres af en Metalstøtte G, hvortil det fastholdes ved Klemmen E og Skruen V, og hvorigjennem det staar i ledende Forbindelse med Klemmeskruen K, idet der er ført en Kobbertraad under Træpladen fra G til K.

I Oversiden af B og Undersiden af A er der gravet Fordyb-

ninger, hvorved Kulstiften *C*, der er 1—2 Tommer lang, holdes i Stilling, baaren af *B* og hindret i at falde ved *A*, men uden at være presset fast. Den ene Poltraad fra Batteriet *P*, der bestaar af 1 eller 2 galvaniske Elementer (f. Ex. Leclanchés), er fastskruet i *K*, den anden fører til Bells Telefonen *T* og fortsættes fra den til Skruen *I*. Derved føres Strømmen gjennem de tre Kulstykker *A*, *C*, *B*. Lægger man et Ur paa Træpladen, ville Lydsvingningerne, som dets Dikken meddeler denne, ogsaa sætte Kulstykkerne i Svingninger. I disse overføres Lydsvingningerne i den elektriske Strøm ligesom i Kultelefonen (S. 121), og Strømmen bringer dem atter frem i Telefonen *T*. Anbringes der som i Fig. 78 et Insekt paa Træpladen vil den Skraben,

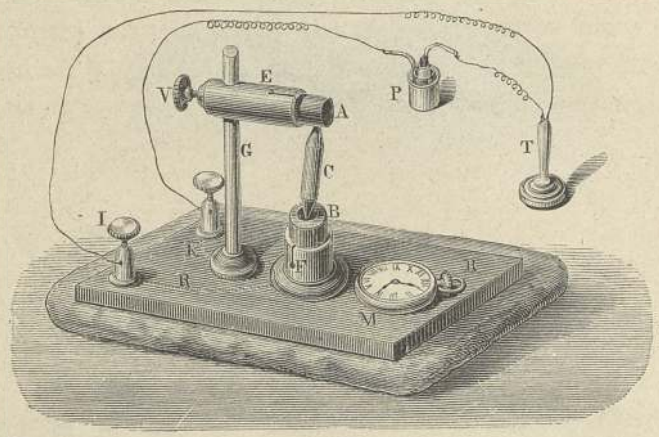


Fig. 77. Mikrofonen.

som dets Gang over Pladen foraarsager, kunne høres tydeligt i Telefonen paa lang Afstand; endnu højere lyder selv den svageste Skraben med en Negl. Alle Slags fremmede Lyd og Rystelser, som meddeles Pladen, ville naturligvis høres og forstyrre den Lyd, man vil opfatte; man maa derfor sætte Pladen paa en Pude eller paa blødt Kautschuk (f. Ex. to Stykker Kautschukrør). Hviler den umiddelbart paa et Bord, og man giver dette et let Stød, idet Telefonen er ved Øret, da er Larmen derfra som et Slag ind i Øret. Medens det ubevæbnede Øre kun hører en kort Lyd som Følge af Stødet, saa vil man i Telefonen høre en fortsat Brummen, et Bevis paa at

Bordpladen ingenlunde strax kommer i Ro efter Stødet men vedbliver i nogen Tid at dirre.

Forsøg med Mikrofon og Telefon ere meget lette at faa til at lykkes og kræve forholdsvis simple og ikke meget kostbare Hjælpemidler. De skulle derfor anbefales Læseren til egenhændig Udførelse; de overraskende Resultater lønne i usædvanlig Grad den ringe Møje at sammensætte de enkelte Dele. Kulstiftens Stilling mellem de to

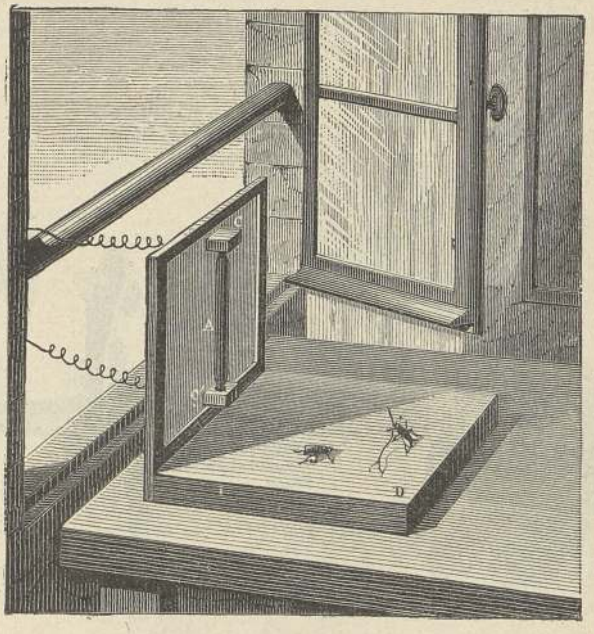


Fig. 78. Mikrofonen anvendt for at høre Insekters Gang.

Stykker, som støtte den, kan være mere eller mindre heldig. Ved at dreje lidt paa den eller flytte den lidt i de to Fordybninger, hvori den er anbragt, kan man prøve sig frem til den gunstigste Stilling, naar man lægger et Ur paa Pladen og lytter i Telefonen, samtidig med at man forandrer Kulstiftens Stilling, til man finder den, som gjengiver Urets Dikken tydeligst. Som det kan ventes, fremkalder den mindste Flytning af Kullet en stor Larm i Telefonen.

Man har fundet endnu et Middel til at faa den elektriske Strøm fra et Batteri til at tale i en Telefon. Den berømte svenske Kemiker Berzelius opdagede i 1817 et nyt Grundstof, som han kaldte Selen. Som et meget sjældent Stof med ikke særligt mærkelige Egenskaber var det kun lidt kjendt af andre end Kemikere, indtil Telefonens Opfinder Graham Bell benyttede det i sin *Fotofon*. Man havde fundet, at Selenets Evne til at lede Elektriciteten, som i det hele ikke er stor, var større i Lys end i Mørke. Ved at forbinde de to frie Ender af Poltraadene fra et Batteri ved et Stykke

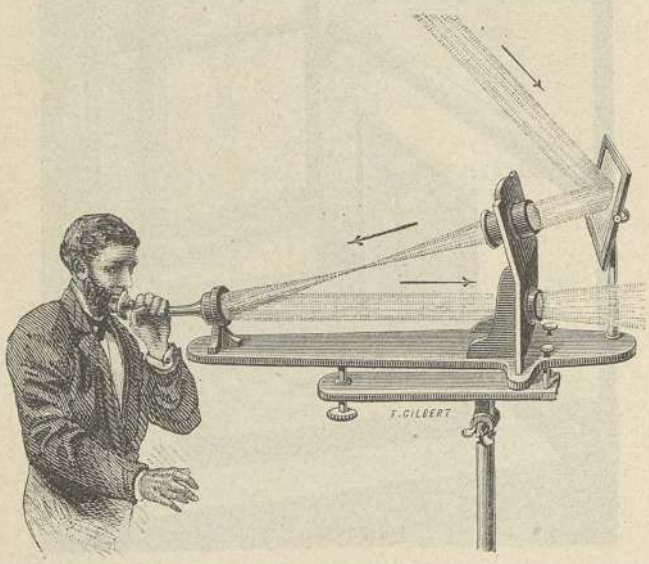


Fig. 79. Fotofon, Afsender.

Selen, vil Strømmen gaa derigjennem, og den vil blive stærkere og svagere med det Lys, som falder paa Selenet, ligesom den før, da Poltraadene vare forbundne ved et eller flere Stykker Kul, vexlede i Styrke med det Tryk, man udøvede paa Kullet. Er Strømmen tillige ført gjennem en Telefon, vil denne derfor give Lyd, hver Gang Belysningen af Selenet forandres.

Paa Grund af denne Ejendommelighed hos Selenet kan man tale med et Menneske, med hvem man ikke har anden Forbindelse end en

Lysstraale, som man retter mod ham. Fra Fig. 79 er en Lysstraale (helst Sollys) rettet mod Fig. 80. Pilene antyde Straalens Gang. Den rettes først ved Spejlet til højre i Fig. 79 mod den Lydafsender, som den talende har for Munden. Fra den tilbagekastes Lysstraalen og rettes mod Fig. 80. Lydafsenderen er et kort Talerør, der udmunder i en cylinderformet Daase. Denne er lukket med en tynd Glasplade, som udvendig er belagt med et spejlblankt Lag af Sølv. Lyset rettes mod Sølvfladen og kastes fra den mod Modtagerapparatet. Dette bestaar af et Hulspejl, som samler Lyset i sit Brændpunkt.

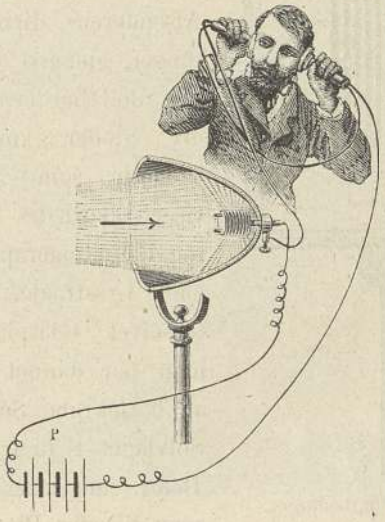


Fig. 80. Fotofon, Modtager.

Her er det Selenstykke anbragt, som overfører Lyden i den elektriske Strøm. Det galvaniske Batteri *P* sender sin Strøm først gjennem Selenet og derpaa gjennem to Bells Telefoner (én til hvert Øre for at forstærke Virkningen).

Taler man ind i Afsenderen, bringes Glaspladen med Sølvspejlet til at dirre; det vil sige, at den bøjes ud eller ind i Takt med Lydbølgerne, og den bøjes mere eller mindre efter disses Styrke. Hver Bøjning af Pladen medfører imidlertid, at Lyset, som i det

Øjeblik tilbagekastes fra den, bringes lidt ud af Retningen mod Modtagerens Spejl. Selenstykket *) belyses altsaa ikke saa stærkt som før, Strømmen fra Batteriet P møder derfor forøget Modstand, den flyder med mindre Styrke gjennem Telefonernes Traade, og disses Magneter blive svagere. Først efter denne Række af Aarsager og Virkninger faa vi den ønskede Virkning: Formindskelsen i de to Magneters Tiltrækning til Telefonernes Plader gjør, at disse svinge tilbage mod den lyttendes Øren. Kommer Lyset atter med sin forrige Styrke, bøjes de atter ind mod Telefonernes Magneter. Telefonerne give altsaa Lyd, og da Svingningerne deri følge med Afsenderens dirrende Spejls Svingninger, gjengive de Talen.

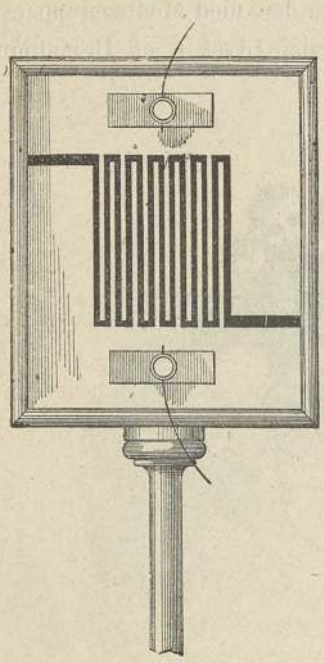


Fig. 81. Fotofonmodtager.

Bell har senere fundet, at andre Stoffer kunne gjøre samme Tjeneste som Selenet. Fig. 81 viser, hvorledes han anvendte Kønrøg i Modtagerapparatet for den talende Lysstraale. Den fremstiller en forsølvet Glasplade, paa hvilken man har dannet en Zigzaglinie ved at bortskrabe Sølvet. Linien deler Sølvlaget i to fra hinanden adskilte Dele, som atter forbindes, ved at man tilsoder Pladen, til Zigzaglinien

*) For at frembyde en stor Overflade for Lysets Indvirkning, indrettes Selenlederen saaledes: To fra hinanden isolerede Kobbertraade vikles hver i sin Spiral fast om en Cylinder af isolerende Stof saaledes, at hver af den ene Spirals Vindinger falder mellem to af den andens. Derpaa udfyldes Mellemrummet mellem Spiralvindingerne med Selenet. Føres de to Poltraade fra et Batteri hver til sin af de to spiralvundne Traade, vil Elektriciteten udbrede sig i disse sidste og derfor gjennemstrømme Selenet paa hele Cylindrens Overflade. Selenet gjør forholdsvis stor Modstand mod Elektricitetens Gang, selv naar det leder bedst. Til den elektriske Brug tilberedes det, ved at man smelter det og lader det afkjøles langsomt, hvorved det faar et krystallinsk, metallisk Ydre.

er udfyldt med et godt Lag Sod. Fører man Poltraaden fra et galvanisk Batteri til Skruerne for oven og for neden paa Pladen, vil Strømmen udbrede sig i det godt ledende Sølvlag og trænge over fra den ene Del af dette til den anden gjennem det mindre godt ledende Lag af Sod (Kulstof), hvis Ledningsevne forandrer sig med Belysningen ligesom Selenets.

Bells Forsøg med Fotofonen have givet Anledning til en stor Række Undersøgelser over skiftende Lys- eller Varmestraalers Ind-



Fig. 82. En Lysstraale tjener som Overbringer af Tale.

flydelse paa Legemerne (*Radiofoni*). Det har derved vist sig, at den Straale, der tilbagekastes fra et under Paavirkning af Lydbølger dirrende Spejl, bringer tynde Plader af andre Stoffer i en lignende dirrende Bevægelse blot ved at rettes mod dem, uden Elektricitetens Hjælp. Her er altsaa en direkte Overførelse af Lydbevægelsen ved Straalen. Fig. 82 viser, hvorledes Bell udførte et saadant Forsøg. Til højre ses Afsenderen anbragt; den var indrettet som den i Fig. 79 fremstillede; dens Spejl var 5 Centimeter (omtrent 2 Tommer) i

Tværmaal. Ved at give Spejlet en passende Stilling blev der kastet Sollys hen mod den 130 Fod fjærne Modtager. Denne var indrettet som Afsenderen, kun var Pladen af andet Stof, saa at den indsugede Straalerne, medens Afsenderen kastede dem tilbage. Ved disse meget simple Midler kunde det, man talte ned i Afsenderen, høres paa de 130 Fods Afstand gjennem Lysstraalen. Aarsagen til denne mærkelige Fremtoning er endnu ikke fuldt opklaret, skjønt man vel tør antage, at Udvidelsen af Modtagerens Plade ved Straalernes Varme bidrager sit til Fremkomsten af de Svingninger, som Pladen udfører.

Saa vidt vides, har man hidtil ikke kunnet føre en Fotofonsamtale paa mere end højst 1000 Fods Afstand. Foruden dette vil den Omstændighed, at Lysstraalen kræver en lige Linie for at komme frem, vanskeliggjøre den praktiske Anvendelse af Fotofonen.

5.

Telefonens praktiske Anvendelse.

Telefonering uden galvanisk Element.

Bell Telefonens Historie. Telefonens Regulering. Flad Telefon. Siemens, Gowers, Aders og Grays Telefoner. Telefontavlen. Kjøbenhavns By- og Hustelegraf. Den første Centralstation i Paris.

Næst efter Elektricitetens Anvendelse i Telegrafen er dens Anvendelse i Telefonen den, som indtil nu spiller den vigtigste Rolle. Man har arbejdet i henved 50 Aar paa at gjøre det elektriske Lys og den elektriske Drivkraft for Maskiner praktisk anvendelige, men er dog kun naaet saa vidt, at man nu tør vente, at de ville faa stor Betydning. Derimod er det ikke mere end syv Aar, siden den første Telefon blev forelagt Offenligheden, og allerede nu ere tusinder saadanne i Virksomhed i næsten alle større Byer, hvor de spille en stor Rolle i Forretningslivet. Vi skulle nu, lidt nærmere end det hidtil

er sket, gaa ind paa Telefonens Tilblivelseshistorie og Udviklingen af dens Anvendelse i det praktiske Liv.

Graham Bell, der er født i Edinburg men bosat i Amerika, beskjæftigede sig der med Forsøg over Tonestrømmes Anvendelse i Telegraferingen. Hans første Forsøg paa at frembringe en talende Telefon stamme fra 1874. Han indsaa snart, at det, som omtalt S. 120, var nødvendigt at bruge en uafbrudt elektrisk Strøm, naar denne skulde kunne optage Talen i sig. For at faa Strømmen til at bølge prøvede han først et Apparat, der ganske lignede et Morse Telegrafapparat (Fig. 45), naar dettes Urværk og Papirsstrimmel fjærnes. Kun var Vægtstangen meget let og støttede mod en elastisk Plade P og P. Apparatet (Fig. 83) bestod altsaa af en Elektromagnet, foran hvis Pol der var anbragt en Vægtstang $A\,B$ og en svin-

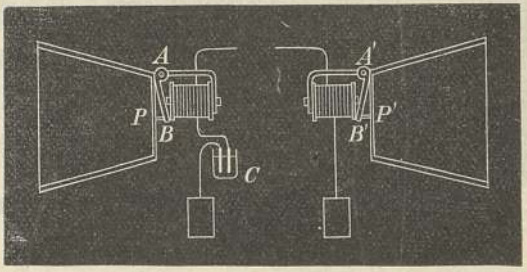


Fig. 83.

gende Plade P. Foran denne var der anbragt en Tragt til efter Omstændighederne at høre eller tale i. To saadanne Apparater bleve forbundne ved en Traad, og Strømmen fra et Batteri C sendt derigjennem. Bragtes Pladen i det ene Apparat til at svinge, fandt man vel en lignende Bevægelse i den anden Plade, men Tale kunde ikke overføres. Skjønt Vægtstangen blev gjort yderst let, kunde den dog ikke følge hurtigt nok med i de fine Bevægelser.

Bell opgav derfor Vægtstangen, og i Steden derfor fæstede han et lille Stykke Jærn paa den ud for Elektromagneten svingende Plade. Med denne Forandring viste Opgaven sig at være løst. En Dag var det ene af de saaledes ændrede Apparater bleven opstillet i Universitetsbygningen i Boston, det andet i et Nabohus forbundet med det

første ved en Ledningstraad. Bell var selv ved det ene Apparat og en af hans Elever ved det andet for at gjøre Forsøg. Bell udtalte nu Ordene: »Forstaar De, hvad jeg siger«, næppe med synderlig Forventning om at faa Svar; men til sin store Glæde hørte han en Lyd fra Telefonen og skjælnede, rigtig nok kun med den største Anspændelse af sin Opmærksomhed Ordene: »Ja, jeg forstaar Dem fuldkomment«.

Herefter gik det raskt frem med Forbedringerne. Bell indsaa snart, at det galvaniske Element var overflødigt. Det svingende Jærnstykke kunde lige saa godt selv frembringe den bølgende Elektricitet som bringe Batteriets Strøm til at bølge, naar der var anbragt en

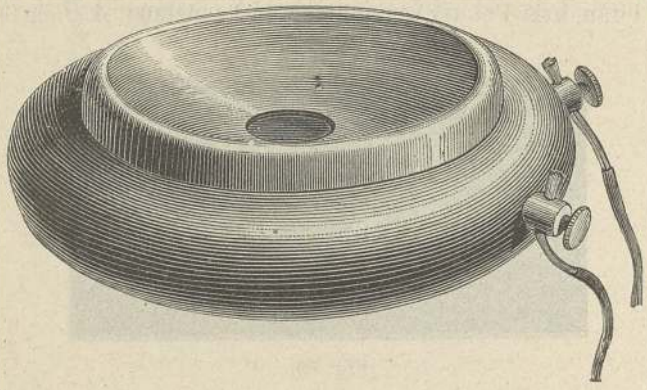


Fig. 84. Flad Telefon.

Staalmagnet i Telefonen i Steden for Elektromagneten. Den vigtigste Forbedring bestod dog i, at de to Dele: den svingende Plade og det paahæftede Stykke Jærn bleve gjorte til ét, ved at Pladen forfærdigedes af Jærn. Med denne Forandring fik Telefonen den Form, den senere i det væsenlige har bibeholdt (Fig. 68). Dens Bygning er i denne Form saa simpel, at man vanskelig kan tænke sig den yderligere simplificeret.

Det er af største Vigtighed ved Brugen af Bells Telefon, at Magneten er stillet i den rette Afstand fra Jærnpladen. Det passes ved Stilleskruen *t* (Fig. 68). Man vil i Reglen ikke finde, at den samme Stilling, som er den heldigste for at høre godt i Telefonen,

tillige er den heldigste, naar man skal bruge den for at tale i den. Det anbefales derfor at bruge to Telefoner paa hver Station, den ene til Øret, den anden til Munden og at sørge omhyggeligt for disses Regulering.

Bells Telefon har man efterhaanden givet mange forskjellige Former dels for at gjøre dens Lyd stærkere, dels for at kunne give Kaldesignaler med den, der kunne høres, uden at man har Telefonen ved Øret, dels vist nok ogsaa blot for at gjøre en Forandring.

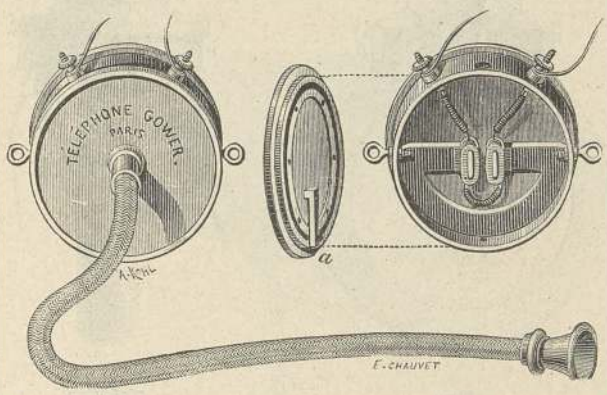


Fig. 85. Gowers Telefon bestaar af en flad Metalcylinder, inden i hvilken der er anbragt en efter en Halvcirkel bøjet Magnet, hvis Poler findes hver paa sin Side af Centrum. Om de to Jærnstykker, der springe frem fra Polerne, er der viklet Kobbertraad. Til højre ses det indre af Telefonen, idet Laaget *a* er fjærnet. Dette Laag er dobbelt, idet det ind mod Magneten er dannet af den svingende Jærnplade, medens det udvendigt bestaar af en tykkere Messingplade, hvori et kort Talerør med Mundstykke for Enden er anbragt. Tales der ned i dette, sættes Luften imellem de to Plader og dermed den inderste af disse i stærke Svingninger. Den stærke Lyd, som denne Telefon frembringer, er tildels betinget af, at Jærnpladen er forholdsvis tyk, hvorved den magnetiske Tiltrækning bliver stærkere (jfr. Anm. S. 140).

Ved at bøje Magneten efter en Cirkel kan man saaledes give Telefonen den i Fig. 84 fremstillede flade Form. Siemens Telefon ligner den almindelige Bells Telefon af Ydre men adskiller sig derfra, ved at den er større. Magneten i den har Hesteskoform, saa at der er rettet to Magnetpoler mod Pladen, hver omgiven af sin Rulle af Kobbertraad. Til Mundstykket kan man skrue en Fløjte. Blæser man skarpt i denne, kommer Pladen i saa stærke Svingninger, at Lyden, der overføres i den anden Telefon, er stærk nok til, at man

derved kan tilkalde den, man vil tale med. Skal Samtalen begynde skrues Fløjten af. Talen derfra skal man kunne høre i over 3 Alens Afstand. Den anvendes i den tyske Hær og Flaade.

Endnu højere taler Gowers Telefon (Fig. 85); den har man kunnet høre over en hel Sal, men dens Lyd har en ubehagelig metallisk Klang og Ordene ere ikke tilstrækkeligt tydelige. Det synes i det hele at være gjennemgaaende ved alle Telefonsystemer, at naar

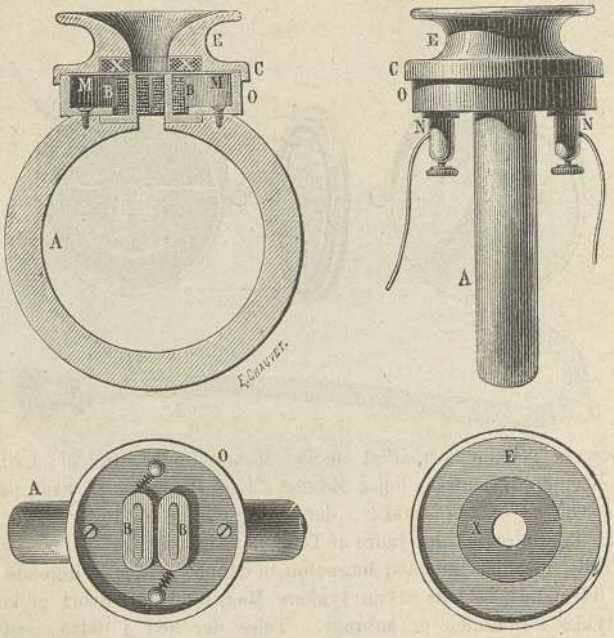


Fig. 86. Aders Telefon. Øverst til venstre ses Telefonen i Gjennemsnit. Neden under er den fremstillet med Mundstykket *E* og den svingende Plade *MM* fjærnet. Til hver af den cirkelformigt bøjede Magnets Poler er der fæstet flade Jærnstykker, hvert omgivet af sin Traadrulle *B*. Til højre for neden er Mundstykket afbildet for sig.

man forøger Lydens Styrke ud over en vis Grænse, gaar det ud over dens Tydelighed *).

*) Professor Jürgensen konstruerede, kort efter at de første Efterretninger om Bells Opfindelse vare komne hertil, højt talende Telefoner ved at bruge tykke Plader, men de kunde ikke gjengive alle Slags Lyd. Skjønt Sagen ikke blev forfulgt videre, gav denne første Forfærdigelse af Telefoner i Danmark dog Anledning til, at Bell ikke kunde erhverve Patent paa sin Opfindelse her.

Aders Telefon (Fig. 86) adskiller sig fra den almindelige Bells Telefon, dels ved at man ligesom i de forrige benytter begge Magnetens Poler, dels ved at der er lagt en Jærnring $X\,X$ over den svingende Plade. Denne Ring bliver magnetisk under Paavirkning af Magneten under Pladen og bidrager derved sit til at forstærke dennes Svingninger. Den bliver især brugt som Modtager der, hvor Lyden afsendes fra en Kultelefon (S. 127) eller Mikrofon.

Man har søgt at forstærke Lyden i Telefonen ved at frembyde flere Plader paa én Gang for Lydbølgernes Paavirkning. Hver Plades

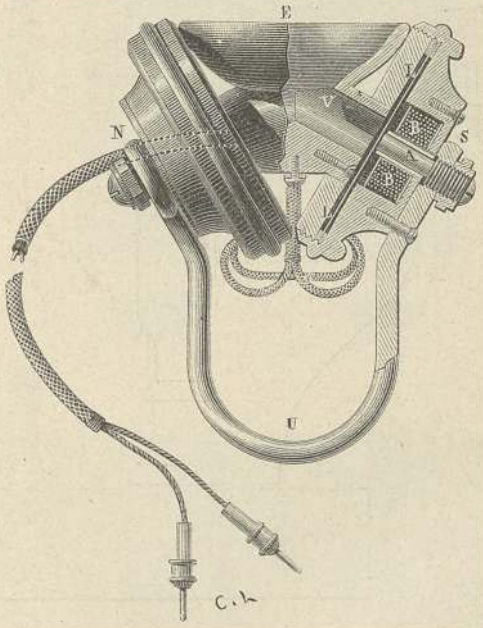


Fig. 87. Grays Dobbelttelefon.

Svingninger frembringe deres Bølgestrømme, og disse sendes samlede hen mod Modtageren. Fig. 87 viser Elisha Grays Dobbelttelefon, hvor der til hver Ende af Magneten $N\,U\,S$ er fæstet en almindelig Telefon. Over hver af disses Plader er der et Laag, hvorfra der fører et Rør til det fælles Mundstykke E. Tales der ned heri, fordele Lydbølgerne sig til de to Rør. Ankommer derimod en Bølgestrøm til Telefonen, ville Lydbølgerne, som udgaa fra de to Plader, forenes i E og saaledes frembringe en fordoblet Virkning i Øret.

Endelig har man søgt at forstærke Virkningen ved at anvende flere Hesteskomagneter i samme Telefon, hvis Plade er under Paavirkning af alle Polerne paa én Gang.

Det overmaade simple Apparat, som en Telefonforbindelse kræver, naar man anvender Telefoner af Bells System baade som Modtager og Afsender (S. 125) gjør, at man bruger den mange Steder, uagtet den i Reglen (i hvert Fald paa større Afstande) kun taler svagt og kræver for at virke tilfredsstillende af og til noget Eftersyn. Bell

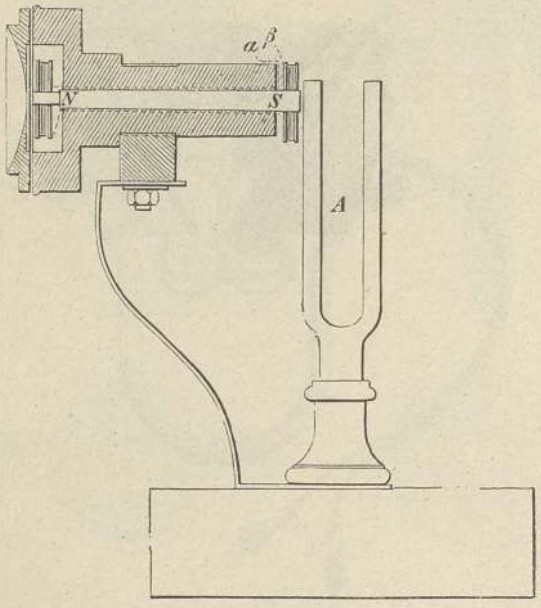


Fig. 88. Røntgens Signalgiver. *A* er en magnetiseret Stemmegaffel. Omkring *S* er der viklet en Kobbertraad, hvis Ender α og β ere førte sammen med Enderne af den om *N* viklede Traad.

Telefonen anvendes i den militære Tjeneste til Lands og til Vands og i Privatlivet, altsaa ved Lejligheder, hvor man enten ikke har megen Plads til Apparaterne eller hvor disse let skulle kunne flyttes. Indledningssignalet for en Samtale gives undertiden ved en Fløjte som i Siemens Telefon. Man har ogsaa anvendt den i Fig. 88 fremstillede Signalgiver, hvor en Stemmegaffels Tone overføres saa stærk,

at den kan høres i betydelig Afstand fra Modtageren. En stærk Klokke af Staal kan gjøre samme Tjeneste som Stemmegaflen.

Indretter man en fast Telefonpost, vil man ofte foretrække at bruge et almindeligt elektrisk Ringeapparat med galvanisk Element

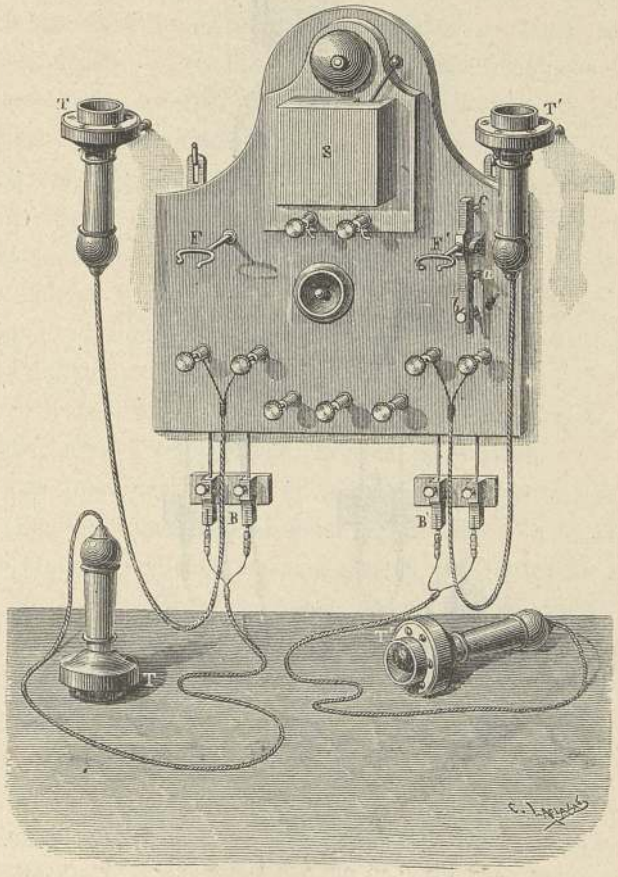


Fig. 89. Telefontavle. Bøjlen *F'* er anbragt paa en Vægtstang *c a*, der er indrettet som en Telegrafnøgle. Hænger Telefonen i sin Bøjle vil den ved sin Vægt dreje Vægtstangen saa meget, at denne ved *a* slutter Forbindelsen mellem Ledningen og Klokken, saa at man kan kalde paa den, man vil tale med. Lettes Telefonen af, vil en Fjeder tvinge Vægtstangen tilbage, og ved *c* vil da Forbindelsen mellem Ledningen og Telefonen sluttes; nu kan man samtale men ikke ringe.

(S. 94) til at give Signalet med. Fig. 89 viser, hvorledes man da i Reglen indretter sig. Midt paa en Trætavle sees den Knap, hvorpaa

man trykker for at kalde paa den, man vil tale med. Denne svarer ved at trykke paa sin Knap, hvorved Klokken *S* ringer. Nu begynder

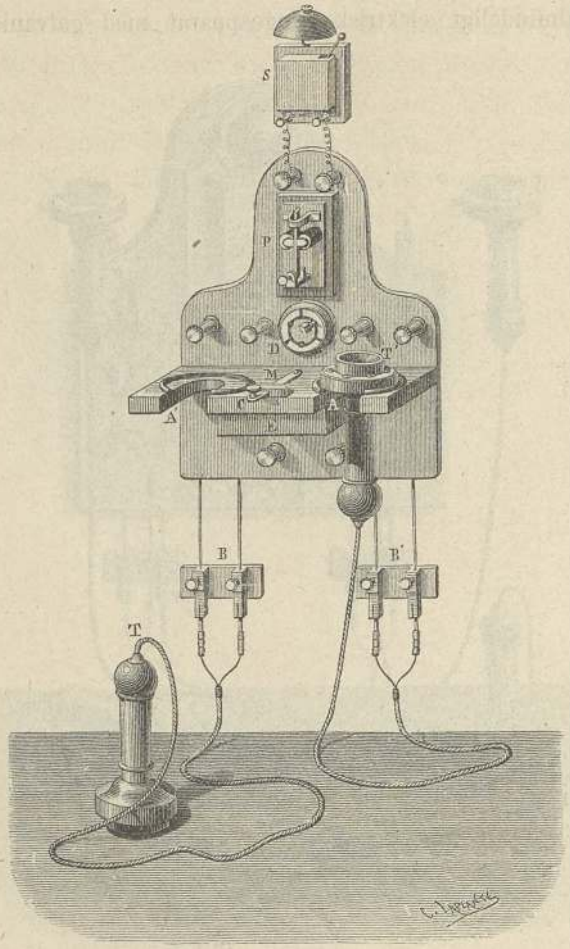


Fig. 90. Telefontavle. Telefonerne *T* og *T'* hænge i Udskæringerne *A'* og *A*. *M C* er en Nøgle, ved hvilken man kan afsende et Klokkesignal. Ved Kommutatoren *D* forbindes Ledningen enten med Klokken eller med Telefonerne. For at undgaa Nødvendigheden af at bruge mange Elementer til Ringningen, naar Ledningen er lang, er der anbragt et Relais *P*, som sætter et Lokalbatteri i Virksomhed. (jvnf. S. 77 Anm.)

Samtalen, idet man holder den ene af de to nederste Telefoner for Øret, den anden for Munden. De to øverste Telefoner tjene kun som

Reserve og mangle i Reglen. Er Samtalen færdig, hænges Telefonen op i Bøjlerne F og F'. Fig. 90 viser en noget anden Indretning af Telefontavlen.

Paa Steder, hvor Telefonen anvendes efter en større Maalestok, altsaa især i de offenlige Telefonanstalter har man i Reglen opgivet den udelukkende Anvendelse af Bells Telefon og taget Kultelefonen (S. 121) til Hjælp. Der blev dog kort efter Telefonens Fremkomst forskjellige Steder oprettet Selskaber, som arbejdede med Bells Telefoner alene. I Kjøbenhavn blev Telefonen tidlig anvendt i det offenlige Samkvems Tjeneste, idet By- og Hustelegrafen oprettede Kontorer rundt om i Byen, som stode i Forbindelse med hverandre ved Telefon. Tjenestegangen bestod i, at indleverede Skrivelser bleve dikterede gjennem Telefon til de Adressaterne nærmeste Stationer og derfra tilbragte dem ved Bud. Der var altsaa ikke Lejlighed til direkte Samtale for Publikum. Dette er nu for kort Tid siden bleven forandret, efter at Selskabet, hvad den elektriske Virksomhed angaar, er gaaet op i Kjøbenhavns Telefonselskab, hvorom mere siden.

I Paris blev der oprettet et Selskab, der betjente sig af Gowers Telefon (Fig. 85) baade som Afsender og Modtager for at tilvejebringe Telefonforbindelse mellem Forretningsmænd, der indtraadte som Abonnenter i Selskabet. Hver Abonnent fik sin Ledningstraad, der førte fra hans Kontor til en Centralstation, og blev sat i Stand til at tale med hvilken anden Abonnent, han ønskede, ved at begges Traade bleve forbundne med hinanden paa Centralstationen. For at faa denne Forbindelse oprettet, gav han et Fløjtesignal i Telefonen (S. 142); det var dog ikke nok, at dette blev hørt paa Centralstationen, det maatte gjøres synligt, hvem af Abonnenterne der fløjtede. Dette skete paa lignende Maade, som det betegnes ved de elektriske Ringeapparater i Hoteller, fra hvilket Værelse der ringes, altsaa ved en Klap, som faldt ved Strømmens Ankomst og derved fremviste vedkommende Abonnents Nummer. Da man arbejdede uden galvanisk Element, havde man kun den ringe Kraft, som frembringer Lydbevægelsen, at raade over for at faa Klappen til at falde. Ved en sindrig lille Mekanisme (Fig. 91) kunde det dog lade sig gjøre at faa de ved Abonnentens Fløjten frembragte Strømme til at udøve den fornødne mekaniske Kraft.

Naar Klappen var falden, spurgte den vedkommende Funktionær gjennem sin Telefon Abonnenten om, hvem han ønskede at tale med. Efter Svarets Modtagelse kaldte han paa den, der var bleven ham opgiven, tilvejebragte Forbindelsen mellem de to Abon-

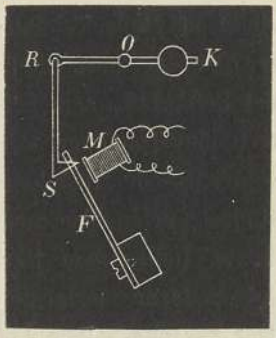


Fig. 91. Klappen er anbragt paa Vægtstangen $R\,O\,K$, der kan dreje sig om O men hindres deri, saa længe Krogen S har fat i det Fremspring, som findes for oven paa Fjedren F, der er af Jærn. Fjedren F er afstemt saaledes, at den ved at svinge giver samme Tone, som Abonnentens Fløjte. Blæser han i denne, vil der sendes elektriske Strømme omkring Elektromagneten M, hvis Traad er en Fortsættelse af Ledningen. Fjedren F vil komme i Svingninger og derfor hurtigt slippe Krogen S, hvilket har til Følge, at Klappen falder.

nenters Traade og satte saaledes disse i Stand til at føre deres Samtale. Samtalens Ophør blev tilkjendegivet ved samme Signal som det, der indledte den. Senere er Gowers Telefon som Afsender bleven erstattet af Kultelefonen.

7.

Telefonens praktiske Anvendelse.

(Fortsættelse.)

Telefonering med galvanisk Element.

Telefonen i Telegrafiens Tjeneste. Telefoneringens Betydning. — Bells og Grays Vædsketelefoner. Blakes, Hopkins' og Aders Kultelefoner. Telefontavlen. Talens Art. Samtale mellem tre.

Man kunde vente, at Telefonen efterhaanden vilde blive en velkommen Afløser for Telegrafen med dens vidtløftige Apparat, idet man simpelt hen kunde diktere Skrivelserne ved den, i Steden for først at lade Elektriciteten skrive dem op med et vidtløftigt Alfabet for derpaa at omskrive dem med almindelige Bogstaver. Det er dog kun i begrændset Omfang, at Forventningen herom kan blive opfyldt, og der maa især nævnes to Grunde dertil. For det første kan Telefoneringen ikke gaa for sig med samme Sikkerhed som Telegraferingen paa meget store Afstande, og gjennem almindelige nogenlunde lange Søkabler kan der slet ikke telefoneres. Det sidste forhindres, ved at de elektriske Bølger sløjfes paa Grund af Ladningen (S. 108). For det andet vil Telefoneringen tage længere Tid end Telegraferingen paa stærkt benyttede Linier. Paa saadanne kan nemlig et stort Telegrafpersonale forberede Telegrammerne ved at bruge Maskiner som den i Anm. S. 83 omtalte Perforator og Transmitter saaledes, at de kunne besørges meget hurtigt gjennem Ledningen. En forøget Trafik kan derfor bestrides uden at forøge Ledningernes Antal, blot ved Brug af et stort Personale; og det er billigere og hensigtsmæssigere at forøge det sidste end at anlægge mange Ledninger. Telefoneringen kan ikke gaa hurtigere for sig, end det meddelte kan afskrives. Her maatte altsaa Ledningernes Antal forøges, naar Trafiken voxede. Trods Vanskelighederne derved skal der dog gjøres Forsøg i Kina med at lade Telefonen erstatte de sædvanlige Telegrafapparater. Den Omstændighed, at det kinesiske Sprog ikke skrives med Bogstavtegn

men med et særskilt Tegn for hvert Ord, lægger nemlig store Hindringer i Vejen for Telegraferingen.

Som et udfyldende Hjælpemiddel gjør Telefonen allerede Nytte ved Telegraferingen. Da dens Betjening kun kræver ringe Øvelse, og da Vedligeholdelsen af dens Tilbehør ikke er nær saa kostbar som Telegrafens, kan man staa sig ved at lægge Sideledninger for Telefonsamtaler ud fra Telegrafstationerne til saadanne mindre betydelige Pladser, hvor der vel er Trang til Telegrafen men dog ikke tilstrækkelig til, at Driftsomkostningerne kunne bestrides ved Trafikken. Telegrammerne dikteres da ved Telefon til og fra Telegrafstationen og besørges den øvrige Vej paa sædvanlig Maade.

Telefonen faar imidlertid sin store Betydning ved at tilvejebringe hurtige Meddelelser mellem Beboere af samme By eller to ikke for langt fra hinanden liggende Byer, der staa i livlig Forbindelse med hinanden (f. Ex. Kjøbenhavn og Helsingør). Den faar i den Hensigt Anvendelse paa forskjellig Maade. Dels tjener den til gjennem Centralstationer at tilvejebringe Samtaler mellem hvilkesomhelst to af den Gruppe Beboere, der som Abonnenter i et Telefonselskab have skaffet sig Ledningstraad til Selskabets Centralstation, dels tjener den i Bytelegrafens Tjeneste til at overbringe Meddelelser mellem Mand og Mand. Endelig tjener Telefontraaden*) ofte som Bindeled mellem to Steder, hvor forskjellige Sider af den samme Virksomhed foregaar (f. Ex. en Fabriksbygning og Fabrikens Kontor). Til disse forskjellige Formaals Opnaaelse har man, som før sagt, i Reglen givet Afkald paa det simple i Apparatet ved den udelukkende Anvendelse af Bells Telefon for at opnaa den større Sikkerhed i Meddelelsen, som man faar ved Telefonering med Kultelefon, hvor man tager det galvaniske Element til Hjælp til Frembringelse af Elektriciteten.

---

*) »Taletraaden», som Beregner Andresen har kaldet Bells Telefon med sin Ledningstraad i sit lille Skrift om Telefonen i Smaaskrifter 10de Bd., 1ste Hefte, udg. af Udvalget for Folkeoplysnings Fremme.

Bell havde allerede før Edison opnaaet at nedlægge Talen i den elektriske Strøm fra et galvanisk Element ved at bringe Lydsvingningerne til at indvirke paa Modstanden, som Elektriciteten mødte (S. 121). Men han forfulgte ikke Sagen videre, hvorfor det blev Edison, som fandt en praktisk anvendelig Løsning af Opgaven ved at konstruere sin Kultelefon. Bell benyttede ikke Kullets Egenskab til ved Tryk at lide en Forandring i sin Ledningsevne for Elektricitet; men han opnaaede det samme ved at sende Strømmen igjennem et

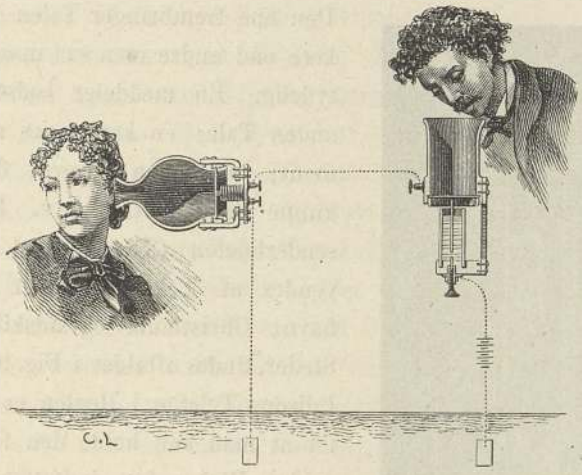


Fig. 92. Grays Vædsketelefon. Til højre sees Afsenderen, der bestaar af et Rør til at tale i, lukket for neden med en svingende Plade. Fra denne gaar en Metalstift ned i en Beholder med en ledende Vædske. En anden Stift er ført gjennem Bunden af Beholderen op til en ringe Afstand fra den første. Strømmen fra det Batteri, der er antydet neden under Afsenderen, føres til den nederste af Stifterne, fra den gjennem Vædskelaget mellem disse til den øverste og derfra gjennem Ledningstraaden til Modtageren, der ikke afviger væsenligt fra den sædvanlige Bells Modtagertelefon.

Lag af Vand. Allerede Reis's Telefon (S. 119) skal kunne overføre Tale, naar man anbringer en Draabe Vand mellem den svingende Platinplade og den vinkelbøjede Stang *b a c* (Fig. 70). Herved undgaas det, der var Hovedmanglen ved dette Apparat, at Strømmen afbrydes ved Svingningerne, idet Vanddraaben stadig holder Forbindelsen vedlige men dog frembyder forskjellig Modstand mod Strømmen, eftersom Pladens Svingninger trykke den mere eller mindre sammen.

Bells Vædsketelefon er ikke væsenlig forskjellig fra den saaledes modificerede Reis's Telefon. Elisha Gray opfandt Vædsketelefonen samtidig med Bell. Fig. 92 viser Indretningen af Grays Telefon. Edison erstattede Vædsken med et Lag af Kul og opnaaede derved betydelig bedre Virkninger.

Den Kultelefon, som Edison nu anvender, er ikke synderligt forskjellig fra den S. 121 fremstillede. Derimod have andre Opfindere givet Kultelefonen mangfoldige Former, men uden at der dog i Hovedsagen er sket nogen Forandring. Den ene frembringer Talen noget stærkere end andre men saa maaske mindre tydelig. Én meddeler bedst Sang, en anden Tale; én kan nøjes med 1 Element, en anden kræver flere for at kunne virke godt, o. s. v. Blakes Afsendertelefon (Transmitter), som anvendes af Telefonselskaber i Kjøbenhavn, Christiania og adskillige andre Steder, findes afbildet i Fig. 93. Medens Edisons Telefon i Reglen er bevægelig, for at man kan holde den for Munden, sidder Blakes fast indfattet i et lodret Bræt AB. Tragten, som samler Lyden, sidder i et Hul, der er boret i Brættet. Bag den spidse Ende af Tragten er den svingende Metalplade LL. spændt ud. Kullet C og de Metaldele, som fastholde det, hænge ned bag Pladen i en tynd Metalstrimmel f, som trykker dem let ind imod den. Trykket mod Pladen kan reguleres, derved at den øverste Ende af Metalstrimlen f er fæstet til en Metalstang D, som kan flyttes ind mod eller fjærnes fra Pladen ved en Skrue S forneden. Strømmen føres fra det galvaniske Element ad Vejen $qfCap$. Blot ved at tale hen mod Mundstykket af denne Kultelefon med Munden i flere Tommers Afstand derfra kan man blive tydelig hørt af den, der har Modtagertelefonen ved Øret.

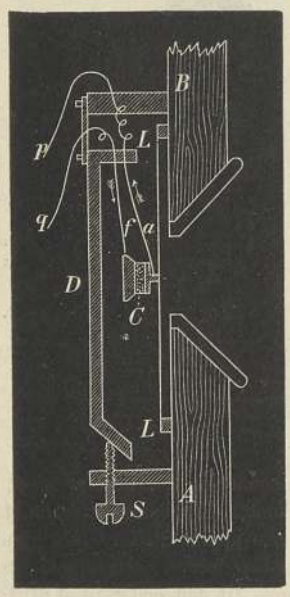


Fig. 93. Blakes Kultelefon.

Hopkins Kultelefon er ligeledes fast, men her ligger Pladen vandret. Oven over Pladen udmunder et kort Talerør, der er bøjet om for oven, saa at man bekvemt kan tale ind i det. Neden under Pladen er der anbragt en dyb men smal Beholder med Kviksølv. Heri svømmer en lodret Kulstift, der trykkes let op mod Pladen af Kviksølvet. Mellem Pladen og det øverste af Kulstiften er der endvidere anbragt et lille Stykke Kul, som bæres af en Metalstrimmel. Strømmen ledes gjennem denne, de to Kulstykker og Kviksølvet. Ved en af Hopkins konstrueret Kultelefon har man talt mellem Newyork og Chikago (over 200 danske Mil).

Aders Kultelefon gjør fortrinlig Tjeneste i Paris's Telefonanstalter. Den ligner i sin Bygning mere Hughes Mikrofon end den sædvanlige Kultelefon. Den bestaar af en Trækasse med et tyndt Laag af elastisk Træ. Paa Undersiden af dette er der fæstet 3 parallele Tværstykker af Kul. I hvert Tværstykke er der boret 5 Huller, hvori 10 tilspidsede Kulstykker kunne lægges ind, saa at det hele kommer til at se ud som en Rist, der ligger fladt henad Laagets Underside. Strømmen sendes ind ved den ene Ende af Risten og gaar gjennem Stængerne ud ved den anden Ende. Man taler ned mod Kassens Laag; derved kommer Stængerne til at dirre i deres Kullejer, og Strømmen kommer saaledes i Bølgegang. Princípet er altsaa ganske det samme som i Hughes Mikrofon; men de mange Berøringssteder mellem de forskjellige Kulstykker, der findes, gjør, at Strømmen aldrig afbrydes, hvad derimod af og til hænder i Hughes Mikrofon. En Afbrydelse i Strømmen har til Følge en uhehagelig raslende Lyd i Modtagertelefonen.

For at to skulle kunne tale sammen ved Hjælp af Kultelefonen, maa man foruden denne, som vi her ville kalde Mundtelefonen, fordi det er den, man taler i, paa hvert Sted have en Modtagertelefon, altsaa en Bells Telefon, som vi kalde Øretelefonen. Hvert Sted maa endvidere have sit galvaniske Element og endelig sit Signalapparat, hvilket atter omfatter baade en Signalafsender og en Signalgiver; den sidste er en almindelig elektrisk Klokke. Hvis man bruger det galvaniske Element til at faa denne til at lyde, bliver Signal-

afsenderen en elektrisk Knap som i et almindeligt Ringeapparat (S. 94)*).

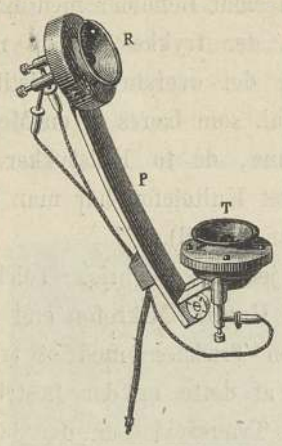


Fig. 94. Øre og Mundtelefon forenede.

Man sætter ofte Øretelefonen *R* (Fig. 94) og Mundtelefonen *T* i fast Forbindelse med hinanden og i en saadan indbyrdes Stilling, at den ene er for Øret, naar den anden er for Munden (Fig. 95). Naar der ikke tales, hænger Dobbelttelefonen paa en Krog, der sidder paa en Vippe af lignende Indretning som en Telegrafnøgle (jvfr. Fig. 89). Telefonens Vægt tynger Vippen ned. Derved afbrydes Forbindelsen mellem Ledningen og Telefonens Kobbertraad, hvorimod Klokken nu er i Forbindelse med Ledningen, saa at den er rede til at modtage det Signal, der skal indlede Samtalen. Letter man Telefonen af Krogen for at begynde Samtalen, vil en Fjeder hæve Vippen, hvorved Telefonen forbindes med Ledningen, medens Klokken træder ud af Forbindelse dermed. Nu kan man samtale men ikke ringe.

Den nærmere Indretning af en Telefontavle (hvorved vi forstaa det hele Indbegreb af Apparater, der høre til en Telefonpost), saaledes som Abonnenterne i Kjøbenhavns Telefonselskab have den, sees af Fig. 96. Paa et lodret 2—3 Fod langt Bræt er der fæstet tre smaa Skabe, hvoraf de to øverste ere fremstillede i Figuren med aabne Dørre. Det nederste Skab er fjærnet i Figuren; det indeholder

*) Selv om Telefonledningen er milelang, kan et enkelt galvanisk Element være tilstrækkeligt til at udføre det lille Arbejde at sætte Telefonens Plade i Svingninger, naar man da bruger Induktionsrulle (S. 123). Derimod kan det ikke bringe Klokken til at give Lyd. Hertil kræves et Batteri af flere Elementer. For at undgaa disse, bruger man ofte en lille magnetoelektrisk Maskine (se S. 33), som vi ville kalde Signalmaskinen, til at sende Strømme til Klokken med, idet man drejer nogle Gange rundt paa Maskinens Haandtag.

det galvaniske Element P_1 P_2. I det mellemste Skab er Mundtelefonen (Blakes Kultelefon S. 150) med Tilbehør, T og R_1 R_2 anbragt, og i det øverste sidder Signalapparaterne, nemlig Signalmaskinen M (se Anm. forr. Side) og den elektriske Klokke K. Signalmaskinens Haandtag er dækket af den opslaaede Dør men antydet i Figuren ved en punkteret Linie. I Siden af det øverste Skab er der endvidere anbragt en Vippe I med en gaffeldelt Krog, hvori Øretelefonen B hænger, naar der ikke tales. Mundstykket til Kultelefonen T er indfattet i et Hul midt i Døren til det mellemste Skab, saaledes som

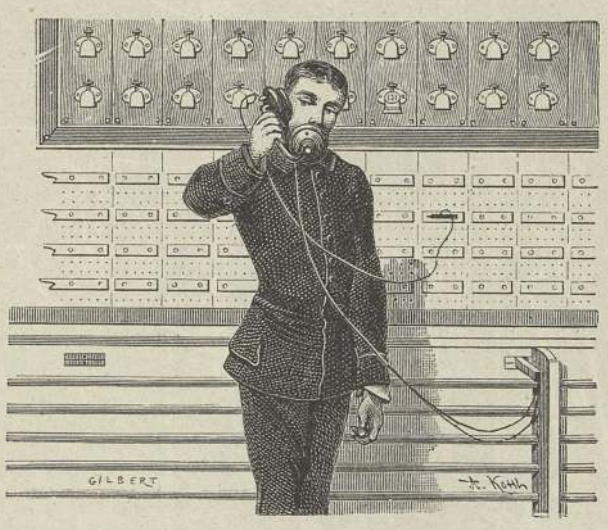


Fig. 95. En Funktionær ved en Centralstation i Samtale med en Abonnent.

det er vist i Fig. 93. Den elektriske Forbindelse mellem de i Skabene værende Dele og de i disses Dørre fastsiddende sker gjennem Hængslerne, hvori Dørrene hænge.

Ønske to Personer — lad os kalde dem Hans og Knud — at bringes i Telefonforbindelse med hinanden, da maa hver af dem forsyne sig med en Telefontavle. Denne fæstes til en Væg, og det galvaniske Elements ene Pol P_2 bliver afledet til Jorden, hvad der i større Byer i Reglen vil sige, at den sættes i ledende Forbindelse med et Gas- eller Vandrør. Det samme sker med Krogen I. Der føres en Jærntraad frem mellem Hans's og Knuds Boliger. Den

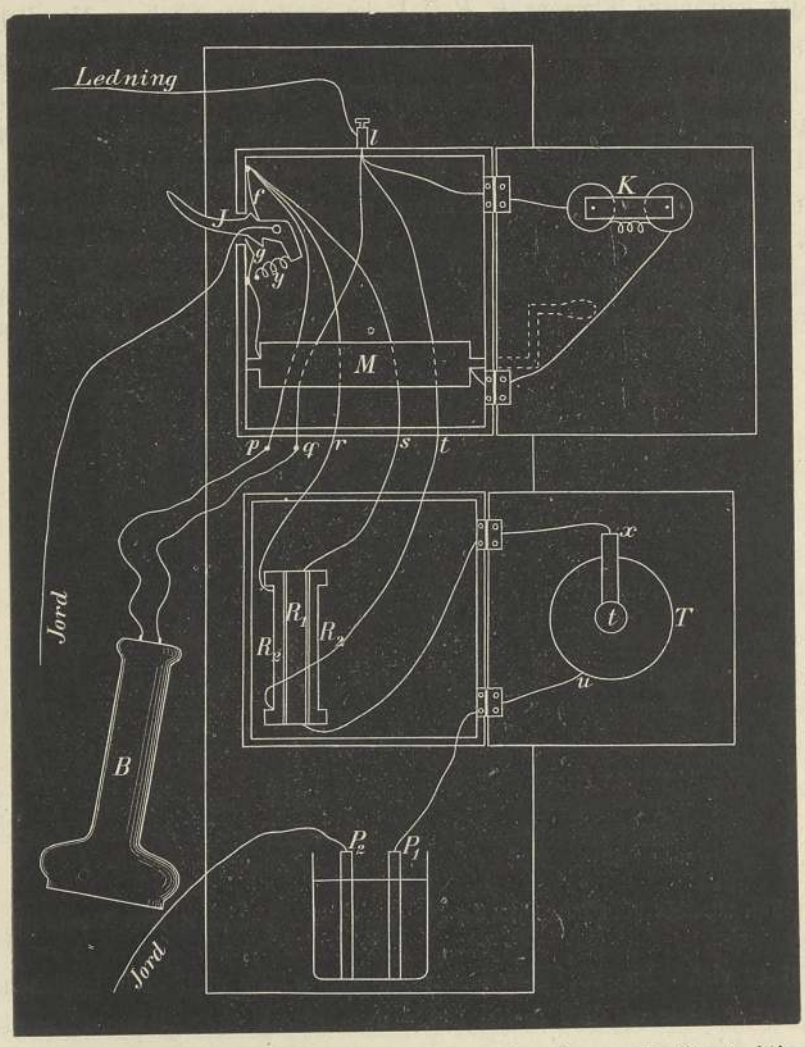


Fig. 96. Telefontavle (det amerikanske Bell Telefon Kompagnis Konstruktion). Den elektriske Strøm fra det galvaniske Element gaar fra P_1 til den nederste Hængsel i Skabet, derfra ad Vejen $u\,t\,x$. hvor den gjennemløber Mundtelefonen T's Kulstykke t. Derfra gaar Strømmen gjennem den øverste Hængsel til den indvendige Traad R_1 af Induktionsrullen $R_1\,R_2$; efter at have gjennemløbet den, forsvinder den om ad s og f ned i Jorden. Tales der mod Pladen T, gaar Strømmen i Bølgegang gjennem R_1, hvorfor der udsendes bølgende Induktionsstrømme af Rullens udvendige Traad R_2. Den ene Slags Elektricitet gaar strax ned i Jorden om ad r og f, medens den anden sendes om ad t og l ud i Ledningen. Saaledes kan det gaa, naar Telefonen B er nedtaget af Krogen I, fordi Spiralfjedren y da hæver I, saa at Fjedren f støtter mod den. Ligeledes kan i

dette Tilfælde en fra Ledningen ankommende Bølgestrøm finde Vej gjennem Telefonen *B* ned til Jorden. Hænger Telefonen derimod i Krogen, tynges denne ned. Den ophører at røre ved *f* men støtter nu mod *g*. Derved er Afløbet til Jorden spærret for Elektricitet fra Induktionsrullen og Telefonen, saa at ingen Strøm kan gjennemløbe dem. Nu kan derimod Signalmaskinen *M* virke. *M* er en med isoleret Kobbertraad beviklet Valse, som kan bevæges rundt mellem Polerne af tre Hesteskomagneter, der ere anbragte i Skabet, men ikke ere fremstillede i Figuren. Drejes Valsens Haandtag rundt, sendes der elektriske Strømme ud fra *M*. De udbrede sig dels gjennem Fjedren *g* og Krogen til Jorden, dels gaa de gjennem den nederste Hængsel til Klokken *K* og derfra videre gjennem den øverste Hængsel og *l* ud i Ledningen. Ankommer der en Strøm fra Ledningen, medens Telefonen hænger i sin Krog, da finder den begge Vejene *l q* og *l t* spærrede, fordi de begge føre til *f*; derimod kan Strømmen finde ned i Jorden ad Vejen *l K M g* og vil derfor bevirke, at Klokken *K* ringer.

bliver ført ind gjennem Murene, og paa hvert Sted fæstes Enden af den til en Skrue *l*, som er anbragt over det øverste Skab. Naar de forskjellige Forbindelser ere tilvejebragte, saaledes som det er antydet i Fig. 96, er det hele i Orden til Samtalen. Vil Hans tale med Knud, vækker han dennes Opmærksomhed ved at dreje paa Haandtaget, der findes paa højre Side af det øverste Skab, idet Knuds elektriske Klokke derved ringer. Derpaa svarer Knud paa samme Maade. Nu lette de begge Øretelefonen af Krogen *I*. Knud, som venter paa at høre, hvad Hans vil ham, lægger sin Øretelefon til Øret. Hans gjør det samme for at være rede til at høre Knuds Svar og begynder med at sige »Hallo — Hallo« eller et andet aftalt Udraab ind mod Døren til det mellemste Skab, der naturligvis er lukket under Brugen. Dette har til Følge, at den elektriske Strøm fra det galvaniske Element kommer i den for Lydbevægelsen i Ordet Hallo*) ejendommelige Bølgegang, og de elektriske Bølger sendes om ad *t* til *l* og derfra ud i Ledningen til Klemmeskruen *l* i Knuds Telefontavle.

Idet nu Fig. 96 forestiller denne sidste, finde de elektriske Bølger Vej om ad *q* til Knuds Øretelefon *B*, bringe dens Plade til at gjentage Hans's »Hallo« og forsvinde saa i Jorden om ad *p*, *f*, Krogen *I* og Jordledningen. Naar Knud har opfattet Indlednings-

*) Dette Udraab skal være særlig skikket til Indledning af en Telefonsamtale, fordi det er let at opfatte.

lyden, svarer han med et »Hallo«. Nu vide begge Parter, at alt er i Orden, hvorefter Hans kommer frem med, hvad han har at sige, og Samtalen fortsættes.

Talen lyder noget fjærnt, minder lidt om Lyden fra et Talerør men er skarpere. Vender man det Øre, hvortil man holder Telefonen, ned mod Gulvet, faar man let det Indtryk, at den talende opholder sig i et Værelse nedenunder. De forskjellige Stemmer kjendes med Sikkerhed fra hverandre. Telefonisterne, som arbejde paa en Centralstation, lære hurtigt de Abonnenters Stemmer at kjende, med hvem de jævnlig have at gjøre, i de aller fleste Tilfælde naturligvis uden nogensinde at faa vedkommende at se.

Der er intet i Vejen for, at tre kunne føre en Samtale hver fra sin Telefontavle, som om de vare samlede i ét Værelse. Dertil hører blot, at tre Traade, én fra hver Tavle, fører hen til samme Punkt og der forenes. Hvad én siger, vil fordele sig til begge de andres Traade og høres af dem begge; hvem af disse der vil, kan da svare. Det hænder naturligvis lettere, at to komme til at tale i Munden paa hinanden, end ved personligt Samvære, da Iagttagelsen af Minespillet mangler.

8.

Telefonens praktiske Anvendelse.

(Fortsættelse.)

Offenlige Telefonanstalter.

Paris's Telefonvæsen. — Kjøbenhavns Telefonselskab. Operationsbordet. Maaden, hvorpaa to Abonnenter sættes i Forbindelse med hinanden. Bytelegrafien. Samtalestationer. — Mangler ved Telefonen. Hemmelig Telefonering. Afstande, paa hvilke der kan telefoneres. Telefonledninger og Lynnedslag. Telefonens Udbredelse.

I den første offenlige Telefoncentralstation i Paris arbejdedes der, som omtalt S. 145, uden galvanisk Element. Det blev sagt samme Sted, at man senere forandrede denne Station til at arbejde med Kultelefon og følgelig med galvanisk Element. Siden den Tid

er der endvidere oprettet 9 Centralstationer, der staa i Forbindelse med hverandre ved et passende Antal Traade. Det har været en vidtløftig Opgave, som Elektrikere og Mekanikere have haft at løse, at faa en Centralstation indrettet saaledes, at den kan svare til, hvad man maa fordre af den. I Paris ere Abonnenternes Traade underjordiske, idet de lægges indesluttede i Blyrør (7 Dobbelttraade i hvert Rør) under Loftet af Kloakernes Hvælvinger. Efter at de til en Centralstation hørende Traade ere samlede i en Kloakledning, som fører tæt

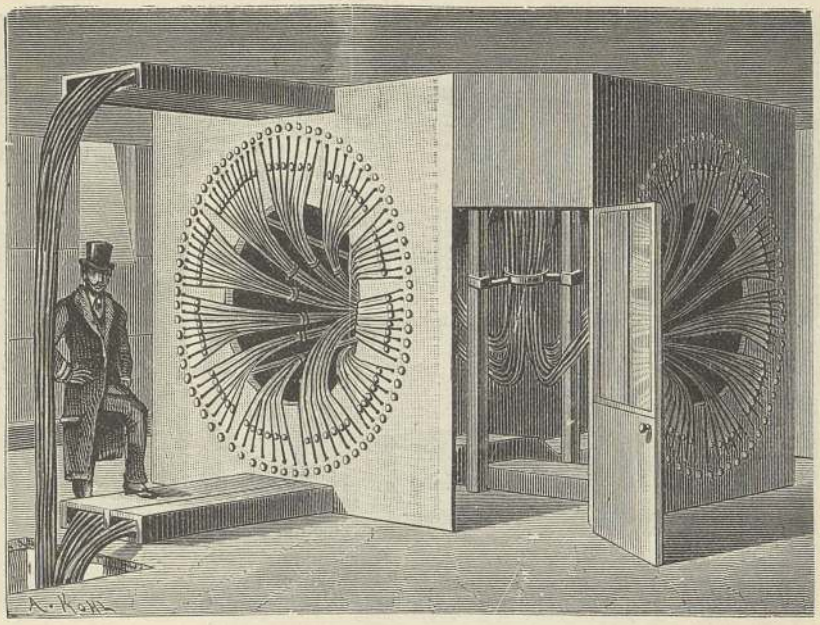


Fig. 97. Kjælderrummet i en parisisk Centralstation.

forbi Stationens Bygning, føres de alle (for én Stations Vedkommende i et Antal af flere tusinde) under Jorden ind gjennem Muren til Kjælderrummene. Her fordeles de i et System af Trærender (Fig. 97), der føre ind i Kamre med Trævægge, som ere rejste i Kjælderrummene. Inde i Kamrene udbredes de langs Væggene for atter at komme frem paa disses Yderside, ordnede omkring de store cirkelrunde Aabninger, som sees i Væggene. Hver Traad, som her kommer frem, har det Nummer, som er vedkommende Abonnents

Betegnelse paa Stationen, paaskrevet paa Væggen. Fra Randen af Aabningen sees de dernæst at være førte sammen mod Midten, hvorfra de atter gaa ind i Kamret fordelte i Grupper hver paa syv. Saavidt muligt fordeler man de Traade, som ligge nær ved hverandre, til Abonnenter, som Erfaringen har vist at have den hyppigste indbyrdes Forbindelse.

Efter at Traadene saaledes have faaet hvert sit Nummer, samles de atter midt i Kamret og føres nu lodret gjennem Kjælderloftet op



Fig. 98. Centralstation i Paris.

i Stueetagen i en Sal, hvor den Virksomhed gaar for sig, ved hvilken Abonnentene bringes i Forbindelse med hverandre. Denne Sal er afdelt ved Trævægge (Fig. 98), som ere beklædte dels med Nummerplader (de 5 øverste Rækker), dels med Rækker af isolerede Metalstykker, hvortil de fra Kjælderrummet opstigende Traade ere fordelte. Bag hver Nummerplade findes en lille Elektromagnet, hvis Traad er i Forbindelse med vedkommende Abonnents Ledning. Sender Abonnenten en Strøm afsted for at tilkjendegive Ønsket om en Samtale,

vil Elektromagneten bevirke, at Pladen falder og fremviser hans Nummer; samtidig bringes en Klokke til at lyde. Herefter foretager Telefonisten det nødvendige for at bringe Samtalen i Stand. Forbindelsen mellem to Abonnenter tilvejebringes ved at skyde Metalproppe ind i Huller, som ere borede i de ovennævnte Metalstykker. Proppene ere to og to forbundne ved en bøjelig Kobbertraad, som følgelig danner Bindeleddet mellem de to Ledninger, der føre til Metalstykkerne. Om Dagen besørges Tjenesten af unge Kvinder ligesom i Kjøbenhavn, om Natten af unge Mænd. Abonnenterne forsynes med Aders Telefonapparat.

Kjøbenhavns Telefonselskab, hvis Abonnenttal vel snart kan naa op til 1000, benytter en noget anden Fremgangsmaade end det parisiske. Dets Abonnenter forsynes som nævnt S. 150 med den i Fig. 96 fremstillede Telefontavle. Paa Centralstationen findes de samme Dele, som danne Telefontavlen, men ordnede anderledes. I Fig. 99 ses Øretelefon, Mundtelefon, galvanisk Element og Signalmaskine i H, M, K og P. Hver Telefonist har sit »Operationsbord« (Fig. 99), hvortil der er ført 50 Traade. Paa en lodret Tavle over Bordet ere Nummerpladerne anbragte i Rækker, bag hvilke der er Elektromagneter e, e, hvis Traade danne Fortsættelse af Ledningerne. En Del af en saadan Række er fremstillet ud for g. Selve Bordpladen $R\,S$ er bedækket med to Sæt Metalstrimler, som krydse hverandre. Hver af de i Figuren lodrette Strimler staa i Forbindelse med en Abonnents Ledning ved en Kobbertraad fra Elektromagneten e oven over. Det andet Sæt Metalstrimler, som gaa paa tværs af de første, ligge neden under dem og ere isolerede fra dem. De ere fremstillede ved de punkterede vandrette Linier. Tre af det sidste Sæt Metalstrimler, nemlig $A\,B$, $C\,D$ og $E\,F$, spille en særlig Rolle, idet den ene af dem, $E\,F$, er sat i Forbindelse med Jorden, den anden, $C\,D$, med Høre- og Mundtelefon og den tredie, $A\,B$, med Signalmaskinen P, hvis Omdrejning bevirker, at Abonnentens Klokke ringer. Ved Metalklemmer (de ere i Figuren betegnede med $\times$), der kunne klemmes

ind mellem Metalstrimlerne der, hvor de krydse hinanden, kan enhver af Abonnenternes Strimler (de i Figuren lodrette) sættes i ledende Forbindelse med Tværstrimlerne. Før der arbejdes paa Stationen, ere alle Metalklemmerne anbragte i Linien EF; det vil sige, at enhver Abonnents Ledningstraad er sat i Forbindelse med Jorden.

Naar nu f. Ex. Abonnent Nr. 51 ønsker at tale med Nr. 55, da drejer han paa det Haandtag, som sidder paa Siden af det øverste Skab i hans Telefontavle (se Fig. 96). Herved sendes der elektriske Strømme ud i Ledningstraaden; de gjennemløbe Traaden om Elektromagneten e, gaa derfra videre gjennem Metalstrimlen neden under

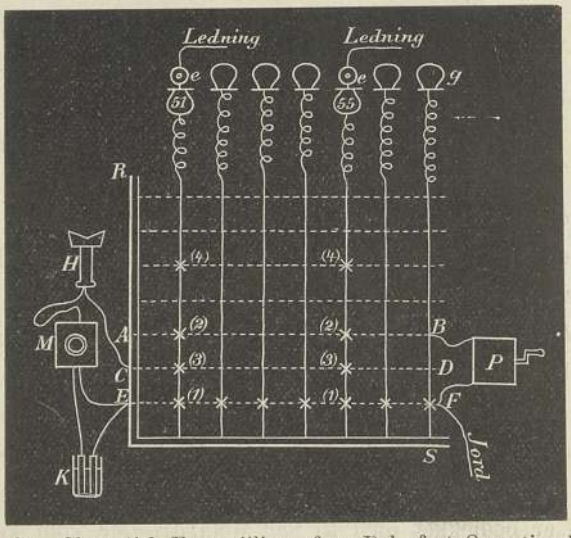


Fig. 99. Skematisk Fremstilling af en Del af et Operationsbord.

og derfra over i EF for endelig at søge ned i Jorden. Strømmene gjøre Elektromagnetens Jærn magnetisk. Ved den Tiltrækning, som den nu udøver paa en bevægelig Jærnhage, der fastholder Nummerpladen, gjøres denne fri og falder; derved fremvises den ringendes Nummer, her Nr. 51. Telefonisten flytter nu Metalklemmen 51 fra sin Stilling (*1*) i EF til Stillingen (*2*) i AB. Herved bliver Ledningen 51 sat i Forbindelse med Signalmaskinen P. Ved at dreje paa dens Haandtag bringes Abonnent 51's Klokke til at ringe som Tegn til, at man har opfattet hans Signal paa Centralstationen.

Umiddelbart derefter flytter Telefonisten Metalklemmen til Stillingen (*3*) i Linien *C D*, hvorved Centralstationens Øre- og Mundtelefon bringes i Forbindelse med Ledning 51.

Først naar Abonnenten har modtaget Svarsignalet fra Centralstationen, maa han lette sin Øretelefon (*B* Fig. 96) af Krogen, hvori den hænger. Derved afbryder han nemlig, som det vil erindres, Forbindelsen mellem Ledningen og sin Klokke, hvorimod han tilvejebringer Forbindelse mellem Ledning og Telefon. Har han sin Telefon for Øret, ere Forberedelserne begge Steder trufne for en Samtale mellem Nr. 51 og Stationen. Abonnenten opgiver, at han ønsker at tale med ovennævnte Nr. 55. Telefonisten flytter derfor dennes Klemme til Stillingen (*2*) og afsender sit Kaldesignal til ham. Efter at Svarsignal er modtaget, flyttes Klemmen til Stilling (*3*), hvorefter en Samtale begynder mellem Centralstationen og Nr. 55. Den sidste underrettes om, at Nr. 51 ønsker at tale med ham. Først nu bringes de to Ledninger 51 og 55 i ledende Forbindelse med hinanden, idet Telefonisten i Forvejen har bragt Klemmen 51 op i Stillingen (*4*) til én af Tværstrimlerne, som ikke er optagen i Forvejen, og nu ogsaa bringer Klemmen 55 op i Stillingen (*4*) i samme Tværstrimmel, som derved kommer til at danne Bindeleddet mellem de to Ledninger.

Nu tilkjendegiver Nr. 55 for Nr. 51, at han er rede, og Samtalen begynder. Naar den er endt, skal det gives tilkjende paa Centralstationen, for at det hele kan bringes i sin oprindelige Stand. Telefonisten har i Forvejen rejst Nummerpladerne op igjen, efter at de før omtalte Signaler mellem Stationen og de to Abonnenter vare udvexlede. Naar begge disse efter Samtalens Slutning hænge deres Telefoner op paa Krogen *I* (Fig. 96) og den, der begyndte, drejer paa Signalmaskinen (ringer af), falde begge Abonnenters Plader paa én Gang. Telefonisten ved da, at Samtalen er forbi, rejser begge Nummerplader og flytter begge Klemmer igjen tilbage til deres oprindelige Stilling (*1*). Alt dette, som er vidtløftigt at beskrive, foretages i kort Tid af den velindøvede Telefonist. Høre de to Abonnenter, som skulle tale sammen, ikke til samme Bord, maa der tilvejebringes Forbindelse mellem de to Borde, hvortil de høre. Høre

de til forskjellige Stationer, maa der foregaa en Telefonsamtale mellem disse, før Forbindelsen kan oprettes.

Telefonselskabet har nu to Centralstationer, i Vimmelskaftet og Lille Kongensgade. Forbindelsen med Kristianshavn tilvejebringes ved et Søkabel, der indeslutter 30 Traade. Det er nedsænket i Havnen ved Knippelsbro. Da en Forøgelse af Abonnenttallet i en saadan Bydel, der er adskilt fra den øvrige By ved Vand, nødvendiggjør Nedlægningen af nye Søkabler, for at hver Abonnent kan faa sin Ledning, er der aabenbart særlig Grund til at forsyne den med sin egen Centralstation. I saa Fald behøves nemlig ikke flere Traade i Søkablet end dem, der sædvanlig ere optagne paa én Gang af Samtaler med den øvrige By. Telefonselskabet er ogsaa i Færd med at anlægge en Centralstation paa Kristianshavn. Til Stationer og Landsteder udenfor Kjøbenhavn er der ført et betydeligt Antal Traade; de længste føre til Vebæk. Her mødes de med Traade fra Helsingørs Telefonanstalt, saa at Kjøbenhavn og Helsingør nu kunne tale sammen.

Bytelegrafien besørges af Telefonselskabet fra adskillige Stationer rundt om i Byen og i dens Omegn. Disse ere tillige Samtalestationer, idet enhver der vil, fra dem kan føre Samtaler med Selskabets Abonnenter.

Vi have hidtil ikke omtalt de Mangler, som endnu klæbe ved Telefoneringen. Foruden de Ulæmper, der kunne følge af, at Apparater eller Ledninger komme i Uorden, og som jo ere uadskillelige fra ethvert mere sammensat Apparat, kunne Omstændighederne medføre andre særlige Ulæmper. Den værste af disse indtræder, ved at man faar uvedkommende forstyrrende Lyd at høre. Disse kunne dels hidrøre fra den Kultelefon, hvori der tales, dels fra Ledningerne. Rystelser i Kultelefonen eller alt for stærke Svingninger af Pladen fremkalde en ubehagelig raslende Lyd i Øretelefonen. Rystelserne kunne formindskes ved at lade Kultelefonen hvile paa et tungt Underlag af Bly eller paa Kautschuk. Pladens Svingninger dæmpes ved gummiklædte Fjedre, som trykke let ind mod den.

De forstyrrende Lyde, som skrive sig fra Ledningen, skyldes Kræfter, som sætte dennes Elektricitet i Bevægelse uafhængigt af Virksomheden paa Afsenderstationen. Atmosfærens og Jordens Elektricitet kan naturligvis paa denne Maade forstyrre Telefonering saa vel som Telegrafering. Men det som ellers er Telefonens Fortrin: dens Følsomhed, medfører her den Ulæmpe, at selv yderst svage uvedkommende Virkninger gjøre sig gjældende i den. Er en Telefon- og en Telegraftraad spændte jævnsides ud, vil man i Telefonen kunne høre Telegrafistens Slag paa Nøglen som et tydeligt Tik—Tak. Følges to Telefontraade paa en længere Strækning (f. Ex. fra Kjøbenhavn til Kastrup paa Amager), og hænge de tæt ved hinanden, da vil man i den ene Telefon kunne høre, hvad der tales gjennem den anden Telefons Ledning. Dette sker ikke, fordi der gaar Elektricitet over fra den ene Traad til den anden, men det skyldes den S. 47 nævnte Omstændighed, at Elektricitet, som sættes i Bevægelse i en Traad, fremkalder ny Elektricitet i en derfra isoleret Nabotraad (Induktion). Denne Ulæmpe kan kun undgaas fuldstændigt, hvor man (som i Paris) giver Afkald paa den Besparelse, som Anvendelse af Jordplader i Stæden for Tilbagetraad (S. 74) medfører. Hver Abonnents Ledning er i dette Tilfælde dobbelt*). Da de to Traade i Ledningen ikke maa røre hinanden, maa de hele Vejen beklædes med isolerende Stof. I Paris er dette bleven muligt, da Ledningerne kunne anbringes beskyttede mod Vejr og Vind under Kloakhvælvingernes Loft. De isolerende Stoffer, hvormed man kan klæde Traadene, kunne ikke ret længe modstaa Vejrets Indflydelse, hvorfor de ikke kunne bruges til almindelige Luftledninger. Disse kunne derfor ikke gjøres dobbelte. Man er nu begyndt i Kjøbenhavn at indeslutte Traadene i Luftkabler, det vil sige, at de beklædes og lægges (for ét Kabels Vedkommende i et Antal af 42) inden i et Blyrør, som spændes ud mellem Husene. Kan dette blive almindeligt, vil man ligesom i Paris kunne undgaa Induktionen fuldstændigt ved at bruge Dobbelttraade.

*) At den dobbelte Ledning beskytter mod Induktionen, ligger i, at Elektriciteten paavirkes paa én Gang og næsten lige stærkt i begge Traade. I det Kredsløb, som disse danne, ville de to Virkninger søge at bevæge Elektriciteten i modsatte Kredsløb, hvorfor den bliver i Ro.

Anvendes almindelige nøgne Luftledninger, skal man altsaa ikke betro Hemmeligheder til Telefonen. Selv om der ikke er Naboledninger, kan dog Hemmeligheden fralistes Traaden; thi enhver Metaltraad, der rører ved den, og som fører til en Telefon, kan optage Lydbølgerne, og det uden at de samtalende kunne mærke, at deres Ord ere røbede. Man kan dog indrette Telefoneringen saaledes, at det bliver næsten umuligt at aflure Traaden noget. Et Selskab i Newyork med en Kapital af over $3^1/_2$ Million Kroner har indrettet en saadan hemmelig Telefonering, hvor den nævnte Ulæmpe undgaas ved at sende de elektriske Bølger fra Afsendertelefonen først ud i et omdrejende Metalhjul, som derpaa fordeler dem til *to Traade*, saa at Ordene udstykkes mellem disse. En Høretelefon, som kun staar i Forbindelse med den ene Traad, faar altsaa kun Stumper og Stykker af Samtalen. De to Traade føres langt fra hinanden til Modtagertelefonen, hvor de atter forenes og møde hver med sit Bidrag i rigtig Orden til Forstaaelse af Talen. Repræsentanthuset og Regeringsbygningen i Washington ere satte i Forbindelse med hinanden paa den Maade.

Hvad angaar den Afstand, paa hvilken man kan samtale med Telefon, da meldes det fra Amerika, at Telefoneringen gaar uden Vanskeligheder mellem Chikago og Newyork, altsaa gjennem en Strækning af henved 250 danske Mil. Her er ganske vist truffen særlige Foranstaltninger baade hvad Ledning og Apparater angaar.

Telefonselskaberne i Kjøbenhavn og Helsingør have i den senere Tid givet et Bevis paa, hvor langt man under sædvanlige Forhold kan telefonere, ved at oprette Samtaleforbindelse mellem de to Byer. Der er vel næppe Tvivl om, at alle Sjællands Byer kunne inddrages i ét Telefonnet. Om Telefonering paa store Afstande nogensinde bliver saa praktisk brugbar, at f. Ex. Nordens tre Hovedstæder kunne tale sammen, det maa Fremtiden vise. Som før bemærket, vil Telegraftjenesten næppe formindskes derfor; tvært imod: det ved Telefonen forøgede Samkvem vil langt snarere kræve en forøget Virksomhed af Telegrafen.

Man har indvendt mod de mange Telefonledninger, som ud-

spændes over de større Byer, at de mulig kunde medføre Fare for Lynnedslag. Ledningerne ere imidlertid blevne lagte, uden at Frygten har vist sig grundet, hvad der aller sikrest fremgaar af, at Brandforsikringsselskaberne ikke vise nogen Bekymring i saa Henseende. For saa vidt muligt at undgaa Forstyrrelse i Telefonsamtaler ved Atmosfærens Elektricitet, forsynes Apparaterne med Lynafledere af ganske lignende Beskaffenhed som dem, der bruges i Telegrafen (S. 88).

Efter elektrotechn. Zeitschrift, Juni 1883, er der oprettet Telefonselskaber i alle Verdensdele. Evropa havde 161 Byer med saadanne Selskaber og 30066 Abonnenter, Asien 7 Byer med 420 Abonnenter, Afrika 4 Byer med 240 Abonnenter, Amerika 126 Byer med 47185 Abonnenter, Avstralien 5 Byer med 897 Abonnenter.

9.

Specielle Anvendelser af Telefon og Mikrofon.

Telefonen som Spion. Dykkeres Anvendelse af Telefoner. Telefonen i Japan. Overførelse af Musik og Sang. Den elektriske Udstilling og Operamusiken i Paris. — Den syngende Kondensator.

Foruden til sin sædvanlige Bestemmelse kan Telefonen anvendes i ikke faa særlige Øjemed. Da Mikrofonen er saa overordenlig følsom overfor Rystelser, kan Telefonen ved dens Hjælp bruges til at opspore Rystelser i Jorden, som skyldes f. Ex. begyndende Jordskælv, Vandets Rislen i Vandaarerne, eller i en Fæstningskrig Fjendens Minegravning. Herved kan man skaffe sig værdifulde Oplysninger om disse usynlige Virksomheder. Samme Middel har man ogsaa foreslaaet at bruge for at kontrollere, hvorvidt der arbejdes i Minegangene i Bjergværksdriften. I alle disse Tilfælde bringes Mikrofonen ned under Jordens Overflade, og fra den føres de to Ledningstraade isolerede

op til en Telefon. I det hele vil Mikrofon og Telefon ved mange Lejligheder kunne gjøre Tjeneste som en godt skjult Spion; alt hvad der behøver at være synligt, er en Træplade, der let kan bringes til at se uskyldig ud.

Dykkerne have i to vigtige Henseender draget Nytte af Elektriciteten. Den elektriske Glødelampe kunne de tage med sig og tænde paa Havets Bund, og ved Telefonen kunne de udvexle Ordrer med dem, der staa dem bi over Vandet. Begge Dele anvendes nu ved Dykkerarbejde i Danmark.

I Japan, der jo med saa stor Iver lader sig belære af den evropæiske Kultur, har Telefonen faaet megen Udbredelse. I Byen Osaka, Kejserrigets anden Stad, bo omtrent 300000 Mennesker mest i Træhuse, som i Reglen kun ere paa to Etager, hvorfor Byen har en stor Udstrækning. Uagtet en stærk Politistyrke fordeltes rundt om i Byen, var det af den Grund ofte vanskeligt at afværge Brandstiftelser, Røverier og andre Forbrydelser ved Indskriden i rette Tid. De forskjellige Politistationer bleve derfor satte i telegrafisk Forbindelse med hverandre. Da der imidlertid indtraf en Mængde Misforstaaelser ved Telegrammernes Besørgelse, besluttede man at erstatte Telegrafapparaterne med Telefonen, som viste sig at være det rette Middel til Politiets Behov. Betjentene benytte sig nu af den med stor Lethed og Sikkerhed, selv hvor Nærheden af en Telegraftraad gjør, at man hører Telegrafistens Slag paa Nøglen samtidig med Talen (S. 163). Det er paatænkt at give Togførerne paa Jærnbaner Bells Telefoner med og ligeledes forsyne Stationerne dermed, for at Togføreren kan sætte sig i Forbindelse med de nærmeste Stationer gjennem Telegraftraaden, hvis et Uheld skulde standse Toget. Telegraftraaden skal da være indrettet til nemt at kunne afbrydes, for at Telefonen kan komme ind. Japaneserne forfærdige selv deres Telefoner; da ingen Patentlovgivning beskytter evropæiske eller amerikanske Opfindelser, kunne de uden videre efterligne saadanne.

Noget af det, der forbavsede mest ved den elektriske Udstilling i Paris 1881 var Overførelse ved Mikrofon og Telefon af Sang og Musik fra den store Opera og andre Scener. Det var Aders Mikrofon, der her gjorde Tjeneste. Som Fig. 100 viser, var der paa

hver Side af Sufflørklassen opstillet en Række Mikrofoner af den S. 151 beskrevne Form. Fra hver Mikrofon førte to Traade til et Par Telefoner i Udstillingsbygningen Palais du Champs-Elysées over $^1/_4$ Mil fra Operaen. Her vare særlige Rum indrettede til at høre Musiken i. Rummene vare indvendig beklædte med tykke Betræk for at dæmpe uvedkommende Lyd. En Franskmand*) skildrer den opnaaede Virkning paa følgende Maade:

»Det Held, hvormed Theaterforestillingerne overførtes til Palais du Champs Elysées gjennem Telefon, er enestaaende i den elektriske Udstillings Historie; det vakte i højeste Grad Publikums Interesse og Forbavselse, for ikke at sige Begejstring. Enkelte Aftener stode mere

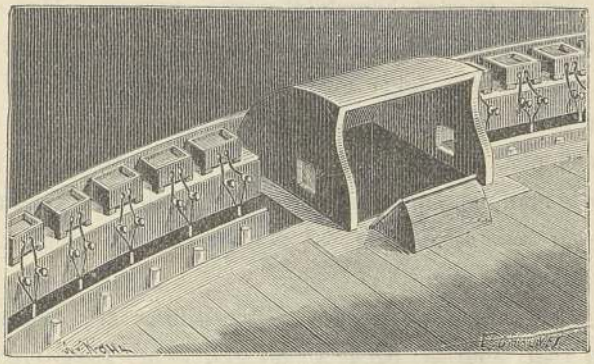


Fig. 100. Mikrofoner anbragte paa Scenen.

end 4000 Mennesker ventende paa at komme ind for i to Minuter at nyde Operaens Orkestermusik og Sang. Mange stillede sig paa ny op i Rækken for anden Gang at komme til. Telefonværelserne udøvede en uimodstaaelig Tiltrækningskraft. Enkelte, hvem det rimeligvis ikke var lykkedes at komme ind, vare vel af den Mening, at Sangen og Musiken kun bleve gjengivne med en ufuldkommen Klang. De sluttede maaske fra tidligere Forsøg, hvor Lyden ganske vist var ledsaget at en ubehagelig Metalklang og snarere var en Karrikatur end en Gjengivelse af Sangen. Men i de tre Aar, der vare forløbne,

*) H. de Parville: L'Électricité et ses applications.

siden de første Forsøg bleve gjorte, havde dette forandret sig fuldstændigt. Gjengivelsen var bleven forbavsende tro, der var ingen Forandring at mærke i Stemmen eller Klangen. Man hørte paa Pariser Udstillingen ikke længer denne Raslen og Hvislen, som tidligere forstyrrede Nydelsen. Alle Toner baade de kraftige og de mere bløde bleve overførte med en vidunderlig Nøjagtighed. Med Forbavselse gjenkjendte man tydelig de enkelte Stemmer; man fik Indtryk af at høre dem langt borte fra, ligesom gjennem en »Lydtaage«. Man hørte alle Nuancer i Sangen med en Skarphed, der, hvor usandsynlig det end lyder, i Almindelighed overgik den, hvormed de hørtes i selve Theatret. I Telefonen hørte man nøjagtigere, finere, bestemtere, fastere; de enkelte Lyde skilte sig tydeligere ud fra hverandre, de hørtes mindre klangfuldt, men skarpere. Man skjælnede den svageste Lyd, om det saa var Kunstnerens Aandedrag. Opførtes der Dans, kunde man følge med Øret de Dansendes Trin og deres Bevægelser hen over Scenen. Bifaldsklappene hørtes med en saadan Larm i Telefonen, at man var fristet til at klappe med. I Mellemakterne hørte man den summende Lyd af Samtalen fra Tilskuerpladsen. Illusionen var saa fuldstændig, at man troede sig hensat i Operaen, naar man lukkede Øjnene.«

Fig. 101 giver en skematisk Fremstilling af Ordningen af de forskjellige Dele, som betingede Lydoverførelsen. Disse ere som sædvanlig en Mikrofon eller Kultelefon, hvor Lyden nedlægges i Strømmen, et Batteri, der leverer Strømmen, en Induktionsrulle, der sætter Bølgerne i Stand til usvækkede at gjennemløbe en lang Ledning (S. 123) og endelig en Øretelefon, hvori Lyden høres. Af Scenen er der for oven i Fig. 101 fremstillet Sufflørkassen og Mikrofonrækken AB. Af Ledningerne er der kun fremstillet to Sæt, som høre til to Mikrofoner, en paa hver Side af Sufflørkassen. Lad os følge den Ledning, der hører til Mikrofonen umiddelbart til højre for Suffløren, idet vi gaa ud fra den positive Pol af det under Scenens Gulv anbragte Batteri P. Polen er mærket med et +. Ledningen gaar om ad C til Mikrofonen, hvor Strømmen optager Musiken. Fra Mikrofonen fortsættes Ledningen gjennem den indvendige Traad i Induktionsrullen (Bobine d'induction) længst til højre og tilbage til den nega-

tive Pol af Batteriet F'. I Induktionsrullen afgives de elektriske Bølger til Rullens udvendige Traad (jvfr. S. 154), og herfra sendes

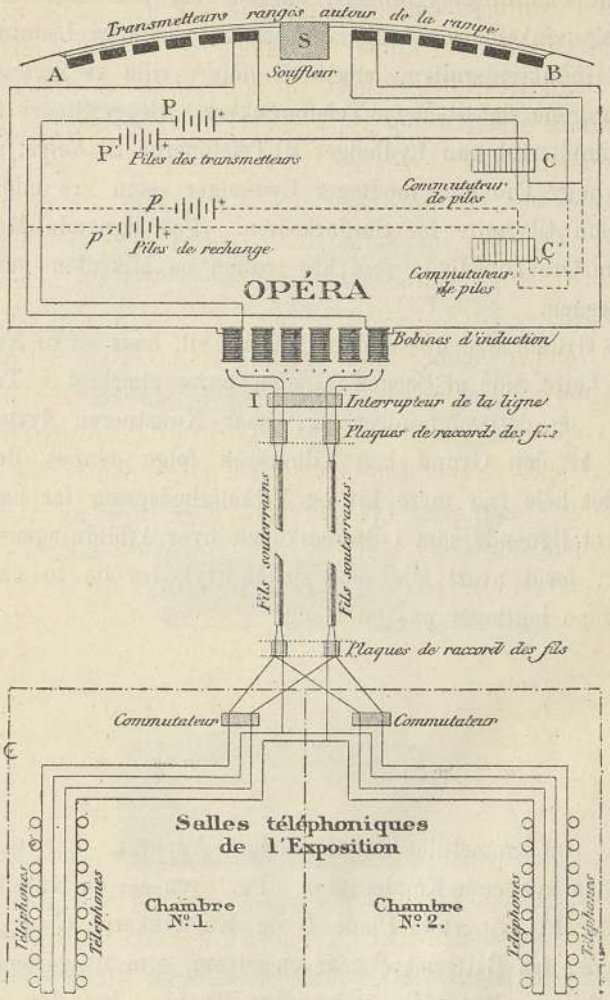


Fig. 101. Ordningen ved Overførelse af Musiken fra Operaen til den elektriske Udstillingsbygning. Batterierne P og P' (Leclanchés) virkede kun 1 Kvarter ad Gangen, idet de bleve afløste af p og p' for at samle Kræfter til det næste Kvarter. Denne Afløsning blev foretaget ved Kommutatorerne C og C'.

de gjennem to underjordiske Ledninger til Øretelefonerne i Udstillingsbygningen, der er antydet forneden i Figuren. Telefonerne ses anbragte parvis i to Rækker, hver paa 16 Telefoner.

Hver Tilhører fik Raadighed over et Par af disse, én til hvert Øre. De Ledninger, der som ovenfor nævnt føre Lydbølgerne fra Operaen til Udstillingsbygningen, udbrede sig paa sidste Sted efter de parallele vinkelbøjede Linier. Forfølge vi de to Ledninger, der udgaa fra Induktionsrullen længst til højre, ville vi finde, at hver af dem forgrene sig til *begge* Telefonrækker. Begge Steder føre Ledningerne imidlertid kun Lydbølger til Telefonerne til *højre*, saa at en Tilhørers højre Øre kun modtager Lydbølger, som ere udgaaede fra en Mikrofon til højre for Sufflørkassen. Paa lignende Maade faar det venstre Øre kun Lyd, som har truffen en Mikrofon paa venstre Side af Scenen.

Paa Grund af denne snilde Ordning vil, naar en af Kunstnerne staar paa højre Side af Scenen, Lyden høres stærkest i Tilhørernes højre Øre, og dette forandrer sig, naar Kunstneren flytter sig til venstre. Af den Grund kan Tilhøreren følge dennes Bevægelser, hvorved det hele faar mere Liv og Virkelighedspræg for ham. Forholdet er et lignende som i Stereoskopet, hvor Afbildningens Fladhed forsvinder, fordi hvert Øje faar sit Indtryk fra de to næsten ens Billeder, man iagttager paa en Gang.

Fig. 102 fremstiller et mærkeligt Apparat, der gaar under Navn af den syngende Kondensator. For oven ses en Kultelefon med Mundstykke E, svingende Plade L og Kulstykkerne C og H, hvorigjennem der fra Batteriet P gaar en Strøm, som tillige sendes gjennem Induktionsrullen M's indvendige Traad. Fra den udvendige Traad føre Ledninger $a\,D$ og $b\,D$ til en Kondensator K. Denne bestaar af vexlende Lag af Stanniolblade og Papir. Papiret tjener som isolerende Lag mellem Stanniolbladene. Kondensatoren virker som en Leydnerflaske (S. 19), idet den er i Stand til at optage en stor Mængde Elektricitet. Lader man Musik lyde ud for Mundstykket, vil der gaa elektriske Lydbølger ud fra M, og Elektriciteten vil der-

for uafladelig strømme ind i og ud af Kondensatoren*); samtidig viser det sig, at Musiken lyder ud fra den Bunke Blade, som danner Kondensatoren. Man kan forklare dette, ved at Bunken bliver presset lidt sammen, hver Gang Elektriciteten bølger ind i Stanniolbladene, fordi disse derved komme til at udøve en gjensidig Tiltrækning til hinanden. Naar Elektriciteten atter bølger ud, ophører Tiltrækningen,

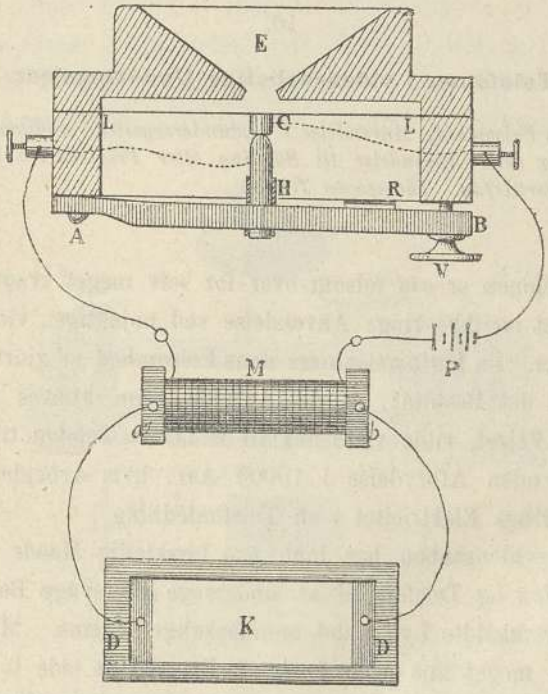


Fig. 102. Syngende Kondensator.

og Kondensatoren vil igjen udvide sig. Bevægelsen er altsaa af en lignende Natur som Hjærtets, der vider sig ud eller trækker sig sammen, samtidig med at Blodet gaar ind i eller ud af det. Ved de ud- og indad gaaende Bevægelser (Pulsationer) sættes Luften

*) Kondensatoren bliver vexelvis ladet og atter udladet ved de vexlende Strømme, som udgaa fra *M*. Elektriciteten foretager altsaa Svingninger mellem *M* og *K*.

udenom Kondensatoren i Lydsvingninger, der følges med dem, der paa samme Tid frembringes ud for Mundstykket *E*.

10.

Telefonen i videnskabelige Undersøgelser.

Telefonens Følsomhed. Anvendelse i Lydundersøgelser. Avdiometer. Induktionsvægten og dens Anvendelse til Søgning efter Projektiler i Skudsaar. — Reis's Modtagertelefon. Thompsons Telefon.

Da Telefonen er saa følsom over for selv meget svage Strømme, har den faaet en ikke ringe Anvendelse ved nøjagtige, videnskabelige Undersøgelser. En Iagttagelse over dens Følsomhed er gjort af Pellat, som kom til det Resultat, at det Arbejde, som kræves for at løfte 1 ℔ 3 Fod i Vejret, vilde være nok til at faa en Telefon til at give en hørlig Lyd uden Afbrydelse i 10000 Aar, hvis Arbejdet anvendtes til at frembringe Elektricitet i en Telefonledning.

I Lægevidenskaben har man paa forskjellig Maade søgt at benytte Mikrofon og Telefon til at undersøge de svage Bevægelser og de derved fremkaldte Lyd i det menneskelige Legeme. Man har dertil indrettet meget fine Mikrofoner f. Ex. ved at lade to Kulstykker presses sammen blot ved det svage Tryk af en bøjet Papirsstrimmel. Vanskeligheden ved at undgaa uvedkommende Lyd har dog gjort, at man hidtil ikke er naaet til noget tilfredsstillende Resultat. Det samme maa vistnok siges om Forsøgene paa at benytte Mikrofonen til Undersøgelse af de Enkeltlyde, hvoraf Vokalerne i den menneskelige Tale (ikke Sang) bestaar. Her gjælder det naturligvis at faa Lyden gjengiven ren; men dette naaes, som nævnt S. 128, vanskeligt, naar Lyden samtidig skal forstærkes.

Mikrofonens Opfinder Hughes har benyttet Telefonen til at konstruere et Apparat, hvorved forskjellige Ørers Finhed eller Evne

til at opfatte svage Lyd kan maales og udtrykkes i Tal. Apparatet, der kaldes *Avdiometer* eller Sonometer, er afbildet i Fig. 103. Det bestaar af en vandret Maalestok, til hvis Ender der er fæstet to med isoleret Kobbertraad omviklede Ruller *A* og *B*. En tredje Rulle kan skydes hen ad Stangen som Loddet paa en Bismer. Strømmen fra et Batteri *P* forgrener sig ved *F* til de to faste Rullers Traade, hvorfra de to Strømgrene gaa mod *D*. Her forenes de og gaa samlede gjennem Apparatet *I*, som er indrettet til at afbryde og slutte Strømmen mange Gange i Sekundet (jvfr. S. 47). Det er indrettet saaledes, at de stødvist gaaende Strømbølger, som *I* fremkalder, omkredse Rullerne *A* og *B* i *modsatte* Retninger. Bølgerne i *A* og *B*

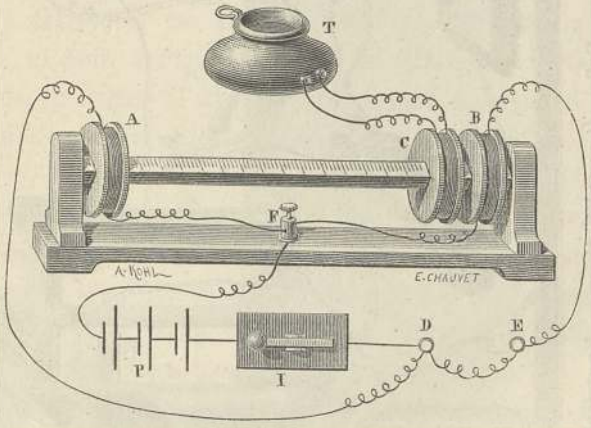


Fig. 103. Avdiometret.

ville fremkalde (inducere) nye Bølger i *C*; dog ikke altid, thi da Strømmene gaa modsat i *A* og *B*, have de modsatte Virkninger i *C*. Der maa følgelig kunne opsøges en bestemt Stilling mellem *A* og *B*, hvor Rullen *C* kan bringes hen, uden at Elektriciteten kommer i Bevægelse deri, hvor altsaa Virkningerne af *A* og *B* holde hinanden i Ligevægt. En Telefon *T*, som modtager de fra *C* udgaaende Bølger, vil give Lyd i enhver Stilling af *C*, som ikke er Ligevægtsstillingen. Men i ringe Afstand fra denne er Lyden saa svag, at der skal en skarp Hørelse til for at opfatte den. Den, hvis Hørelse skal undersøges, lægger Øret til Telefonen, idet Apparatet er i Ligevægt. Han

hører altsaa intet; men nu flyttes Rullen *C* ud af Stilling og standses, saa snart der høres en Lyd fra Telefonen. Det Tal paa Maalestokken, hvorved *C* standses, er da Maal for Hørelsen. Som det kan ventes, vise forskjellige Personers Ører stor Forskjel; ofte er der Forskjel paa

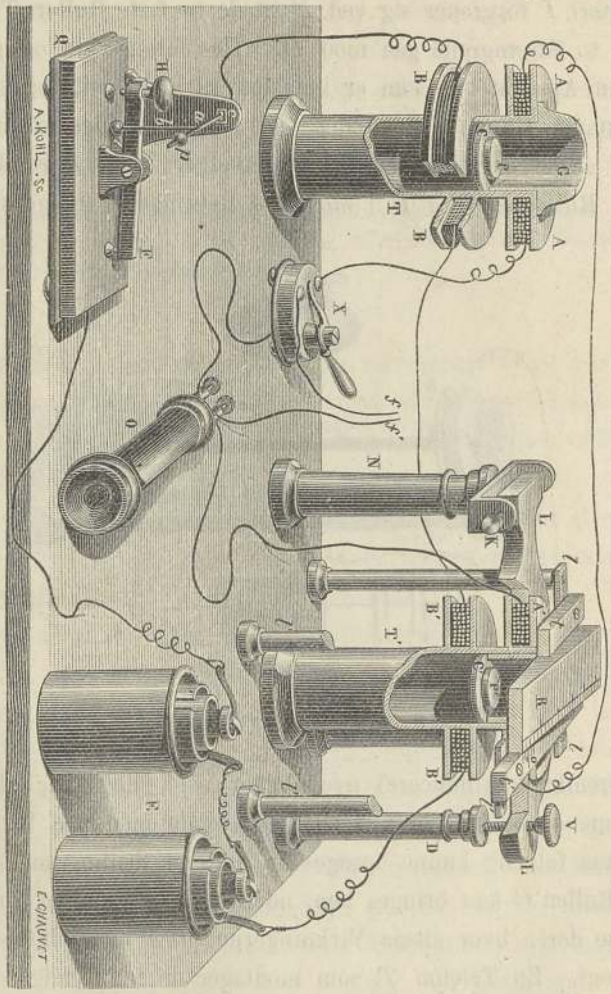


Fig. 104. Induktionsvægten. Rullen *A'* er anbragt paa en Vægtstang *L L* for at kunne bringes i den rigtige Afstand fra *B'* til at bringe Ligevægt tilveje. Ved Skruen *V* passes Afstanden.

samme Persons to Ører f. Ex. hos Læger, der ere vante til fortrinsvis at bruge det ene Øre ved deres stethoskopiske Undersøgelser. Ørets Skarphed kan være forskjellig til forskjellige Tider. Den for-

øges for en kort Tid, naar Lungerne fyldes med Luft, og Aandedrættet holdes tilbage.

Hughes har konstrueret et andet med Avdiometret beslægtet Apparat, som han har kaldt *Induktionsvægten*, hvormed han er bleven istand til at anstille Undersøgelser over Egenskaber ved Metallerne, som vanskelig kunne udføres paa anden Maade. Saaledes vil Forskjellen mellem to kun tilsyneladende ens Stykker Metal (som en ægte og en uægte Mynt) hurtigt røbes ved Induktionsvægten. De magnetiske Metallers Egenskaber har Hughes undersøgt ved samme Apparat. Dette findes afbildet i Fig. 104. Paa en Bordplade er der fæstet to lodrette hule Støtter T og T' af slet ledende Stof. Paa hver Støtte er der anbragt to Ruller med isoleret Kobbertraad. For at give et Indblik i det indre, ere Dele af Rullerne og Støtterne fjærnede. Batteriet E til højre i Figuren sender sin Strøm om ad Nøglen HF til Rullen B og derfra til B'. Afbrydes Strømmen ved et Tryk paa Nøglen, vil der drives Elektricitet ved Induktion ud af de to tæt over B og B' anbragte Ruller A og A' til Telefonen O. Dennes Traad modtager altsaa to Strømme, og disse ere førte i *modsatte* Retninger gjennem dens Traad; ere de lige stærke, ville de standse hinanden og derfor ikke fremkalde Lyd i Telefonen. »Vægten« er da i Ligevægt. Der er én Gang for alle sørget for, at dette finder Sted, naar ingen fremmed Gjenstand anbringes i Apparatet.

Bringes nu et Stykke Metal P ind i Røret T (i den Hensigt er der skudt et forneden lukket kort Rør C ned i T; det danner Vægtens ene Skaal), da vil Elektriciteten komme i Bevægelse i Metallet, hver Gang Strømmen sendes ind i B eller atter afbrydes. Dette har til Følge, at Ligevægten i Telefonen forstyrres, thi Elektriciteten, som strømmer i P, vil virke sammen med den i B paa Kobbertraaden i A, medens der paa A' kun virker Elektriciteten i B'. Telefonen vil derfor lydelig røbe Metallets Tilstedeværelse, og den bringes først til Tavshed, naar et med P fuldkommen ens Stykke Metal P' bringes ind i Røret T' paa den anden Vægtskaal. Er der en ringe Forskjel enten i Vægt, Form eller indre Beskaffenhed mellem P og P', bliver der nogen Lyd tilbage. Hvor følsom Induktionsvægten er, kan

sluttes af, at 1 Milligram Kobber ($^1/_{500000}$ $\mathcal{H}$), anbragt i et af Rørene, er nok til at give hørlig Lyd i Telefonen.

Det har været forudsat, at de to Rør T og T' ere fæstede til Bordpladen. Ere de løse, vil det ikke forstyrre Ligevægten, at man flytter dem, med mindre der findes Metalgjenstande i eller under Bordpladen. Hver usynlig Skrue eller Søm i denne vil røbes ved Telefonen. Man kan altsaa bruge Induktionsvægten til at opsøge skjulte Metalgjenstande. Paa den Maade har man med Held forsøgt at bruge den i Kirurgiens Tjeneste til Opsøgning af Stedet, hvor et



Fig. 105. Søgning ved Induktionsvægten efter et Projektil i et Skudsaar.

Projektil sidder i et Skudsaar. Fig. 105 viser, hvorledes Induktionsvægten i saa Fald indrettes. Paa et Bord staar et galvanisk Element og Vægtens ene Rør med sit Rullepar. Paa en Hylde paa Væggen er der anbragt en Mikrofon, som sætter Strømmen i Bølgegang ved den dikkende Lyd fra et Ur. Lægen tager Røret med det andet Rullepar i sin ene Haand, og med den anden holder han Telefonen for Øret. Da der er tilvejebragt Ligevægt, hører han intet, før han nærmer Røret til en Metalgjenstand. For at finde hvad han søger,

fører han Røret hen ad den saaredes Legeme nær det Sted, hvor han formoder, at Projektilet sidder. Hører han nu Urets Dikken, flytter han Røret til forskjellige Sider, indtil han finder den Plads, som giver den stærkeste Lyd. Lader han det forblive der, kan han endvidere finde, hvor dybt Projektilet sidder, hvis han kjender dettes Form og Størrelse. Thi ved at nærme et lignende Projektil langsomt til Enden af det andet Induktionsrør, kan han tilsidst bringe Telefonen til Tavshed; da dette sker, naar de to Projektiler have samme Afstand hver fra sit Rør, kan han maale denne Afstand og følgelig Projektilets Indtrængning i Legemet ved det fast staaende Rør.

Fjærner man Pladen fra Bells Telefon, vil den desuagtet kunne give Lyd, om end svag, naar en Bølgestrøm føres gjennem dens Traad. Som Ader har vist, behøver man ikke engang mere end en Jærnstang *A* (Fig. 106) fæstet til en Trækasse *B* for at kunne faa

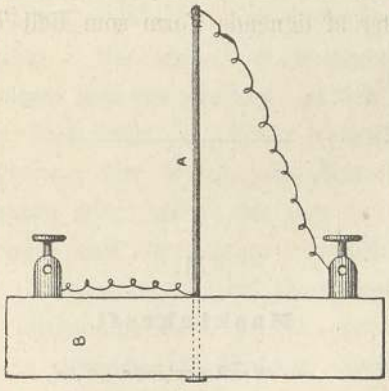


Fig. 106.

en elektrisk Strøm, der er sat i Lydbølgegang ved en Mikrofon, til at gjengive Talen saa vidt, at i hvert Fald enkelte Ord kunne skjælnes, naar man holder Øret til Kassens Laag. Strømmen sendes fra Klemmeskruen til højre til det øverste af Jærnstangen, gjennemløber denne og føres videre ved en Traad, der fæstes til Klemme-

skruen til venstre. Idet Strømmen kommer ind, vil den, som man antager, virke paa Jærnets magnetiske Smaadele saaledes, at disse dreje sig paa lignende Maade som Magnetnaalen i Ørsteds Forsøg (S. 30). Ophører eller svækkes Strømmen, dreje Smaadelene sig tilbage. Der fremkommer altsaa Bevægelser i Jærnets Smaadele i Takt med de elektriske Bølgers Ankomst. Bevægelserne meddele sig til Træet og gaa derfra gjennem Luften til Øret, hvor de opfattes som Lyd. De indre Bevægelser i Jærnet og dermed Lyden blive stærkere, naar Strømmen føres som i Telefonen mange Gange omkring Jærnet, i Steden for at gaa igjennem det. Det var paa den Maade, Reis fik Strømmen til at gjengive Tonen fra Musiktelefonen (S. 119) idet han omviklede en Jærnstang over hele dens Længde med Ledningstraaden og fæstede Stangen til en Resonanskasse. Lyden i Bells Telefon skyldes altsaa i Følge ovenstaaende ikke alene Magnetens skiftende Tiltrækninger til Pladen men ogsaa selve Magnetens Svingninger, som overføres til Træhylstret og derfra gaa til Øret. Thompson har forbedret Reis's Telefon ved at fæste den ene Ende af en med Traad omviklet tynd Jærnstang til Midten af en elastisk Plade og indfatte det hele i et Hylster af lignende Form som Bell Telefonens.

11.

Maskinkraft.

Kraftmaskiner.

Kraftmaskinens Opgave. Arbejdsmaskiner. Kraftflytning ved mekaniske Midler og ved Elektricitet. Dampkraftens Betydning. — Vind- og Vandkraft. Turbinen. Bevægelse frembragt ved Varme og Elektricitet. Dampmaskinen. Brotherhoods Dampmaskine. Gaskraftmaskinen. Prisen paa Arbejde, leveret af forskjellige Kraftmaskiner.

De forskjellige Øjemed, i hvilke Mennesket har Brug for den mekaniske Kraft, for Bevægkraften, ere utallige; derimod ere de for-

skjellige Kilder til denne Kraft snart nævnte: Muskelkraft, Vind og Vandstrømme, Varme og Elektricitet ere de Midler, der staa til Raadighed, naar noget skal sættes i Bevægelse. For at faa Naturkraften, saaledes som den forefindes, til at virke for det særlige Formaal, man har for Øje, indrettes Maskinerne. Man kan sige, at den raa Naturkraft, vi ville kalde den *Moderkraften*, tilberedes i Maskinerne, saaledes, at den faar den for Øjemedet passende *Form*. I et Savværk, der gaar med Vandkraft, omdannes f. Ex. Vandets forholdsvis langsomme, fremadskridende Bevægelse til den hurtige Omdrejning af den savtakkede Staalskive, der skærer sig gjennem Træet.

Naar man bruger Vinden eller et Vandløb til Frembringelse af Bevægkraft, da skal Maskinen kun sørge for, at ét Legeme (Luften eller Vandet), som i Forvejen er i Bevægelse, ved Stød, Tryk eller Træk kommer til at sætte et andet i Bevægelse paa en bestemt Maade. Bruger man derimod Varme eller Elektricitet som Moderkraft, kan man ikke lade disse Kræfter virke umiddelbart paa Bevægemaskinen. Moderkraften maa *først forvandles til Bevægkraft*, hvorefter den sidste ligesom før bliver omdannet, saa at den faar den for Øjemedet tjenlige Form. Til denne dobbelte Proces hører der to selvstændige Maskiner. Den ene, som besørger Forvandlingen af Moderkraften, er altsaa indrettet saaledes, at den modtager (og fortærer) Varme eller Elektricitet og afgiver Bevægkraft. Den kaldes derfor en *Kraftmaskine* eller Motor. Da dens Opgave altid er at tilvejebringe Bevægkraft enten ved Varme eller ved Elektricitet, kunne de forskjellige Former, som den antager i forskjellige Tilfælde, henføres til 4 eller 5 Hovedformer, hvoraf Dampmaskinen for Varmens Vedkommende og Dynamomaskinen (S. 37—45) for Elektricitetens Vedkommende ere de vigtigste. De Maskiner derimod, som have den Opgave at omdanne Bevægkraften efter de særlige Øjemed, ere lige saa mangfoldige som Øjemedene. De kaldes *Arbejdsmaskiner*. Naar man vil aftærske Sæden ved Maskinkraft, kjører man en Dampmaskine (Lokomobilet) og en Tærskemaskine ud paa Marken. Ved at fyre under Kjedlen paa Lokomobilet, tilfører man dette Varme, og det derved fremkaldte Damptryk sætter Dampmaskinens bevægelige Dele i Bevægelse. Lokomobilet er altsaa Kraftmaskinen. Ved at én

af Dampmaskinens og én af Tærskemaskinens bevægelige Dele forbindes, overføres Bevægelsen til denne sidste, saa at den i samme indbragte Sæd bliver aftærsket. Tærskemaskinen bliver altsaa Arbejdsmaskine.

Det at faa Arbejdsmaskinen i Bevægelse ved at forbinde den med Kraftmaskinen kalder man at *flytte Kraften* fra den sidste til den første. Staa de to umiddelbart ved Siden af hinanden, er Kraftflytningen en simpel Opgave at løse. Naar derimod en hel Række Arbejdsmaskiner som de over en Fabriksbygning fordelte Væve i et Dampvæveri skulle drives ved samme Dampmaskine, bliver Opgaven mere sammensat. Skal Kraften flyttes hundreder eller tusinder af Alen, kræver Opgaven ganske særlige Midler til sin Løsning.

Det, som er naaet ved Telegraf og Telefon, er ikke andet end Løsning af en Kraftflytningsopgave, idet den skrivende eller talende Kraft overføres fra det ene Sted til det andet. Denne Overførelse kunde, som omtalt S. 70 og 115, ske ved mekaniske Midler (Meddelelse af Bevægelse ved Tryk eller Træk), naar Afstanden kun var kort, hvorimod Elektriciteten er det eneste anvendelige Middel paa store Afstande. Det selv samme viser sig at være Tilfældet ved den almindelige Kraftflytning. Indenfor en Fabriks Omraade sker Flytningen i Reglen, ved at Kraftmaskinen trækker i lange Remme, der føre hen til Arbejdsmaskinen; som oftest drejer den samtidig en lang Axe rundt, som kan strække sig gjennem Bygningen i dennes hele Længde. Gjennem større Afstande f. Ex. indtil 1 Kilometer (over 3000 Fod) kan Kraften med Fordel flyttes, ved at Kraftmaskinen trækker i Touge, snoede af Jærntraad, der forbinde de to Steder. Paa noget større Afstande kan man flytte Kraften ved at lade Kraftmaskinen pumpe Vand eller Luft under stort Tryk gjennem Rørledninger, som føre til Arbejdspladsen. Beløber Afstanden sig til adskillige Kilometre, er det fordelagtigst først at forvandle den af Kraftmaskinen leverede Bevægkraft til Elektricitet, som man lader strømme til Arbejdspladsen gjennem en Ledningstraad. Her lader man Elektriciteten atter forvandles til Bevægkraft i en *anden* Kraftmaskine, som bruges til at drive Arbejdsmaskinen.

Kraftmaskiner i den Betydning, vi her nærmest tage dem, vare

ikke kjendte før i det attende Aarhundrede, da Dampmaskinen blev opfunden, og i det nittende, da de elektriske Motorer opfandtes. I Følge deres Opgave: at faa Varme eller Elektricitet til at give Bevægkraft, kunde de ikke opfindes, før man havde faaet et nøjere Kjendskab til Forholdet mellem de forskjellige Naturkræfter, altsaa ogsaa til Betingelserne for, at én Naturkraft forvandles til en anden. Dette Kjendskab er man først naaet til i de to sidste Aarhundreder.

Det er ofte nok sagt, at Menneskets Naturkundskab i høj Grad har betinget Fremskridtet i Kultur i vort Aarhundrede, og at særligt Opfindelsen af Dampmaskinen har bidraget mægtigt dertil ved den store materielle Kraft, man derved fik Raadighed over. Man kunde indvende herimod, at Romerne naaede til en lige saa høj Kultur og udførte lige saa mægtige Arbejder uden Dampkraften som vor Tids Folk. Men hertil maa bemærkes, at Romerne kun naaede saa vidt ved en hensynsløs Brug af Menneskekraft. De optoge altsaa af en Kapital, som maatte slippe op, fordi de undertrykte Folkeslags Bevidsthed om Ret til selvstændig Benyttelse af deres Kraft tilsidst maatte vaagne; om ikke af anden Grund maatte det ske ved Paavirkningen af den fra Romerne selv udgaaende Kultur. Nu tærer Menneskeslægten paa en anden Kapital: Kullagene, og en af Fremtidens Opgaver vil det blive at finde en Afløser for den, naar den truer med at slippe op. Tiden vil vise, om det bliver Elektriciteten, som skal hjælpe Mennesket over denne Vanskelighed. Men mangt og meget vil blive forandret i de nuværende Samfundstilstande ved denne Overgang. De Folkeslag, som nu gaa i Spidsen, ere de, der have de største Kullag. Men hvorhen vil Tyngdepunktet flyttes, naar disse ere udtømte?

Vindens Kraft anvendes hovedsagelig i Mølleindustrien. Dens Anvendelse er stærkt begrændset, fordi den er saa foranderlig, at en regelmæssig Fabriksdrift ikke nu kan grundes paa den. Blive de elektriske Akkumulatorer (S. 53) en Gang saa praktisk brugbare, at

man kan tænke paa at anvende dem almindeligt, vil der ogsaa kunne blive Udsigt til i højere Grad end hidtil at udnytte Vindens Kraft.

Skjønt et Vandløbs Vandføring er temmelig foranderlig, saa at det til Tider giver for lidt, og til andre Tider volder Besvær ved at give for meget, yder det dog hyppigt en tilstrækkelig stadig Bevægkraft. Hvor denne bruges, maa der enten ved Natur eller Kunst være dannet et Vandfald, og i dette anbringes Vandhjulet, der ser ud omtrent som et Dampskibshjul; det er altsaa forsynet med Skovle

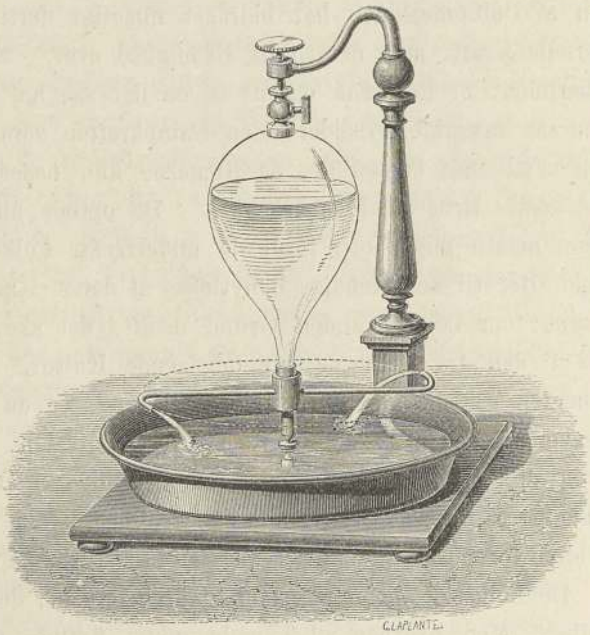


Fig. 107.

ved sin Omkreds. Vandet føres enten over eller under dette Hjul, som drives rundt ved Stødet eller Trykket mod Skovlene. Fra Hjulets Axe forplantes derpaa Bevægelsen til den Maskine, som skal drives (Arbejdsmaskinen). Nu bruges Turbiner meget hyppigt i Steden for Vandjulet. Tager man en Sprøjteslange, hvoraf der udsendes en Vandstraale, i Haanden, mærkes et Tilbagetryk i denne. Det er Vandets Modtryk mod det Tryk, som driver det ud, man her mærker. Dette Modtryk (Reaktion) giver sig synligt til Kjende ved

det i Fig. 107 fremstillede Apparat. Det bestaar af et Glaskar, som kan drejes rundt om en lodret Axe. For neden føre to Rør ud fra Karret. Ved Enderne ere de bøjede om, hvert til sin Side, efter en Tangent til den Cirkel, som vil beskrives, naar Karret gaar rundt. Fylder man Vand i dette, vil det strømme ud af de to Rør, og dets Modtryk vil virke paa Rørenderne efter de ovennævnte Tangenter og derfor drive Apparatet rundt. De bekjendte Fyrværkerisole gaa rundt paa samme Maade ved Modtrykket fra den Krudtgas, som strømmer ud af Raketter, der ere fæstede til Omkredsen af et let Hjul. Det samme Princip ligger til Grund for Turbinen. Fourneyrou's Turbine bestaar af et vandret Hjul eller Skive, der danner Bunden for en lodret for oven aaben Cylinder, hvor man lader Vandet falde ned. Vandet kan kun løbe ud deraf ad Kanaler, som ere anbragte i Hjulet, og som begynde med at udgaa som Radier men ved Randen ere bøjede til Siden, som i Fig. 107, saa at de nærme sig til Tangentretningen. Idet Vandet strømmer ud af disse Kanaler, driver det Hjulet rundt i modsat Retning. Den lodrette Hjulaxe er saa lang, at den naar op over Vandets Overflade, og fra den meddeles Bevægelsen til Maskinen, som skal drives ved Vandkraften. Turbinen har adskillige Fortrin for Vandhjulene, idet den tager ringe Plads, gaar med en betydelig Hastighed og drager større Nytte af Vandkraften end Vandhjulene.

De egenlige Kraftmaskiner drives som ovenfor sagt enten ved Varme eller ved Elektricitet. I alle Tilfælde, hvor man bruger Varmen, er det ved Hjælp af den Evne, Legemerne have til at udvide sig, naar Varmen trænger ind i dem, og atter trække sig sammen til det tidligere Rum, naar Varmen forlader dem. Da Udvidelse og Sammentrækning ikke kan foregaa, uden at Legemets Dele *bevæge* sig, har man derved, hvad man ønsker: en Bevægelse, som er foraarsaget ved Varmen. Udvidelsen kan opfattes som hidrørende fra, at Legemets enkelte Dele komme til at udøve en gjensidig *Frastødning*, naar Varmen trænger ind i dem. Det er denne frastødende Kraft, der bruges som Bevægkraft. I Kullene har man en billig Varmekilde. Ved at føre Kul med sig, fører man Varme og i Henhold til ovenstaaende altsaa ogsaa Bevægkraft med sig. Heri

ligger Grunden til, at det var saa stort et Fremskridt, da man lærte at frembringe Bevægkraft ved Varmen. Næst efter at faa Kraften billigt er det nemlig af den allerstørste Betydning at kunne faa den til at virke efter Forgodtbefindende, hvor og naar man vil.

I alle Tilfælde, hvor man bruger Elektriciteten som Moderkraft i en Kraftmaskine, benytter man sig af Jærnets Egenskab: at blive til en Magnet, naar en elektrisk Strøm føres om det, og at ophøre med at være det, naar Strømmen forsvinder (S. 30). Ere to Stykker Jærn under Strømmens Paavirkning, kunne de efter Omstændighederne bringes til at frastøde eller tiltrække hinanden. Det er disse frastødende og tiltrækkende Kræfter, man bruger som Bevægkraft. Grunden til at man i visse Tilfælde med Fordel bruger Elektriciteten som Bevægkraft, er allerede antydet S. 61 men vil yderligere fremgaa af det følgende.

Naar et fast eller flydende Legeme opvarmes, vil det som sagt i Reglen udvide sig. Udvidelsen er imidlertid saa lille, at den, uagtet den foregaar med stor Kraft, ikke med Fordel kan benyttes i en Varmekraftmaskine. Luften udvider sig langt mere, saa meget, at man virkelig har konstrueret Maskiner (kaloriske Maskiner), der gaa ved det paa Grund af Opvarmning forøgede Lufttryk. Som oftest ville de dog staa tilbage for de andre Varmekraftmaskiner. I den vigtigste af disse, Dampmaskinen, bruger man den umaadelige Udvidelse, som Vandet faar, naar det ved Varmen gaar over i Dampform; denne Udvidelse foregaar tillige med al ønskelig Kraft, naar Varmegraden er høj (Vand kan, som bekjendt, fordampe ved alle Varmegrader). De Dampe, som opstige fra Vand, der er 144 ° C. varmt, ville udøve et Tryk af mere end 8000 ℔ paa hver Kvadratfod af de Vægge, som indeslutte dem, og forvandles en Kubikfod af dette Vand til Damp, vil det som saadan komme til at indtage et Rum af mere end 400 Kubikfod. Man ser, hvor stor og arbejdsdygtig en Kraft, her staar til Raadighed. Havde man et 400′ højt Rør af en Kvadratfods Tværsnit indvendigt, hvor Vandet stod 1′ højt, kunde man faa en Vægt paa 8000 ℔ hævet gjennem de 400′, naar Vægten hvilede paa et tæt sluttende Laag (Stempel) over Vandet, ved at op-

varme dette til 144 °, og vedblive at fyre under, til alt Vandet var fordampet.

Skal det samme gjentages flere Gange, maa Vanddampene atter berøves Varme for igjen at blive til Vand, eller de maa slippes ud, og en ny Kubikfod Vand tages i Brug. Her er Fordampningen antaget at foregaa i selve Røret, som altsaa tillige er Kjedel; i den virkelige Dampmaskine er Røret (Dampcylinderen Fig. 108) lukket for begge Ender og adskilt fra Kjedlen, som sender Damp til Røret gjennem to Kanaler, én til hver Ende, og det er indrettet saaledes

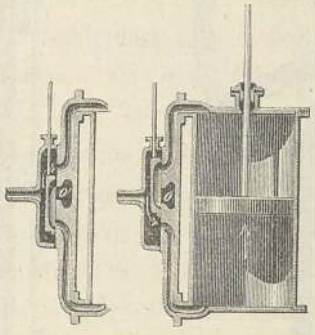


Fig. 108. Dampcylinder med Glider. Glideren (til venstre for Bogst. *o*) sees at spærre for Damptilførsel ad den øverste Kanal. Dampen gaar derfor ad den nederste og driver Stemplet op ad. Naar det er kommen helt op, gives Glideren den til venstre angivne Stilling, hvorved Dampen kan slippe ind ad den øverste Kanal. Gjennem den udhulede Glider og Aabningen *o* kan Dampen til enhver Tid slippe ud af den Del af Cylinderen, som ikke modtager Damp fra Kjedlen.

(ved Glideren), at naar Dampen sendes ind ved den ene Ende, tømmes den ud af den anden. Stemplet kommer derved til at gaa frem og tilbage i Cylinderen. Gjennem dennes Laag gaar der en Stang (Stempelstangen), som er fæstet til Stemplet og kan glide lufttæt i Laaget. Den er Maskinens Arm, gjennem den føres Bevægkraften ud til Afbenyttelse i Arbejdsmaskinen. For at kunne overføres til de forskjellige Arbejdsmaskiner maa den frem- og tilbagegaaende Bevægelse i Reglen først omdannes til en omdrejende. Det sker ved samme Midler (Krumtap og Svinghjul) som dem, der bruges i enhver

Symaskine eller Rok, og hvorved Haanden eller Foden sættes i Stand til at dreje Axen rundt.

Fig. 109 og 110 viser Indretningen af en mindre Dampmaskine, set for fra og fra Siden. *C* er Dampcylinderen, som modtager Damp fra en i Figuren ikke fremstillet Kjedel gjennem Røret *A* (Fig. 110).

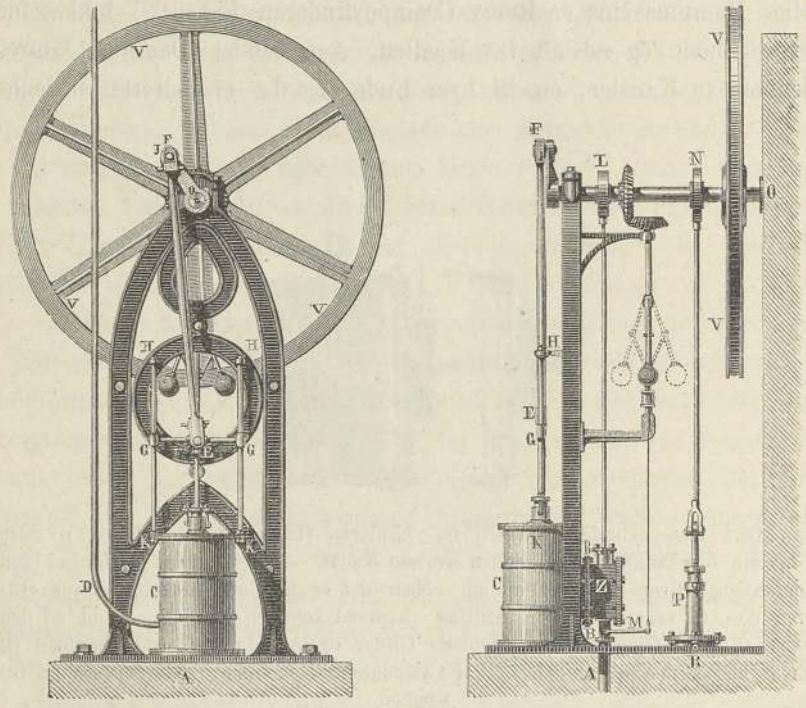


Fig. 109 og 110. Glideren er anbragt i *Z* (Fig. 110). Den forbrugte Damp slipper ud ad Røret *D*. *P* er en Pumpe (Fødepumpen), som pumper Vand ind i Kjedlen for at erstatte, hvad der fordamper. Hastigheden reguleres ved en Centrifugalregulator (der sees midt i Fig. 110), som ved Vægtstangen *M B* virker paa et Spjæld i Damprøret *A*. Ved de excentriske Skiver *L* og *N* drives henholdsvis Glider og Fødepumpe.

Stempelstangen er ved et Led *E* forbunden med Trækstangen *E F*, der fører Krumtappen *J O* og dermed Svinghjulet *V* rundt. Det sidste er et stort og tungt Hjul af Jærn. Er det først sat i Gang, vil det holde Bevægelsen vedlige i nogen Tid, selv om Dampens Virkning ophører, og det vil gjøre Bevægelsen næsten jævn, skjønt

Stempelstangens Virkning paa Krumtappen er højst forskjellig efter Stemplets Stilling i Cylinderen. Om Svinghjulet og om et bredt Hjul (Remskiven) paa den Arbejdsmaskine, som Dampmaskinen driver, lægges en Rem, hvis Ender ere sammensyede, og som strammes saa stærkt ud, at Arbejdsmaskinens Axe maa gaa rundt samtidig med Dampmaskinens. Brotherhoods Dampmaskine, der særlig er konstrueret til Drift af elektricitetsfrembringende Maskiner, er fremstillet S. 44. Til højre paa Vognen sees Kjedlen med Ildsted og Skorsten; midtvejs staar den egenlige Dampmaskine. Denne har tre Cylindre, der alle ere rettede ind mod Maskinaxen, og virke hver med sin Stempelstang til Omdrejning af Axen. Den elektriske Maskines Axe fæstes umiddelbart til Dampmaskinens, i Forlængelse af den, saa at Remforbindelsen undgaas. Da den ene Cylinders Virkning afløser den andens, paavirkes Axen saa hyppigt, at ogsaa Svinghjulet kan undværes. Begge Dele bidrage til at gjøre Maskinen let transportabel.

Naar et Stof exploderer, foregaar der ligesom ved Fordampningen en meget stor Forøgelse af dets Rumfang paa Grund af den Varme, som udvikles (jvfr. S. 107); men her er Kraften i Reglen alt for stor til at kunne bruges i en Kraftmaskine. Af Luft og Belysningsgas kan man imidlertid ved at vælge et passende Forhold danne en exploderende Blanding, som giver en brugbar Kraft, naar man kun tager smaa Mængder ad Gangen. Da de derpaa grundede Maskiner, Gaskraftmaskiner eller Gasmotorer, nu faa en bestandig større Udbredelse i den lille Industri og ofte gjøre Tjeneste ved Frembringelse af Elektricitet, ville vi beskrive en af disse lidt nærmere.

Til venstre i Fig. 111 sees en vandret liggende Cylinder, hvis Stempels Slag paa sædvanlig Maade bringer Svinghjulet til højre i Figuren til at gaa rundt. Første Gang Stemplet gaar frem, suger det Gas og atmosfærisk Luft (f. Ex. 10 Dele af den første mod 90 Dele af den sidste) ind i Cylindren. Naar det derefter gaar tilbage, er der bleven spærret for de Kanaler, hvorigjennem de to Luftarter før strømmede ind. Blandingen af Luft og Gas bliver derfor sammentrykket noget, indtil der bliver aabnet til et Rum, hvor Gassen i Forvejen er antændt ved en lille Gasflamme, som stadig brænder. Nu exploderer Blandingen, og Stemplet slynges frem med stor Kraft.

Herved faar det tunge Svinghjul tilstrækkelig Hastighed, til at det kan udrette følgende: 1) holde Arbejdsmaskinen og de forskjellige Mekanismer, der høre til Kraftmaskinen, i Bevægelse, 2) drive Stemplet tilbage og derved udjage den Luft, der har exploderet, og som nu er værdiløs, 3) atter føre Stemplet frem for at indsuge ny Luft, som kan explodere, 4) endelig sammentrykke denne Luft ved anden Gang at drive Stemplet tilbage, indtil Explosionen atter indtræder, hvorved Svinghjulet faar erstattet, hvad det under det fore-

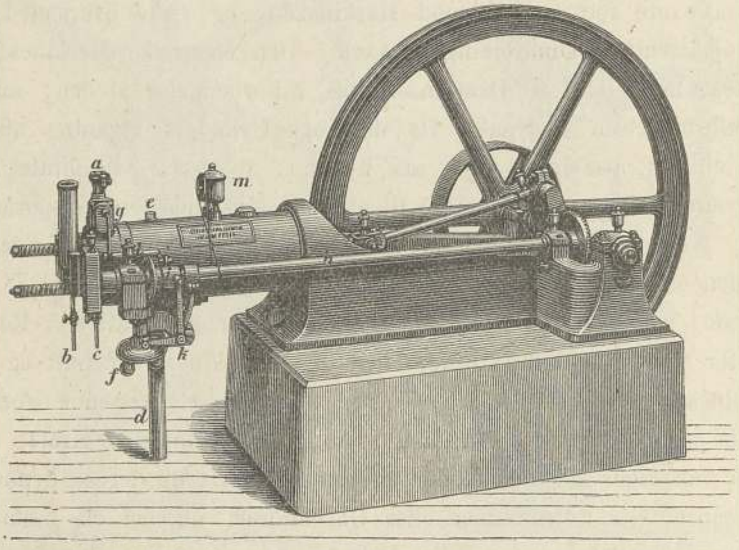


Fig. 111. Gaskraftmaskine (omtr. $^1/_{20}$ virkelig Størr.).

gaaende har tabt i Hastighed. De under 1) nævnte Mekanismer have til Opgave i rette Tid at lukke og aabne for Luftkanalerne og Antændelsesrummet samt at pumpe koldt Vand rundt omkring Cylinderen for at hindre denne i at ophedes for stærkt ved Varmen fra Forbrændingen, som foregaar i dens Indre. Bag ved Svinghjulet sees den Remskive, hvorfra Kraften flyttes til Arbejdsmaskinen ved en Drivrem.

Gaskraftmaskinen indrettes som oftest kun til at udføre fra $^1/_2$ til nogle faa Hestes Arbejde. Dens Fortrin bestaar i, at man kan faa den i Virksomhed blot ved at dreje paa en Gashane og tænde et

Blus, medens Dampmaskinen kræver en vidtløftig Opfyring og Pasning af Ilden, som man her er fri for. Man kan følgelig uden Besvær og Varmespild standse den og atter sætte den i Gang, saa hyppigt man vil. Da Forbrændingen og Luftens Udvidelse foregaar inden i Cylinderen, er man fri for Kjedel og Ildsted, som er det, der tager mest Plads op ved en Dampmaskine. Mange Steder, hvor denne slet ikke kunde anbringes, vil derfor Gaskraftmaskinen kunne gjøre Tjeneste; i det hele gaa den sidstes Fortrin alle i Retning af at gjøre den skikket for Haandværkeren og den mindre Industridrivende. Har man Brug for en Maskinkraft, som kun skal erstatte en Mands eller blot en Fods eller Haands Kraft, ere Varmekraftmaskinerne ikke hensigtsmæssige. I hvert Fald bruges de ikke af saa smaa Maal. Hertil synes de elektriske Maskiner derimod at være vel skikkede.

For at give en Forestilling om, hvad Arbejde koster, hidsætte vi efter de nyeste Angivelser nogle Tal. En Maskine siges at være paa én Hestekraft, naar man hvert Sekund kan hæve 480 Pund 1 Fod i Vejret med den. En Hestekrafts Arbejde, der er en Del større end hvad en stærk Hest kan yde, koster, naar det leveres af en stor Dampmaskine, henved 8 Øre Timen, medens det fra en lille Dampmaskine eller fra en Gasmotor koster omtrent 25 Øre Timen. En Hestekrafts Arbejde, leveret af Mennesker, koster flere Kroner Timen.

12.

Den elektriske Kraftmaskine.

Bourbouzes, Fromonts, Jacobis Kraftmaskiner. Deprez's og Bürgins Motorer. Sammenligning mellem Maskiner, der frembringe Elektricitet ved Bevægkraft, og de elektriske Kraftmaskiner. Grammes dynamoelektriske Maskine som Kraftmaskine. Paccinottis Maskine.

Vi tænke os at have et kraftigt galvanisk Batteri til Raadighed og ville dermed sætte en Arbejdsmaskine i Bevægelse. Dette kunde ske ved en Kraftmaskine af den i Fig. 112 fremstillede Indretning, hvor Elektriciteten virker paa en Maade, der ganske svarer til Dampens Virkemaade i en Dampmaskine. AB og $A'B'$ ere to Elektromagneter, NS en Magnet, der er anbragt saaledes, at den kan glide frem og tilbage mellem AB og A_1B_1, men hindres i at vige

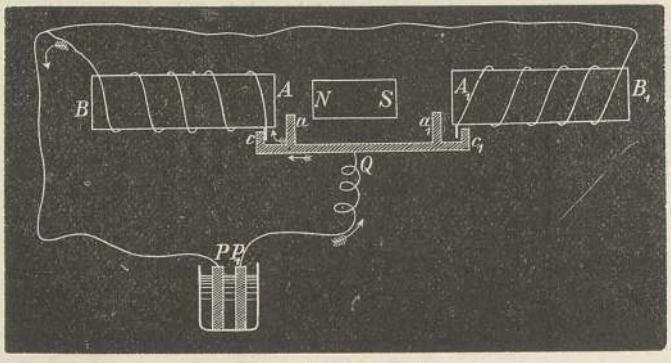


Fig. 112.

ud til Siden. Ad Poltraaden P_1Q kan Elektriciteten føres fra Batteriet PP_1 til den Traad, der er viklet om AB, idet Poltraaden er fæstet til Metalstykket $ca\,a_1\,c_1$, som rører ved den ene Ende af Traaden om AB, medens den anden Ende er i Forbindelse med Batteriets anden Pol P. Idet Elektriciteten strømmer om AB, gjør den AB magnetisk, hvorfor denne trækker Magneten NS til sig. Naar NS af den Grund støder mod a, vil Stykket $c\,a\,a_1\,c_1$, der kan glide lidt frem og tilbage, flytte sig saa meget, at det ophører at

røre Traaden om AB, hvorimod det nu bringes i Berøring ved c_1 med Traaden om $A_1 B_1$. Dette vil imidlertid bevirke, at Strømmen ophører at gaa om AB, hvorimod den nu søger om $A_1 B_1$, gjør denne magnetisk og trækker SN tilbage til Sammenstød med a_1; men dette vil paa ny afbryde Forbindelsen ved c_1 og slutte den ved c, saa at samme Spil begynder igjen og fortsættes, saa længe der gaar en tilstrækkelig kraftig Strøm fra Batteriet. Bevægelsen vil paa forskjellig Maade kunne overføres fra NS til Arbejdsmaskinen.

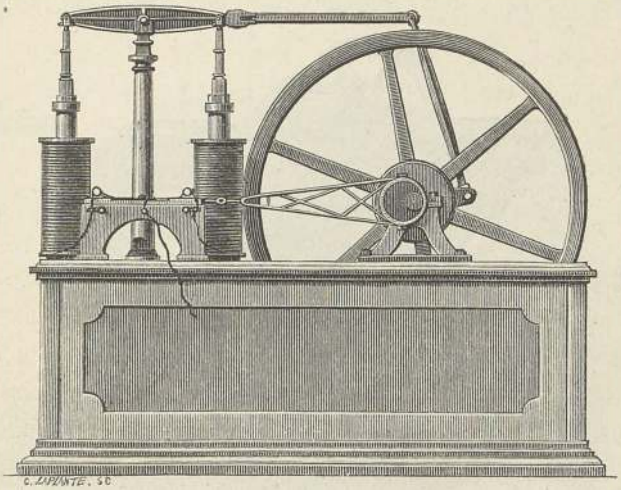


Fig. 113. Bourbouze's elektriske Kraftmaskine. Maskinen bestaar af en Vægtstang, fra hvis Ender der hænge to Jærnstænger ned i to hule med isoleret Kobbertraad omviklede Cylindre. Naar Strømmen sendes vexelvis ind i disse, vil den tilhørende Jærnstang hver Gang blive magnetisk og derfor ligesom suges ind i Cylindren under Strømmens Paavirkning. Vægtstangen vil derfor bringes til at vippe op og ned, hvilken Bevægelse derpaa overføres til et Svinghjul paa sædvanlig Maade. Her benyttes ikke Virkningen af to Magneter paa hinanden men den af Ørsted opdagede mekaniske Virkning, som en Strøm udøver paa en Magnet (S. 30).

Ligheden mellem den her beskrevne elektriske Maskine og Dampmaskinen er iøjnefaldende. Batteriet svarer til Kjedlen, Rummet mellem A og A_1 svarer til Dampcylinderen, Magneten NS til Stemplet. Ligesom Dampen ved Glideren afvexlende sendes ind paa den ene og den anden Side af Stemplet, sendes her Elektriciteten vexelvis ind paa de to Sider af NS ved Stykket $c\,a\,a_1\,c_1$.

Ved Indretningen af de første elektromagnetiske Kraftmaskiner har man vistnok haft Dampmaskinen for Øje til Efterligning. Bourbouzes Maskine Fig. 113 ligner saaledes indtil det rent ydre meget en Dampmaskine. Baade Dampmaskinen og Bourbouzes Maskine frembringe først en frem- og tilbagegaaende Bevægelse, der som nævnt S. 185 maa omdannes til en omdrejende. De dertil nødvendige Maskindele gjøre Maskinen sammensat og forvolde Krafttab. Det vilde derfor være en Fordel at undgaa dem ved at faa Dampen eller Elektriciteten til uden Mellemled at frembringe en omdrejende

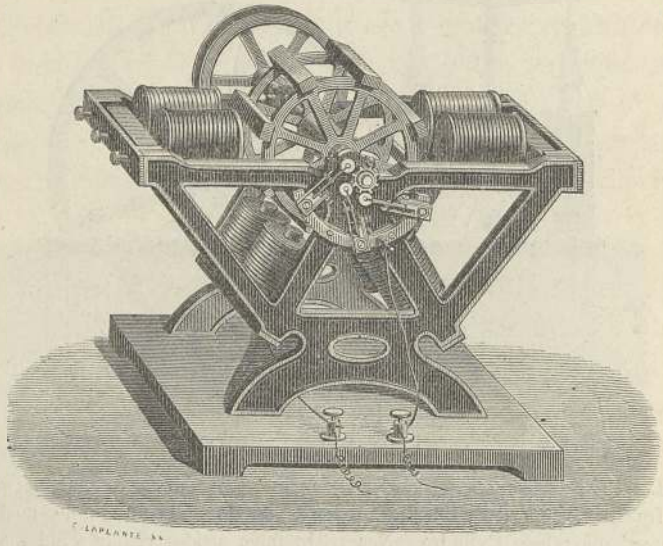


Fig 114. Fromonts Kraftmaskine.

Bevægelse. Ved Dampen kunde dette opnaas, ved at man lod den virke paa lignende Maade som Vandet i en Turbine; men da det vilde medføre en meget ødsel Brug af Varmen, er man bleven staaende ved det frem- og tilbagegaaende Stempel. Derimod har det vist sig, at den elektriske Kraftmaskine arbejder mest hensigtssvarende og kraftsparende, naar man indretter det saaledes, at Elektromagnetismen frembringer umiddelbart den omdrejende Bevægelse. En saadan Maskine — man har konstrueret mange af den Slags — er fremstillet i Fig. 114. Den er konstrueret af Fromont. To Hjul sidde paa en fælles

Axe, og deres Omkredse ere forbundne med Stænger af blødt Jærn, der ligge parallelt med Aksen. Paa Maskinens Stativ sidder der 4 Hesteskoelektromagneter fæstede. De ere ordnede omkring Hjulene med Polerne rettede ind mod de ovennævnte Stænger. Gaa Hjulene rundt, ville Jærnstængerne stryge tæt forbi Magneternes Poler. Det er nu indrettet saaledes, at hver Gang en Jærnstang under Omdrejningen nærmer sig én af Magneterne, bliver Strømmen sendt gjennem denne Magnets Traad; Jærnstykket bliver derfor tiltrukket og Hjulets Omdrejning fortsat. Hvis Strømmen nu vedblev at gaa, efter at Jærnstangen var naaet ud for Polerne, vilde den fremdeles til-

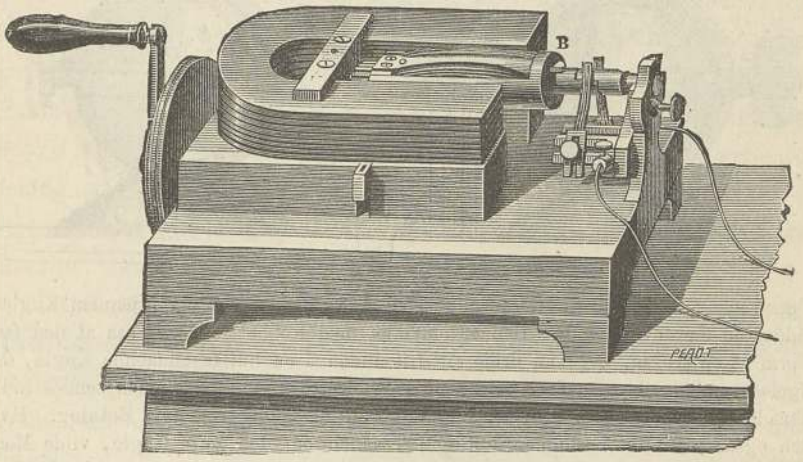


Fig. 115. Deprez's elektriske Motor.

trækkes af disse, naar den gik videre bort fra dem; men herved vilde Hjulet standses i sin Omdrejning. Strømmen maa derfor afbrydes, saa snart Jærnstangen er naaet ud for Polerne, for atter at sluttes, naar næste Jærnstang nærmer sig. Strømmens Afbrydning og Slutning i rette Tid sker ved en lille Mekanisme (Kommutatoren), der er anbragt paa den forreste Ende af Axen. Paa den anden Ende sidder Remskiven.

De Maskiner, man havde konstrueret indtil for faa Aar siden, leverede kun et ringe Arbejde i Forhold til deres Vægt og Omfang.

Den kraftigste, man i lang Tid kjendte, var den, som Fysikeren Jacobi i Aaret 1839 brugte for at drive et Fartøj frem paa Nevaen. Den vurderedes til at give omtrent $^3/_4$ Hestes Kraft ved Strømmen fra et Batteri paa 128 galvaniske Elementer (Groves). Den var imidlertid meget tung og Omkostningerne ved dens Drift meget store i Forhold til det Arbejde, den kunde yde.

I de senere Aar har man været heldigere med Konstruktionen af elektriske Kraftmaskiner. Til smaa Motorer har Deprez konstrueret den i Fig. 115 fremstillede Maskine, hvis hele Vægt beløber

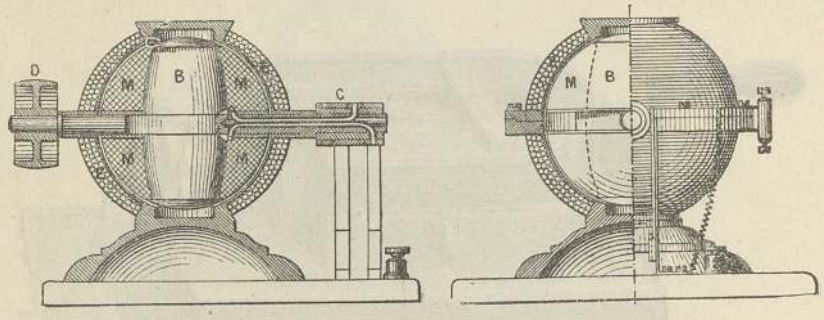


Fig. 116 og 117. Bürgins Motor. Paa en Axe, der gaar tværs igjennem Kuglen, sidder en Jærncylinder *B*. Den er omviklet med Kobbertraad *M*, saa at den faar Form af en Kugle, der kan dreje sig frit inden i en hul faststaaende Kugle, der ligeledes er omviklet med Kobbertraad i vandrette Lag. Strømmen sendes ind i Traaden *M* ved *C* (Fig. 116) og omkredser *B* bestandig i samme Retning. Hvis den ogsaa gik altid i samme Retning i Traaden om den ydre Kugle, vilde Magneten *B* forblive roligt i lodret Stilling, nemlig vinkelret paa de vandrette Lag (S. 30, Fig. 17); men det er indrettet saaledes, at hver Gang *B* er bleven lodret, skifter Strømmen Retning i den udvendige Traad, hvorfor *B* søger hen til den omvendte Stilling; af den Grund fortsættes Omdrejningen. Ligesom i Bourbouzes Maskine benyttes her Virkningen af den elektriske Strøm paa en Magnet.

sig til omtrent 8 ℔. Den bestaar af en Hesteskomagnet af Staal, mellem hvis Grene en Valse *B* af Jærn drejer sig rundt. Af Valsen er der, som Figuren viser, en Del bortskaaret for at give Plads for en isoleret Kobbertraad, der ligger som Traaden i en Væverskytte eller Filernaal. Sendes Strømmen fra et Batteri gjennem de to Traade, der sees til højre, vil den fortsættes gjennem de to Fjedre, der sees at støtte hver fra sin Side mod Axen; derfra ledes den til

Traaden i Valsen. Herved blive Valsens to Sider magnetiske, og den gaar derfor rundt under Paavirkning af Hesteskomagnetens Polers Tiltrækning eller Frastødning. Med 8 Bunsenske Elementer (S. 28) skal Valsen kunne gjøre 3000 Omdrejninger i Minutet og udføre et Arbejde i hvert Sekund, som er lig det, der kræves for at hæve 4 π 4' i Vejret (16 Pundfods Arbejde). Paa de elektriske Udstillinger i Paris 1881 og Wien 1883 var der udstillet adskillige saadanne smaa Motorer af højst forskjellig Indretning. Fig. 116 og 117 viser Bürgins Motor, der næsten har Kugleform.

Sammenlignes Deprez's, Fig. 115 fremstillede Kraftmaskine med Clarkes Maskine (S. 34, Fig. 22), da vil man ingen væsenlig Forskjel finde. I dem begge findes en Magnet, og i Nærheden af dens Poler kan et eller to med isolerede Kobbertraade omviklede Jærnstykker drejes rundt. Clarkes Maskine var indrettet til at give en elektrisk Strøm, naar man drejede dens Axe rundt, og det samme kan Deprez's Maskine udrette, skjønt Hensigten med den er den omvendte, nemlig at faa Axen til at gaa rundt, ved at dens Traad modtager en Strøm andet Steds fra. Paa den anden Side vil ogsaa Clarkes Maskine kunne sættes i Bevægelse ved en elektrisk Strøm.

Det viser sig at gjælde alle dynamo- eller magnetoelektriske Maskiner, hvis Formaal jo er at frembringe en elektrisk Strøm ved Bevægkraft, at hvis man sender en Strøm andet Steds fra ind i Maskinens Traad, da vil Maskinens Axe sætte sig i Bevægelse*). Det har endvidere vist sig, at den dynamo- eller magnetoelektriske Maskine, som giver en jævn og i Forhold til det anvendte Arbejde kraftigst mulig Strøm ved Bevægkraft (S. 40—45), tillige er den bedste Maskine til omvendt at give Bevægkraft, naar den faar en elektrisk Strøm tilført.

Da Grammes Maskine var den første, som paa en tilfredsstillende Maade svarede til den Fordring, at give en jævn og for Anvendelse i det store tilstrækkelig kraftig Strøm (S. 43), som den giver med kun ringe Arbejdsspild, saa havde man altsaa i den samme Maskine

*) Strømmen, som sendes ind i Maskinen, skal være af samme Beskaffenhed, som den, Maskinen kan udsende. Sender Maskinen Strømme ud med vexlende Retninger (S. 35), skal den ogsaa sættes i Bevægelse ved en Strøm af vexlende Retninger.

den første, som kunde bruges med Held til at udføre store mekaniske Arbejder ved Elektricitetens Hjælp. Først fra det Øjeblik af, da Grammes Opfindelse var bleven kjendt, kunde man for Alvor tage Elektriciteten op ved Siden af Dampen som en stor Drivkraft. Vi betragte derfor nu fra dette Synspunkt den i Fig. 118 fremstillede Model til en Grammes Maskine, som altsaa her er en elektrisk Kraftmaskine, medens den før (S. 41) blev omtalt som en Maskine, der var indrettet til Frembringelse af Elektricitet. Den Gang blev det oplyst, at naar Ringen drejes rundt mellem de to Magnetpoler N og S, bliver der sendt Elektricitet ud af Ringens Traad gjennem de to Fjedre, der trykke mod denne, til Klemmeskruerne a og b.

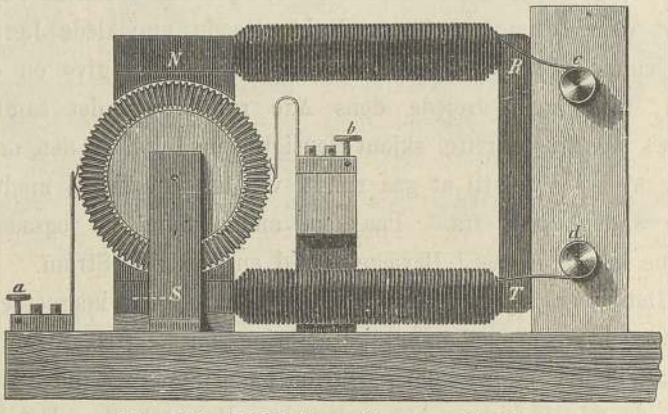


Fig. 118. Model til en Grammes Maskine.

Det, vi nu skulle se, er, hvad der sker, naar vi føre Elektricitet udefra til Maskinens Klemmeskruer f. Ex. ved at fastskrue Poltraadene fra et galvanisk Batteri til den (Fig. 119). Herved bringes Strømmen fra Batteriet til at kredse dels om Elektromagneten $NRTS$ (Fig. 118), idet a og b ere forbundne henholdsvis med d og c ved Kobbertraade, dels om Jærnet, hvoraf Ringen er dannet. Begge Steder vil der af den Grund fremkomme Magnetisme. Vi kunne antage, at der i Elektromagneten dannes en Nordpol i N og en Sydpol i S. I Ringen vil der ligeledes fremkomme to Magnetpoler; den ene vil findes ved Fjedren til højre, vi antage en Sydpol; den anden ved Fjedren tilvenstre bliver altsaa en Nordpol. Da nu modsatte

Magnetpoler tiltrække og ensartede frastøde hinanden, vil aabenbart (se Fig. 119) højre Side af Ringen trækkes *opad* af *N* og drives *opad* af *S*. Den venstre Side vil af lignende Grunde gaa nedad; Ringen vil derfor dreje sig rundt.

Hvis nu Magnetpolerne fulgte med i Ringens Jærnmasse, idet den gaar rundt, vilde Omdrejningen ophøre, naar Nordpolen var kommen nederst, Sydpolen øverst. Det maa imidlertid erindres, at Ringen er af blødt Jærn, som hurtigt kan skifte sin Magnetisme (S. 30). Idet Ringen gaar rundt, taber Magnetismen sig i de Dele, der have fjernet sig fra Fjedrene for bestandig at danne sig paa ny omtrent i Højde med disse. Polerne blive liggende, medens Ringen gaar rundt. Der findes altsaa til enhver Tid en Pol til højre og en anden til venstre i Ringen, hvorfor den bevægende Kraft, som udgaar

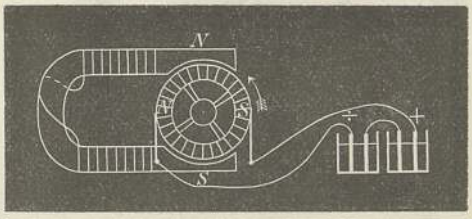


Fig. 119. Grammes Maskine anvendt som elektrisk Kraftmaskine.

fra Polerne *N* og *S* i Elektromagneten, bliver ved at virke uforandret til Omdrejningen. Denne fortsættes derfor, saa længe Strømmen gaar.

Italieneren Paccinotti var den første Opfinder af den her omtalte Form for den elektriske Kraftmaskine, idet hans i Fig. 120 fremstillede Maskine i Hovedsagen er den samme som Grammes. Men det var kun en lille Maskine, han fik udført, og han indsaa ikke selv, hvilke Virkninger der kunde naas med den, naar den blev hensigtsmæssig indrettet, om end hans Udtalelser om den vise, at han var nær ved det. Maskinen blev derfor upaaagtet, ja i den Grad glemt, at Gramme ikke kjendte den, da han flere Aar senere konstruerede sin Maskine. Først da Grammes Maskine var bleven kjendt over hele Verden, kom Paccinottis Navn frem. Ringen i Maskinen, som er dennes karakteristiske Del, kaldes nu sædvanlig Paccinottis Ring.

Har man to Grammes Maskiner og forbinder deres Klemmeskruer to og to med hverandre ved Kobbertraade (Fig. 121), da vil den Strøm, som man maatte frembringe ved at dreje den ene Maskines Ring rundt, ligesom Strømmen fra Batteriet i Fig. 119 gjennemløbe den andens Traad. Men det vil have til Følge, at ogsaa den anden Maskines Ring sætter sig i Bevægelse. Ved de to Traade ere Maskinerne altsaa satte saaledes i Forbindelse med hinanden, at man ikke kan sætte den ene Ring i Gang, uden at den anden Ring ogsaa gaar rundt, og det selv om Traadene ere lange nok, til at Maskinerne kunne være milevidt fjærnede fra hinanden.

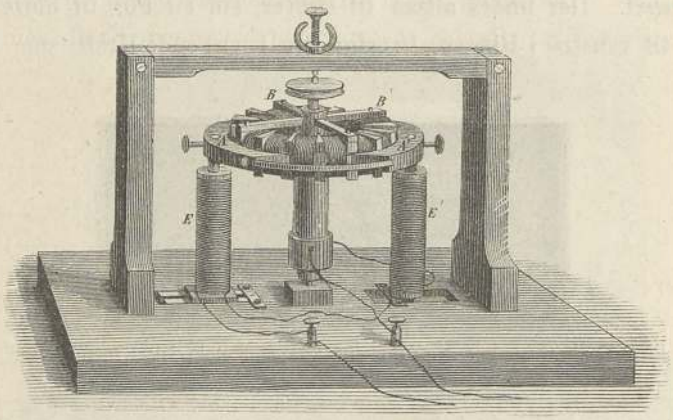


Fig. 120. Paccinottis Maskine. Den lodrette Axe bærer ved de korslagte Stænger B, B' den med Traad omvundne Ring, som bevæger sig mellem Polstykkerne A, A' af de lodrette Elektromagneter EE'. Strømmen føres fra det nederste af Axen langs denne til Ringen og gjennem Sideledninger til Elektromagneternes Traade.

I sin nuværende Form er Grammes Maskine en Motor, der kan udføre flere Hestes Arbejde. Den arbejder uden Stød, Larm eller Røg og er i saa Henseende en fortrinlig Kraftmaskine. Spørgsmaalet er blot: hvor faar man den Elektricitet fra, som skal drive den? Dette Spørgsmaal er ikke besvaret ved at henvise til det galvaniske Element, thi det er, som tidligere bemærket, alt for kostbart at bruge, naar man skal have store Arbejder udførte, hvor Arbejdets Pris spiller en væsenlig Rolle. En Hestekrafts Arbejde, leveret fra galvaniske Elementer, vil i Timen koste mere end 50

Gange saa meget som den samme Arbejdsmængde, leveret ved Damp. Man vil faa langt billigere elektrisk Arbejde udført, hvis man bærer sig ad, som det er antydet i Fig. 121, hvor Maskinen til venstre hæver en Byrde ved den Elektricitet, som udgaar fra Dynamomaskinen til højre. I denne sidste tilvirkes Elektriciteten, ved at en Dampmaskine tvinger dens Ring rundt. Dampmaskinen er kun antydet ved Cylinderen D, Stempel, Stempelstang, Trækstang og Krumtap (S. 186). Paa Krumtappens Axe sidder Remskiven R_1, hvis Rem gaar om en mindre Remskive paa Dynamoens Axe, som derfor drejes rundt med den fornødne Hastighed. Fra Maskinen til venstre i Figuren meddeles Bevægelsen ved en Rem til Remskiven R_2. Paa dens Axe er der anbragt en Valse, hvorpaa et Tov, der bærer

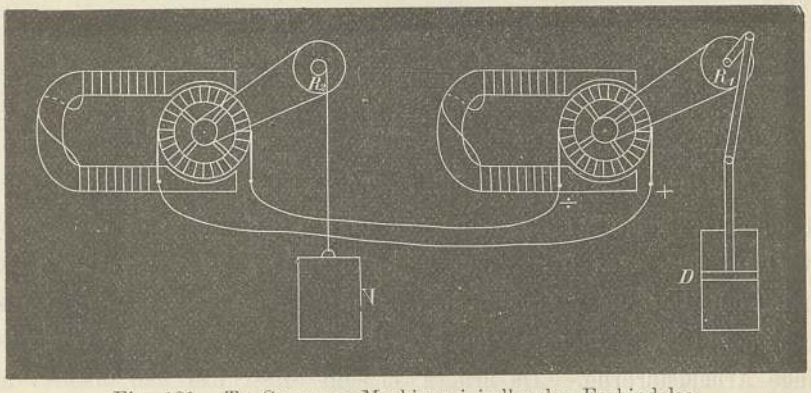


Fig. 121. To Grammes Maskiner i indbyrdes Forbindelse.

Byrden V, rulles op. V vil derfor blive hævet; det vil sige, at Maskinen udfører et Arbejde.

I de fleste Tilfælde vilde det imidlertid være meningsløst først at bruge Dampmaskinens Bevægkraft til at frembringe Elektricitet, og derpaa bruge Elektriciteten til igjen at frembringe Bevægkraft. Man vilde jo nemlig ikke faa andet ud end det, man begyndte med, ved at bruge de to Dynamomaskiner, og den Bevægkraft, man faar ud af den sidste, har tilmed ikke saa stor Arbejdsevne som Dampmaskinen, idet noget deraf altid gaar tabt paa Vejen fra R_1 til R_2. I et følgende Afsnit om »Kraftflytning« vil det dog sees, at man trods det Tab, man derved lider i Arbejdsmængde, under særlige Forhold kan

se sin Fordel ved at lade Dampmaskinens Arbejde vandre gjennem de to Dynamomaskiner. Forinden vi gaa ind paa dette ville vi imidlertid betragte nogle Tilfælde, hvor man bruger den elektriske Kraftmaskine, dreven ved galvaniske Elementer, skjønt det derved indvundne Arbejde er betydeligt kostbarere end det, man faar fra andre Kraftkilder.

13.

Den elektriske Kraftmaskines Anvendelse.

Det galvaniske Element er Kraftkilden.

Smaa Arbejdsmaskiners Drift. Elektrisk Baadfart. Luftballon med elektrisk Drivkraft. Edisons elektriske Pen. Forskjellige Anvendelser.

Medens Telefonen har indtaget sin Plads i det praktiske Liv, er den elektriske Kraftmaskine endnu i Færd med Erobringen af de Omraader, over hvilke den kan ventes at ville brede sig. Et af disse omfatter de Virksomheder, hvor man bruger smaa Arbejdsmaskiner (Symaskiner, Drejelad o. s. v.), hvis Gang kun kræver et ringe Arbejdsforbrug. De bruges jo som oftest paa den Maade, at den arbejdende ikke blot leverer den fornødne Bevægkraft, men tillige leder Virksomheden i Arbejdsmaskinen. Dette sidste vil han i Reglen kunne gjøre sikrere og hurtigere, naar han har fri Raadighed over hele sit Legeme*). Han vil derfor ofte ønske at have en Kraftmaskine til at levere Bevægkraften; da der kun er Brug for et lille Arbejde, vil man i Valget af Kraftmaskinen ikke saa meget gaa efter, hvor billigt den leverer Arbejdet, som efter hvorvidt den er bekvem at bruge.

De smaa elektriske Motorer, der bleve beskrevne i forrige Afsnit,

---

*) Stadigt Arbejde med Symaskine siges at være skadeligt for Sundheden, naar den arbejdende selv maa bevæge Maskinen.

ere meget hensigtsmæssige til saadanne Arbejders Udførelse, naar man kan faa Elektriciteten tilført paa en bekvem og ikke altfor kostbar Maade. De galvaniske Elementer, man har at vælge mellem til dette Brug, ere ikke hensigtsmæssige at bruge ved stadigt Arbejde. De, som kunne holde ud i længere Tid, f. Ex. en hel Arbejdsdag, ere vanskelige at behandle og indeholde Stoffer, som kunne gjøre Skade enten ved at være giftige (f. Ex. Kviksølvforbindelser) eller ved at udsende skadelige Dampe (Salpetersyre). Først naar man en Gang kommer saa vidt, at Elektriciteten bliver ledet ind i Husene i Byerne ligesom Gas og Vand, eller vil kunne kjøbes i Akkumulatorer, kunne

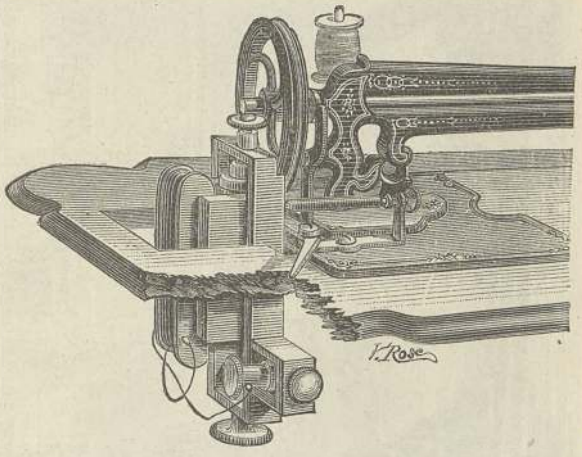


Fig. 122. Trouvés Motor driver en Symaskine.

de smaa elektriske Motorer ventes at faa stor Udbredelse. Nu faa de kun Anvendelse i særlige Tilfælde, hvor Kraften ikke skal virke lang Tid ad Gangen; ved saadanne Lejligheder er Bikromatelement (S. 29) en hensigtssvarende Elektricitetskilde.

Fig. 122 viser Trouvés Motor, der er indrettet paa lignende Maade som Deprez's (Fig. 115), i Brug til at drive en Symaskine. Den sees til venstre i Figuren, der hvor Hjørnet af Bordpladen er fjærnet. Paa den elektriske Udstilling i Paris havde Trouvé udstillet en Baad, der var 16—17 Fod lang og vejede 160 Pund; den blev dreven ved én af hans Maskiner og et Batteri paa 12 Bikromat-

elementer, hvis Vægt tilsammen var 48 Pund. Baaden gik paa Seinen med en Hastighed af henimod 1 Mil i Timen. Fig. 123 viser Baaden paa Vandet; Batteriet sees omtrent midtvejs. Fra det

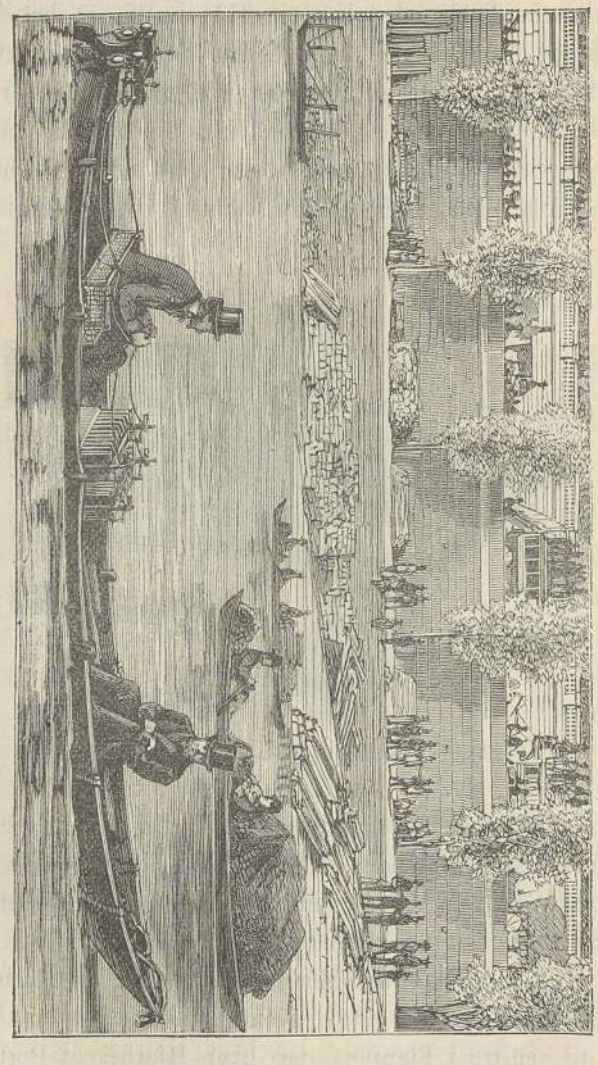


Fig. 123. Trouvés elektriske Baad paa Seinen.

førte der Ledningstraade til Baadens Ror, der er fremstillet i større Maalestok i Fig. 124. Den elektriske Motor var anbragt paa Rorets Hoved, medens Skruen, der drev Baaden frem, var anbragt længere

nede, ligeledes paa Roret og blev sat i Bevægelse fra Motoren ved et Snorløb. Linerne, hvorved Roret blev drejet og Baaden altsaa styret, indeholdt de Kobbertraade, gjennem hvilke Elektriciteten blev ført til Motoren fra Batteriet.

Der gjøres Forsøg af Tissandier paa at give en Luftballon saa megen selvstændig Bevægelse, at den kan komme frem imod en svag Vind og ikke er helt prisgiven en stærkere. Begge Dele have Betyd-

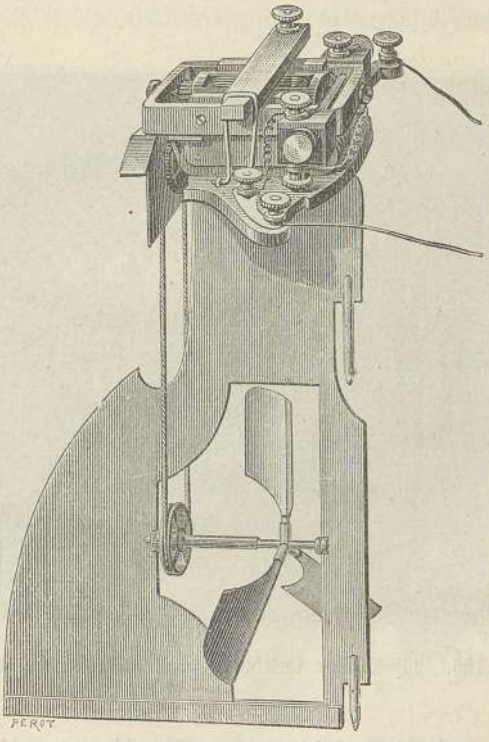


Fig. 124. Roret til Trouvés elektriske Baad.

ning for videnskabelige Ballonfarter. En lille Model (Fig. 125) blev fremvist i Bevægelse paa den elektriske Udstilling i Paris. Som det sees, havde den en tilspidset Form for at møde mindre Modstand fra Luften. Bag til var et Sejl anbragt som Ror og i Gondolen fandtes et Batteri og en elektrisk Motor, der drev en Slags Skrue rundt til Ballonens Fremdrift. Det elektriske Apparats forholdsvis ringe Vægt

og den Omstændighed, at det ikke som en Dampmaskine medfører Brandfare, ere dets Fortrin ved Ballonfarterne.

Den elektriske Bevægkraft har faaet en ejendommelig Anvendelse i Edisons *elektriske Pen* (Fig. 126), med hvilken man kan frembringe en Skrivelse eller Tegning, der kan mangfoldiggjøres i et stort Antal. Naar denne Pen føres hen over Papiret, trækker den Stregerne derpaa ved at gjennembore det med en Række fine Huller. Skaftet er nemlig hult, og inden i det kan en Staalspids, som netop

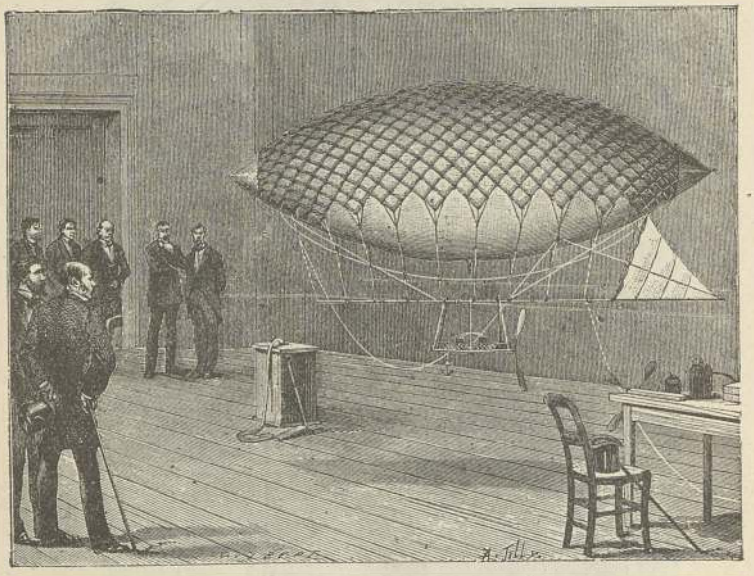


Fig. 125. Tissandiers Luftballon med elektrisk Drivkraft.

kan naa gjennem Papiret, glide op og ned. Naar man bruger Pennen, bringes denne Spids til at hoppe maaske 100 Gange i Sekundet, paa lignende Maade som Naalen i en Symaskine, ved en ganske lille elektrisk Motor, som er anbragt paa den øverste Ende af Skaftet. Den elektriske Strøm, som driver Maskinen, kommer fra to Bikromatelementer, der staa i Forbindelse med Pennen ved to isolerede Kobbertraade. Disse ere saa bøjelige, at de ikke hindre Pennens frie Bevægelse.

Den ved Hullerne i Papiret frembragte Original kopieres nu ved at overstryges med Sværte og ved derpaa at lægges ovenpaa det Papir, der skal modtage Kopien, med den ikke sværtede Side vendt mod dette Papir. Begge Papirerne anbringes i en Presse, hvorved der presses Sværte gjennem Originalens Huller; paa Papiret neden under vil der altsaa sættes en Prik for hvert Hul, hvorved Kopien fremkommer.

I videnskabelige Forsøg har man ofte Brug for Arbejdet af en lille Kraft, f. Ex. til at frembringe en hurtig Omdrejning. Ved saa-

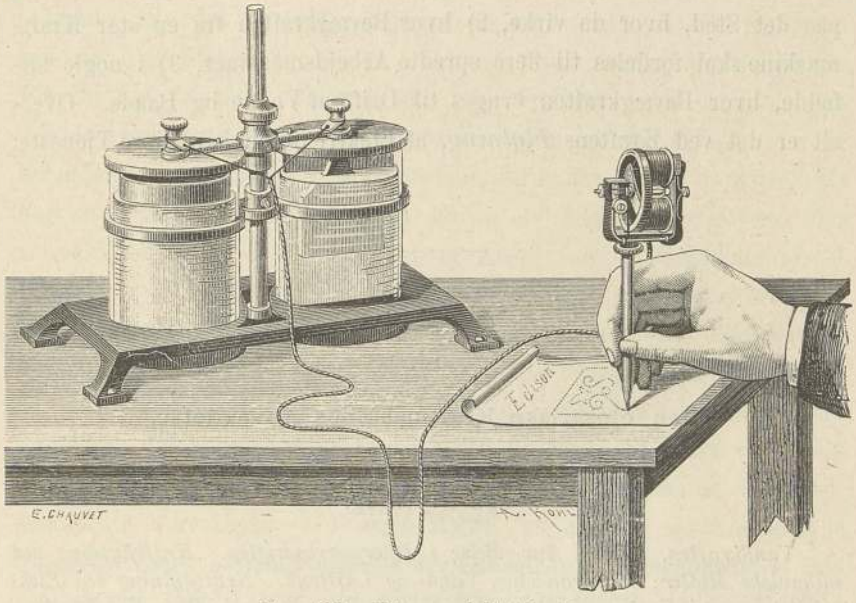


Fig. 126. Edisons elektriske Pen.

danne Lejligheder benyttes ofte en elektrisk Kraftmaskine. Den hurtige jævne Omdrejning, man kan faa med den, passer ofte godt for Øjemedet. Paa den elektriske Udstilling i Wien var der udstillet adskillige smaa Motorer (nogle i Virksomhed). En Symaskine blev dreven ved en elektrisk Motor omtr. 4 Tommer lang og 2 Tommer i Tværmaal; en Tricykle gik ved en Grammes Motor, der fik Elektricitet fra Akkumulatorer, som vare anbragte i to Kasser mellem Hjulene. Til Boreapparater for Tandlæger var der indrettet Motorer

saa smaa, at man kunde have dem inden i Haanden. Motoren tjente som Skaft for Borejærnet, der var anbragt i Forlængelse af Axen og derfor gik rundt sammen med den.

Lykkes det en Gang at konstruere et galvanisk Element, som kan nøjes med et Stof, der er meget billigere end Zink, til sit Underhold, da vil Elektriciteten sikkert komme til at afløse Dampen i mange Tilfælde. Men indtil da vil den, som omtalt S. 199, kun blive brugt under særlige Forhold til store Maskiners Drift. Saadanne Forhold indtræffe, 1) hvor man har Raadighed over Naturkræfter, som paa Grund af Beliggenheden ikke kunne gjøres nyttige paa det Sted, hvor de virke, 2) hvor Bevægkraften fra en stor Kraftmaskine skal fordeles til flere spredte Arbejdsmaskiner, 3) i nogle Tilfælde, hvor Bevægkraften bruges til Drift af Vogne og Baade. Overalt er det ved Kraftens *Flytning*, at Elektriciteten kan gjøre Tjeneste.

14.

Den elektriske Kraftmaskines Anvendelse.

(Fortsættelse.)

Kraftflytning.

Vandkraften. Dens Anvendelse i Bjærgværksdriften. Kraftflytning ved mekaniske Midler: Jærntraadstov, Vand- og Lufttryk. Kraftflytning ved Elektricitet og ved Varme. — Sammenligning mellem de forskjellige Kraftflyttere. Grænsen for Kraftflytningen. Akkumulatorerne som Kraftflyttere.

Det er et meget stort Arbejde, som Solvarmen aarlig udfører ved at bringe Havets Vand til at fordampe og til at stige op i Luften for der at danne Skyerne. Naar et Lag Damp har dannet sig over Vandets Overflade, og dennes Fordampning derpaa fortsættes, da vil den sidst dannede Damp paa Grund af sin ved Solvarmen opnaaede Udvidekraft drive det første Lag Damp opad, og saaledes vil fortsættes, til Dampen paa Grund af Afkøling oppe i Luften atter bliver til Vand i Form

af de meget smaa Vanddraaber, der danne Skyerne. Fra det Øjeblik det ophører med at være Damp, begynder Vandet sin Nedfart. Draaberne voxe under Faldet, ved at mere Damp fortætter sig, saa at de tilsidst ende Faldet som Regndraaber.

Den faldende Regn kunde bruges til at drive Maskiner med og til saaledes at indvinde en Del af det Arbejde, som Solen havde udført. Vandet falder imidlertid for spredt, til at man vil bruge Regnskyllene paa den Maade; det maa først samles, for at det kan virke med tilstrækkelig Intensitet. Herfor er der sørget i Naturen, idet Vandet, som falder paa Jordens Overflade, samler sig i de Furer i denne, som det forefinder, eller som det tvinges til selv at danne paa sin Vej tilbage til Havet. Herved fremkommer de forskjellige Former for Vandløb: Floder, Elve og Vandfald. Ved at falde paa Jordens Overflade taber Vandet største Delen af sin Arbejdsevne og beholder kun den tilbage, som det har, fordi det endnu er hævet saa højt over Havet, som Landet er, højt. Jo højere Landet er, des større Vandkraft vil det derfor som Regel være i Besiddelse af. I Bjærgegne har Vandkraften tilmed den for dens Udnyttelse heldigste Form, idet der her hyppigt dannes Vandfald, ved hvis Fod Vandet har en stor Hastighed og en dertil svarende Arbejdsevne.

Imidlertid ville de samme Forhold, som forøge Vandkraften, ofte gjøre det vanskeligt at drage Nytte af den. Vandfaldene findes ofte paa utilgængelige Steder, og Transporten til og fra af de Varer, som skulle forarbejdes ved deres Kraft, er hyppig saa vanskelig i bjærgrige Egne, at langt den største Del af Jordens Vandkraft af den Grund gaar tabt. Hvor der findes Bjærgværksdrift, er Vandkraften naturligvis af stor Værdi til Udførelse af Arbejderne i Fjeldet og til Bearbejdelse af Malmene. Der er ogsaa paa saadanne Steder udført store Arbejder for at kunne faa det mest mulige ud af den. Paa passende Steder samles Vandet op i Damme, og fra disse ledes det, undertiden i milelange Kanaler til de højest liggende Fabrikbygninger for derpaa trinvis at søge ned til Havet, idet det for hvert Trin, det gaar ned, danner et Vandfald og driver en Fabrik, hvis Virksomhed betegner et Trin i Malmets eller Metallets Bearbejdelse.

Virksomheden i Bjærgværksgruberne bestaar hovedsagelig i, at

man forlænger allerede dannede Gange eller baner nye Sidegange og fører de løsnede Dele frem for Dagens Lys. Bestaar Bjærget af haarde Stenmasser, maa de løsnes ved Sprængning med Krudt eller andet Sprængstof. Man borer Huller ind i Klippen for at kunne indbringe Sprængstoffet, som dernæst tændes. Tidligere blev Boringen udført ved Haandkraft, et Arbejde, der var kostbart og skadeligt for Sundheden paa Grund af det Støv, som dannede sig. Det var derfor et stort Fremskridt, da man indførte at bruge Boremaskiner. Da man af Mangel paa tilstrækkelig Plads og Luft ikke kan arbejde med en Dampmaskine i en Grubegang, maa Boremaskinen drives ved en Kraftmaskine udenfor. Paa en eller anden Maade maa Kraften da flyttes ind i Grubegangen.

Bjærgværksdriften frembyder saaledes adskillige Exempler paa Nødvendigheden af at flytte Kraften. Men ogsaa ved mange andre Lejligheder kan en saadan Flytning ønskes iværksat. Dette vil f. Ex. være Tilfældet, hvor et Vandfald findes i saadanne Omgivelser, at man ikke har Brug for dets Kraft paa Stedet, hvorimod den maaske vilde være meget nyttig i større eller mindre Afstande derfra. Man kan da anlægge Turbiner ved Vandfaldet og søge at overføre disses Bevægelse til andre Maskiner paa det Sted, hvor man har Brug for Kraften.

Til at besørge denne Kraftflytning hører der foruden Kraftkilden (Vandfald med Turbiner, Dampmaskine eller en anden Kraftmaskine) tre Dele (jvfr. Telefoni S. 108) 1) en Maskine, den primære, som afsender Kraften, 2) en Kraftmaskine, den sekundære, som modtager Kraften for at afgive den til en eller flere Arbejdsmaskiner paa det Sted, hvor den skal bruges, 3) det Forbindelsesled, som fører Kraften fra den primære til den sekundære Maskine. Alle tre Dele tilsammen ville vi kalde Kraftflytteren. Som omtalt S. 180, kunde Flytningen enten ske direkte ved Træk eller Tryk (mekanisk) eller ved først at omdanne den mekaniske Kraft til Elektricitet.

Af de mekaniske Kraftflyttere blev Jærntraadstovet (først anvendt af Hirn) nævnt som det bedste, hvor Forholdene tillade dets Anvendelse, og Afstanden ikke er for stor. Flytningen foregaar paa en meget simpel Maade (Fig. 127), idet man paa Stedet, hvor Kraft-

kilden findes, driver en Axe rundt, som bærer et Hjul R_1, i hvis Rand der er en Fure. Om dette Hjul og om et lignende R_2 paa det Sted, hvortil Kraften føres, lægger man det i sig selv tilbageløbende Jærntraadstov. Dettes store Vægt udøver tilstrækkeligt Tryk paa de to Hjul, til at det første ikke kan gaa rundt uden at føre Tovet med sig, og det andet maa gaa rundt, naar Tovet er i Bevægelse mellem Hjulene. For at Tovet ikke skal bøjes for stærkt, idet det gaar hen over Hjulene, maa disse have en betydelig Størrelse, f. Ex. være to Alen i Diameter til et Tov, der er $^1/_4$ Tomme tykt. Det første Hjul er den primære, det andet den sekundære Maskine. Er

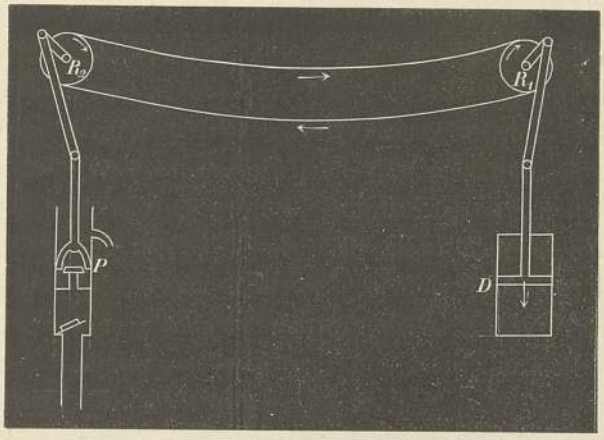


Fig. 127. Kraftflytning ved Jærntraadstov. Kraften fra en Dampmaskine D flyttes hen for at drive Pumpen P.

Afstanden stor, kan Tovet ikke tages i ét Stykke, idet dette vilde blive alt for tungt; der dannes da Mellemstationer, hvor Hjulet har to Furer, én til det Tov, fra hvilket Kraften modtages, og én til det, der fører den videre. I et Anlæg ved Oberursel ved Frankfurt a. M. blive omtrent 100 Hestekræfter førte frem gjennem en Strækning paa mere end $^1/_2$ Fjerdingvej. Tovet er delt i 8 Afdelinger hver paa henved 400 Fods Dobbeltlængde. Af de 100 Hestes Kraft tabes kun 8 undervejs.

Det sees imidlertid let, at Forholdene mange Steder kunne hindre Anbringelsen af de løbende Jærntraadstove. Skal Kraften føres frem

ad en bugtet Linie, kunne de slet ikke anvendes, og paa Afstande, der naa op til 1 Fjerdingvej, tabes der for meget af Kraften. I Bjærgværksdriften anvender man hyppigt til Kraftflytning Rør, hvorigjennem man ved Vand- eller Dampkraft pumper en Strøm af Vand eller Luft under stort Tryk ind i Minegangen. Her føres Strømmen ind i en Kraftmaskine, der drives ved Vand- eller Lufttrykket paa samme Maade som Dampmaskinen ved Dampens Tryk. Pumpen bliver her den primære Maskine, Vand- eller Lufttrykmotoren den sekundære, og Rørene Forbindelsesleddet. Anvendelsen af sammenpresset Luft medfører den betydelige Fordel, at Minegangen ventileres med det samme; men Anbringelsen i de snævre Gange og Forlængelsen, eftersom Arbejdet skrider frem, af de lufttætte Rør er forbunden med adskillige Vanskeligheder.

Hvorledes det gaar til ved den elektriske Kraftflytning er allerede omtalt i Hovedtrækkene S. 180. Vil man flytte et Vandfalds Kraft, da opstiller man Dynamomaskiner ved det, som drives af Turbiner. Den elektriske Strøm fra hver Dynamo kan man derpaa føre gjennem to Metaltraade, der hænges op som Telegraftraade eller lægges isolerede ned i Jorden, hen til det Sted, hvor Kraften skal bruges. Hvis man her fører Strømmen ind i en anden Dynamos Traad, da vil, som vist S. 199, dens Ring gaa rundt, saa snart Turbinerne gaa, og Kraften, som bevæger Ringen, vil kunne udføre et Arbejde, som ikke er meget ringere end det, Turbinerne kunde udføre, hvis de virkede paa Arbejdsstedet. Igjennem de to Metaltraade kan mange Hestes Kraft strømme lydløst og usynligt. Man kan vanskelig tænke sig Terrænforhindringer, som skulde umuliggjøre Traadenes Anbringelse; de kunne føres ind og virke i de snævreste Rum, afgive lidt af deres Kraft hist og lidt her, og saaledes frembringe en mangfoldig Virksomhed. Saasnart der er Tale om større Afstande, ville Omkostningerne ved Traadenes og Dynamoernes Anskaffelse være smaa mod, hvad de vidtløftige Anlæg vilde koste, som man ellers maatte udføre for at flytte Kraften. Mange Steder vil Flytningen kun være mulig ved Elektricitet.

I Minegangene vil den elektriske Kraftflytning være let at iværksætte. Ledningerne kunne let forlænges, og Sideledninger an-

bringes, saa at Kraften kan fordeles til flere Steder. Ganske vist er der den Vanskelighed, at der jævnlig danner sig elektriske Gnister i Dynamomaskinen der, hvor Strømmen gaar ind i eller ud af Maskinen; kan der samle sig exploderende Luftarter i Gangen, ville de kunne tændes af disse Gnister. Det er dog næppe utænkeligt, at man kan beskytte dette Sted af Maskinen (eller maaske den hele) saaledes, at Luften ingen Adgang faar dertil. Sker det, vil Elektriciteten medføre den store Fordel, at man kan oplyse Minegangen med explosionsfrie elektriske Lamper, der lyse ved den samme Strøm, som driver Maskinen.

Ved den elektriske Kraftflytning er den primære og den sekundære Maskine absolut ens, idet de begge ere Dynamomaskiner; de ere kun forskjellige ved den Maade, hvorpaa de benyttes. Den primære drives af en Kraftmaskine og afgiver derved en elektrisk Strøm; den sekundære modtager denne Strøm og sættes derved i Bevægelse. Man kunde tænke sig et Vandfalds Kraft flyttet, ved at man forvandlede den til Varme i Steden for til Elektricitet. Medens man maa have en temmelig sammensat Maskine (Dynamomaskinen) for at frembringe Elektricitet ved Bevægkraft, gaar det overmaade simpelt at frembringe Varme derved. Man behøver nemlig blot at gnide to Ting f. Ex. to Stykker Jærn mod hinanden; de ville da som bekjendt opvarmes ved Gnidningen, og saa længe den staar paa, kan man vedblive at tage Varme derfra. Lader man de af Vandfaldet drevne Turbiner udføre en kraftig Gnidning, og omgiver man de gnedne Stykker med Vandet i en Dampkjedel, vil dette kunne bringes i Kog ved Gnidningsvarmen. Dampene fra det kogende Vand ville kunne føres bort gjennem Rør til en Dampmaskine. Herved føres Varmen frem ligesom før Elektriciteten; og ligesom den sidste satte den sekundære Dynamomaskine i Gang, saaledes kan nu den i Dampen indeholdte Varme drive Dampmaskinen. Kraften er altsaa bleven flyttet fra Vandfaldet til det Sted, hvor Dampmaskinen staar. Denne bliver den sekundære Maskine, medens de gnedne Stykker i Dampkjedlen er den primære. Her møder imidlertid to afgjørende Vanskeligheder. For det første kan Dampen ikke føres ret langt frem uden at tabe alt for meget af sin Varme paa Vejen, idet Varmen

er langt vanskeligere at isolere end Elektriciteten. For det andet kan Dampmaskinen kun udnytte en lille Brøkdel af den i Varmen indeholdte Arbejdsevne, saa at den i gunstigste Tilfælde og paa smaa Afstande maaske kunde give 10 Procent af det Arbejde, som Turbinerne yde, medens Elektriciteten kan gjengive indtil 70 Procent deraf. Af disse og endnu af andre Grunde kan der ikke være Tale om at bruge Varmen som Kraftflytter. I Naturen foregaar en mægtig Kraftflytning ved Varmen; thi al den Kraft, som betinger Livet paa Jorden, tilføres ved Varmestraalerne fra Solen.

Af det foregaaende fremgaar det, at den elektriske Kraftflytter har adskillige Fortrin for de hidtil anvendte mekaniske, saa at der endogsaa er Lejligheder, hvor den kan bruges med Fordel, medens de andre slet ikke kunne bruges. Da Sagen er saa ny, foreligger der endnu kun faa praktiske Anvendelser; saadanne kræve store Kapitaler og maa ledes med stor Indsigt, da Erfaringerne endnu ere saa faa. Imidlertid er der, især af den franske Ingeniør Deprez, gjort tilstrækkelige Forsøg, hvor man er kommen de virkelige Forhold nær, til at man har kunnet danne sig et Overblik over Forholdene. Hvad det især kommer an paa at faa afgjort, er naturligvis, hvorvidt Kraftflytningen betaler sig, om det er en tilstrækkelig billig Kraft, man faar fra den elektriske Motor. Vandkraften kan man jo sige at have gratis, naar den ingen Nytte gjør, hvor den findes; men det koster Penge at flytte den, og hvis den sekundære Maskines Arbejde ikke forrenter Anlægskapitalen, lader man Vandkraften blive, hvor den er. Prøven paa, om Renterne ere store nok, faar man ved at undersøge, om det elektriske Arbejde er mindst lige saa billigt som det, man vilde faa ved at anlægge en Dampmaskine eller anden Kraftmaskine paa det Sted, hvortil man tænker at flytte Vandkraften.

Paa Grundlag af de Erfaringer, man har gjort, har Beringer underkastet Spørgsmaalet en indgaaende Behandling i et af den

elektrotekniske Forening i Berlin prisbelønnet Skrift*). Ved at beregne Prisen paa Arbejde, leveret af forskjellige Kraftflyttere, naar han til at sammenligne den elektriske med de hidtil brugte mekaniske Midler (Jærntraadstov, Luft- og Vandtryk). Af Sammenligningen fremgaar det, at paa kortere Afstande (indtil omtrent $^1/_2$ Mil) kunne de mekaniske Midler give Kraften lige saa billigt som Elektriciteten; Jærntraadstovet giver den endogsaa adskilligt billigere. De dynamoelektriske Maskiner ere kostbarere end dem, de andre Kraftflyttere sædvanlig bruge som sekundær og primær Maskine, hvorimod de elektriske Ledninger ere langt billigere end Luft- og Vandrørene. Jærntraadstovet er vel endnu billigere end de elektriske Ledninger, men ved dets Anvendelse paa større Afstande tabes saa meget Arbejde, at dets Prisbillighed ingen Betydning faar. Naar derfor Afstanden voxer, bliver Prisen paa den elektriske Krafts Arbejde langt mindre end paa det, der faas ved andre Kraftflyttere.

Forsaavidt bestaar Elektriciteten altsaa sin Prøve, men der staar endnu tilbage at undersøge, hvorledes Sammenligningen stiller sig med den paa Arbejdspladsen anlagte Dampmaskine. Paa sin Vej gjennem Traadene taber Elektriciteten i Arbejdsevne, idet den møder Modstand deri og maa betale sin Gang derigjennem ved at efterlade Varme i dem (S. 55). Jo længere Traaden er, des større Modstand møder Elektriciteten. Herpaa kan der bødes ved at gjøre Traaden tykkere. Hvis man altid forøgede dens Tværsnit i samme Forhold, som Længden blev større, vilde Modstanden i alle Tilfælde blive den samme. Men selv om man danner Traaden af et saa billigt Metal som Jærn, vil det dog medføre en saa stor Forøgelse af Anlægskapitalen, at man vil staa sig ved at bruge en tyndere, altsaa billigere Traad og saa give Afkald paa noget mere af Elektriciteten. Bliver Afstanden større end 4 Mil, vil efter Beringers Beregning i Reglen ingen Kraftflytning med de Midler, man nu har, kunne betale sig. Vandkraft flyttet ud over den Afstand vil nemlig paa Grund af de kostbare Ledninger blive dyrere end Dampkraft. Det er altsaa billigere at

*) Kritische Vergleichung der elektrischen Kraftübertragung mit den gebräuchlichsten mechanischen Uebertragungssystemen. Berlin 1883.

flytte Kul fra et mange Mile fjærnt Kulleje til Driften af en Dampmaskine end ved Elektricitet at flytte Vandkraft gjennem en Afstand, der er større end 4 Mil. Der kan derfor foreløbig ikke blive Tale om at forsyne hele Nordamerika endsige hele Verden med Kraft fra Niagara. Hvert stort Vandfald kan blive Centrum for en Virksomhed indenfor en Cirkel med en Radius paa 4 Mil ved at sprede sin Kraft ud derover; men udenfor Cirklen vil man fremdeles være henvist til Dampkraften.

I visse Tilfælde kan det være fordelagtigt at flytte Kraften ved Hjælp af elektriske Akkumulatorer (S. 52). Den primære og sekundære Maskine behøve da ikke at være forbundne ved nogen Ledningstraad. Man lader Akkumulatorerne med Elektricitet fra den primære Maskine og flytter dem derpaa hen til den sekundære. Denne kan nu drives ved den Strøm, som Akkumulatorerne ere i Stand til at give i nogen Tid. Ere de udtømte, maa de igjen føres til den primære Maskine for at lades. Da Akkumulatoren ikke giver al den Elektricitet tilbage, som den har modtaget, og da dens Vægt er temmelig betydelig, Transporten altsaa kostbar (det vil erindres, at den bestaar af Blyplader), vil det i Reglen ikke være fordelagtigt at benytte den ved Kraftflytningen. En Anvendelse af den ved elektriske Jærnbaner og elektrisk Sejlads vil blive omtalt senere.

15.

Praktisk Anvendelse af elektrisk Kraftflytning.

Kraftflytninger paa de elektriske Udstillinger i Paris, München og Wien. Vandkraften som Erstatning for Kul. — Armstrongs og Siemens Kraftflytninger. Den elektriske Hammer. Kraftflytning i Landbruget. Pløjning ved Elektricitet i Sermaize. — Kraftspredning ved Elektricitet og ved Vandtryk. Ventilation ved elektrisk Kraftflytning.

Ved forskjellige Verdensudstillinger, især naturligvis ved de elektriske, har der været udført elektriske Kraftflytninger. Det

første Forsøg, der vides at være udført, blev foretaget af Fontaine og Gramme ved Wienerudstillingen i 1873. De dreve en Pumpe ved Kraften fra en Gaskraftmaskine, der stod over en halv Fjerdingvej fra Pumpen. Ved den elektriske Udstilling i Paris i 1881 bleve en Mængde Maskiner i forskjellige Værksteder drevne ved Udstillingens Dampmaskiner, derved at disse først satte primære Dynamomaskiner i Gang, og Strømmen fra de primære sendtes hen til secundære Dynamoer, som vare opstillede i Værkstederne og dreve Maskinerne der. Fig. 128 viser en Bogtrykkerpresse, som drives paa den Maade. Længst til venstre sees to Elektricitet førende Ledningstraade førte frem hen ad Gulvet. Fra hver af disse udgaar der en Sideledning hen til den Dynamomaskine (Siemens Konstruktion), som staar paa Gulvet foran Pressen. Det lille Apparat til venstre for Dynamoen er en Strømafbryder; ved at dreje paa dens Haandtag kan man lede Strømmen ind i Dynamoen og atter afbryde den, naar man vil, og saaledes indlede eller standse Virksomheden i Pressen.

Naar Strømmen i en Dynamo har den tilbørlige Styrke, vil dens Axe gaa fra 400—1000 Gange rundt i Minutet. Paa denne store Hastighed er det grundet, at den med forholdsvis ringe Omfang og Vægt kan blive Sæde for en Kraft, der kan drive Arbejdsmaskiner af mange Gange større Omfang og Vægt. Da disses Hastighed sjælden skal være saa stor som Dynamoens, maa dens Bevægelse omdannes til en langsommere. Det sker her, ved at den Rem, som fører Kraften ud fra Dynamoen, gaar om en Remskive, som sees til højre i Figuren, og som er næsten 8 Gange saa stor som Dynamoens. Dennes Axe maa derfor gaa 8 Gange rundt for at faa den store Remskive 1 Gang rundt. Ved en ny Rem føres Kraften ind i Pressen, og ved den bliver Hastigheden yderligere gjort omtrent $1^1/_2$ Gang saa lille. Pressens Axe gaar derfor $8 \times 1^1/_2 = 12$ Gange saa langsomt som Dynamoens; gaar den sidste f. Ex. 600 Gange rundt i Minutet, vil Pressens Axe kun gaa 50 Gange. Ved Tandhjul, Drev o. s. v. fordeles nu denne Bevægelse til Pressens forskjellige Dele.

Paa den elektriske Udstilling i Wien 1883 blev Vandet til den Fontæne, der smykkede Midtpunktet af »Rotunden«, hvori Udstillingen afholdtes, pumpet op ved en stor Centrifugalpumpe, som stod

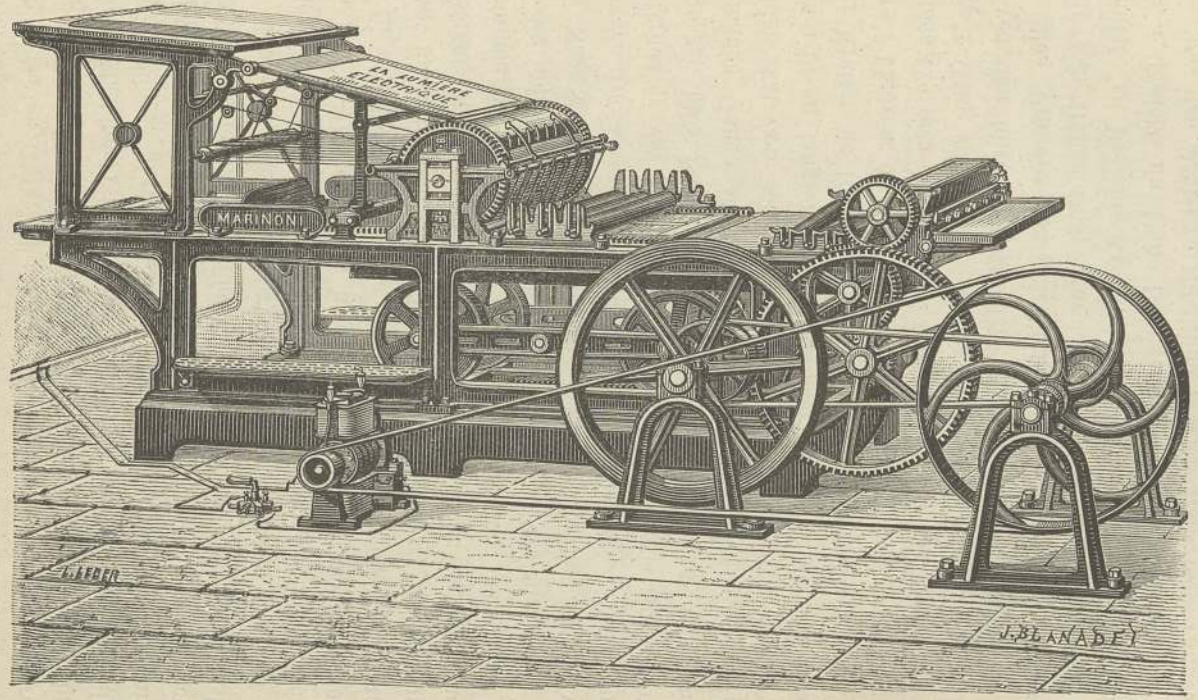


Fig. 128. En Bogtrykkerpresse dreven ved en elektrisk Motor. (Efter Tidsskriftet: La Lumière électrique.)

tæt ved. Pumpen blev dreven af en Grammes Dynamomaskine paa 40 Hestekræfter, der i Form af elektrisk Strøm bleve ledte ind fra en anden Grammes Maskine udenfor. Denne sidste blev dreven af en Dampmaskine. Et andet Sted i en af Indgangene til Rotunden var der opstillet en Dampmaskine paa 50 Hestekræfter. Den drev 6 Grammes Maskiner. I nogen Afstand fra Dampmaskinen var der afgrændset et firkantet Rum, som var indrettet til Maskinværksted med Høvlemaskiner, Drejelad, Boremaskiner o. s. v. Af de nævnte 6 Grammes Maskiner tjente tre til at belyse Værkstedet og dets Omgivelser med elektriske Lamper, som tilsammen udsendte et Lys, der var stærkere end 10,000 Stearinlys's. Fra to andre af de 6 Grammes Dynamoer ved Dampmaskinen gik der Strøm til to midt i Værkstedet opstillede sekundære Dynamoer, som derved kom i Bevægelse og ved Remme bragte alle Værkstedets Maskiner til for Publikums Øjne at udføre deres tunge Arbejde at høvle, skære og bore i det haarde Jærn. De to sekundære Dynamoer, som saaledes dreve det hele, vare af den S. 43 fremstillede Form; de vare næppe mere end $1^1/_2$ Fod høje.

Ved saadanne Udstillingsforsøg sørger man i Reglen blot for, at Tingen bliver klart fremstillet og tager sig godt ud, idet Bekostningen spiller en underordnet Rolle. Forholdet stiller sig netop omvendt i de virkelige Anvendelser. Det er derfor af Vigtighed, at der bliver gjort Forsøg, hvor Forholdene komme de virkelige saa nær som muligt. Det blev nævnt S. 212, at Deprez havde foretaget saadanne Forsøg, som han fremdeles fortsætter i stor Stil. I München (ved den elektriske Udstilling, som afholdtes der i 1882) og senere i Paris har Deprez foretaget Kraftflytninger, hvor Kraften førtes igjennem almindelige Telegraftraade. Nyttevirkningen var mellem 30 og 40 Procent ved Forsøgene i Paris, hvor Traadenes Længde var omtrent $2^1/_4$ Mil. Ved Nyttevirkningen forstaas Forholdet mellem det Arbejde, som den sekundære Maskine udfører, og det som i samme Tid udføres af Kraftkilden for at drive den primære. Deprez foretager nu igjen Forsøg i Grenoble, hvor han bruger en Kobberledning. Her skal 8 Hestes Kraft være ført frem gjennem 14 Kilometre

(omtr. $1^3/_4$ Mil) med et Tab af kun 40 Procent, saa at Nyttevirkningen har været 60 Procent.

Naar man knytter store Forventninger til den elektriske Kraftflytning, er det især fordi man deri ser et Middel til at underlægge sig store Kræfter, som hidtil ere blevne ubenyttede. Meget tyder paa, at disse Forventninger ikke ville blive skuffede. At det virkelig er store Interesser, det her gjælder, kan man slutte ved en Betragtning af det i denne Forbindelse hyppigt nævnte Niagaravandfald. Hver Time styrter her 100 Millioner Tønder Vand ned gjennem en Højde af 150 Fod. Blev hele Faldets Arbejdsevne udnyttet af Turbiner ved dets Fod, vilde de præstere et uafladeligt Arbejde paa over 15 Millioner Hestekræfter. Dette er omtrent en Femtedel af det hele Arbejde, som alle Jordens Dampmaskiner udføre. Nu vil ganske vist det begrænsede Omraade, hvortil Kraften kan flyttes med Fordel (S. 214) indskrænke Betydningen noget, især hvor der findes en saa stor Arbejdsmasse sammentrængt paa ét Sted, som Tilfældet er ved Niagara; men der bliver desuagtet nok tilbage til at sætte Fantasien i Bevægelse. Det er saaledes ikke let at forudse, hvad Følgerne ville blive, naar en hel Landsdel som en schweizisk Kanton eller en By som Genf en Gang for Alvor søger at gjennemføre udkastede Planer om at drage fuld Nytte af deres store Vandkraft ved Elektricitetens Hjælp. I Genf mener man at kunne faa Rhonen til at oplyse hele Byen elektrisk og desforuden at kunne lede flere tusinde Hestes Kraft derind fra Floden i Form af elektriske Strømme.

Man har dog ofte givet sin Fantasi for frit Spillerum, overfor hvad der kan ventes naaet ved Kraftflytningen. Man har saaledes villet mene, at en By med stor Vandkraft i sin Nærhed helt skulde kunne undvære Brændsel ikke blot til Maskindrift og Belysning, men ogsaa til Husenes Opvarmning! Elektriciteten skulde nemlig bruges til at uddrage Brint af Vandet ved at adskille dette i sine Bestanddele Ilt og Brint (S. 52). Brinten er ligesom Belysningsgas en brændbar Luft, der kan bruges til Opvarmning, Lys o. s. v. For saa vidt er der altsaa intet i Vejen for at bruge Elektriciteten baade til at opvarme Værelser og koge Mad med. Men nu forholder det sig imidlertid saaledes, at naar en elektrisk Strøm ved at bruges som Arbejds-

kraft kan erstatte 10 Tønder Kul i en Dampmaskine, vil den ved at bruges til Opvarmning kun kunne erstatte 1 Tønde Kul i en Kakkelovn. Det er derfor en saa ødsel Anvendelse af Elektriciteten at bruge den til Opvarmning, at man kun vil tillade sig den, naar man har Overflod deraf. Nu maa det erindres, hvad der blev sagt S. 212, at selv om Vandkraft haves gratis, saa flyttes den ikke gratis. Forrentningen af Anlægskapitalen og Vedligeholdelsesudgifterne (to Poster, man hyppigt glemmer) til Maskiner og Ledninger ville i alle Tilfælde gjøre Elektriciteten saa kostbar, at man ikke vil lade den gaa i Kakkelovn og Komfur men her bruge det fra Dampmaskiner og Gasværker sparede Brændsel. En Plan af lignende Værd som den her nævnte er allerede omtalt S. 214, nemlig at sprede Niagaras Vandkraft over hele Nordamerika gjennem Ledningstraade eller føre den til andre Verdensdele i Akkumulatorer. Selv om man ikke sætter sig saa store Opgaver, kan der imidlertid blive nok at gjøre for Elektriciteten; de elektriske Maskiner ere saa nye, at der er Mulighed for saa væsenlige Forbedringer i deres Konstruktion, at de ville blive anvendte paa Omraader, hvis Udstrækning vi nu ikke kunne danne os nogen Forestilling om.

Efter Angivelse af Will. Siemens skal William Armstrong være den første, der har indrettet elektrisk Kraftflytning til virkelig praktisk Brug. Fra et Vandfald omtrent 1 engelsk Mil fra sit Hus henter han Elektricitet ved en Dynamomaskine og Ledningstraad. Om Dagen bruges dens Kraft til at drive Drejelad, Savemaskine o. s. v. og ved Mørkets Frembrud til at oplyse Huset ved elektriske Lamper.

Siemens leder ved Elektriciteten Kraft fra en stor Dampmaskine, som arbejder i hans Etablissement, til forskjellige Steder af dette for af drive Pumper og forskjellige Maskiner. Om Natten har Elektriciteten været brugt i de bekjendte Forsøg, som Siemens har udført over det elektriske Lyses Indflydelse paa Planternes Vext. De elektriske Maskiner passes uden Vanskelighed af almindelige Arbejdere.

Naar man faar Raadighed over en elektrisk Strøm i et Værksted, vil man kunne indrette flere Ting bekvemmere end ellers, fordi den elektriske Kraft saa let kan bringes til at virke der, hvor man ønsker det. Det blev omtalt S. 206, hvorledes man har indrettet en elektrisk Boremaskine, hvis Motor er indesluttet i Haandtaget. Deprez har indrettet en elektrisk Hammer, som er afbildet i Fig. 129. Hammerbladet er en cylindrisk Jærnblok, der f. Ex. kan veje 50 Pund, og som

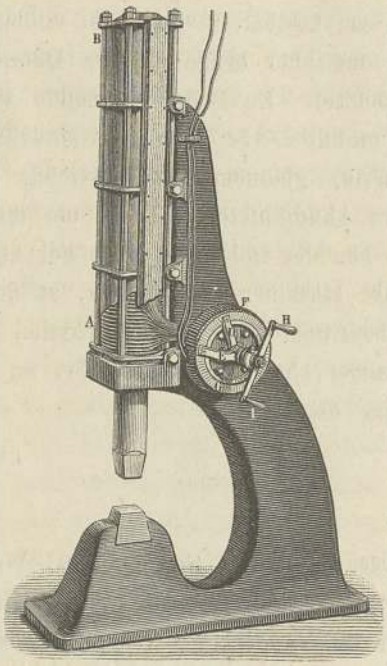


Fig. 129. Deprez's elektriske Hammer.

sees anbragt i Røret *A B*. Cylinderen gaar fuldkommen frit i Røret. Om det har man lagt en Mængde Ruller af isoleret Kobbertraad, den ene ovenpaa den anden, saa at Røret bliver omgivet fra øverst til nederst af en Søjle af Kobbertraad (en Del af den ydre Beklædning er fjernet for neden for at vise, hvorledes Kobbertraadene ligge). Fra hver Rulle gaar der Traade ud til Modtagelse af den elektriske Strøm, som skal gjennemløbe Rullen. Ved at forbinde et Sted af Søjlen med den positive og et andet med den negative Poltraad fra et

Batteri eller en Dynamo vil den *mellemliggende* Del af Søjlen gjennemløbes af Strømmen. Jærncylinderen indenfor vil blive magnetisk og vil derfor under Strømmens Paavirkning ligesom suges op i Røret, idet Midten af den søger op mod det Sted, hvor Strømmen virker. Afbrydes Strømmen, vil Hammeren falde ned mod den neden under anbragte Ambolt. Den kan imidlertid standses saa sikkert i Farten, ved at man i rette Tid atter slutter Strømmen, at man kan lade den knække en Nød, der ligger paa Ambolten, uden at beskadige Kjærnen.

For at kunne føre Strømmen hurtigt og bekvemt ind det rette Sted ere alle de fra Søjlen udgaaende Traade førte sammen til Kommutatoren FG og der ordnede i en Cirkel. De to Poltraade, som sees at føre op forbi Røret, sende deres Elektriciteter til Metalarmene D og E, der kunne drejes rundt ved Haandtaget HI og saaledes bringes i Forbindelse med forskjellige Dele af Cirkelringen FG. Det Stykke af Søjlen, som sender Traade til den Bue, som D og E spænde over, modtager da en Strøm, som hæver Hammeren mere eller mindre, eftersom dette Stykke ligger højere eller lavere.

Den elektriske Kraftmaskine maa antages at ville faa stor Betydning i *Landbruget*, først og fremmest naturligvis, hvor der er Vandkraft i Nærheden, men ogsaa hvor man nu bruger Dampkraft alene. Meget af det Arbejde, som man har at udføre i et Landbrug, passer godt for Dampkraften, og for saa vidt det falder inden for Avlsbygningernes Omraade, er der ingen Vanskeligheder forbundne med Brugen af Dampkraften. Hvor Forholdene ere store nok til det, kan man anlægge en fast Dampmaskine og saaledes faa billig Dampkraft. Men til Arbejde i Marken er man henvist til Lokomobilet, det vil sige en Dampmaskine, som bæres af en svær Vogn og saaledes kan transporteres ud til Arbejdspladsen, ved at man spænder Heste for Vognen (den kan i Reglen ikke flyttes ved sin egen Kraft). En saadan Dampmaskine kan ikke tages meget stor og leverer derfor temmelig kostbart Arbejde (S. 189), saa meget mere som den ikke kan indrettes saa økonomisk som en fast staaende Maskine. Paa Grund af sin store Vægt er den vanskelig at flytte paa de bløde Marker. Alle disse Ulemper undgaas ved at bruge en elektrisk Motor. Dens Vægt

er saa lille, at den med Lethed flyttes. Dampmaskinen, som forsyner den med Elektricitet ved at drive en primær Dynamomaskine, kan blive staaende rolig paa Gaarden sammen med Dynamoen, hvorfra isolerede Ledningstraade føres ud til de Steder i Marken, hvor der skal arbejdes. Ganske vist vil ikke faa Procent af Dampmaskinens Arbejde gaa tabt i Ledningstraadene; men i de fleste Tilfælde vil sikkert de gunstige Forhold, hvorunder Maskinen arbejder, og det at man er fri for den besværlige og kostbare Transport, mere end opveje Tabet.

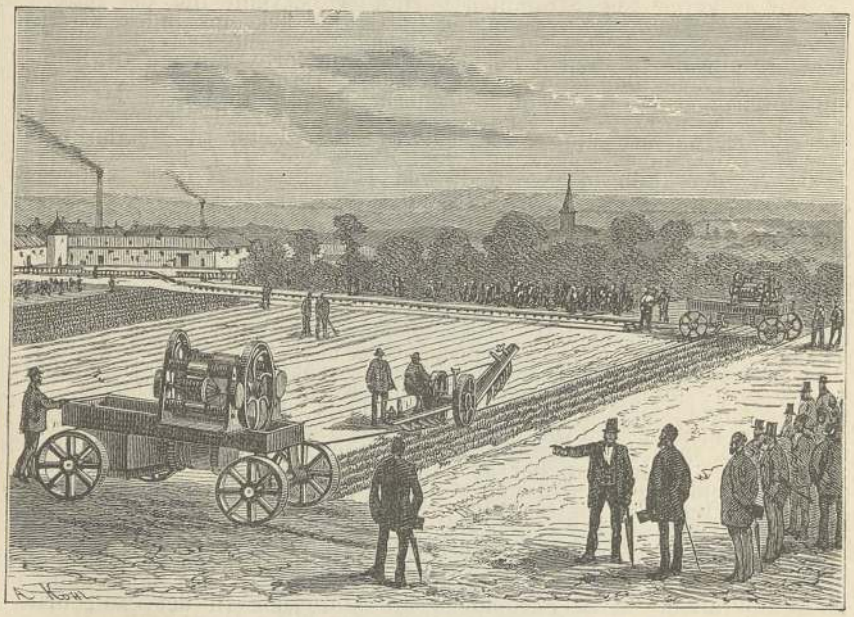


Fig. 130. Pløjning ved Elektricitet.

I 1879 blev der udført Forsøg med Pløjning ved Elektricitet af de franske Ingeniører Felix og Chrétien paa en Sukkerfabrik ved Sermaize. Som Fig. 130 viser, blev der paa hver Side af Marken, som skulde pløjes, opstillet en Vogn med to Dynamomaskiner. Plougen, som skærer 3 Furer ad Gangen, er anbragt mellem Vognene. Fra hver af disse gaar der et Tov til Plougen, som trækkes frem af den Dynamo, der er i Virksomhed, ved at den ruller sit Tov op om en Valse. Naar de tre Furer ere skaarne den ene Vej, føres Elek-

triciteten til den anden Vogns Maskiner, og 3 andre Jærn i Plougen skære nu Furer den anden Vej. Herefter maa Vognene flyttes et lille Stykke for at fortsætte Pløjningen. Denne Flytning besørger Elektriciteten, idet to af Vognenes Hjul kunne sættes i Forcindelse med Dynamoens Axe. Pløjningsforsøgene faldt meget heldigt ud. Elektriciteten, som drev Plougen, blev frembragt ved Arbejde af Fabrikens Dampmaskine, der laa henved en Fjerdingvej fra den Mark, som blev behandlet. Figuren viser Fabriken for nær og Marken for smal i den Hensigt at give et samlet Billede af det hele.

Sukkerfabrikens Maskine blev kun brugt i de fire Maaneder af Aaret ved Sukkertilvirkningen; den svarede altsaa kun. Renter af sin Anlægskapital i $^1/_3$ af Aaret. Ved Hjælp af Kraftflytning kunde den gjøre Nytte ogsaa til andre Tider. Om Vinteren blev dens Kraft brugt til at losse de Dampfartøjer, som tilførte Fabriken Roer, ved i Form af Elektricitet at ledes ned til Anløbspladsen. Samtidig blev Fabriken og Pladsen oplyste elektrisk.

I Byerne vil mangen Haandværker kunne fremme sin Virksomhed meget, naar han har en Kraftmaskine til sin Hjælp. Den behøver ikke at være meget stærk: $^1/_2$ til 1 Hestekraft er i Reglen alt, hvad der udfordres. Det blev omtalt S. 189, at Gaskraftmaskinen var bleven konstrueret for at tilvejebringe en saadan Kraft, og at den virkelig kunde opfylde sin Hensigt. Saa smaa Maskiner levere imidlertid temmelig kostbart Arbejde. Man har derfor arbejdet paa at løse den Opgave: at skaffe den lille Forbruger billig Kraft ved at indrette en Centraldampmaskine paa mange Hestes Kraft og forsyne de omboende fra den. Det er altsaa en Kraftflytningsopgave, der er Tale om: Det gjælder om at fordele eller sprede Kraften. Indenfor en enkelt Bygning eller en Gruppe af faa tæt sammenliggende Bygninger kan Flytningen i Reglen let ske ved de sædvanlige mekaniske Midler. De stedlige Forhold kunne dog i visse Tilfælde hindre disses Anbringelse, og man er da tyet til den elektriske Kraftflytning. I Etablissementet A la belle Jardinière i Paris drives saaledes en stor

Mængde Symaskiner i øverste Etage ved Elektricitet fra en Grammes Maskine, som drives af en Dampmaskine i Kjælderen. Paa dette Sted vilde det være forbunden med store Vanskeligheder at føre Kraften op gjennem Bygningen ved mekaniske Midler. En lignende Virksomhed foregaar andre Steder saaledes i Magasins du Louvre, hvor Elektriciteten ledes til fra et Værksted i rue de Valois. Ledningstraaden gaar tværs over rue Saint Honoré, og dens Strøm driver en Samling af Tilskære- og Symaskiner. Hidtil er det dog kun over saadanne smaa Omraader, man har bragt Kraftspredning ved Elektricitet til Anvendelse.

I enhver By, der er forsynet med et Vandværk, hvorfra Vandet drives ud i Rør under betydeligt Tryk, er der med det samme foretaget en Kraftflytning, idet der kan drives en Maskine ved enhver Vandhane. Kraften bruges ogsaa, saaledes i Kjøbenhavn til at aabne Knippelsbroens Klapper. Vandtrykket kan dog sjælden gjøre Tjeneste som Kraftkilde til almindeligt Brug. Mange Steder vilde Vandmængden næppe slaa til, naar en stor Del skulde bruges til Maskindrift, og overalt vil Arbejdet blive meget kostbart. I Berlin koster Vandkraftens Arbejde 9 og i Zürich 3—4 Gange saa meget som en Gaskraftmaskines. Derimod vil det vise sig, at man ved elektrisk Kraftspredning vil kunne levere Arbejdskraft ikke lidt billigere end Gaskraften. Da tilmed den elektriske Kraftmaskine vil tage mindre Plads op, være lettere at anbringe og passe end Gasmaskinen og sandsynligvis billigere at anskaffe, maa det antages, at Elektriciteten, som i Forvejen har saa mangfoldig en Virksomhed i Byerne, skal faa denne forøget ved at levere Beboerne mekanisk Kraft. Muligvis vil Akkumulatoren kunne komme til Anvendelse her som et transportabelt Kraftmagasin.

Ved at sprede Kraft ud vil Elektriciteten kunne komme til i Byerne at løse en Opgave, som næppe kan faa en almindelig Løsning paa anden Maade, nemlig at skaffe god Luft i Husene. Det er sikkert i altfor lille et Omfang gaaet op for Folk, i hvor ringe Grad selv de bedst stillede sørge for en af de første Fornødenheder: god Luft for Indaandingen. Der er ganske vist en Fremgang i Sandsen derfor at spore, som giver sig tilkjende i den kunstige Ventilation, der nu ofte indrettes i Skoler og andre Steder, hvor mange

Mennesker samles i længere Tid. I Privathusene er det derimod sjældent at træffe nogen Foranstaltning i saa Henseende, og hvad der foretages af Ventilation er saa godt som altid knyttet til Opvarmningen af Værelserne. Men herved savnes Luftskiftet netop til de Tider og paa de Steder, hvor der trænges mest til det. Grunden til denne uheldige Omstændighed er simpelt hen, at man savner en passende Kraft til at sætte Luften i Bevægelse; Kraften skal kun være lille, men den skal virke jævnt, uden Ophør; Dag og Nat skal den suge den fordærvede Luft ud og sende en mild Strøm af frisk Luft ind. Elektriciteten er netop i Stand til at udøve en saadan Virksomhed især i Byerne, hvor mange kunne nyde godt af ét stort Anlæg. For at ventilere et Hus mekanisk, kan man sætte Luften i Bevægelse ind i eller ud af Værelserne ved at lade Rør udmunde i disse, og inden i Rørene anbringe Hjul med Vinger paa eller Centrifugalventilatorer. Til at drive disse rundt bruges Kraften. Naar Husene i et Kvarter af en By blive forsynede med Ventilatorer ville de kunne holdes lydløst i Gang Dag og Nat uden Ulejlighed for Beboerne, hvis hver Ventilator har sin lille elektriske Motor, som modtager Elektricitet fra en stor Centraldynamo, fra hvilken Traade spredes ud over Husenes Tage ligesom Telefontraadene fra en Centralstation. Elektriciteten vil paa den Maade ikke blot kunne sprede Kraft til Ventilatorerne men tillige Sundhed og Kraft til de Mennesker, der nyde godt af disses Virksomhed.

16.

Praktisk Anvendelse af elektrisk Kraftflytning.

(Fortsættelse.)

Elektriske Jærnbaner.

Dampjærnbaner. Den døde Vægt. Damp-Akkumulator. Jærntovsbaner. Elektrisk Jærnbanedrift. Skinnerne bruges som Ledninger. Den første elektriske Jærnbane. Lichterfeldebanen. Siemens's elektriske Bane i Paris i 1881. Fare for elektriske Stød fra Skinnerne. Luftledninger. Banen Portrush-Bush Mills i Irland. Luftbaner. Akkumulatorer til Vognbrift. — Farten paa en elektrisk Bane. Kraftforbruget retter sig efter Kraftbehovet. Vognens Indretning. Bremsning ved mekaniske Midler og ved Elektricitet. Fuldførte Baneanlæg. Den elektriske Jærnbane ved Udstillingen i Wien 1883.

Paa vore sædvanlige Dampjærnbaner kobles en Række Vogne sammen, og den forreste af disse Vogne, Lokomotivet, bærer en Dampmaskine, hvis Kraft bruges til at dreje Lokomotivets Hjul rundt. Er der ikke tilstrækkelig Gnidningsmodstand mellem Hjul og Skinne, ville Hjulene gaa rundt under Lokomotivet, medens dette og følgelig hele Toget bliver staaende. Forsyner man derimod baade Skinner og Hjul med Tænder, som gribe ind i hinanden, kunne Hjulene ikke gaa rundt uden ved at rulle hen ad Skinnerne og følgelig slæbe Toget med sig. Dette behøver man dog som bekjendt ikke at foretage sig ved almindelige Jærnbaner. De Ujævnheder, som altid findes paa Overfladen af Skinner og Hjul, ere i Reglen tilstrækkelige til under Trykket af det meget tunge Lokomotiv at hindre Hjulene i at glide i Steden for at rulle paa Skinnerne. Er imidlertid Togets Vægt for stor eller Skinnerne for glatte (det sidste skal kunne hænde, ved at de bedækkes med Rim), da udretter Dampkraften ikke andet end at faa Hjulene til at gaa rundt under det stillestaaende Lokomotiv, selv om dettes Maskine er nok saa kraftig.

Til Brug for Dampmaskinen maa Lokomotivet medføre en Dampkjedel med en stor Mængde Vand foruden de egenlige Maskindele (Dampcylinder, Glider o. s. v.) og desuden en særegen Vogn, Tenderen, ladet med Kul og Vand til Brug i Maskinen. Til Transporten af disse Dele medgaar der et betydeligt Arbejde, hvortil

svarer et Kulforbrug, som vilde være sparet, hvis de nævnte Dele, den »døde Vægt«, ikke skulde føres med. Her er der aabenbart den Opgave for Kraftflytningen at løse: at stille Dampmaskinen fast op ved Siden af Jærnbanen og føre dens Kraft ind i det paa Banen farende Tog. Kraftflytningen møder imidlertid den Vanskelighed, at Maskinen, som skal modtage Kraften, idelig flytter sig. Medens man ved en faststaaende Maskine, der drives ved Dampkraft, gjerne kan have Kjedel og Kulbeholdning staaende ét Sted og den egenlige Dampmaskine et andet Sted, naar et Damprør føres frem mellem de to Steder, saa forbydes dette naturligvis af sig selv, naar Maskinen er bevægelig. Man har forsøgt at omgaa Vanskeligheden ved at omdanne Lokomotivkjedlen til en Slags Dampakkumulator. I passende Afstande opstilles langs Banen faste Dampkjedler, hvor Vandet holdes stærkt ophedet. Naar et Tog er ankommen, sættes Lokomotivkjedlen ved et Rør i Forbindelse med den faste Kjedel, fra hvilken den forsynes med tilstrækkelig Damp af høj Spænding til at kunne drives frem til den næste Kjedelstation. Denne Fremgangsmaade kan mulig bruges med Held paa korte, stærkt benyttede Linier og i Tunneler.

Ved enkelte korte Jærnbaner har man undgaaet Transporten af Dampmaskinen ved at opstille den for Enden af Banen og derfra lade den trække Toget frem ved Jærntraadstove. Det sees dog let, at hverken Jærntraadstovet eller andre mekaniske Kraftflyttere kunne faa almindelig Anvendelse ved Jærnbanetrafikken. Her er Elektriciteten næsten ene om at løse Opgaven. At den kan gjøre det, ligger i, at Vognen kan faa Kraften tilført, blot ved at en Del af denne *rører* ved et hvilketsomhelst Punkt af en isoleret Metalstang eller Traad, der er ført frem langs Banen, og hvortil der føres Elektricitet fra en faststaaende Dynamomaskine.

Vil man danne en elektrisk Jærnbane ligger den Tanke nær at bruge de to Skinner til Veje for Elektriciteten. De maa da nedlægges saaledes, at de ere isolerede fra Jorden, selv om det regner. Paa et passende Sted ved Banen opstilles en Dampmaskine, som driver en Dynamomaskine (den primære), hvis positive Elektricitet føres til den ene af Skinnerne, medens den negative føres til den anden. Disse blive derved elektriske over deres hele Længde. Den

Vogn, som skal kunne løbe hen over dem ved Hjælp af deres Elektricitet, maa indeholde en Dynamomaskine (den sekundære) og de to Hjul paa Vognens ene Side maa være isolerede fra dem paa den anden. Ved at de berøre den negative og den positive Skinne, optage Hjulene til venstre og højre henholdsvis negativ og positiv Elektricitet, saa at Dynamomaskinen kan faa sin Traad gjennemløben af en elektrisk Strøm, ved at man har ført Metaltraade fra Maskinens Klemmeskruer til Berøring med Hjulene. Maskinens Axe vil derfor gaa rundt, og dens Bevægelse kan overføres til Hjulaxen, saa at Vognen gaar frem. Saaledes gaar det i Hovedtrækkene til paa Siemens's elektriske Jærnbane (Lichterfeldebanen) ved Berlin, den første, som er bleven indrettet til virkelig praktisk Brug.

Der blev allerede i Trediverne gjort et Forsøg paa at tilvejebringe et elektrisk Lokomotiv. Det kunde dog ikke lykkes paa Grund af de ufuldkomne elektriske Kraftmaskiner, man den Gang havde. Da Dynamomaskinen med dens kraftige Virkninger var bleven opfunden, gjentoges Forsøget af Firmaet Siemens & Halske i Berlin. Paa en Industriudstilling i Berlin 1879 anlagde de en 1000 Alen lang Jærnbane, hvor smaa aabne Vogne bleve trukne af et lille Lokomotiv, som kun indeholdt Dynamomaskinen samt Plads for Togføreren. Hver Vogn bestod af en Dobbeltsofa paa lave Hjul med Rygstødet midtvejs i Vognens Længderetning. (En ganske lignende, om ikke den samme Jærnbane var senere i nogen Tid indrettet i Kjøbenhavns Tivoli). Denne Jernbane havde tre Skinner, idet der mellem de to, som bare Vognene, var en tredie vel isoleret Skinne, der førte Elektriciteten til Dynamomaskinen, ved at en Metalkost, som udgik fra denne, fejede henad Skinnen. De to andre Skinner tjente kun til Afløb for Elektriciteterne fra de to Maskiner, og behøvede derfor ikke at være isolerede. En Jærnbane af saa smaa Maal, som den her omtalte havde, var naturligvis kun bestemt til at vise Muligheden af den elektriske Befordring. Forsøget faldt meget heldigt ud og vakte stor Opmærksomhed.

I 1881 anlagde Siemens derpaa den før omtalte Lichterfeldebane fra Anhalter Banegaarden til Gr. Lichterfelde. Den er nu henved 1 Mil lang. Der føres kun én Vogn frem ad Gangen; den seer

ud som en almindelig Sporvogn (man har hidtil kun dreven faa Vogne frem ad Gangen ved den elektriske Drivkraft, ikke som ved Dampen Tog af adskillige Vogne); Dynamoen er anbragt mellem Hjulene under Vognen, som har Plads til 26 Personer. Ved en Kommutator kan Strømmen holdes ude fra Dynamomaskinen og Vognen derpaa standses ved en Bremse. Ved samme Kommutator kan Strømmen vendes og derved Magnetpolerne skiftes om i Maskinens Elektromagnet eller Ring. Den sidste vil derfor gaa den modsatte Vej rundt, hvorved Vognen bringes til at gaa tilbage.

Samme Aar anlagde Siemens en elektrisk Jærnbane eller rettere Sporvej i Paris under den elektriske Udstilling. Her fik han imidlertid ikke Tilladelse til at lade Skinnerne føre Elektriciteten. Dette vil ogsaa i mange Tilfælde være forbunden med Ulæmper. Er Banen anlagt paa en Vej, hvor der tillige foregaar anden Færdsel, er det umuligt at holde Skinnerne godt isolerede, da de maa ligge i Højde med Vejens Overflade. Er den ikke indhegnet, ville Mennesker og Dyr, som passere over den og komme i Berøring med Skinnerne, være udsatte for at faa elektriske Stød, som kunne være farlige, da man maa bruge Elektricitet af temmelig høj Spænding til Maskindrift. Kommer en Hest til at træde med et Ben paa den positive og med et andet paa den negative Skinne, ville de to Elektriciteter finde en Vej gjennem Hestens Legeme for at forenes. Ofte vil det maaske ingen Skade gjøre, men sker det samtidig med, at man afbryder Strømmen i den elektriske Sporvogn, som kjører paa Banen, vil den Elektricitet, som paa en Gang stoppes i Vognen, med stor Kraft søge gjennem den Ledning, som Hestens Legeme danner. Et Menneske vil vel i Reglen i et lignende Tilfælde være beskyttet ved det isolerende Lag, som Skosaalerne danne, hvorimod Hestens Sko, da de ere af Jærn, netop begunstige en Udladning af Elektriciteten. At de elektriske Skinner ere tilgængelige for alle, kan ogsaa give Anledning til Misbrug. Saaledes fortælles det, at Skolebørnene i Lichterfelde have moret sig med at faa Jærntraade til at gløde ved at lægge dem tværs over den elektriske Banes Skinner. Herved sluttede de nemlig Strømløbet, saa at en kraftig Strøm gik gjennem den korte Jærntraad og opvarmede den saa stærkt (S. 55), at den bragtes til

at gløde. En elektricitetskyndig Tyv vil kunne stjæle Elektricitet til eget Brug fra Skinnerne.

Siemens blev altsaa nødt til at skaffe Elektriciteten frem paa en anden Maade i Paris. Han brugte en dobbelt Luftledning, som han hængte op paa Stænger langs Banen. Den ene førte positiv, den anden negativ Elektricitet fra den faste Dynamo. Fra Sporvognen udgik der en dobbelt Ledningstraad, hvis frie Ender det gjaldt om at faa til at glide henad Luftledningerne for at tilføre Vognen deres Elektriciteter. For saa vidt muligt at sikre Forbindelsen, dannede han Luftledningerne af Kobberrør, der vare opskaarne paa langs paa den nedad vendte Side, saa at der gik en Spalte fra den ene Ende af Ledningen til den anden. Da Rørene vare fastgjorte ved den opad vendte Side til Arme, der gik ud fra Stængerne, var Spalten helt fri. Inden i Røret laa der et Stykke Metal, som kunde glide let deri men var for tykt til at komme gjennem Spalten. Det var forsynet med en Arm, som gik nedad, ud gjennem Spalten. Til denne Arm blev den tilhørende Traad fra Vognen fæstet. Idet Vognen gik frem, slæbte den Metalstykket inden i Røret med sig og var gjennem det i stadig Forbindelse med Ledningen.

Denne Fremgangsmaade var dog ikke helt tilfredsstillende. Hvor Rørene vare sammenføjede, kom der let Hindringer mod det glidende Metalstykkes Bevægelser, hvilket gav Anledning til Stød og til Uregelmæssigheder i Strømmen. Nu forsøger man at anvende Traade paa omtrent $^1/_4$ Tommes Tykkelse af Kobber eller andet godt ledende Metal. De to Traade hænges op tæt ved hinanden og understøttes fra neden, saa at deres Oversider ere fri. Da de ligge lige højt, kunne de to Traade tjene som Skinner for en lille 4 eller 6 hjulet Vogn, Kontaktvognen (Fig. 131), i hvis Hjul der er skaaren en Fure, som omfatter Traaden. Hjulene paa de modsatte Sider ere isolerede fra hinanden. Under Kontaktvognen fæstes Dobbeltledningen fra den store Vogn paa Skinnerne og dens to Traade bringes i Forbindelse hver med sit Sæt Hjul af Kontaktvognen og derigjennem hver med sin Luftledning, Ogsaa denne Fremgangsmaade har det sine Vanskeligheder at bruge. Naar Farten er stor, er Kontaktvognen udsat for at springe af Ledningstraadene. Disse iltes paa deres Overflade

under Paavirkning af Luft og Vand, saa at Elektriciteten møder Modstand i Iltovertrækket; de bliver længere i Varmen og kortere i Kulden, hvorved deres indbyrdes Stilling kan forandres, saa at Kontaktvognens Stilling bliver skæv. Det er kort sagt en endnu ikke tilfredsstillende løst Opgave at skaffe Elektricitet ind i Skinnevognen fra en Luftledning.

Hvor Forholdene tillade at bruge Skinnerne til elektriske Ledninger, maa man foretrække dem. Det er saaledes Tilfældet paa indhegnede og paa underjordiske Baner samt paa Luftbaner. Paa de

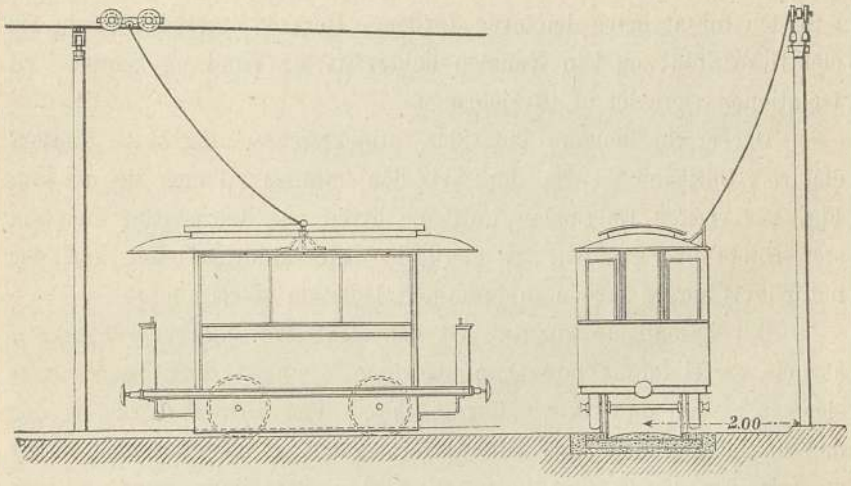


Fig. 131. Elektrisk Jærnbanevogn med Luftledning.

første skal der ganske vist i Reglen være Overkjørsler og Gjennemgange; men paa en kort Strækning kan Vognen godt undvære Elektricitet, idet den fortsætter den en Gang opnaaede Fart. Ved en Overkjørsel kan derfor Strømmen ledes bort fra Skinnerne og føres over eller under Jorden, saa langt som Overkjørslen er bred. Som ved Siemens's første elektriske Jærnbane i Berlin anvendes ogsaa tre Skinner, hvoraf den ene ikke bidrager til at bære Vognene men kun til at føre Elektricitet til dem. Denne Skinne vil det være fordelagtigt at hæve noget op fra Jorden, da Isolationen derved sikres.

Siemens i London bruger en saadan Luftskinne*), der hviler paa lave Støtter, ved en elektrisk Jærnbane, han har anlagt i det nordlige Irland, mellem Portrush og Bush Mills. Banen er henved 5 Fjerdingvej lang. Til Driften bruges en Dampmaskine og en Dynamomaskine paa 20 Hestes Kraft i Portrush. Der er imidlertid Turbiner under Arbejde ved et Vandfald nær Bush Mills, som ere bestemte til at afløse Dampmaskinen. Der naas en Hastighed af 2 Mil i Timen. Det er Hensigten at udstrække Banen til den dobbelte Længde paa den anden Side af Bush Mills til en Station paa den nordlige irske Jærnbane. Man gjør for Tiden Forsøg i England med at lægge den Elektricitet førende Skinne ned i en Kanal mellem de to Sporskinner i Steden for at hæve den over Jorden. Herved forsvinder Faren for elektriske Stød, og kan Kanalen holdes fri for Vand og Smuds, vil Isolationen være let at tilvejebringe.

Der er for længere Tid siden projekteret en dog hidtil uudført elektrisk Luftbane i Paris, der, hvis den udføres, vil tage sig ud som Fig. 132 viser. En saadan Luftbane hviler paa Jærnstøtter i en saa stor Højde over Gaden, at Færdslen ikke hindres. Her kan der naturligvis sørges for en fuldkommen Isolation af Skinnerne.

Det væsenligste Fortrin ved den elektriske Jærnbane bestaar i, at man er fri for at føre Dampmaskinen og hvad dertil hører med sig, saa at den døde Vægt formindskes. Paa Hovedbanerne er der dog foreløbig ingen Sandsynlighed for, at den vil blive benyttet. Skal et stort Tog drives af et Lokomotiv, maa dette som nævnt S. 220 have den meget store Vægt, som Dampmaskinen giver det, for at tilvejebringe den nødvendige Modstand mod, at dets Hjul glide i Steden for at rulle paa Skinnerne. Kjøres der med meget stor Fart, skal Lokomotivet kunne gjøre saa store Hop, at man endogsaa har kunnet se Mellemrum mellem Hjul og Skinner. Er dets Vægt ikke stor nok, vil der være Fare for, at det kan springe af Skinnerne. Paa mindre Sidebaner, hvor Togene ere mindre, og især for Trafiken i

*) »Luftskinne« er ikke det samme som »Luftledning«; den sidste skal være hævet saa højt, at anden Færdsel kan foregaa under den. Den store Afstand, som derved bliver mellem Vogn og Ledning, gjør det vanskeligt at tilvejebringe sikker Forbindelse mellem dem.

Byerne frembyder den elektriske Drivkraft adskillige Fordele. Paa Sporveje og Jærnbaner i Byerne finder der nødvendigvis hyppige Standsninger Sted. Da Igangsættelsen af en tung Vogn kræver et betydeligt Extraarbejde, har det derfor meget at sige at faa den døde Vægt formindsket. Den elektriske Maskine arbejder uden Larm og Røg; det sidste er især af stor Betydning ved underjordiske Baner, hvor den elektriske Vogndrift derfor særlig anbefaler sig, saa meget mere som man i den elektriske Strøm faar et Middel til at oplyse Tunnelen ligeledes uden Skade for Luften.

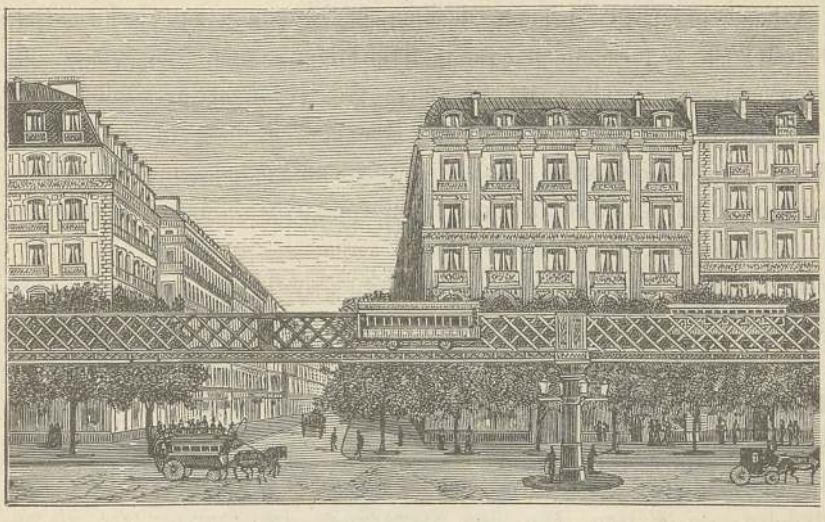


Fig. 132. Projekteret elektrisk Luftbane i Paris.

Til den almindelige Sporvejsfærdsel i Byernes Gader vil den elektriske Jærnbane, som vi hidtil have beskrevet den, dog vanskelig kunne faa almindelig Anvendelse, da anden Færdsel dels vil blive hindret af og dels selv hindre Tilledningen af Elektricitet gjennem Skinner og Luftledning. Man har derfor baade i London og Paris forsøgt at bruge Akkumulatorerne til Drivkraft for Vogne. Saaledes har »Electrical power storage company« i London sat en Sporvogn til 46 Personer i Gang. Sammen med Akkumulatorerne vejede den

omtrent 9000 Pund. Der var anbragt 50 Akkumulatorer under Sæderne; hver af dem vejede omtrent 72 Pund. Naar de vare fuldt ladede, kunde de trække Vognen fuldt besat med Passagerer i 7 Timer. Kraften kunde afpasses efter Omstændighederne (Passagerernes Antal, om det gik op eller ned ad Bakke) ved at bruge flere eller færre af de medtagne Akkumulatorer. Der var anbragt to elektriske Lamper indvendig og to udvendig, som bleve tændte ved Akkumulatorernes Strøm, naar det behøvedes.

Akkumulatorerne ere i flere Henseender fordelagtige at bruge til Vogndrift. Man slipper for de lange Ledninger langs Banen. Kraftmaskinen, som tilvejebringer Elektriciteten, behøver ikke at være i Arbejde netop til de Tider, da Vognene gaa; man kan derfor lettere benytte sig af forhaandenværende Kraftkilder. Som ved ovennævnte Sporvogn kan Kraften let reguleres ved Brug af flere eller færre Akkumulatorer. Den væsenligste Mangel ved disse er deres store Vægt. De veje omtrent lige saa meget som Vognen, de skulle drive. Bekostningen ved deres Brug er man vel næppe endnu klar over.

Naar den elektriske Jærnbanevogn faar sin Elektricitet fra en Ledning langs Banen, da vil Strømmen blive svagere, efterhaanden som Vognen fjærner sig fra Kilden, da den faar bestandig større Ledningslængde at gjennemløbe. Skal dette ikke faa for stor Indflydelse paa Farten, kan den Strækning, der forsynes fra en enkelt Kraftmaskine, ikke gjøres meget stor. Paa lange Baner maa man derfor have en Drivkraft virkende paa flere Steder, hvad der naturligvis bidrager til at indskrænke Elektricitetens Anvendelse. Det har sine Vanskeligheder at lade to adskilte Vogne eller Tog kjøre efter hinanden paa en Strækning, der forsynes med Strøm fra samme Dynamomaskine. Det vil strax mærkes paa Farten af et Tog, om et andet sættes i Gang foran eller bagved og saaledes tager sin Del af Kraften. Ganske vist kan den primære Maskine bringes til at yde mere i saadant Tilfælde (tildels vil den gjøre det af sig selv), men Fordelingen af Kraften til de to Tog vil ikke blive ligelig, idet det

nærmeste tager den største Part, fordi Strømmen dertil finder mindst Modstand. Herpaa kan der bødes, ved at Vognen forsynes med lange oprullede Traade, som kunne skydes ind paa Elektricitetens Vej til Maskinen og saaledes frembyde en kunstig Modstand til ligelig Fordeling af Strømmen (Rheostat d. v. s. et Apparat, som holder Strømmen uforandret). Da saadanne Forholdsregler imidlertid gjøre Tjenestegangen sammensat og derfor mindre sikker, vil man i Reglen søge at undgaa dem. Dette kan ske, ved at man lader den faststaaende Kraftmaskine drive flere primære Dynamoer, som hver forsyner sin mindre Afdeling (Sektion) af Banen; man har da blot at sørge for, at der ikke paa én Gang indgaa to Tog paa samme Afdeling. Herved opnaas tillige en Sikkerhed mod Sammenstød, idet man paa hvert Tog straks mærker, om et andet er paa samme Afdeling, ved Formindskelse i Farten; man kan endogsaa indrette det saaledes, at et Tog næsten strax standser, naar det kjører ind paa en i Forvejen optagen Afdeling, og ikke kan komme i Fart igjen, før det første har forladt Afdelingen.

Den Forbindelse, som den elektriske Strøm danner mellem de forskjellige Dele af Banen, giver i det Hele en heldig Vexelvirkning i Driften. Det maa erindres, at den sekundære, strømmodtagende Maskine paa Vognen og den faststaaende primære, strømgivende Maskine, der drives af Kraftmaskinen (vi ville kalde denne sidstes Standplads for Kraftstationen), ere af ganske samme Konstruktion. Skjønt den sekundære Dynamo modtager Strøm fra den primære, ophører den derfor ikke selv at være en Strømgiver. Saa snart dens Axe begynder at gaa rundt, *stræber* den at sende en Strøm tilbage til den primære i modsat Retning af dennes Strøm. Strømmen fra den primære bliver derfor svækket, saa snart den sætter den sekundæres Axe i Gang, og des mere, jo hurtigere denne gaar rundt. Det mærkes altsaa paa Kraftstationen, om Strømmen arbejder, og hvor stærkt den arbejder.

Skal Toget arbejde sig op ad en skraanende Del af Banen, da mindskes Farten; den sekundære Dynamos Axe gaar langsommere rundt; Modstanden mod Strømmen fra den primære bliver mindre og *Strømmen derfor stærkere*. Men dette har til Følge, at Driv-

kraften for Toget bliver større, netop naar der er Brug for en større Drivkraft. Omvendt vil den forøgede Fart ned ad en Skraaning formindske Strømmen og dermed Kraftforbruget. Paa Siemens's elektriske Jærnbane ved Udstillingen i Paris var der temmelig stærke Heldninger. Det viste sig da ogsaa, at Vognen slugte $7^1/_2$ Hestekraft paa Stigningerne mod $3^1/_2$, hvor Banen var vandret. Der blev altsaa stillet højst forskjellige Krav til Dampmaskinens Arbejde.

Paa Kraftstationen vil man strax blive underrettet om, naar Toget standser, ved at Strømmen afbrydes. I Reglen vil man af Tidspunktet for Standsningen kunne slutte sig til, om den skyldes et Uheld, eller om det er efter Kjøreplanen. I første Tilfælde kan man altsaa hurtig sætte sig i Virksomhed for at bøde paa Uheldet.

Den Vogn, der forsynes med elektrisk Drivkraft, bliver noget forskjelligt indrettet, eftersom den drives ved Akkumulatorer eller faar sin Elektricitet tilledet under Farten. I alle Tilfælde forsynes den med en Dynamomaskine, som i Reglen lægges under Vognen midt mellem de 4 Hjul. Dens Axe lægges parallelt mellem de to Hjulaxer, hvortil Bevægelsen overføres ved Remme, Kjæder eller Tandhjul. Man kan undgaa Remforbindelsen ved at lade Dynamoens Axe tillige være Axe for to af Hjulene, saa at den elektriske Drivkraft kommer til at virke aldeles umiddelbart paa Hjulaxen. Som det blev sagt S. 215, skal imidlertid en Dynamomaskine foretage flere hundrede Omløb i Minutet for at virke godt, og Vognen maa gaa meget hurtigt, for at dens Hjul skulle gaa saa hurtigt rundt. Gaar en Vogn med 6 Miles Fart i Timen, vil et af dens Hjul i den Tid gjøre henved 400 Omdrejninger i Minutet, hvis Hjulet er en Alen i Diameter; saa hurtigt har man dog endnu ikke kjørt med Elektricitet. Den elektriske Bane, hvorpaa der hidtil er kjørt med størst Fart, er den, som var i Gang ved den elektriske Udstilling i Wien i 1883. Der var Farten 30 Kilometre (henved 4 Mil) i Timen.

Gaar Vognen ved Akkumulatorer, da anbringes disse under Sæderne, og der føres Ledninger til begge Ender af Vognen til Konduktørens Plads. For at Konduktøren altid kan være paa den forreste Ende af Vognen er der anbragt en Kommutator ved hver Ende. Ved den kan han indskyde flere eller færre Akkumulatorer i Led-

ningen til Dynamomaskinerne efter de Fordringer, som i Øjeblikket stilles til Kraften, ligesom han ogsaa kan afbryde Strømmen helt. Ved et andet Apparat kan han lede Strøm ind i de elektriske Lamper og Klokker, som maatte være anbragte.

Faar Vognen Elektricitet tilført fra en Luftledning, føres den fra det øverste af Vognen om ad Konduktørens Plads maaske gjennem en Rheostat (S. 235) til Maskinen, og Vognhjulene indrettes som paa en sædvanlig Skinnevogn. Sker Tilledningen derimod gjennem Hjulene fra Skinnerne, saaledes at Elektriciteten føres ind gjennem Hjulene til højre og ud gjennem dem til venstre, eller omvendt, maa man sørge for, at Hjulene ere to og to indbyrdes isolerede og isolerede fra Vognens Metaldele. Hvis man, som sædvanlig er Tilfældet ved Skinnevogne, danner Hjulene helt af Jærn, maa Axen deles i to Dele, som holdes adskilte ved isolerende Stof (tørt, haardt Træ eller Ebonit). Dette svækker imidlertid det hele Stel, som bærer Vognen. Man danner derfor ofte Hjulene af Træ (som paa almindelige Vogne) eller af den i Amerika saa meget anvendte Papirmasse og omgiver dem kun med en Jærnring. Elektriciteten kommer da ikke længer end til Ringen, hvorfra den ledes forbi Hjulaxen til Dynamomaskinen. Det nævnes som en Fordel ved Hjul af Træ eller Papir, at Kjørslen bliver behageligere, da Rystelserne dæmpes af det forholdsvis bløde Stof.

Vognen forsynes med en almindelig Bremse. Bliver det nødvendigt at standse Vognen hurtigst muligt, altsaa naar der er Fare for Ulykkestilfælde, da kan Dynamomaskinen virke som en overordenlig kraftig Bremse. For at forklare dette ville vi henvise til, hvad der blev sagt S. 45 om Grammes Maskine med Benyttelse af Fig. 29. Naar Ledningstraadene E og F ere adskilte, er det let at dreje Ringen rundt, men berøre de hinanden, mærkes en Modstand, fordi Strømmen da kommer i Gang. Ere Ledningstraadene meget lange og tynde, ville de gjøre stor Modstand; Strømmen bliver svag, og Modstanden mod Omdrejningen bliver derfor kun ubetydelig. Hvis de to Klemmeskruer i Maskinen derimod forbindes med en kort, ikke for tynd Kobbertraad, mens Ringen gaar hurtig rundt, vil den ringe Modstand mod Strømmen foranledige, at denne bliver overordenlig stærk; der vil da mærkes et voldsomt Ryk i Ringen til Standsning

af den. Hvis derfor Konduktøren paa en elektrisk Jærnbanevogn har det i sin Magt, efter at have afbrudt Forbindelsen med den primære Maskine, at forbinde Vognens Dynamos Klemmeskruer med hinanden ved en kort Ledning (en saadan vil i den Hensigt være anbragt i Vognen), da vil Vognens Fart dreje Dynamomaskinens Ring rundt og altsaa drive en stærk Strøm ud af Maskinen. Men herved vil Vognen selv foranledige sin hurtige Standsning ved den store Modstand, som Ringens Omdrejning møder. Den ualmindeligt stærke Strøm ødelægger imidlertid let Maskinen, da dennes Traad kan blive saa stærkt opvarmet ved den, at de brændbare Dele forkulles. Det er derfor kun i yderste Nødsfald, at man tør anvende den Slags Bremsning.

Den samlede Længde af fuldførte elektriske Jærnbaner angives at være noget over 20 Mil. Dette Tal vil dog vistnok snart blive flere Gange fordoblet, idet der er adskillige Baner under Arbejde. Ved den sidste elektriske Verdensudstilling i Wien 1883 var den elektriske Jærnbanedrift repræsenteret dels ved en ikke i Drift værende Vogn med Luftledning fra den for nylig aabnede Mödling-Hinterbrühl Bane i Østerrig dels ved en af Siemens & Halske anlagt Bane, som befordrede Udstillingsbesøgende fra »Praterstern« til Udstillingsbygningen. Denne Bane var $^1/_5$ Mil lang; ligesom paa samme Firmas Bane: Berlin—Lichterfelde bleve de to Skinner benyttede som Ledere. Alt hvad der var gjort for at isolere disse, var at lægge Svellerne ovenpaa Jorden i Steden for som ellers at dække dem. Skinnerne bleve derved hævede op fra Jorden; men i Regnvejr har det ikke kunnet undgaas, at adskillig Kraft er gaaet tabt ved den Forbindelse, de vaade Sveller have dannet mellem de modsatte Elektriciteter, som de to Skinner førte. Inde i Udstillingsbygningen saa man en Dampmaskine paa 50 Hestes Kraft i Arbejde med at drive to store Dynamoer, hvis Strøm dels førtes ud i Skinnerne, dels sendtes andet Steds hen for at arbejde. Af det Arbejde, som gik ud i Skinnerne, kom, saaledes som Forsøg have vist, 40—50 Procent til Nytte i Vognene. Resten er gaaet tabt paa forskjellig Maade. Ikke desto mindre maa Driften have været adskilligt billigere, end om man havde brugt Heste til den. Sædvanlig kjørte der kun 1 Vogn til 30 Passagerer,

men naar Besøget var stærkt, kobledes tre Vogne sammen. Af disse vare da den forreste og den bageste forsynede med elektriske Motorer. Hele Vejstrækningen blev tilbagelagt i 3 Minuter, saa at Hastigheden var 4 Mil i Timen. Mellem 2 og 300000 Mennesker bleve befordrede til og fra Udstillingen ad Banen i de 9—10 Uger, den var aaben for Færdselen.

I den ovennævnte elektriske Jærnbanevogn fra Mödlingbanen, der er bygget af Siemens & Halske, blev Kraften overført fra Motoren til Hjulene ved en Tandhjulforbindelse, som imidlertid gjorde et saa klodset Indtryk, at det er vanskeligt at forestille sig, at ikke meget af Kraften vil gaa tabt i den. Luftledningen var indrettet som ved Siemens's elektriske Bane i Paris i 1881 (S. 230). Den bestod altsaa af Kobberrør, der vare opskaarne for neden, og hvori Kontakter førtes frem sammen med Vognen.

17.

Praktisk Anvendelse af elektrisk Kraftflytning.

(Fortsættelse.)

Forskjellige elektriske Transportmidler.

Tricykle, Ballon og Omnibus drevne ved Elektricitet. Baadfart ved Akkumulatorer. Elektrisk Elevator. Elektriske Hejseværker. Elektricitetens Anvendelse i Blegeriet Breuil-en-Auge. Elektrisk Grubebane i Hohenzollern Gruben ved Beuthen.

Man har forsøgt at bruge den elektriske Kraft til alle Slags Befordringsmidler for Personer. Vi have tidligere omtalt Ballonfart og Sejlads ved Elektricitet fra galvaniske Batterier. Disse Farter kunde imidlertid kun blive til Forsøg i det smaa, da Batterierne bruge et saa kostbart Stof som Zink. Anderledes stiller Forholdet sig, naar man benytter Akkumulatorer, der sættes i Virksomhed ved at forbruge et Kraftforraad, som nedlægges deri fra en billig Kraft-

kilde som en Dampmaskine eller anden Motor. Med Akkumulatorer har man drevet Tricykler, Balloner, Omnibusser og Baade, ikke blot for at vise, hvad der kan udrettes med Elektricitet, men virkelig i Forventning om at naa til et praktisk Resultat. Man kan ogsaa let paapege Fordele ved at bruge Elektriciteten i de nævnte Befordringsmidler. Den, der kjører paa Tricykle, er glad ved sit af Kudsk og Hest uafhængige Kjøretøj; men han opnaar kun denne Uafhængighed ved at bruge sine Ben, om det end sker paa en mere kraftsparende Maade end ved at gaa. Fører han ladede Akkumulatorer med sig, kan han slippe for denne Anstrængelse, men er saa rigtignok alene henvist til at kjøre mellem Steder, hvor han kan faa dem ladede paa ny, naar deres Kraft er udtømt.

Luftballonen vil man næppe nogensinde kunne faa givet saa megen selvstændig Bevægelse, at den kan blive et nogenlunde sikkert Befordringsmiddel. Det store Omfang, den maa have for at kunne bære tilstrækkeligt, frembyder saa stor Modstand mod Bevægelsen i Luften, at der vil kræves en betydelig Kraft for at drive den nogenlunde hurtigt frem i stille Vejr eller for at arbejde den op imod Vinden; og selv om man opfinder en Kraftmaskine, som forener en ringe Vægt med en tilstrækkelig stor Arbejdsevne, vil Ballonen næppe kunne bygges stærk nok af det lette Stof, hvoraf den maa dannes, til at modstaa Luftens Tryk ved en betydelig Fart. En langsom Fart igjennem Luften vil man imidlertid kunne meddele Ballonen ved at medtage en Kraftmaskine og med den drive en Skrue rundt. Det er dog næppe nødvendigt at nævne Vanskelighederne ved at medføre og bruge en Dampmaskine for at vise, at den elektriske Kraftmaskine, dreven af Akkumulatoren eller galvaniske Batterier, er den eneste, der for Tiden kan komme i Betragtning. Man hører ofte sige, at Vanskeligheden ligger i at *styre* Ballonen; dette er dog ikke rigtigt; Vanskeligheden ligger i at give den en *selvstændig* Bevægelse i Luften. Har man først opnaaet det, vil Styringen næppe være forbunden med nogen stor Vanskelighed (jvf. S. 203); men at styre den uden først at forsyne den med Drivkraft er umuligt.

Hvad dernæst Omnibuskjørslen eller i det hele den almindelige Vognkjørsel angaar, da optræder den elektriske Akkumulator som

Hestens Konkurrent. Det kan vel næppe i Almindelighed afgjøres, om det er fordelagtigere at have Drivkraften stuvet ind i Vognen end at have den spændt foran. Viser det sig derimod, at Akkumulatoren bliver betydeligt billigere at bruge end Hestekraften, er det vel ikke umuligt, at man vil faa at se baade Sporvogne og Omnibusser gaa i Byerne ved Elektricitet. Man har ved Forsøg, udførte i Paris, vist Muligheden af at drive de sidste ved Akkumulatorer. En Prøvekjørsel fandt Sted paa Champs Elysées en Dag Kl. 5 om Eftermiddagen, da der var en Mængde Mennesker paa Færde. Vognen udførte de forskjelligste Manøvrer: Standsning, Vendinger og Retningsforandring til fuld Tilfredshed; den kjørte snart paa Stenbro, snart paa makadamiseret Vej; paa et Stykke fulgte den Skinnerne paa Versaille-Sporvejen.

I større Fartøjer kan der næppe blive Grund til at erstatte Dampkraften med elektrisk Drivkraft. Man kan ikke som ved Jærnbanen have Forbindelse med en faststaaende Dynamo og er derfor alene henvist til Akkumulatorerne for at faa Elektricitet. Der kan følgelig ikke blive Tale om at gjøre lange Farter ved Elektricitet uden hyppigt at søge Land. Da der ikke er synderlig Ulæmpe forbunden med at have en Dampmaskine ombord i større Fartøjer, er der heller ingen Grund til at søge den erstattet af en anden Motor. I Baade og mindre Fartøjer gjør en Dampmaskine sig derimod saa meget gjældende, at den dels er i Vejen og dels giver Hede og ubehagelig Luft. I Modsætning hertil kan Akkumulatoren og en elektrisk Motor, de to Dele, der høre til den elektriske Kraftudvikling, med Lethed anbringes uden at være i Vejen. De første kunne stuves ned i Bunden og her til Dels gjøre Nytte ved deres Vægt, der erstatter Kjølballasten, og den elektriske Motor er af saa ringe Omfang, at den ikke kan komme i Vejen. Med den elektriske Kraft følger ingen Røg, Hede eller Lugt af varm Olie. Den elektriske Maskine kan arbejde fordelagtigt, selv om den er lille, hvorfor ganske smaa Baade kunne drives elektrisk, medens de ikke godt kunne gaa ved Damp.

Det bliver mere og mere almindeligt at forsyne større Dampskibe især Krigsskibe med elektriske Lamper, som faa deres Elektri-

citet fra Dynamoer, der drives ved Skibets Dampkraft. Det er sandsynligt, at saadanne Skibe med Tiden ogsaa ville forsyne sig med elektriske Baade, hvis Akkumulatorer kunne lades fra Lysdynamoerne. Det er tidligere (S. 53) bleven omtalt, at man med Fordel bruger Akkumulatorerne som Regulatorer og Reservebeholdere i et elektrisk Belysningssystem, idet man lader dem optage den overflødige Kraft. Tilsøs ville Akkumulatorerne i Skibets Baade kunne gjøre Tjeneste som Reservebeholdere; forudsat, at Skibet jævnlig bruger sine elektriske Lamper, vil der paa den Maade altid kunne holdes en Ladning i Akkumulatorerne, saa at hver Baad til enhver Tid er klar til at gaa ved egen Kraft.

Den elektriske Baad kan imidlertid ogsaa faa Betydning som selvstændigt Fartøj saaledes i de større Søstæder til Erstatning for de mange smaa Dampere, der have saa travlt i og ved Havnene. At den har Fortrin fremfor disse, fremgaar af det foregaaende; Spørgsmaalet vil sikkert kun afhænge af, om Kraften kan leveres lige saa billigt ved Elektricitet som ved Damp. Umuligt er dette ikke, thi den elektriske Baad kan hente sin Kraft fra en stor Dampmaskine, der (S. 189) leverer betydeligt billigere Kraft end de smaa i Dampbaadene; de ideligt tilbagevendende, endnu ikke besvarede Spørgsmaal ere derfor: hvor megen Kraft vil der i Praxis tabes ved Overførelsen gjennem Akkumulatorerne, og hvor længe kunne Blypladerne i disse holde ud? Hvor Kraften kan faas meget billigt, altsaa fra Vandfald og Vandløb, hvad der paa mange Steder er Tilfældet paa Floder og Fjeldsøer, synes der ingen Tvivl at kunne næres om, at den elektriske Sejlads vil kunne drives med Fordel.

Det er ikke mange Fartøjer, der hidtil ere drevne ved Elektricitet. Det første var Jakobis Baad, som i 1839 blev sat i Gang paa Nevaen ved 128 galvaniske Elementer (S. 194); det næste var, saa vidt vides, Trouvés Baad, som gik paa Seinen i 1881 ved 12 Bikromatelementer (S. 202). Siden har »the electrical power storage company« i London taget sig af Sagen ved at bruge Akkumulatorer. Den første Baad, »Electricity«, som dette Selskab har bygget (i 1882), er henved 25 Fod lang. Den indeholder over 50 Akkumulatorer, der tilsammen veje henved 2000 Pd. Baaden gaar

ved en Skrue. Der er anbragt to Dynamoer, en paa hver Side af Skruens Axe, til hvilke Akkumulatorernes Strøm fordeler sig. Den ene kan bringes ud af Forbindelse med Akkumulatorer og Skrue, saa at denne gaar med »halv Kraft« alene ved den anden. Dynamoaxerne gjøre henved 1000 Omdrejninger i Minutet; ved Remme overføres Bevægelsen til Skrueaxen saaledes, at den gjør 350 Omdrejninger i Minutet. Hver Dynamo indtager et Rum i Baaden, der er 10 Tommer højt, 28 Tommer langt og 23 Tommer bredt og veje tilsammen noget over 600 Pund. Med 10 Passagerer gik Baaden omtrent $1^2/_3$ Mil i Timen. Som Erstatning for Damppiben har Baaden en kraftig elektrisk Klokke, der kan bringes til at give Lyd ved Strøm fra Akkumulatorerne.

I 1883 har samme Selskab bygget en større Baad, som efter at have gjort sin Prøvefart paa Themsen blev sendt med Jærnbane til Wien for at fremvises paa den elektriske Udstilling. Forholdene vare dog ikke gunstige for den, idet den ikke blev anbragt paa selve Donau, men paa den Arm af Floden, Donaukanalen, som gaar gjennem Byen. Her var Vandet saa lavt, at Sejladsen med den blev vanskelig, hvorfor den ikke, saaledes som den elektriske Jærnbane, kunde blive til almindelig Benyttelse. Den gjorde derfor kun enkelte Farter; Forfatteren deltog i en af disse og kan bevidne, at Baaden gik en smuk Fart imod den meget stærke Strøm, som gaar i Donaukanalen. Den kunde standses ved at vende den elektriske Strøm i Motoren; Standsningen fuldbyrdedes i meget kort Tid, hvad der dels ligger i, at Manøvreringen for at vende Strømmen er gjort i et Øjeblik, men dels ogsaa skyldes den S. 235 nævnte Omstændighed, at den elektriske Strøm, som arbejder i en Motor, ligesom ægges til at udvikle en forøget Kraft, naar den møder forøget Modstand. Naar en Skibsskrue driver et Fartøj frem, hidrører Fremdriften fra det Modtryk, som Vandet øver mod at drives tilbage af Skruens skraat stillede Blade (Fig. 124, S. 203), idet disse drejes rundt. Standses Skruen, vil Fartøjet i nogen Tid fortsætte sin Fart, og Vandet vil nu trykke paa de fremad vendte Flader af Skruebladene og derved stræbe at dreje dem samme Vej rundt som før. Idet man, for at stoppe Farten, lader Maskinen dreje Skruen den modsatte Vej, forøges Trykket paa de fremad

vendte Flader saa meget, at Skruen møder en betydelig større Modstand og derfor gaar langsommere rundt end før, da den fremmede Farten. Heraf følger, at ogsaa Dynamoens Axe gaar langsommere rundt, da den er forbunden med Skruens, men dette har, som omtalt S. 235, til Følge, at Strømmen fra Akkumulatorerne møder mindre Modstand i Dynamoen, end naar denne gaar sin sædvanlige Gang. Strømmen bliver derfor stærkere end ellers og virker med stor Kraft til Baadens Standsning.

Denne sidst byggede Baad er næsten 40 Fod lang og 6 Fod bred, bygget af Jærn; den kan optage 40 Personer. Ved Prøvefarten paa Themsen gik den $1^2/_3$ Mil i Timen. Den indeholder 80 Akkumulatorer, der ere anbragte dels langs Kjølen, dels under de langskibs anbragte Sæder. 65 tages i Brug, medens de 15 øvrige ere i Reserve. Baaden indeholder kun én Dynamomotor, og Skrueaxen er fæstet umiddelbart til dennes Axe i dens Forlængelse, saa at Skruen gaar med samme store Omdrejningshastighed som Dynamoen. Det er vel ikke heldigt, at en Skibsskrue gaar saa hurtigt rundt, men paa den anden Side undgaas det Spild af Kraft, som altid følger med at overføre Bevægelsen fra en Axe til en anden. Hele Maskineriet bliver overordenlig simpelt ved den trufne Ordning.

Blandt Befordringsmidler for Personer maa endnu nævnes Elevatorerne. Ogsaa dem har man indrettet med elektrisk Drivkraft. Siemens & Halske indrettede ved Pariserudstillingen i 1881 den i Fig. 133 afbildede Elevator. Stigestangen $D\,D'$ fører fra neden op til det Punkt, hvortil Elevatoren skal hæves. Den bestaar af to med Jærntapper forbundne Stænger; den bliver altsaa til en Stige, ad hvilken den elektriske Motor A kravler op og ned medførende Platformen, naar man sender Strøm igjennem den fra en fast Dynamo. Motor og Platform ere forbundne dels ved det firkantede Rør F, som omslutter Stangen $D\,D'$, dels ved de to Stænger paa begge Sider af Motoren. Ved Rullerne E og E' bringes Røret til at bevæge sig let og sikkert udenom Stangen. Det hele er omtrent afbalanceret ved Vægtene P og P'.

Man har paa forskjellig Maade benyttet Elektriciteten til Varers Transport. Saaledes har man brugt at udlosse de Fartøjer, der førte

Roer til Sukkerfabriken ved Sermaize ved elektrisk Kraftflytning. Roerne bleve bragte op af Lasten og ned i Jærnbanevogne, der stode paa Land, ved et lignende Apparat, som det, der bruges i Mudder-

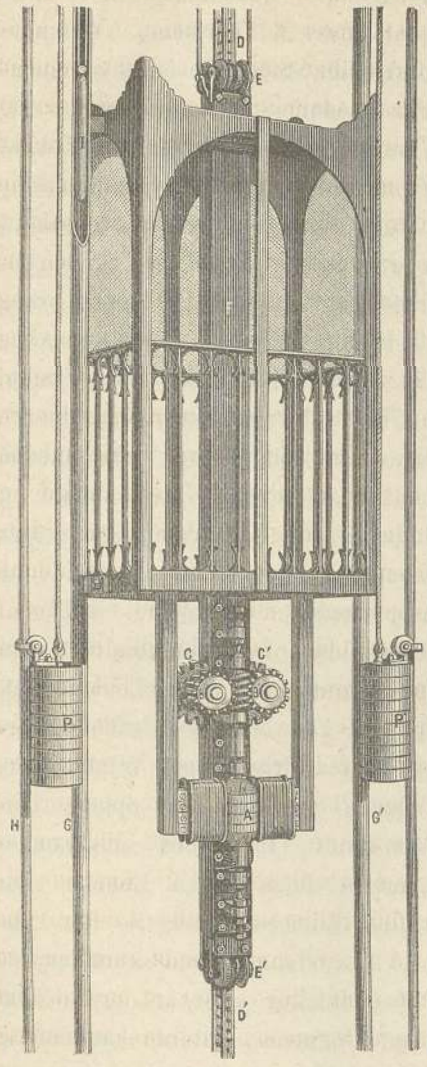


Fig. 133. Siemens elektriske Elevator. Til højre og venstre i Motoren *A* sees de med Kobbertraad omviklede Elektromagneter. Ved *A* sees Magneternes Polstykker (S. 43) og indenfor dem den med Traad beviklede Jærncylinder, der i Siemens Dynamomaskine træder i Stedet for Ringen i Grammes Maskine. Dynamoens Axe er forlænget opad, hvor den bærer en »Skrue uden Ende«, som griber ind i de to Tandhjul *B*, *B*. Hver Gang Dynamoen og dermed Skruen gaar én Gang rundt, ville Tandhjulene kun dreje sig 1 Tand, saa at de komme til at gaa meget langsommere rundt end Dynamoen. Tandhjulene *C* og *C'* følge med Hjulene *B*; de bevæge sig i to Udskæringer i Røret *F* hvorved de bringes til at gribe fat med deres Tænder i Jærntapperne i Stangen *D D'*. Ved at gaa den ene Vej rundt, ville de hæve og ved at gaa den anden Vej sænke Elevatoren. Hvis Dynamoen ingen Strøm faar tilført, hænger Elevatoren roligt ved Tænderne af Hjulet *C C'* i Stigestangens Tapper, idet den ikke kan gaa ned, selv om der hviler en stor Vægt paa Platformen. Det kan nemlig kun ske, ved at Hjulene *C* og *C'* gaa rundt; men heri ere disse hindrede, naar Dynamoens Axe ikke gaar rundt, ved at Hjulene *B*'s Tænder møde Skruens Gænger. Der kan derfor ingen Ulykke ske ved Uagtsomhed men kun ved Brud paa de meget solide Jærndele, som føre Kraften fra Dynamoen til Stigestangen.

maskinen for at hæve Mudderet op til en saa stor Højde, at det derfra kan falde ned i en Pram. Ogsaa i almindelige Kraner har man benyttet den elektriske Motor.

Den elektriske Kraftflytning vil maaske faa en af sine vigtigste Anvendelser i de mange industrielle Virksomheder, hvor det Materiale, som behandles, maa flyttes ad kortere eller længere Strækninger. Hertil hører Teglværker, Stenbrud og andre Virksomheder, hvor Raamaterialet hentes fra Jorden og skal føres til Fabriken. Ved andre Lejligheder skulle Varerne flyttes forskjellige Steder hen for at gjennemgaa de forskjellige Behandlinger. Paa saadanne Steder anlægges der ofte smalsporede Trækbaner, hvorover Varerne føres paa Karrer, der trækkes af Heste. Da de fleste Fabrikationer medføre Brugen af en Dampmaskine eller Vandmotor, vil man kunne bruge disses billige Kraft ogsaa til Transporten af Varerne ved at anlægge elektriske Jærnbaner i Steden for Hestetrækbanerne. Man har allerede begyndt flere Steder at bruge Elektriciteten paa den Maade. I et stort Blegeri i Breuil-en-Auge havde man allerede for længere Tid siden indført elektrisk Belysning. Ingenieuren Dupuy fattede da den Plan at bruge Dynamomaskinerne ogsaa i den Tid, de ikke gave Lys, til at hjælpe ved Virksomheden paa Engene, hvor Tøjet førtes ud for at bleges. Han anlagde en 2 Kilometre (noget over 1 Fjerdingvej) lang Jærnbane, som fører omkring de i Nærheden af Etablissementet liggende Enge. Ad denne Jærnbane blive Tøjstykkerne transporterede ud og hjem i et Tog af 6 Vogne. Den forreste af disse indeholder 60 Akkumulatorer, som levere Elektriciteten; bagved denne kommer en Vogn Lokomotivet, som indeholder en elektrisk Motor, der kan bringes i ledende Forbindelse .med Akkumulatorerne og derved drive Toget frem. Derefter kommer en Række af 4 Vogne bestemte til at optage Tøjstykkerne. Den elektriske Kraftmaskines Virksomhed indskrænkes imidlertid ikke alene til at transportere disse ud til Engene eller atter føre dem hjem. Den er nemlig tillige indrettet til efter Omstændighederne at kunne udbrede de til ét langt Baand sammensyede Tøjstykker paa Engen eller til efter endt Bleg atter at oprulle dem til at nedlægges i Kurve paa Transportvognene. Motoren kan nemlig bringes ud af Forbindelsen med Vognhjulene og derimod bringes til at dreje en Valse af Form som en stor Garnvinde rundt, hvorover Tøjet trækkes ind eller lægges ud. Paa den Maade kan omtrent 7000 Alen Tøj samles op i $^1/_2$ Time, hvad der tidligere krævede

7 Menneskers Arbejde i 4—5 Timer. Til dette Arbejde kunde en Dampmaskine slet ikke bruges, fordi Kulstøvet fra Ildstedet vilde tilsmudse Tøjet. Elektriciteten kommer altsaa her til Nytte, ved at være en renlig Kraft.

I Hohenzollern Gruben ved Beuthen i Schlesien er der anlagt en underjordisk elektrisk Jærnbane mellem to Skakter. Over Jorden er der opstillet en Dampmaskine paa 50 Hestes Kraft, der driver en Dynamo, hvis Elektriciteter ledes ned i Gruben gjennem en af Skakterne. Her udbrede Elektriciteterne sig i to isolerede Luftskinner (S. 232), der hænge ned fra Grubens Loft tæt over Vognene, som kjøre neden under. Luftskinnerne ere af fortinnet Jærn og have ⊥ Formen. I hver af dem hænger der en Kontakt, det vil sige en lille Slæde af Metal, som omklamrer Fremspringene paa Luftskinnen, saa at den er hindret i at falde af, og med Fjedre og Metalbørster stryger den hen ad Skinnens Overflade for at optage Elektriciten derfra saa fuldstændigt som muligt. De to Kontakter føres afsted med Lokomotivet, idet dette er forbundet med dem ved to Liner. Tillige er der ført to bøjelige Kobbertraade ned fra Kontakterne; de tilføre Lokomotivets Dynamoer Elektriciteterne fra den primære Dynamo over Jorden. Hver af de 10—14 Vogne, som danne et Tog, vejer med sin Ladning 18 Centner. De faa en Fart af henved 2 Mil i Timen ved de 10 Hestekræfter, som Lokomotivets Dynamo præsterer. Hver Time afgaar Ladninger af en samlet Vægt paa 500—600 Centner. Der er lagt Dobbeltspor for senere at kunne forøge Trafiken. Dampmaskinen skal da drive to Dynamomaskiner, en til hvert Skinnepar. Det er Hensigten til samme Tid at oplyse Grubegangen med 40 elektriske Glødelamper. Banen er anlagt af Siemens & Halske. Den har været i Drift siden 1. Avgust 1883 og har arbejdet fuldkommen tilfredsstillende. Efter en foreløbig Beregning antages det, at Transporten aarlig vil koste 3—4000 Kroner mindre end før, da den foregik ved Heste.

18.

Forskjellige Anvendelser af den elektriske Bevægkraft.

Tilbageblik paa de hidtil omtalte Anvendelser. Elektriciteten som regulerende Kraft. Maaleapparater. Særlige Anvendelser: Avtomatisk Udførelse af Musikstykker, Carpentiers Melograf, Edisons Sorteremaskine, elektrisk Melsigte.

Vi have i det foregaaende omtalt de vigtigste Omraader, paa hvilke man anvender den Bevægkraft, Elektriciteten er i Stand til at udøve. I Telegrafen og Telefonen er den bleven næsten uundværlig ved den vidunderlige Nøjagtighed og Hurtighed, hvormed den kan gjenfrembringe en i Skriften synlig eller i Lyden hørlig Bevægelse paa et Sted, som ligger mange Mil borte fra det, hvor Bevægelsen først er frembragt.

I Tidsmaalingen og i mange videnskabelige Iagttagelser har Kraften stor Betydning, fordi der kun behøves en yderst ringe Impuls for at bringe den i Virksomhed eller atter sætte den ud deraf, og fordi denne Virksomhed optræder med fuld Kraft næsten i det samme Øjeklik, Impulsen indtræder.

Som Maskinkraft har Elektriciteten Værd, forsaavidt man bruger det galvaniske Element, fordi man i dette har en Kraftkilde, som kan henstaa længe uden Fornyelse, og som i den Tid altid er parat til at virke, naar man har Brug for Kraften. Denne kan med Lethed føres hen, hvor man ønsker det; men den er kostbar. For det andet kan den elektriske Krafts Værdi bero paa, at man kan opsamle betydelige Forraad af den i Akkumulatorerne, og benytte dette Forraad, naar og hvor man vil. Endelig har den elektriske Bevægkraft det i visse Tilfælde store Fortrin ved simple Midler og uden at svækkes meget at kunne gjennemstrømme lange Vejstrækninger, og at kunne overføres fra et Legeme til et andet blot ved at disse røre hinanden.

Foruden de hidtil omtalte Instrumenter og Maskiner er der endnu hele Klasser af Apparater, hvor den elektriske Bevægkraft spiller en Rolle. Der er for det første alle dem, hvis Virksomhed reguleres og afmaales ved elektromagnetisk Tiltrækning eller Frastød-

ning. Hertil høre mange elektriske Lamper, Strømregulatorer, selvvirkende Strømafbrydere o. s. v. For det andet maa her nævnes de forskjellige Apparater, man har til Udmaaling af de elektriske Virksomheders Styrke, og som næsten alle bero paa, at Virksomheden gjøres synlig ved en Bevægelse, den fremkalder. Hensigten med alle disse Apparater henviser dem imidlertid til andre Afsnit, hvor de derfor ville blive omtalte. Her skal blot omtales nogle Maskiner, hvor den elektriske Bevægkraft har faaet ganske særlige Opgaver at løse.

Paa Pariserudstillingen i 1881 blev der forevist flere Maskiner, som avtomatisk kunde spille et hvilketsomhelst Stykke paa et Tasteinstrument. Dette bliver muligt ved at man opskriver Musikstykket paa en saadan Maade, at Skrifttegnene for Noderne kunne give Impulsen til den Kraft, som anslaar Tasten. Denne Kraft kan enten være Lufttryk eller Elektromagnetisme, som sættes i eller ud af Virksomhed, det første, ved at Spjæld aabnes eller lukkes, den sidste, ved at elektriske Strømme sluttes eller afbrydes. Musikstykket opskrives paa et langt Baand af Papir, der er bredt nok, til at hver Taste kan faa sin Linie; Nodeskriften i hver Linie er dannet af kortere eller længere Huller, som ere udhuggede i Papiret. Hver Taste har endvidere sit Anslagsorgan, som stryger hen ad den tilsvarende Linie i Papiret, naar dette vikles af den Valse, hvorpaa det i Forvejen er bleven oprullet.

Bruger man Elektriciteten som Anslagskraft, bestaar Anslagsorganet af en Slags ganske lille Telegrafnøgle (S. 75). Saalænge Nøglen stryger hen over Papiret, holder dette de to Kontakter (*d* og *s* i Fig. 44) adskilte, saa at der ingen Strøm og altsaa heller ingen Tone fremkommer. Men naar et af Hullerne i Papiret kommer for, slipper den bevægelige Kontakt igjennem, Strømmen sluttes, og en Elektromagnet trykker Tasten ned. Tonen vil derfor lyde saa lang en Tid, som det gjennemhuggede Stykke af Tastens Linie paa Papiret er om at gaa forbi Kontakten, og den lyder ikke igjen, før det næste Hul i Linien kommer for.

Ved at anbringe Hullerne i passende indbyrdes Afstande kan man faa Tonerne frem i den Orden, hvori de vilde fremkomme, hvis Stykket blev spillet med Fingrene, og den forskjellige Varighed kan

opnaas ved at gjøre Hullerne af forskjellig Længde. Naar ogsaa Pedalen faar sin Linie paa Papiret, kan Elektriciteten ligeledes tage sig af dens Virksomhed.

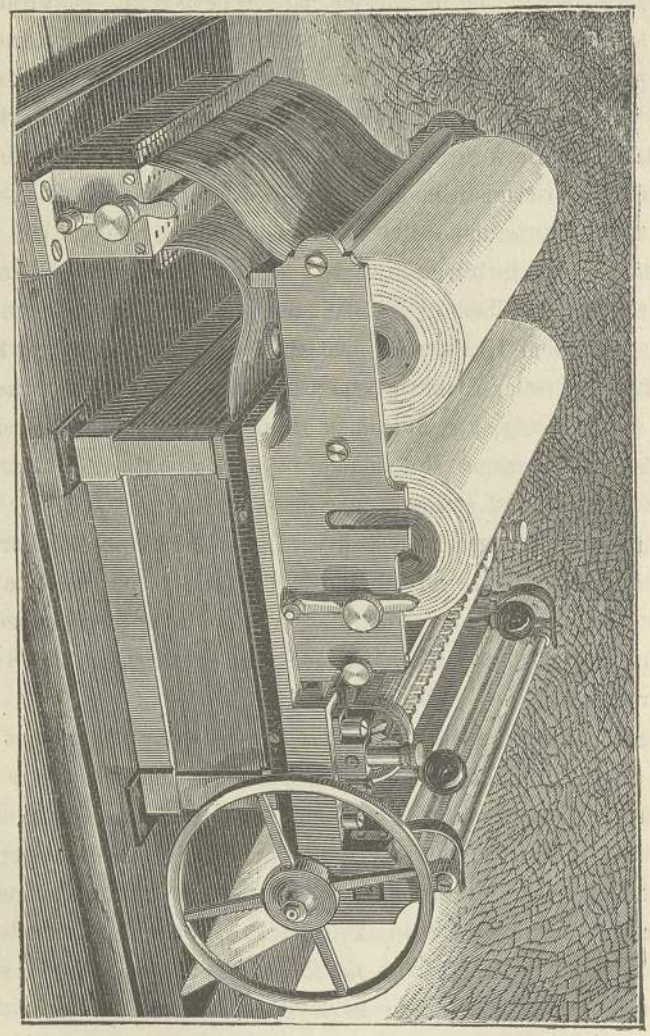


Fig. 134. Carpentiers Melograf.

Carpentier har løst den omvendte Opgave, nemlig at faa Elektriciteten til, mens man spiller et Stykke med Fingrene, at opskrive dette avtomatisk paa de før nævnte Papirsbaand, saa at disse blive i Stand til at gjengive Stykket, ganske som det blev spillet; Maskinen

hvorved dette sker, er bleven kaldt Melograf; den kunde ogsaa kaldes Musikfonograf (S. 112). Efter Sigende gjengiver den dog Musiken adskilligt bedre, end Edisons Fonograf gjengiver Talen. Paa den anden Side er den rigtignok ogsaa en meget sammensat Maskine, medens Edisons er yderst simpelt bygget. Paa Pariserudstillingen havde Carpentier sat et Harmonium med 50 Taster i Forbindelse med en Melograf ved 50 under Gulvet skjulte Ledningstraade. I Fig. 134 sees disse til venstre førte ind i Maskinen fra neden. Medens der i den før beskrevne Maskine var en Nøgle for hver Taste, saa er der her Apparater til at gjennemhugge Papiret.

I Carpentiers Harmonium bevirker hver Tastes Nedslag ikke blot, at vedkommende Tone lyder, men tillige, at der sendes Strøm fra et Batteri gjennem den af de 50 Traade, som fører til Melografen fra den anslaaede Taste. Denne er altsaa indrettet med Kontakter som en Telegrafnøgle. I Melografen bliver det oprullede Papirsbaand afviklet, mens man spiller. De elektriske Strømme, som Tasternes Nedslag afsende, bevirke ved Elektromagneter i Melografen, at Papiret bliver gjennemboret, idet det føres frem. Musikstykket bliver altsaa opskrevet paa den før omtalte Maade, og hvis man nu trykker paa en Knap og igjen lader Papiret gaa igjennem Melografen, vil denne sende Strømme tilbage til Harmoniet, paavirke dets Taster ved Elektromagneter og saaledes gjentage Musikstykket.

Fig. 135 forestiller Edisons Sorteremaskine for pulveriserede Mineraler, hvoraf en Del er magnetisk, hvad der i Reglen falder sammen med, at den er jærnholdig, medens en anden Del er umagnetisk. Mineralet sees anbragt i den kileformede Tragt for oven. Neden under den men ud til den ene Side er der anbragt to brede og flade Elektromagneter i en Trækasse. Af Elektromagneterne ser man kun de to Polflader i Flugt med den venstre Sideflade af Kassen. Naar man aabner for Tragten, falder Pulveret ned i en bred Stribe tæt forbi Polfladerne. Det, som ikke mærker nogen Tiltrækning fra disse, falder lodret ned i den af de to Kasser for neden, der staar længst til venstre. Hvad der derimod er magnetisk, bliver under Faldet draget ud af sin lodrette Bane, tilstrækkeligt til at falde til

højre for den øverste skarpe Rand af et Bræt, som sees anbragt over Mellemrummet mellem de to Opsamlekasser, af hvilke derfor den til højre, faar det magnetiske, den anden det umagnetiske Mineral. Man har opfunden flere andre Maskiner til Sortering af magnetiske Mineralier, men ingen har naaet det ved saa forbavsende simple Midler som Edison.

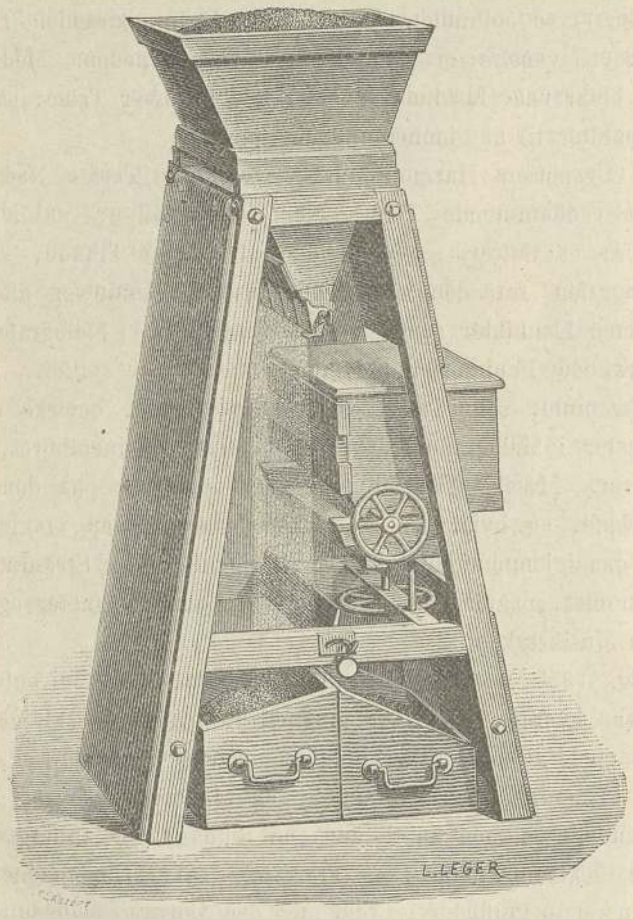


Fig. 135. Edisons Sorteremaskine (efter Tidsskriftet »La Lumière électrique«).

Fig. 136 viser en anden amerikansk Opfindelse, der gaar ud paa at adskille Mel og Klid i det malede Korn, ved at Kliden tiltrækkes af et elektrisk Legeme, medens Melet bliver tilbage. Det Melstøv, som fylder Luften i en Mølle omkring Sigterne, giver jævnlig Anledning

til farlige Explosioner og er i alle Tilfælde et Spild, som fordærver Luften for Indaandingen. Den elektriske Melsigte, som fremstilledes

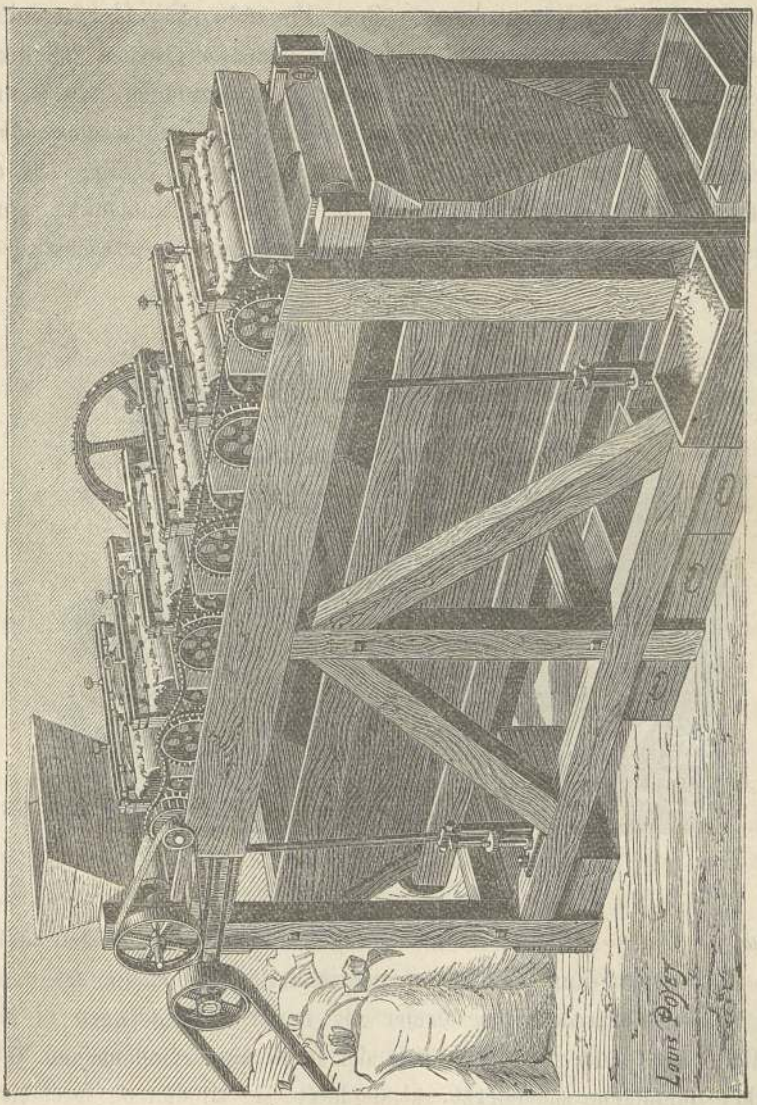


Fig. 136. Elektrisk Melsigte.

i Virksomhed paa den elektriske Udstilling i Paris, undgaar denne Spredning af Støv og skal efter Sigende kun behøve det halve Arbejde,

af hvad almindelige Sigter kræve. Da den tilmed har en særlig Interesse ved at være saa at sige den eneste Maskine, hvor man gjør praktisk Anvendelse af den ved Gnidning frembragte Elektricitet, ville vi omtale den lidt nærmere. Som Fig. 136 viser, bestaar den af en solid Træramme mellem hvis lange Sider en Række Cylindre drejes rundt. Under disse er der anbragt en almindelig Sigte, som stadig bevæges lidt frem og tilbage. Det malede Korn fordeles over Sigten fra en Tragt, som sees til venstre i Figuren. I Fig. 137 er en enkelt Valse fremstillet. Den bestaar af hærdet Kautschuk, som gjøres elektrisk paa lignende Maade som Glasskiven i en Elektriser-

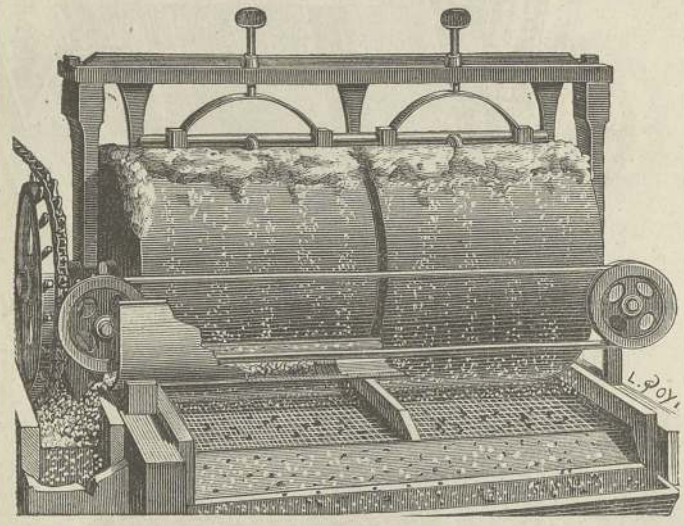


Fig. 137.

maskine (S. 21) ved under Omdrejningen at gnides mod den lodne Side af et Stykke Faareskind, som presses let ind imod den fra oven. Idet nu den elektriske Valse drejer sig rundt i Blandingen af Mel og Klid neden under, vil den lade det første ligge, medens den tiltrækker Kliddelene saa stærkt, at de hæfte sig til den og føres med op mod det uldne Skind foroven. Her ville de standses, til der har samlet sig saa stor en Mængde, at de falde fra, dog ikke igjen ned paa Sigten men i et lille Trug, som er anbragt med

sin ene Rand under Valsen; herfra skydes Kliden ud i et større Samletrug. Paa denne Maade befries Sigten neden under Valsen stadig for Klid, og Melet har altsaa stadig fri Passage gjennem den til det store Trug, som sees under Sigten, hvorfor denne kun behøver en ringe Rystelse for at virke.

19.

Elektriske og magnetiske Kraftfelter.

Sammenligning mellem de almindelige Bevægkræfter og Bevægkraft ved Elektricitet eller Magnetisme. Aktion og Reaktion. Ætheren. Kraftfeltet. Kraftlinier i en Magnets og en elektrisk Strøms Felt. Virkninger af Kraften i det magnetiske Felt. Det magnetiske Felt i Grammes Maskine. — Kraftfelt omkring et Legeme, som udfører Svingninger i Luft eller Vand. Bjerknes's og Schiøtz's Forsøg over de saa kaldte hydroelektriske og hydromagnetiske Fænomener.

Idet vi slutte Omtalen af de Anvendelser, man har gjort af den elektriske Bevægkraft eller af Elektricitetens mekaniske Virkninger, ville vi lidt nærmere betragte selve Kraften i Sammenligning med andre Kræfter. Naar man vil flytte en livløs Ting med sin Haand, da maa man »have fat paa den«; det vil sige, man maa berøre Tingen enten umiddelbart med Haanden eller gjennem legemlige Mellemled (Stænger, Snore o. s. v.). »Magnetisøren« kan vel trække Mennesker og Dyr af Sted blot ved at holde Haanden hen mod dem, men Stok og Sten ere ufølsomme over for hans Kunster*); selv Spiritisten maa røre ved de Møbler, han skal faa til at dandse og banke. Hvad der gjælder om Haandens Kraft, gjælder ogsaa om den Kraft, som udgaar fra andre Motorer som spændte Fjedre eller indespærret og sammenpresset Luft, Damp eller Vand: der kræves en umiddelbar Forbindelse, som kan opfattes ved vore Sandser mellem det Legeme, som paavirker, og det, som paavirkes. Det sidste lider

*) Dyrisk Magnetisme har intetsomhelst at gjøre med Magnetkraften.

derfor et paaviseligt Tryk eller Træk, som har til Følge, dels at det flytter sig, og dels at det lider en Forandring i sin Form eller Størrelse (bøjes, vrides, strækkes eller sammentrykkes). Ofte er denne Forandring saa lille, at den ikke kan iagttages, men den finder altid Sted. Legemet modsætter sig altid en saadan Forandring paa Grund af sin større eller mindre Spændighed, det vil sige, at det øver et Modtryk paa det Legeme, gjennem hvilket Kraften trykker paa det eller trækker i det. Heraf fremgaar den bekjendte Grundlov i Naturen, at der til ethvert Tryk (Aktion) svarer et Modtryk (Reaktion). En nærmere Betragtning af Sagen viser tillige, at Aktion er lig Reaktion, de to Tryk ere lige store. Vinder det paavirkede Legeme i Bevægelse, vil man derfor altid kunne paavise, at det paavirkende lider et tilsvarende Tab i Bevægelse.

Sammenligne vi hermed de bevægende Kræfter, som udgaa fra elektriske eller magnetiske Legemer, da finde vi, at de ikke behøve at røre ved andre Ting for at sætte dem i Bevægelse, og man kan heller ikke opdage noget Baand eller Mellemled, der forbinder det, som virker, med det, som paavirkes. Lægger man et Stykke Jærn paa et svømmende Stykke Træ og holder en Magnet i Nærheden, da trækker denne Jærnet hen imod sig lige godt, enten der kun er Luft imellem, eller om man holder Plader af Træ, Kobber eller Glas imellem. Man kan derfor vanskelig forestille sig, at den Virksomhed, som udgaar fra Magneten og paavirker Jærnet, bruger de mellemliggende synlige Legemer for at komme frem, saaledes som Haandens Kraft kan bruge en Snor som Mellemled for at faa en Byrde hævet, eller som Lyden bruger Luften for at komme frem fra Lydgiveren til det Øre, den rammer. Paa den anden Side er det ligesaa vanskeligt at forestille sig, at Magnet og Jærn skulle kunne have noget med hinanden at gjøre, naar der ingensomhelst legemlig Forbindelse var mellem dem, hvorigjennem Kraften ledes, og dog synes det saa, thi Virkningen er den samme gjennem det mest luftomme Rum, man kan tilvejebringe, som gjennem faste Legemer. For at løse denne Modsigelse har man været nødt til at antage, at der existerer et Stof, som mangler de Egenskaber, der kunne bringe det i Forhold til vore Sandser, og som er tilstede overalt baade i de

Rum, vi kalde tomme, og i dem, man plejer at antage for fuldstændig opfyldte af de Stoffer, vi kunne sandse. De sidste blive da til porøse, af Atomer sammenvævede Legemer, hvis Masse kun udfylder en lille Del af deres tilsyneladende Rum. Mellemrummene mellem Atomerne ere opfyldte af det usandselige Stof, som man kalder Ætheren. Gjennem den udbrede Lys- og Varmestraaler sig, og med den som Mellemled kunne to Legemer virke ind paa hinanden, selv om enhver synlig Forbindelse mangler, saaledes som Tilfældet var mellem Magneten og Jærnet, eller som det er mellem Solen og Planetsystemets øvrige Kloder.

Naar et Legeme udøver et Tryk paa et andet, da vil det sidste øve et Modtryk paa det første. Hvorledes kommer det til at øve dette Modtryk? Som vi før saa, sker det ved, at de elastiske Kræfter blive vakte i det paa Grund af den Bøjning eller Sammenpresning, som Trykket forvolder.

Naar en Magnet øver Tiltrækning til et Stykke Jærn, viser Erfaringen, at Jærnet fra sin Side tiltrækker Magneten lige saa stærkt; Loven om Aktion og Reaktion, Virkning og Modvirkning, gjælder altsaa ogsaa her. Men hvorledes kommer Jærnet til at øve denne Tiltrækning? Det gjør den, fordi Magneten først fremdrager eller vækker de i Jærnet slumrende magnetiske Kræfter; Jærnet bliver selv til en Magnet, og i denne Egenskab er det, det baade tiltrækkes af og selv tiltrækker Magneten. Denne kan derfor kun virke ind paa Legemer, som selv kunne faa magnetiske Virkninger. Det samme, som her er sagt at gjælde den magnetiske Tiltrækning, gjælder ligeledes den elektriske.

Ethvert Legeme, der som en Magnet eller et elektrisk Legeme kan indvirke paa et andet i Afstand derfra, er ligesom omgiven af en Atmosfære af Kraft, hvis Styrke aftager, jo længere man kommer bort fra Kraftcentret. Rummet omkring dette kaldes et *Kraftfelt*. Feltet strækker sig saa vidt, som Kraften kan mærkes. Kan et Legeme, som paavirkes af Kraften, uhindret bevæge sig i Feltet, vil det sætte sig i Bevægelse, hvor man saa anbringer det; den Retning, det tager, viser, i hvad Retning Kraften virker paa det Sted, hvorfra Legemet gaar ud. I Jordens Kraftfelt virker Tyngdekraften, som

overalt er rettet ind imod dens Centrum. I samme Felt virker imidlertid ogsaa en anden Kraft, Jordens Magnetisme; for at finde dens Kraftretning kan man ophænge en Magnetnaal saaledes, at den kan dreje sig frit i alle Retninger; man vil da (i Danmark) se Magnetnaalens Nordende søge ned ad i en skraa Retning omtrent mod Nord, medens Sydenden gaar opad og mod Syd, indtil Naalen peger i en Retning, som danner en Vinkel paa 69 ° med Horizonten og afviger fra Nord 12 ° mod Vest. I denne Stilling viser Naalen i Magnetkraftens Retning.

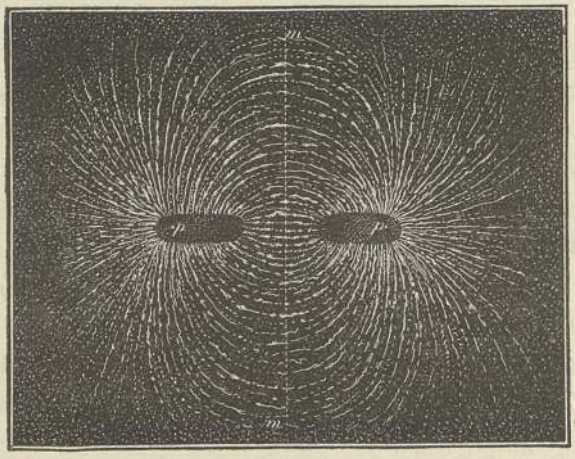


Fig. 138. Kraftlinier i en Magnets Felt.

Ved et simpelt Forsøg kan man gjøre Kraftretningerne synlige i den magnetiske Atmosfære omkring en Magnets Poler, eller i disses magnetiske Felt. Lægger man en Magnetstang paa Bordet og strammer et Stykke Papir ud tæt oven over, da vil dette gjennemskære det magnetiske Felt. Strør man nu Jærnfilspaan ovenpaa Papiret, bliver hvert Spaan for sig til en lille Magnet, og ryster man Papiret lidt, vil hvert Spaan dreje sig, til det er kommet ind i Kraftens Retning. De enkelte Smaadele kjæde sig sammen til de saakaldte Kraftlinier, der sees afbildede i Fig. 138. Papiret er fremstillet ved den sorte Flade. Magnetens Poler findes under p, p. Man ser, hvorledes der udgaar Kraftstraaler fra hver Pol. Straalerne, som gaa opad og

nedad fra hver Pol, bøjes til Siden af den anden Pol, saa at de fra hver Side mødes i Linien *m m*. Sætter man kun én Pol op mod Papiret, da udgaa Kraftlinierne som retlinede Straaler til alle Sider fra Polen.

Det er ikke blot Magneter, der ere omgivne af en magnetisk Atmosfære. Ørsted opdagede (S. 30), at en saadan omgiver enhver Metaltraad, hvorigjennem der gaar en elektrisk Strøm. Holder man en bevægelig Magnetnaal ind i Strømmens magnetiske Felt, vil den i Almindelighed dreje sig, idet den søger ind i den Retning, Kraften der har. Lad os fjerne Magneten fra det i Fig. 138 fremstillede vandrette Papir og føre en lodret Metaltraad tværs igjennem Midten af Papiret. Sender man en stærk elektrisk Strøm gjennem Traaden,

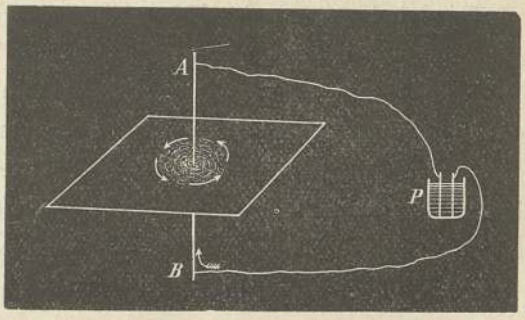


Fig. 139. Kraftlinier i en elektrisk Strøms magnetiske Felt.

og ryster man atter Papiret, vil man se Spaanerne ordne sig i Cirkler omkring det Sted, hvor Traaden gaar igjennem (Fig. 139). Dette viser, at hvert Spaan stiller sig vinkelret paa Strømmens Retning, og at Kraften altsaa har den samme Retning (Pilene i Fig. 139). Nærmest ved Traaden er Virkningen saa stærk, at Jærndelene kjæde sig sammen til en Krands, der kan følge med Traaden, naar man tager den bort.

Et magnetisk Felt, som omgiver en Magnet eller en elektrisk Strøm, kjendes altsaa paa, at ethvert Stykke Jærn, som kommer derind, *bliver magnetisk*, og at enhver Magnet derinde *søger at dreje sig* ind i Kraftlinien. Den Kraft, hvormed denne Drejning foregaar, er et Maal for, hvad man kalder Feltets Inten-

sitet eller *Styrke*. Har man to modsatte Magnetpoler staaende tæt over for hinanden, da er disses Felt intet Steds saa stærkt som mellem Polerne. Ringen i Grammes Maskine (S. 196) bevæger sig derfor i et stærkt magnetisk Felt. Endelig har det magnetiske Felt den Egenskab, at et Legeme, som *bevæger sig* i det, *bliver elektrisk* (S. 33).

Hvis man tager Jærnet ud af Ringen i Grammes Maskine og erstatter det med umagnetisk Stof, vil der ikke destomindre kunne gaa en elektrisk Strøm ud af Ringens Traad, fordi denne bevæger sig i Elektromagnetens Felt. Jærnringen har den Betydning, at den ved selv at blive magnetisk sammentrænger Feltets Styrke i det smalle Mellemrum mellem Elektromagnet og Ring (Fig. 118), hvor Traaden befinder sig, hvorfor Strømmen bliver stærkere. Imidlertid vil kun den Halvdel af Traadvindingerne, der ligger paa den udvendige Side af Ringen, nyde godt af dette intensive magnetiske Felt. For at stille begge Halvdele lige og saaledes opnaa en endnu bedre Virkning, anbragte Lorenz og Jürgensen i deres S. 43 nævnte Maskine en Elektromagnet inden i Ringen. Dens Polflader vende ud mod den indvendige Side af Ringen, saa at ogsaa der frembringes et intensivt Felt.

Som det blev sagt S. 257, formoder man, at der existerer et overalt tilstedeværende Stof, Ætheren, hvis Tilstedeværelse ikke kan sandses, men som spiller den Rolle, at det danner Bindeled mellem Legemer, som tilsyneladende ere uden nogen indbyrdes Forbindelse, ved at tjene som Medium for saadanne Kræfter, der kunne virke paa Afstand (almindelig Tiltrækning, Elektricitet og Magnetisme). Skjønt man saaledes har faaet den Modsigelse løst, at Ting, der ikke synes at have det mindste med hinanden at gjøre, alligevel kunne virke ind paa hinanden, ere alle Vanskeligheder dog ikke dermed fjærnede. Tværtimod kan man sige, at Vanskelighederne først begynde, naar man skal til at søge en Forklaring paa de enkelte Fremtoninger paa Grundlag af den rent almindelige Antagelse af Ætherens Existens.

Det ligger langt udenfor denne Bogs Plan at komme ind paa nogen af de Theorier, man har opbygget for at samle de forskjellige Fænomener til et forstaaeligt Hele. Vi skulle kun kort omtale et videnskabeligt Arbejde, hvor man ved haandgribelige Midler har tilvejebragt Virkninger, som i mange Henseender ligne dem, der skyldes de for vore Sandser saa utilgængelige elektriske og magnetiske Kræfter; om disse sidste end ikke blive forklarede derved, kunne de fundne Virkninger dog tjene til Anskueliggjørelse af den Forestilling, at Legemerne kunne staa i en usynlig Forbindelse med hinanden gjennem et Stof som den før omtalte Æther.

Det har vist sig, at et Legeme, der udfører Lydsvingninger, f. Ex. en dirrende Stemmegaffel, øver en Tiltrækning til nærliggende lette og let bevægelige Ting. Ved at dirre sætter den Luften uden om i Bevægelse og omgiver sig derved med et Kraftfelt, idet Ting, som komme i dens Nærhed, kunne paavirkes af de bevægede Luftdele. Dette Fænomen blev ikke synderlig paaagtet, før Professor Bjerknes i Kristiania undersøgte Sagen nærmere. Han fandt først ad mathematisk Vej Lovene for, hvorledes et Legeme, som udfører en eller anden Bevægelse i et omgivende flydende Medium, maa virke ind paa andre Legemer, der befinde sig i samme Medium.

Ved disse Undersøgelser kom han til det ovennævnte Resultat, at det Legeme, hvorfra Bevægelsen udgaar, kan bringes til at paavirke de andre Legemer næsten i alle Henseender, som om det var elektrisk eller magnetisk. Sammen med Prof. Schiøtz prøvede han dernæst de ad rent mathematisk Vej fundne Love ved Forsøg og fandt dem fuldkommen bekræftede.

I Fig. 140 er der fremstillet et af de til Forsøgene konstruerede Apparater. Disse bleve foreviste paa Pariserudstillingen i 1881, hvor de iagttoges med stor Interesse. Til højre sees to smaa vandrette Pumperør, hvis Stempler sættes i Bevægelse, naar man drejer det med Snorløb forsynede Hjul rundt. Fra det ene Pumperør fører der en Kautschukslange hen til et Apparat, som sees opstillet i det med Vand fyldte Glaskar til venstre i Figuren. Apparatet bestaar af et Stativ, der bærer en lodret Axe. Fra den udgaar der en vandret Arm, som paa den ene Ende bærer det Legeme, der skal undersøges,

paa den anden en Modvægt, som afbalancerer det første. Dette er bygget som en ganske lille Tromme. Det bestaar altsaa af en kort Cylinder, som er lukket ved begge Ender med en elastisk Hinde (Membran). Armen, som bærer Trommen, og Axen, hvorom den kan drejes, ere hule, og gjennem dem er det hule Rum i Trommen i Forbindelse med Kautschukslangen, som fører fra det ene af de to Pumperør.

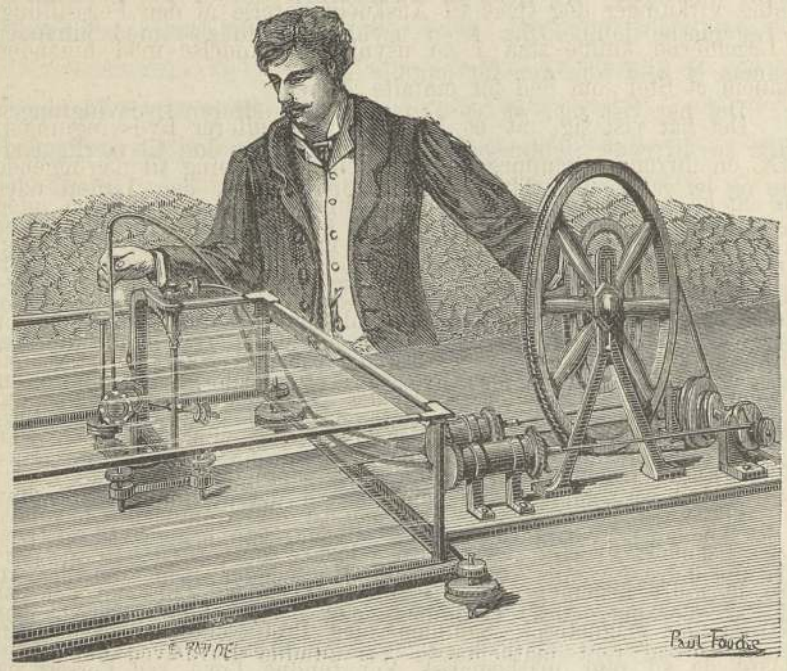


Fig. 140. Udførelse af et hydroelektrisk Forsøg (efter Tidsskr. La Lumière électrique).

Naar Pumperørets Stempel sættes i Gang, vil Luften, som er indesluttet i Røret, afvexlende drives ind i og atter suges ud af Trommen. Dens Hinder ville derfor vexelvis gaa ud og ind; de udføre altsaa en Række »Pulsationer«, som overføres til og bringes videre af det omgivende Vand.

Fra det andet Pumperør fører en Kautschukslange til et Rør, som ved den ene Ende bærer en ganske lignende Tromme. Men den er bestemt til, som Figuren viser, at føres med Haanden i Vandet.

Begge Stempler i Pumperne føres frem og tilbage ved det samme Snorløb. Man kan indrette det saaledes, at de begge føres frem paa en Gang og ligeledes samtidig gaa tilbage. I saa Tilfælde ville de to Trommers Hinder samtidig gaa ud og samtidig gaa ind: de udføre Pulsationer med »samme Fase«. Ved at foretage en Omstilling i Maskineriet kan det imidlertid ogsaa indrettes saaledes, at det ene Pumpestempel gaar frem, samtidig med at det andet gaar tilbage. Da ville de to Trommer udføre Pulsationer af modsat Fase.

Fører man nu, som det er vist i Figuren, den ene Tromme hen mod den anden og sætter man Pumperne i Gang, da vil man, hvis Faserne ere de samme, se den ene Tromme dreje sig hen mod den anden, som om det var to elektriske Legemer, der tiltrak hinanden. Ere Faserne modsatte, ville de to Trommer sky hinanden, som ved elektrisk Frastødning. Ved disse og andre lignende »hydroelektriske« og »hydromagnetiske« Forsøg bleve en stor Mængde fra Læren om Elektricitet og Magnetisme kjendte Fænomener eftergjorte ved rent mekaniske Midler.

IV.

Varme og Lys ved Elektricitet.

1.

Varme og elektrisk Ledningsmodstand.

Varmens Rang mellem Naturkræfterne. Elektricitetens Omdannelse til Varme. Ledningsmodstand. Ledningsmodstandens Afhængighed af Traadens Beskaffenhed. Frembringelse af høje Varmegrader ved Traade af Platin og Kul.

Varmen danner, om man tør bruge den Lignelse, det laveste Lag i Naturkræfternes Samfund. Den leverer det grove Arbejde ved at virke i Dampmaskinen; først i de finere Maskiner, som benytte og omforme det raa Arbejde fra Dampmaskinen, træde de andre Naturkræfter til for at udføre deres Arbejde. Passer man ikke udtrykkelig paa de højere Naturvirksomheder, da forfalde de, idet de blive til Varme. Omvendt kan Varmen kun ved særlig Omhu hæves til at optræde som bevægende eller elektrisk Kraft. Imidlertid, jo højere Varmegrad det Legeme har, hvorfra Varmen udgaar, des større Mulighed har denne for at omsætte sig i andre Virksomheder (Lys, kemiske Processer, Bevægelse og Elektricitet). Det er saaledes kun, fordi Solen har saa høj en Varmegrad, at dens Straaler kunne tjene som fysisk Betingelse for det mangfoldige Liv paa Jorden. Med stigende Varmegrad stiger altsaa Varmens Omsætningsværdi og derfor ogsaa dens Rang mellem Naturkræfterne. Den Varme, som f. Ex. bringer en elektrisk Lampe til at lyse, er derfor en saa kostelig Kraft, at man ofrer baade Bevægkraft og Elektricitet for at frembringe den.

Naar vi nu i det følgende skulle betragte de Anvendelser, der ere grundede paa Frembringelse af Varme ved Elektricitet, faa vi i Reglen at gjøre med Elektricitet, som ved at udgaa fra en Dynamo selv er frembragt ved Varme, nemlig den, den virker i Dampmaskinen (jvfr. S. 56). Man bruger altsaa Varmen for at faa Elektricitet, og denne tjener kun til atter at frembringe Varme. Dette er dog kun tilsyneladende en Kredsgang, thi det Legeme, som Elektriciteten opvarmer, faar en langt højere Varmegrad end den, man havde at begynde med. Man hæver altsaa Varmens Rang eller Værdi ved at lade den gaa gjennem Dynamomaskinen.

Skjønt vi tidligere (S. 54) have berørt de Love, som gjælde for den elektriske Varmeudvikling, maa vi dog her betragte dem noget nærmere for at komme til en Forstaaelse af deres Betydning for de Anvendelser, man gjør af denne Varmeudvikling.

Isolerer man et elektriseret Legeme, kan det vel i lang Tid holde paa Elektriciteten, men denne vil dog efterhaanden tabe sig. Elektriciteten har nemlig en bestandig Tilbøjelighed til at udbrede sig over den størst mulige Flade, og da intet Legeme fuldstændig kan standse den, vil denne Udbredelse altid finde Sted. Som det blev nævnt S. 54, kan Elektriciteten ikke foretage nogen Bevægelse i et Legeme uden at efterlade Varme deri. Idet den udbreder sig og derved efterhaanden taber sig, vil den altsaa blive til Varme. Vi have heri en Belysning af den før udtalte Sætning, at Elektriciteten ved at være overladt til sig selv forfalder til en lavere Form.

Gjør man to lige store isolerede Metalstænger lige stærkt elektriske men den ene positivt, den anden negativt, og lægger man derpaa en Metaltraad henover dem begge, da vil al Elektricitet forsvinde, idet de to modsatte Elektriciteter paa Grund af den gjensidige Tiltrækning søge sammen gjennem Traaden og ophæve hinanden (S. 18). Elektriciteten er dog ikke forsvunden uden at efterlade sig Spor paa sin Vej: Metaltraaden er bleven opvarmet. Da Varmen her i Modsætning til det forrige Tilfælde er frembragt paa én Gang og kun har en tynd Traad at opvarme, kan den for en kort Tid give denne en høj Varmegrad.

Naar man forbinder Polerne i et Batteri, vil det gaa som med

de to elektriserede Metalstænger; men medens disses Elektricitet var udtømt i et Øjeblik, saa faa Polerne stadig erstattet, hvad de miste; der foregaar derfor ogsaa en uafladelig Varmeudvikling i Poltraaden, saa længe den gjennemløbes af den elektriske Strøm. Traaden kan altsaa vedvarende holdes opvarmet til en høj Varmegrad.

Det at Elektriciteten, for hvert Skridt den tager i Legemerne, lider et Tab, som den efterlader i Form af Varme, omskrives ogsaa ved at sige, at den møder en *Modstand*, »Ledningsmodstanden«, i Legemerne, større eller mindre efter disses Beskaffenhed. Størrelsen af den Modstand, som et Legeme frembyder, har man altsaa et Maal for i den Varme, som frembringes deri. Danner man et Batteris Poltraad ved at sammenføje to lige lange og lige tykke Stykker af Jærn og Kobbertraad, da vil Strømmen frembringe omtrent 6 Gange saa megen Varme i Jærntraaden som i Kobbertraaden. Jærn gjør derfor 6 Gange saa stor Modstand mod Strømmen som Kobber.

Man kan altsaa paa den Maade udtrykke hvert Legemes Modstand ved bestemte Tal, f. Ex. ved at sammenligne dem alle med den Modstand, som udøves af en Leder, man danner ved at fylde et Glasrør, som er 1 Meter langt og har et Tværsnit lig 1 Kvadratmillimeter, med Kviksølv. Denne Enhed for Ledningsmodstand kaldes *Siemens Enhed* og er omtrent det samme som det, man kalder en Ohm. Danner man lige saa lange og lige saa tykke Traade af andre Stoffer, vil man finde Modstande, der for Sølv og Kobber er $^{16}/_{1000}$, Guld $^{1}/_{500}$, Jærn $^{1}/_{10}$, Platin $^{9}/_{100}$, Kul 40—120. Af de her nævnte Metaller gjøre altsaa Jærn og Platin den største Modstand, men Kullets Modstand er dog indtil 1000 Gange saa stor som disses. Denne sidste Omstændighed maa man vel lægge Mærke til, da den er af den største Betydning for Elektricitetens Anvendelse til Frembringelse af Lys.

Jo længere en Traad er, des større Modstand frembyder den; men man kan bøde paa den store Længde ved at tage en tyk Traad, idet Modstanden formindskes i samme Forhold, som Tværsnittet gjøres større. Fører man Elektriciteten fra et Batteri eller en Dynamo gjennem en Traad, der er dannet ved at sammenføje to Platintraade, hvoraf den ene er 16 Tommer lang og $^{1}/_{5}$ Linie tyk, medens

den anden kun er 1 Tomme lang og $^1/_{20}$ Linie tyk, da vil Elektriciteten finde lige stor Modstand i dem begge. Dette vil sige, at den efterlader lige megen Varme i dem; men denne Varme skal det ene Sted opvarme 256 Gange saa megen Platin som det andet Sted. *Den tynde og korte Traad bliver derfor langt stærkere opvarmet.* Den elektriske Strøm har derfor den meget værdifulde Egenskab at kunne sammentrænge Varmen i høj Grad der, hvor man byder den en stor Modstand paa en kort Strækning, og den kan saaledes tilvejebringe *meget høje Varmegrader.*

Tvinger man en stærk Strøm igjennem en tynd Platintraad, faar denne let saa høj en Varmegrad, at den smelter, hvad der først sker, naar den er bleven henved 2000 ° varm. Naar man derfor kommer til en Grænse for den Varmegrad, der kan naaes, er det ikke Elektricitetens Skyld, idet Grænsen bestemmes af den Varmegrad, som Legemet kan taale, inden det smelter eller brister. For at tilvejebringe de meget høje Varmegrader har man derfor ikke mange Legemer at vælge imellem. Det gjælder om at sammentrænge Varmen meget stærkt, og dette sker som sagt, ved at Strømmen, der gaar i en Leder, møder en stor Modstand paa en kort Strækning af Lederen. Men den Traad, hvori Varmen saaledes sammentrænges, maa være af et Stof, som kan taale den høje Varmegrad; det maa ikke standse Strømmen, hvorfor det maa være en god Leder (S. 16) men dog frembyde tilstrækkelig Modstand uden at man behøver at gaa til Grænsen for den Finhed, man kan give Traaden, før den brister.

Søger man blandt Metallerne for at finde et saadant Stof, maa man altsaa være henvist til dem, der vanskeligst bringes til at smelte; hertil hører Platinet, og da det tillige frembyder en forholdsvis stor Modstand (se forr. S.) og kan trækkes ud til fine Traade er det af Metallerne det bedst skikkede. Imidlertid faar man dog ikke Varmegraden dreven op over 2000 °. Vil man drive den videre, da er man udelukkende henvist til Kullet, hvis Ledningsmodstand er indtil 1000 Gange saa stor som Platinets, og som hidtil har udholdt enhver Varmegrad uden at smelte; rigtignok er det vanskeligt at tildanne i tilstrækkeligt tynde Traade, naar disse skulle være stærke nok til at bære sig selv og modstaa uundgaaelige Rystelser; endvidere

maa det glødende Kul beskyttes mod Luften, naar det ikke skal brænde op. Men har man først Traaden, da kan Strømmen drive den op til en Glødning, som man ikke kan naa i nogen Flamme.

2.

Den elektriske Lysbue.

Aabningsgnisten. Lysbuen mellem Stænger af Metal. Aarsagerne til Flammedannelsen. Lysbuen mellem Kulstænger. Stængernes Svind.

Overalt hvor en stærk Strøm af Elektricitet baner sig Vej gjennem en stor Modstand, vil den afsætte en stor Mængde Varme. Før opnaaede vi dette ved at tvinge Elektriciteten gjennem en tynd Traad. Man kan tilvejebringe en endnu større Varmeophobning paa en anden Maade, naar man har en tilstrækkeligt virksom Elektricitetskilde. Hvis man pludselig standser det Vand, der løber i et Rør ved at lukke dette ved den Ende, hvortil Vandet løber, vil det i første Øjeblik udøve et stort Tryk, som kan sprænge Røret, hvis dette ikke er stærkt. Dette Vandets Stød anvendes i Vandvædderne til at drive Vand op til en større Højde, end den, det kunde naa i en uafbrudt Strøm. Den elektriske Strøm viser et ganske lignende Forhold som Vandstrømmen. Bringer man et Batteris to Poltraade tæt sammen, men dog saaledes, at de ikke røre hinanden, vil Strømmen ikke komme i Gang, idet den er ude af Stand til at gjennembryde selv et meget tyndt Lag af Luften, der jo, som det vil erindres, er en slet Leder. Saasnart Traadene derimod røre hinanden, vil Strømmen gaa. Men forsøger man nu paa at standse Strømmen ved at skille Traadene fra hinanden, bryder Elektriciteten ligesom før Vandet sine Skranker. Man ser nemlig i første Øjeblik en lille Gnist (Aabnings-

gnisten) mellem de to Traade, hvad der er et Bevis paa, at Elektriciteten har gjennembrudt Luftlaget*).

I Reglen forsvinder Gnisten strax, fordi Traadene snart komme for langt fra hinanden, til at Strømmen kan vedblive at gaa. Er imidlertid Batteriet kraftigt, og tager man tynde Stænger af Metal eller Kul i Steden for Traadene, samt sørger for, at Stængerne ikke komme for langt fra hinanden idet man fjærner dem, kan Virkningen

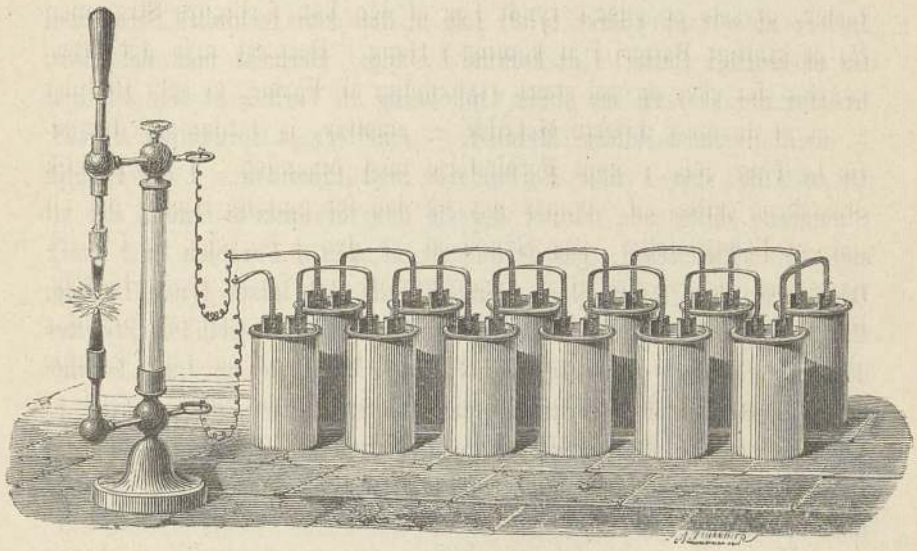


Fig. 141. Frembringelse af den elektriske Lysbue ved galvaniske Elementer.

fortsættes trods den store Modstand, som Elektriciteten møder paa Overgangen fra den ene Stang til den anden. Det man da faar at se, er ikke længer en Gnist, men en vedvarende Flamme, den *elektriske Lysbue* (Fig. 141), der forbinder de to Stænger; den ud-

*) Denne Gnistdannelse giver Anledning til et smukt lille Forsøg. Trykker man den ene Poltraad mod en Fil og stryger med Spidsen af den anden Poltraad hen ad Filen springer der lange Gnister ud af denne som af et Fyrstaal, der uafladelig bliver anslaaet. Hver Gang Traaden gaar over fra en af de smaa Ægge i Filen til den næste, afbrydes Strømmen, og der dannes derfor en Gnist for hver af disse Ægge.

sender et glimrende Lys, hvori der spores den mest levende Virksomhed. Metallet smelter, fordamper og føres over fra den ene Stang til den anden. Disse fortæres derfor snart og bringe saaledes Virkningen til at ophøre.

For at forklare Grunden til dette af Englænderen Davy i Begyndelsen af dette Aarhundrede opdagede Fænomen, maa det for det første oplyses, hvorledes Elektriciteten bliver i Stand til at fortsætte sin Bevægelse gjennem Luften, der ellers optræder som saa slet en Leder, at selv et yderst tyndt Lag af den kan forhindre Strømmen fra et kraftigt Batteri i at komme i Gang. Dernæst maa det vises, hvorfor der sker en saa stærk Ophobning af Varme, at selv Platinet — et af de mest ildfaste Metaller — smelter, ja fordamper derved. De to Ting staa i nøje Forbindelse med hinanden. I det Øjeblik Stængerne skilles ad, danner der sig den før omtalte Gnist; det vil sige, at Elektriciteten, paa Grund af at den i Forvejen er i stærk Bevægelse, faar Kraft til at gjennembryde det første tynde Luftlag. Paa Grund af den store Modstand, som den her overvinder, afsætter den en forholdsvis stor Mængde Varme; Metaldele og Luft komme derfor i Glød i Mellemrummet mellem Stængerne; men herved er Vejen banet for den efterfølgende Elektricitet, idet stærkt ophedet Luft er en bedre Leder end kold Luft, især naar den er blandet med Metaldampe.

Hvis nu den efterfølgende Elektricitet er i Stand til at afsætte tilstrækkelig Varme (altsaa hvis den kommer fra et tilstrækkelig kraftigt Batteri), til at holde Mellemrummet mellem Stængerne i samme Tilstand af intensiv Ophedning, som det oprindelig blev sat i ved Gnisten, er der aabenbart en Mulighed for, at Virkningen kan fortsættes, idet hver Elektricitetsmængde, som slipper igjennem, holder Vejen ryddelig for den næste.

Med 600 Bunsenske Elementer kunde Despretz fjærne to Kulstænger, mellem hvilke han dannede en Lysbue, over 6 Tommer fra hinanden, uden at Lyset slukkedes. En saadan langstrakt Flamme vil, hvis Stængerne ligge vandret, bue sig stærkt opad som Følge af den opad gaaende Luftstrøm, som Varmen frembringer. Heraf har Flammen faaet Navnet Lysbue. Har man blot en Gang gjort

Mellemrummet for stort og derved for et Øjeblik standset Strømmen, kommer denne ikke igjen, før man atter har ført Metalstængerne helt sammen. Afbryder man Strømmen paa anden Maade, slukkes Lyset næsten strax. Det kan dog holde sig en ganske kort Tid; thi hvis Strømmen atter sluttes efter Forløbet af en lille Brøkdel af et Sekund, vedbliver Flammen at brænde, uden at man behøver paany at bringe Stængerne sammen.

Skjønt Luftlaget mellem Stængerne er bleven passabelt for Batteriets Elektricitet, møder denne dog en stor Modstand paa sin Gang derigjennem; en endnu langt større Modstand møder Strømmen ved sin Overgang fra Luft til Metal. Af disse Grunde sammentrænges der en saa stor Mængde Varme paa det lille Mellemrum mellem de to Stænger, at Varmegraden dér bliver langt højere, end man paa nogen anden Maade kan frembringe den.

Kullets Evne til at modstaa Varmen i Forbindelse med dets Evne til at lede Elektriciteten kommer ogsaa her til Nytte. Metalstænger, mellem hvilke man frembringer den elektriske Lysbue, ville hurtigt fortæres, fordi de forholdsvis let smelte og fordampe. Kullet derimod er usmelteligt og fordamper først ved meget høje Varmegrader. Naar man derfor bruger Kulstænger, vil Lysbuen kunne vare længe, og især fra Endepunktet af den Stang, som fører positiv Elektricitet, vil der som Følge af den særdeles høje Varmegrad udgaa et Lys, som kun staar tilbage for Sollyset i Klarhed.

Skjønt det gaar langsomt, fortæres dog Kulstængerne efterhaanden. Da Mellemrummet derved voxer, vil det efter nogen Tid blive for stort til, at Strømmen kan holdes gaaende. Lyset vil derfor slukkes, hvis man ikke bestandig sørger for at skyde Kulstængerne sammen, efterhaanden som de fortæres, saa at Afstanden mellem deres Spidser holdes omtrent uforandret. Grunden til at de fortæres, er dels, at Elektriciteten løsriver og fordamper Dele af dem, dels skyldes det ligefrem Forbrændingen i Luften. I lufttomt Rum hindres Forbrændingen, hvorfor Kullet ogsaa fortæres langsommere.

Medens enhver anden Flamme vilde slukkes, naar man tog Luften om den bort, brænder den elektriske Lysbue meget godt i en Glasklokke, hvoraf man har pumpet Luften ud. Dens Varme er jo

nemlig ikke betinget af en Forbrænding, men kun af at Elektriciteten strømmer over fra den ene Stang til den anden. Ganske vist maa Elektriciteten sandsynligvis altid forefinde et Stof paa sin Vej for at komme frem*); men dels kan man ikke skaffe det sidste Spor af Luft bort, og dels vilde selv i dette Tilfælde Elektriciteten selv sørge for at opfylde Rummet ved at bringe Kullet til at fordampe.

For at undersøge hvad der foregaar mellem Spidserne af de to Kulstænger, kan det ikke nytte at betragte selve Lysbuen, da Lyset

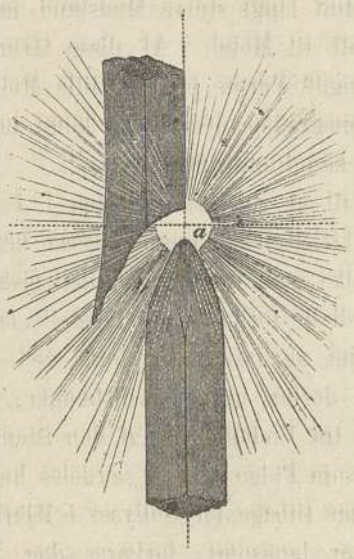


Fig. 142. To skævt stillede Kulstænger, mellem hvilke det elektriske Lys *a* brænder. Den øverste Stang (den positive) sees at være stærkt angreben.

derfra er alt for blændende. Det kan derimod ske meget bekvemt ved at danne et forstørret Billede af den paa et Stykke hvidt Papir, paa samme Maade som det sker ved en Laterna magica. Man vil da faa et Billede at se som det i Fig. 143 fremstillede: til højre i

*) Skjønt Elektriciteten, efter hvad man har Grund til at tro, ikke kan forlade et Legeme, der befinder sig i et fuldkomment lufttomt Rum, er dette ikke til Hinder for, at dens Virkninger paa Afstand som Tiltrækning og Frastødning gjøre sig gjældende (jvfr. S. 256).

Figuren er der til Sammenligning givet et Omrids af Stængerne i naturlig Størrelse. Ved at udbredes over den store Billedflade svækkes Lyset allerede betydeligt, men især sker dette dog, ved at Papiret spreder Lysstraalerne ud i alle Retninger, saa at hvert iagt-

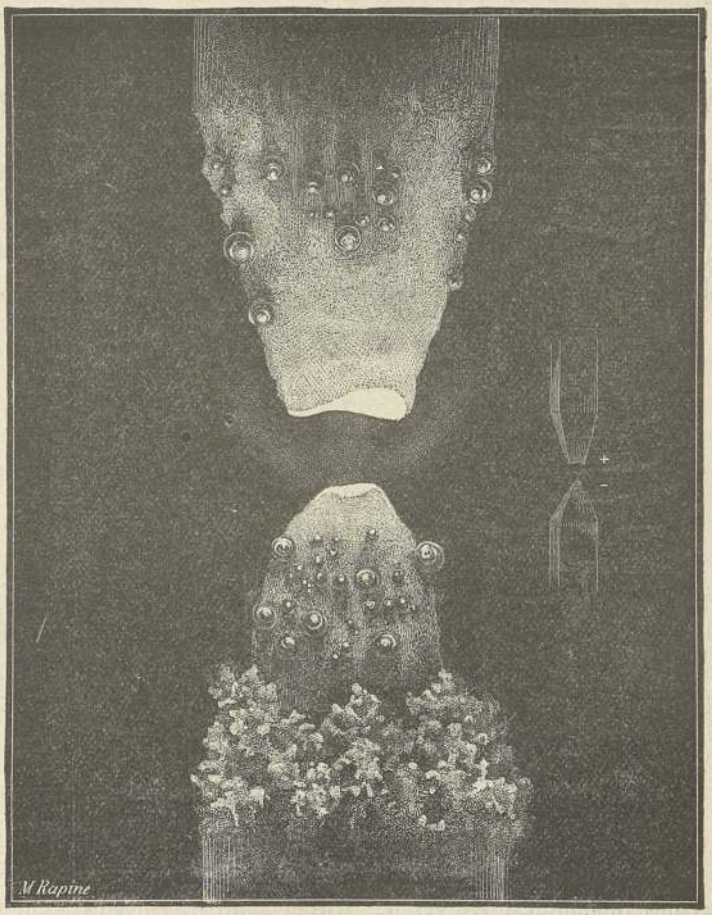


Fig. 143. Forstørret Billede af to Kulstænger, der give elektrisk Lys.

tagende Øje kun faar en lille Del af det paa Papiret faldende Lys. Billedet kan derfor undersøges uden Ulæmpe for Øjnene.

Mellem Kulspidserne ser man Flammen eller Lysbuen udbredt som en Lysning med noget Farvespil. Den Stang, hvorfra den

positive Elektricitet udgaar, ser man udhule sig, saa at der fremkommer ligesom et lille Krater i Spidsen af den, medens den negative beholder sin tilspidsede Form. Begge Stænger gløde ved Enderne, dog især den positive; i den sidstes Krater ser man den intensive Glødning, som aabenbart udsender største Delen af Lyset. Spidsernes Form forandres idelig, ved at de fortæres; uden paa dem afsætter der sig i Reglen smaa Kugler og Tilvæxter, der hidrøre fra smeltede mineralske Bestanddele, som Kullene sjælden ere helt fri for.

Stofbevægelsen mellem Spidserne foregaar sandsynligvis alene fra den positive; i hvert Tilfælde føres der mest Stof med i den Retning, hvori den positive Elektricitet gaar; i lufttomt Rum voxer derfor den negative Stang. I Luften fortæres de begge, men den positive omtrent dobbelt saa hurtigt som den negative (jvfr. Fig. 142).

3.

Kul.

Kullets Forekomst. Kunstigt fremstillet Kul. Kullets Egenskaber og de derpaa grundede elektriske Anvendelser. Tilvejebringelse af en tynd Kultraad; Edisons, Swans, Maxims og Crutos Fremgangsmaader. — Kulstænger til den elektriske Lysbue. Retortkul. Kunstigt fremstillet Kul; Jacqelains, Carrés, Gauduins og Napolis Fremgangsmaader. Forkobring og Fornikling af Stængernes Overflader.

Da Kullet spiller en stor Rolle i Elektricitetens Anvendelser, ville vi betragte dette Stof lidt nærmere i dets forskjellige Skikkelser. Kul er et Grundstof, som findes udbredt overalt. I Luft og Vand findes det indeholdt i Kulsyren; Kullet danner Hovedmassen af det Stof, hvoraf saavel Dyre- som Plantelegemer ere opbyggede, hvorfor disse »forkulle«, naar de ophedes stærkt uden at brænde. Af den Grund er det ogsaa det fremherskende Stof i de Jordlag (Muld og Stenkul), der ere dannede af døde Planter. Paa alle disse Steder findes Kullet blandet med og tildels kemisk bundet til mange andre Stoffer. Rent eller næsten rent findes det i Naturen som Diamant

og Grafit, to Stoffer, der ere saa forskjellige som vel muligt i Egenskaber, men som altsaa dog i deres Grund ere det selv samme. Diamanten er det haardeste Legeme, man kjender, og af stor Klarhed og Glans, mens Grafiten paa Grund af sin Blødhed og mørke Farve bruges i Blyantsstiften til at skrive med.

Man kan kunstigt fremstille rent Kul af saadanne Produkter af Dyre- eller Planteverdenen, der, som f. Ex. Sukker, Petroleum eller Gas, foruden Kul kun indeholde flygtige Stoffer. Ophedes de nemlig stærkt, uden at Luften faar Adgang, vil Varmen udjage de flygtige Bestanddele og saaledes efterlade Kullet. Dette kommer i Reglen hverken frem som Diamant eller Grafit*); det danner en efter Omstændighederne mere eller mindre tæt, ofte stenhaard Masse.

Kullet har i flere Henseender mærkelige Egenskaber. I Form af Diamant er det det haardeste af alle Stoffer. Men det er dog især i kemisk Henseende og overfor Elektriciteten, at det udmærker sig. Det danner en saadan Mængde fra hinanden vidt forskjellige kemiske Forbindelser med andre Stoffer (især med Luftarterne Brint, Ilt og Kvælstof), at Læren om disse Forbindelser (organisk Kemi) er et ligesaa omfangsrigt Fag som alle andre Stoffers Kemi tilsammen. Det er ved denne Mangfoldighed i sine kemiske Forhold, at det bliver muligt for Kulstoffet at være medvirkende ved næsten alle Processer i det organiske Liv. Kullet er ved almindelig Varmegrad et af de uangribeligste Stoffer, idet selv Klorluft og Syreblandinger, som angribe og opløse de ædle Metaller og næsten alle Stenarter, gaa sporløst hen over Kullet. I glødende Tilstand gaar det derimod let i Forbindelse med Ilt (forbrænder) og andre Stoffer, som ere uden Indflydelse paa de nævnte Metaller.

I næsten alle galvaniske Elementer danner man den ene af de to Stænger, der sammen med Vædsken frembringe Elektriciteten, af Kul paa Grund af dette Stofs Evne til at lede Elektriciteten i Forbindelse med, at det aldeles ikke angribes af Vædsken. Vi have

*) Meget smaa Diamanter mener man at have dannet ved at fortætte Dampene fra den elektriske Lysbue; Grafit kan udskilles, naar smeltet Jærn størkner, idet næsten alt Jærn indeholder lidt Kul.

endvidere i Kultelefonen og Mikrofonen set en vigtig Anvendelse af den Egenskab ved Kullet, at dets Modstand mod den elektriske Strøm forandres betydeligt, ved at det udsættes for Tryk. Imidlertid kan Kullet dog undværes ved Telefoneringen; derimod er det aldeles uundværligt ved de forskjellige Maader at frembringe elektrisk Lys paa. Efter disse Maader skal det tilberedes i højst forskjellig Form, nemlig dels som tynde Traade for at frembyde stor Modstand paa en uafbrudt elektrisk Ledning og dels som Stænger for at tjene ved Dannelsen af den elektriske Lysbue, der fremkommer, naar Ledningen for et stærkt Batteris Strøm brydes. Bestræbelserne for at opnaa gode Resultater i begge Henseender har fremkaldt en hel Industri, hvis i flere Henseender interessante Fremgangsmaader vi skulle fremstille i Hovedtrækkene*).

For at tilvejebringe en tynd og dog stærk Kultraad kan man tildanne Traaden ved Forkulning af et organisk, altsaa kulholdigt Stof, der enten som en Plantetrævl i Forvejen har Traadformen, eller hvoraf denne kan udskæres. En anden Fremgangsmaade bestaar i at fremstille Kullet, der skal danne Traaden, kunstigt, som ovenfor omtalt, og gjøre det saaledes, at Kullet former sig som en Traad, idet det udskilles af det kulholdige Stof. Det sidste bliver altsaa en Slags Støbning, skjønt Kullet ikke har været smeltet. En tynd Metaltraad dannes af en tykkere ved at trække denne gjennem et Hul i en Staalplade, hvis Tværsnit er mindre end Traadens. En saadan Fremgangsmaade kan der naturligvis ikke være Tale om at anvende paa Kullet paa Grund af dette Stofs Sprødhed baade i Varme og Kulde.

Edison sendte Folk hele Verden rundt for at finde en Plantetrevl, som tilfredsstillede hans Fordringer; han fandt, hvad han søgte i et japanesisk Bambusrør, som kunde udpilles i Trevler, der viste stor Ensartethed i Tykkelse og Sammensætning. Efter at Vedet i Røret er optrevlet i Traade paa mindre end $^1/_2$ Linies Tykkelse, bøjes disse i Form af et U og lægges imellem to Jærnplader, hvori

*) De fleste Oplysninger herom ere hentede fra Elektrotechnische Bibliothek, Bd. III: Das elektrische Licht von Urbanitzky.

der er skaaret Furer til Optagelse af dem; Pladerne bringes derpaa ind i en Ovn, hvor de ophedes til Glødning. Efter kort Tids Forløb er Forkulningen endt, og naar Pladerne atter ere afkølede, skilles de ad, og man finder nu i hver Fure en Kultraad, som er saa stærk, at den kan taale en betydelig Bøjning. Traaden er bleven meget tyndere (omtrent som et Hestehaar), idet næsten alt, hvad der kunde forflygtiges, er dreven ud ved Varmen, medens det tilbageblivende Kul har trukket sig sammen til en kompakt Masse.

Naar Traaden skal bringes i Glød ved Elektriciteten for at tjene som Lysgiver, maa den være beskyttet mod Tilgang af Luften, i hvis Ilt dens ringe Mængde Kul vilde fortæres i et Øjeblik. Den indeslutte derfor i et lufttæt Glashylster (Fig. 144). Igjennem Bunden af dette gaar der to Metaltraade op, som bære hver sin Ende af den som et ∩ anbragte Kultraad. Af Glashylstret udpumpes Luften, saa vidt som det er muligt, ad et Rør, der afsmeltes bagefter, og hvis Rest sees foroven. Lader man to Poltraade røre ved de udenfor Glasset værende Ender af de kulbærende Metaltraade, vil Strømmen føres gjennem Kultraaden. Af denne er endnu ikke alt flygtigt udjaget, da det glødende Jærns Varmegrad ikke har kunnet være høj nok dertil. Men ved nu, medens Luftpumpen endnu er i Gang, at sende en stærk Strøm gjennem Traaden, bringes denne i saa stærk Glød, at alt flygtigt jages ud og fjærnes ved Luftpumpen. Først nu har Traaden den Styrke baade overfor Rystelser og overfor stærke Varmeforandringer, som er nødvendig, for at den skal kunne holde ud til den praktiske Anvendelse.

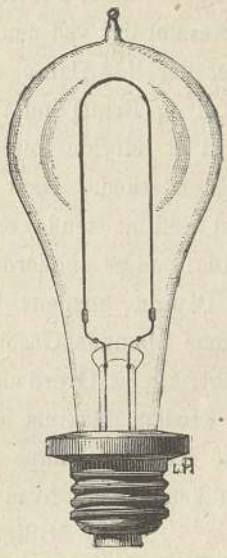


Fig. 144. Edisons Glødelampe (omtrent $^2/_3$ virkelig Størrelse).

Swan danner Kultraaden af en Bomuldstraad. Denne holdes først nogen Tid ned i Svovlsyre. Herved lider Traaden den samme Forandring som den, hvorved almindeligt Papir omdannes til Perga-

mentpapir. Den bliver altsaa tilstrækkelig stiv til at beholde den Form, man giver den. Efter dette anbringes Traaden i en Digel, hvor den omgives med fint Kulstøv, hvorpaa Digelen med Indhold opvarmes til Hvidgløde uden Adgang for Luften. Den herved frembragte fine Kultraad behandles nu paa lignende Maade som Edisons.

Maxims Kul er snarere et smalt Baand end en Traad. Han udskærer det af Bristolpapir i Form af et M. Efter at være ufuldstændigt forkullet anbringes det i Glashylsteret paa to Platintraade for at gjøres færdigt ved den elektriske Varme. Efter at Luften er udpumpet, slippes der lidt Damp af Gasolin (en kemisk Forbindelse, der indeholder Kul og Brint) ind i Glasset. Gasolinets Bestemmelse er at afgive Kul til at udfylde Porerne i det forkullede Papir, saa det faar Styrke og Ensartethed. Naar man faar det tynde Kulbaand til at gløde stærkt ved at sende en elektrisk Strøm derigjennem, ville de omgivende Dampe sønderdeles ved den høje Varmegrad, idet Kul afsætter sig i Papiret, medens Brinten bliver tilbage. Der maa kun sendes en ringe Mængde Gasolindamp ind, da Kullet ellers afsætter sig for rigeligt, saa at Overfladen bedækkes, før Porerne ere fyldte.

Medens Maxims Kulleder bliver forstærket ved Kul, som skilles ud af Kulbrintedampe ved Varmen, saa danner Cruto Kullederen udelukkende ved, hvad vi før kaldte Støbning. En Platintraad, der kun er $^1/_{60}$—$^1/_{20}$ Millimeter tyk, og som har den Form, Kullederen skal have, anbringes saaledes, at en elektrisk Strøm kan sendes derigjennem, i et Rum, som er opfyldt med Kulbrintedampe. Ved at Strømmen bringer Traaden i Glød, bliver den hurtigt bedækket med et jævnt og ensartet Lag af rent Kul. Platinet maa imidlertid skaffes bort, hvis Kullet skal gjøre Nytte. Det skulde synes umuligt at faa denne Traad ud af sit tæt sluttende Hylster af skjørt Kul. Trække den ud kan man ganske vist ikke. Det vilde heller ikke lykkes at smelte den ud, da det flydende Platin ikke vilde kunne løbe ud ad den smalle Aabning; men her kommer Elektriciteten selv til Hjælp ved sin store Varmeevne. Sendes nemlig en meget stærk Strøm gjennem Traaden, kan man bringe Platinet til at fordampe, saa at det slipper ud af Kulklædningen uden at skade denne. Tilbage bliver da et yderst fint elastisk Rør af metalglindsende Kul.

Der har været mange Vanskeligheder at overvinde, før man lærte at frembringe Kultraade, som forbandt en ringe Tykkelse med tilstrækkelig Styrke. Tidligere er der gjort mange forgæves Forsøg. Først da man for en halv Snes Aar siden begyndte at konstruere store Dynamomaskiner og derved fik billig Elektricitet, fik Opgaven en virkelig praktisk Betydning, og med den Tid begyndte derfor først de ivrige af Kapitalerne understøttede Bestræbelser for at løse den, som nu have ført til et tilfredsstillende Resultat.

Paa lignende Maade er det gaaet med Fabrikationen af de Kulstænger, man anvender til Dannelsen af den elektriske Lysbue. Man kan frembringe denne ved to Stænger, som ere skaarne ud af Trækul, hvilket Stof Davy brugte, da han første Gang frembragte den. Trækullet blev imidlertid fortæret saa hurtigt, at Lysbuen kun kunde vare kort Tid. Da man i lang Tid efter Davys Opdagelse ikke beskjæftigede sig synderlig med Sagen, skete det første Fremskridt ikke før i 1844, da Foucault fandt paa at bruge det saakaldte Retortkul, der fremkommer ved Gasfabrikationen. Som bekjendt frembringes Gassen ved at ophede almindelige Stenkul i en lukket Beholder, Retorten, af Jærn eller ildfast Ler. Det kaldes at underkaste Kullene en tør Destillation. Ved denne udjages de flygtige Bestanddele og føres ud gjennem et Rør. En af disse Bestanddele er Gassen, som opsamles i Klokkerne. Andre af de flygtige Stoffer fortætte sig imidlertid, naar de i nogen Afstand fra Retorten blive afkølede tilstrækkeligt, og danne Kultjæren. Det, der bliver tilbage i Retorten, er dels Kokes, som væsenlig bevare de oprindelige Kulblokkes Form, dels Retortkullene, der afsætte sig som et stenhaardt Lag paa Inderside af Retorten, ved at de kulholdige flygtige Produkter stryge hen ad de glødende Vægge, og, idet de sønderdeles af Varmen, afsætte en Del af deres Kul paa disse.

Retortkullene finde stor Anvendelse i de galvaniske Elementer og kunne ogsaa anvendes til Frembringelse af Lysbuen. Da det er en meget tæt Kulsort i Modsætning til det porøse Trækul, brænder det kun meget langsomt i Luften, selv om det ophedes stærkt, hvorfor Lysbuen kan holdes brændende timevis mellem Stænger af Retort-

kul, naar man af og til nærmer dem til hinanden for at bøde paa, at de fortæres.

Medens man stræber at danne Kultraaden saaledes, at den frembyder stor Modstand mod Strømmen, skulle Lysbuens Kulstænger helst lede godt. Varmen skal jo nemlig sammentrænges i Mellemrummet mellem Kullene; men naar disse selv frembyde stor Modstand, vil en ikke ringe Del af Varmen gaa tabt til at opvarme dem. Da Retortkullene, atter paa Grund af deres Tæthed, lede Elektriciteten forholdsvis godt, var deres Anvendelse ogsaa i den Henseende et Fremskridt.

De bestandigt udvidede Fordringer, man stillede til Beskaffenheden af Lyset fra den elektriske Lysbue, efterhaanden som det rykkede nærmere mod den praktiske Anvendelse, gjorde imidlertid, at Retortkullene ikke kunde tilfredsstille i Længden. I Stenkullene findes en Mængde mineralske Stoffer (de, som ved Forbrændingen danne Asken); største Delen af disse forblive vel i Kokesene, men en Del optages dog af Retortkullene ved den stadige Berøring med Kokesene. Retortkullene ere derfor ikke rene og, hvad der har mere at sige, de ere ikke ensartede. Lysbuen kan derfor forandre Farve og Styrke, og der kan springe Splinter løs af Stængerne.

Da Tjæren har forladt Retorten i flygtig Tilstand, er der ingen Askebestanddele fulgt med den. Da den tillige er meget kulrig kan den ved en fornyet stærk Ophedning bruges til Fremstilling af rent Kul. Jacqelain forsøgte paa denne Maade at lave en god Kulsort til elektrisk Brug, idet han sønderdelte Tjæren ved at udbrede den paa stærkt ophedede Pander. Kullet, der bliver tilbage paa Panderne, har Retortkullenes gode Egenskaber og er tillige rent og ensartet. Det giver derfor et roligt Lys, hvis Styrke skal være 25 pCt. større end Retortkullenes under forøvrigt lige Forhold. Fabrikationen er imidlertid kostbar, blandt andet fordi det koster et stort Arbejde at save det haarde Stof ud i Stænger.

Jacqelain forsøgte derfor at opnaa et lignende Resultat paa en billigere Maade ved at rense Retortkullene. Dette kan lade sig gjøre temmelig fuldstændigt, fordi de skarpeste Midler kunne bruges, da Kullet selv ikke lider ved disse. De af Retortkul udsavede Stænger

blive først i hvidglødende Tilstand i hele 30 Timer udsat for en Strøm af Klorluft. Herved omdannes de fleste mineralske Bestanddele saaledes, at de kunne opløses, saa at Kullene nu kunne vaskes rene ved Brug af forskjellige Vædsker. Ved denne Behandling er der imidlertid fremkommet Porer i Kullet; for at udfylde disse glødes Stængerne atter men nu i en kulholdig Atmosfære (Dampe af Kultjære).

Den besværlige Udsavning af Kulstængerne kan undgaaes ved at forme dem af en Dejg, der indeholder tilstrækkeligt Kul til efter en Bagning i Hvidglød og dermed følgende Udjagning af flygtige Bestanddele at danne Materiale for en fast Kulstang. *Carré* danner en Dejg af 15 Dele pulveriseret og renset Kokes, 5 Dele Kønrøg og 7—8 Dele af en Sirup, som er dannet af 30 Dele Sukker og 12 Dele Gummi opblødt i Vand. Efter at Stængerne ere formede under stort Tryk, tørres de og bringes derpaa i længere Tid i Glød.

Efter Glødningen koges Stængerne 2—3 Timer i Sirup lavet af Rørsukker og Karamelsukker, som trænger ind i Kullets Porer. Efter at Sirupen er vasket af deres Overflade, glødes de paa ny. Denne Proces maa gjentages flere Gange for at give Stængerne fornøden Tæthed og Haardhed. Carrés Kulstænger lede Elektriciteten bedre end Retortkulstænger.

Gauduin danner ligesom Jacqelain et Kul af Stoffer, der kun indeholde flygtige Bestanddele ved Siden af Kullet. Men i Steden for at skære Stængerne ud deraf, pulveriserer han Kullet og blander det med Tjære til der fremkommer en Dejg af passende Stivhed, som derpaa formes under hydraulisk Tryk og udglødes.

Napoli danner Kul ved at underkaste Tjære en tør Destillation; han maler Kullet mellem Møllestene, sigter det og danner derpaa en Dejg ved Opblødning med Tjære. Dejgen males derpaa for at blive ensartet ved Møllestene, som gaa i det Kar, der indeholder den. For at gjøre Dejgen smidig ved Formningen under det hydrauliske Tryk, opvarmes Formen udvendig fra ved Damp. Under den paafølgende Udbrænding opvarmes Stængerne lidt efter lidt til Rødglød, for at Dampene kunne faa Tid til at undvige uden at gjøre Kullet Skade. Efterat de derpaa ere blevne afkjølede langsomt, op-

hedes de igjen til stærkere Glødning. Hermed er Behandlingen endt. Napolis Stænger ere staalgraa af Farve og tilstrækkelig tætte og stærke; de skulle udmærke sig fremfor de fleste andre; saaledes have Forsøg vist, at to af Carrés Stænger i en brændende elektrisk Lampe svandt tilsammen over 8 Tommer i Timen, medens Napolis kun svandt henved 3 Tommer.

Vil man gjøre Napolis Stænger endnu tættere ved at udfylde Porerne, maa de paany gjennemtrænges med Tjære. Denne kan dog ikke uden Hjælp trænge ind i Porerne, der jo ere udfyldte med Luft. Stængerne bringes derfor ind i et Rum, der udvendig fra opvarmes ved Damp, og hvoraf man udpumper Luften. Herved trækkes Luften ogsaa ud af Kullets Porer. Nu lader man Vædsken under den ydre Lufts Tryk stige op i det lufttomme Rum. Lufttrykket presser den da ind i enhver Pore. Herefter følger en ny Udglødning. Saaledes behandlede Kul skulle være de fortrinligste, man hidtil har kjendt.

Stængernes Tykkelse gjøres højst forskjellig (fra et tyndt Griffels til stor Fingeltykkelse) efter Størrelsen af den Lysbue, man ønsker at frembringe. Naar de ere i Brug, ville de gløde ikke blot ved de mod hinanden rettede Spidser, men over en Strækning paa 2—3 Tommer, idet Varmen ledes ud i Stangen fra Lysbuen. Denne Glødning har til Følge, at Luften angriber Overfladen, og saaledes fremskynder Svindet. For at hindre denne unyttige Forbrænding, beklæder man ofte Kulstangen med et tyndt Lag Kobber eller Nikkel, som udfældes galvanisk derpaa. Det glødende Metal angribes nemlig ikke stærkere af Luften, end at det kan beskytte Kullet indenfor.

4.

Lyset og dets Frembringelse.

Lys frembragt ved Ophedning af Legemerne. Lys fra kolde Legemer. De forskjellige Legemers Evne til at lyse ved Ophedning. Lysstraalens Forhold, naar den træffer et Legemes Overflade. Sammensat Lys. Hvidt Lys. — Frembringelse af Lys ved Forbrænding. Flammens Bygning. Siemens Regenerativbrænder. Clamonds Gasglødelampe. — Skyggedannelse. Gjenstandenes Belysning ved kunstigt Lys og ved Dagslyset.

Ethvert fast eller flydende Legeme, som opvarmes tilstrækkelig stærkt, vil udsende Lysstraaler, blive selvlysende. Luftarterne udsende rimeligvis ogsaa alle Lys, naar de ophedes, men det er ofte saa svagt, at det ikke kan iagttages; saaledes har Siemens bemærket, at Luften i en Ovn, hvor Varmegraden var omtrent 1500° høj, ikke udsendte saa meget Lys, at det kunde gjøre Indtryk paa Øjet. Der var to Aabninger lige over for hinanden i Ovnens Vægge. Skjønt Væggene vare hvidglødende, var Ovnrummet dog fuldkommen mørkt at see ind i, naar man holdt Øjet saaledes bag en Skjærm med Hul i, at der intet Lys kunde komme til Øjet fra nogen Del af Væggene men kun fra Rummet mellem de to Aabninger. Fandtes der Støv, altsaa faste Dele i Luften i Ovnrummet, blev dette lysende.

Den høje Varmegrad er dog ikke en nødvendig Betingelse, for at et Legeme skal lyse. Vi ville her erindre om det Lys, som Luftarter kunne udsende, naar de indesluttes i Glasrør i stærkt fortyndet Tilstand, og man sender elektriske Udladninger igjennem dem (S. 46). Lyset hidrører ikke fra, at Luften opvarmes stærkt af Elektriciteten; dels vilde den blotte Opvarmning efter de gjorte Erfaringer ikke kunne frembringe et nær saa stærkt Lys, og dels har *Wiedemann* maalt Varmegraden af saadan Luft og funden den maaske næppe 100° varm. Dette Lys er altsaa i egenligste Forstand elektrisk Lys. Luften gløder ved Elektriciteten men uden at have naaet Glødhede.

De mange fosforescerende Legemer, som blive selvlysende for en Tid ved at beskinnes af Lys, og de forskjellige Dyr, der have

selvlysende Organer, ere ligeledes Exempler paa, at Lys ikke behøver at være betinget af Opvarmning.

At omvendt en meget høj Varmegrad ikke behøver at være ledsaget af Lysudvikling, saa vi før ved Luftarterne. Naar der ikke optræder andet end luftformige Ting i en Flamme, vil denne derfor næsten ikke lyse. Den højeste Varmegrad, man kan naa ved en Forbrænding, faaes ved at føre Strømme af Ilt og Brint sammen og antænde dem; men Flammens Lys er yderst svagt, idet den kun bestaar af Luftarter. Holder man derimod et Stykke Kridt ind i den, udsendes et blændende Lys (Drummondske Kalklys), fordi der nu er et fast Legeme, som modtager den høje Varmegrad.

Der er stor Forskjel paa den Mængde Lys, som udgaar fra forskjellige faste Legemer, selv om de have lige store Overflader og ere lige stærkt ophedede. Det er i Reglen de Stoffer, der opsluge mest af det Lys, som træffer dem (altsaa mørke Legemer), som udsende mest, naar de bringes i Glød. Kul er af alle kjendte Stoffer det, som gløder stærkest, medens Glas, som næsten lader alt Lys gaa igjennem sig, kun udsender et svagt Lys, naar det opvarmes til Glødhede.

Naar en Lysstraale træffer et Legemes Overflade, vil den altid blive delt i to, hvoraf den ene trænger ind i Legemet, medens den anden kastes tilbage i Rummet, hvorfra Straalen kom. Hvis Legemet er gjennemsigtigt, kan den første helt eller delvist slippe igjennem. Er det uigjennemsigtigt, forsvinder Straalen som Lys inde i Legemet, idet den forvandles til Varme.

Den Straale, som trænger ind i et gjennemsigtigt Legeme, vil i Reglen der bevæge sig i en fra den oprindelige afvigende Retning; den bliver brudt. Da de forskjellige Farvestraaler brydes forskjelligt, ville de, hvis de have fulgtes ad til Legemet, gaa hver sin Vej gjennem det. Man har herved et vigtigt Middel til at udskille de forskjellige Dele, hvoraf en sammensat Lysstraale (de allerfleste Lysstraaler ere sammensatte) bestaar. Man kan altsaa analysere Lyset (jvfr. S. 50), som Kemikeren analyserer et sammensat Stof (Fig. 145).

Undersøger man det Lys, som sædvanlig kommer fra farvede Legemer, vil man finde det sammensat i Reglen af forskjellige Far-

ver, men i alle Tilfælde af en Uendelighed af Nuancer af samme Farve. Blandingsforholdet for de enkelte Bestanddele afgjør den Farvetone, hvormed Legemet lyser. Den enkelte Bestanddel kan angives og gjenkjendes nøiagtigt ved den Vinkel, som den afbøjes i Prismet, men paa Grund af Bestanddelenes Mangfoldighed og Vanskeligheden ved at maale deres forholdsvise Styrke, bliver det umu-

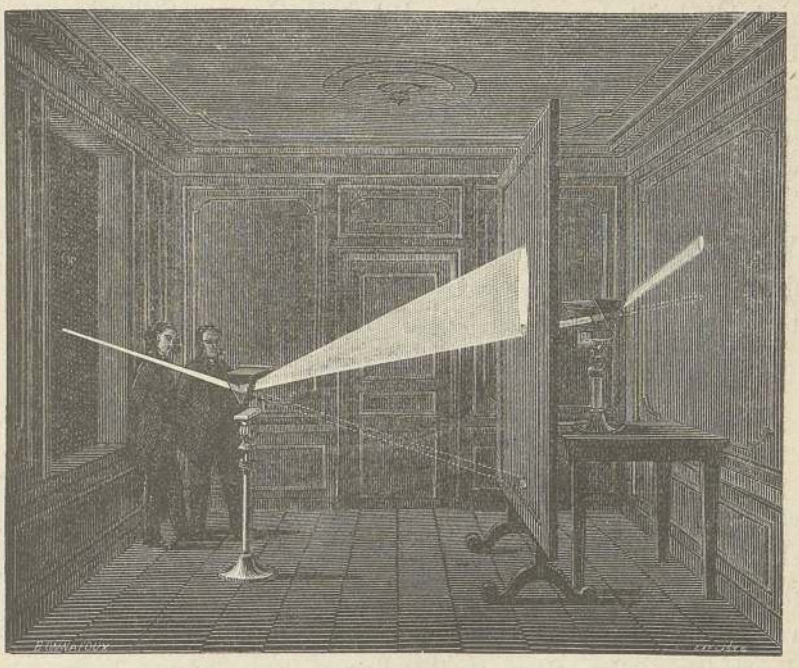


Fig. 145. I et Værelse, hvorfra andet Lys er noldt ude, falder en Solstraale (hvidt Lys) ind gjennem et lille Hul i en Skodde paa et »Prisme«, det vil sige en kort tresidet Stang af gjennemsigtigt Stof. Det hvide Lys indeholder Straaler af alle Farver, som gaa hver sin Vej fra Prismet, fordi de brydes forskjelligt deri. Skærmen til højre belyses derfor med alle Regnbuens Farver, rødt for neden, violet for oven. Det hvide Lys er altsaa bleven analyseret. Hver af de enkelte Straaler fra Prismet kunne undersøges særskilt, ved at man borer Hul i Skærmen der, hvor denne træffes af Straalen, og opstiller et andet Prisme bag Skærmen. Ved Brydning i dette fremkommer ingen anden Farve end den, som falder derpaa.

ligt i Ord eller Tal at sige, hvad en sammensat Farve er; man kan med andre Ord ikke give en Definition af f. Ex. den brune Farve. Kun det hvide Lys er man i Stand til at definere.

Hvad vil det sige, at Kalk er hvidt? Det viser sig rødt, hvis der falder Lys paa det fra et rødt lysende Legeme, og grønt, hvis Lyset kommer fra et grønt Legeme, kort sagt: det samme Stykke Kalk kan vise sig med alle Farver efter Beskaffenheden af det Lys, som falder paa det. Det viser sig kun hvidt, 1) hvis Dagslyset (altsaa Lys fra Solen) falder paa det, 2) hvis der falder Lys paa det fra et andet hvidt lysende Legeme. Men heraf følger, at Dagslyset, og det, vi kalde hvidt Lys, ere ens. Det hvide Lys er Sollyset. At et Legeme er hvidt, vil sige, at det kaster Sollyset uforandret i Farve tilbage. Har Solen forandret Farve i den Tid, Menneskeslægten har levet, da har den Farveblanding, vore Forfædre have kaldt hvid, været en anden end vor hvide Farve.

Da Beskaffenheden af Solens Lys er betinget af dens meget høje Varmegrad, vil Lyset fra et glødende Legeme nærme sig des mere til det hvide Lys, jo mere dets Varmegrad nærmer sig Solens; Legemerne blive hvidglødende ved de høje Varmegrader.

Det man næsten altid bruger for at frembringe kunstigt Lys, er glødende Kul. Maaden, hvorpaa det bringes i Glød, kan være forskjellig. Vi have set, at det kan ske ved Elektriciteten. I de almindelige Lysmidler Gasblus, Lampe- og Lysflammer, fremkommer Varmen ved Forbrænding af et kulholdigt Stof. Belysningsgas er en kemisk Forbindelse (eller rettere en Blanding af flere saadanne Forbindelser) af Kul og Brint. Ophedes den af et Rør udstrømmende Gas, vil denne sønderdeles i sine Grundstoffer, altsaa i Luftarten Brint og i et fint Kulpulver (Sod), og hvert af disse vil derpaa brænde, idet Brinten danner Vanddamp med Luftens Ilt, medens Kullet danner Luftarten Kulsyre. Forinden Kullet kommer i tilstrækkelig Berøring med Luften i det yderste Lag af Flammen til at brænde, vil det paa Vejen dertil bringes i Glød og saaledes gjøre Flammen lysende. Blander man den udstrømmende Gas med atmosfærisk Luft, forefinder Kullet strax Ilt til sin Forbrænding, saa at det kan træde i Forbindelse med Ilten i samme Øjeblik, det træder ud af Forbindelse med

Brinten; det kommer derfor slet ikke til at optræde som Pulver i Flammen. Da denne derfor ikke indeholder faste Bestanddele, vil den kun lyse meget svagt, hvorimod Varmegraden bliver høj, og den vil i Modsætning til en lysende Flamme ikke tilsode kolde Ting, hvormed den kommer i Berøring. Saaledes bruges Gassen til Kogning og Opvarmning (Bunsens Gaslampe).

I Lampe- og Lysflammer er det ogsaa Gas, man brænder; Forskjellen er blot, at her dannes Gassen, samtidig med at den brændes; hver Lampe og Lys er et Gasværk, som kun leverer Gas til det øjeblikkelige Forbrug. Betragter man et brændende Stearinlys (Fig. 146), da vil man finde, at der inderst i Flammen omkring Vægen er en ikke lysende Kjærne *C*. Denne er udfyldt af Gas, der strømmer ud fra Vægen og brænder i den øvrige Del af Flammen. Gassen fremkommer, ved at Stearinet smelter og suges op af Vægen. Her bliver det opvarmet saa stærkt, at det forflygtiges (bliver til Gas); det udbreder sig derfor og kommer i Brand i det yderste Lag *B* af Flammen, hvor det møder Luften. Paa Vejen hertil i det mellemste Lag *A*, altsaa inden det brænder, udskilles det Kulstøv, som ved sin Glødning udsender Lyset. I *B*, hvor Forbrændingen foregaar, og hvor derfor Varmegraden er højest, findes kun de luftformige Forbrændingsprodukter, som lyse svagt. Der er naturligvis ikke nogen skarp Grændse mellem de forskjellige Lag, men disse kunne dog tydelig paapeges hver for sig.

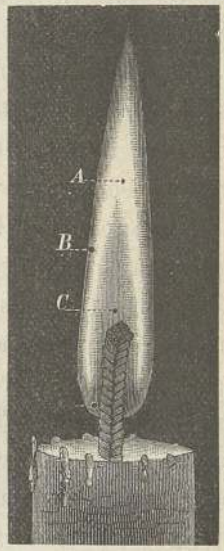


Fig. 146.

En Flammes Lysstyrke forøger man ved at forøge Varmegraden, hvilket sker ved at afpasse Tilstrømningen af Luft efter Flammens Behov. Lampeglasset forøger og samler Luftstrømningen; Flammen bliver derved mindre, fordi Gassen ikke behøver at udbrede sig saa meget som før for at forefinde tilstrækkelig Ilt; men af samme Grund bliver Varmegraden højere, Lyset hvidere

og stærkere. For at sammentrænge Varmen saa meget som muligt, indsnævres ofte de brændende Luftarters Vej enten ved paa et enkelt Sted at indsnævre Glasset eller tildels spærre det ved at anbringe en vandret Metalbrik af noget mindre Diameter end Glasset inden i Flammen.

Den Omstændighed, at Stoffet, som brænder, og Luften, som nærer Forbrændingen, begge ere kolde og altsaa skulle opvarmes af Flammen, inden Forbrændingen kan foregaa, formindsker Varmegraden. Paa den anden Side bliver den Varme, hvormed Forbrændingsprodukterne Kulsyre og Vanddamp gaa bort, i Reglen ikke til Nytte og ofte til Skade. Siemens har derfor indrettet en Gaslampe, »Regenerativbrænder«, hvor Luften ophedes paa sin Vej til Flammen, idet den ledes udenom et Rør, som holdes stærkt opvarmet, ved at de bortdragende Forbrændingsprodukter suges ud derigjennem, ligesom ogsaa Gassen selv opvarmes derved; han har derved opnaaet en betydelig Forøgelse i Lysstyrken uden at forøge Gasforbruget.

Clamond har konstrueret en anden Lampe: Gasglødelampen, hvor man frembringer en svagt lysende Flamme som i Bunsens Lampe, men den Luft, hvormed Gassen blandes, er i Forvejen opvarmet, idet den gaar igjennem Rør, som bringes i Glød ved smaa Hjælpeflammer. Herved fremkommer en meget hed men, som sagt, kun svagt lysende Flamme. I denne er der imidlertid anbragt et Næt af ildfaste Traade, som gløde heftigt og saaledes udsende et stærkt Lys. Fremgangsmaaden i denne Lampe, der skal give en stor Lysstyrke i Forhold til Gasforbruget, er en lignende, som den, der anvendes i det før omtalte Drummondske Kalklys, hvor en Ilt-Brint Flamme rettes mod et Stykke Kridt eller andet ildfast Mineral.

Hvis man i et Værelse overtrak saavel Vægge som Møbler med sort mat Tøj og med Udelukkelse af alt andet Lys tændte en stærk Flamme af lille Omfang, vilde hver Gjenstand i Værelset, som blev truffen af Lyset, frembringe et næsten fuldkommen mørkt Rum bagved sig. Man vilde have meget stærke Modsætninger mellem Lys og Mørke og skarpe Overgange. Stillede man flere Lys op ved Siden af

det første, vilde deres Straaler tildels trænge ind i det, der før var helt mørke Rum, og saaledes danne Overgange mellem Lys og Skygge.

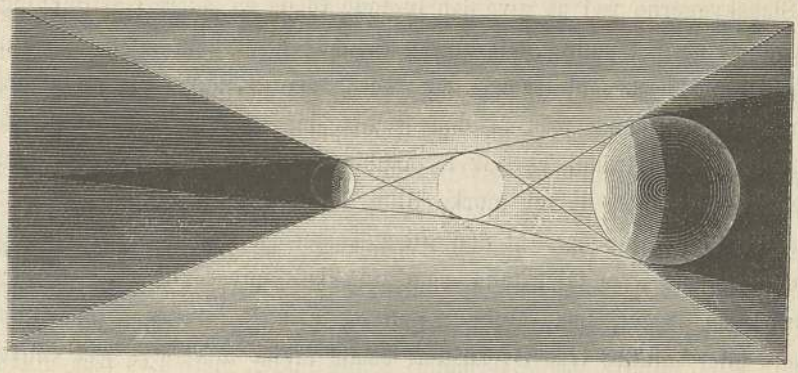


Fig. 147.

Det samme vil naaes, ved at den enkelte Lysgiver faar et større Omfang, hvad der kan ske ved at omgive den med en hvid Glaskuppel. Lad den midterste Kugle i Fig. 147 forestille en saadan

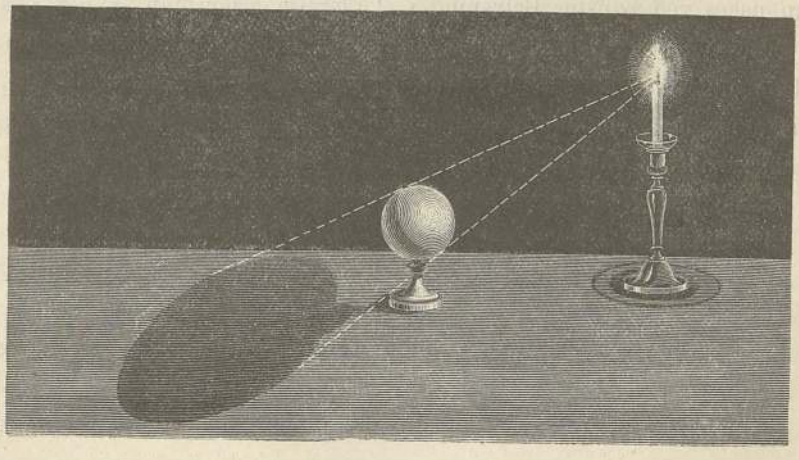


Fig. 148.

Kuppel og de andre Kugler to mørke Legemer. I Rummet bag disse vil der fremkomme en fuldkommen jævn Overgang mellem helt

belyste og helt mørke Steder. Gjennemskærer et Legemes Overflade Rummet, vil der falde en »Slagskygge« paa den (Fig. 148).

I vort sortklædte Værelse kunne vi altsaa mildne Overgangene i Slagskyggerne ved at give den lysende Flade en større Udstrækning; men der er dog endnu helt mørke Steder, fordi hver Gjenstand sluger alt det Lys, som træffer den. Tage vi derimod Klædningen af en af Gjenstandene, saa at den fremtræder med sin lyse Overflade, da vil den vel fremdeles selv fremkalde en Skygge bag ved sig, men den vil nu oplyse de før mørke Rum foran den. At Overfladen er lys, vil jo nemlig sige, at den tilbagekaster en Del af det Lys, som træffer den. Hver Gjenstand, som afdækkes, bliver altsaa til en Lysgiver, saa at der, naar Møbler, Loft og Vægge fremtræde med deres mere eller mindre lyse Overflader, baade falder mere Lys paa enhver Ting i Værelset, og dette bliver gjennemkrydset i alle mulige Retninger af Straaler, saa at intet Rum bliver helt mørkt.

Belysningens Art i et Rum afhænger altsaa i høj Grad dels af Lysgiverens Udstrækning, dels af de belyste Gjenstandes Farve. Dagslyset er næsten helt frit for Skygger, fordi det kommer i alle Retninger fra den ved Sollyset oplyste Luft. Noget Lignende kan naaes ved kunstig Belysning i et Værelse, naar man skjuler Lysgiveren helt, idet man kaster alt dens Lys op imod en stor hvid Flade under Loftet. Er Lysgiveren meget stærk og hvid (den elektriske Lysbue), vil man næppe mærke Forskjel, naar man gaar fra et saaledes oplyst Værelse til et af Dagen belyst.

5.

Lysmaaling.

Lysstyrken udtrykt ved Tal. Belysningen i forskjellige Afstande fra Lyskilden. Lysmaalere. Normallys. Sammenligning mellem Lys af forskjellig Farve. Lysgiverens Klarhed.

Lyset fra et glødende Legeme kan være forskjelligt i Farve, Klarhed eller Intensitet og Styrke. Det er af stor Vigtighed, til en rigtig Bedømmelse af hvad der kan naaes ved de forskjellige Lysgivere, at kunne udtrykke Lysstyrken i bestemte Tal, altsaa at kunne maale Lysstyrken. Hvorledes skal man imidlertid bringe Lyset i Forbindelse med Tal? Vilde man bedømme en stor Gasflammes Lysstyrke, da kunde man stille den op saaledes, at den belyste en hvid Flade. Ved Siden af den kunde man stille en anden hvid Flade, som man belyste ved at stille smaa lige stærke Flammer i samme Afstand fra den som Gasflammen fra sin Flade, og tage saa mange af de smaa Flammer, at de frembragte samme Belysning som Gasflammen. Den sidstes Lysstyrke vilde da til Sammenligning med andre Flammer, man havde undersøgt paa samme Maade, være udtrykt eller maalt ved Antallet af smaa Lys.

Denne Fremgangsmaade er dog omstændelig og kan ikke bruges til en nøjagtig Maaling; den bliver umulig at anvende, naar man har at gjøre med saadanne Lysgivere som elektriske Lamper, hvis Lysstyrke maales i Tusinder af Stearinlys. Man maa da paa anden Maade se at bringe Lysvirkningen i Forbindelse med Tallet. Stiller man et Lys op i en Afstand af en Alen fra en hvid Flade, maa der fire lige saa stærke Lys til for i en Afstand af to Alen at fremkalde samme Belysning af Fladen. Hvert af de sidste har altsaa i to Alens Afstand kun frembragt Fjerdedelen af den Belysning, som det første fremkaldte i 1 Alens Afstand. Dette Forhold udtrykker man ved at sige, at der fra en Lysgiver i hvert Sekund udgaar en vis Mængde Lys, som ved Udstraalingen til alle Sider breder sig ud over bestandig større Flader. Skjønt den samlede Lysmængde ikke for-

minskes, vil den dog, paa Grund af at den spredes, belyse Ting i forskjellige Afstande i samme Forhold svagere, som de ovennævnte Flader blive større.

Lad m og M (Fig. 149) forestille to cirkelformede Flader, der ere stillede saaledes, at m netop vil dække M for et Øje, hvis Plads er i S. Er M's Radius dobbelt saa stor som m's, maa den for at blive dækket af m ogsaa være dobbelt saa langt borte fra S som m. Stiller man nu en lille Flamme i S, da vil m holde alt Lys borte fra M. Heraf kan altsaa sluttes, at hvis m fjernes, faar M hverken mer eller mindre Lys end det, som før faldt paa m. Nu har imidlertid, som bekjendt, en Cirkel med den dobbelte Radius det firdob-

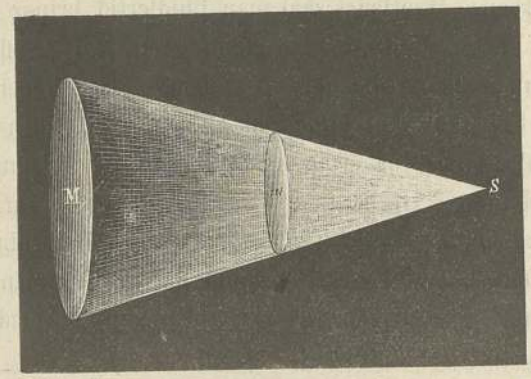


Fig. 149.

belte Flademaal; hver Kvadrattomme af den store Cirkel faar altsaa kun Fjerdedelen af det Lys, som faldt paa en Kvadrattomme af den lille, det vil sige, at Belysningen bliver fire Gange saa svag i den dobbelte Afstand. Var M's Afstand 7 Gange saa stor som m's, vilde Belysningen blive 7×7 (Syvs Kvadrattal) Gange saa svag. I det hele vil altid en Flade, som man fjærner fra en Lysgiver, faa en Belysning, der staar i omvendt Forhold til Kvadrattalet til det Tal, som i Fod angiver dens Afstand fra Lyskilden.

Herved faar man et Middel til at sammenligne to Flammers Lysstyrke, idet man stiller dem hver over for sin Flade og fjerner den, der giver stærkest Belysning, til man ikke længer kan se nogen

Forskjel i Belysningens Styrke paa de to Flader. For at denne Sammenligning skal kunne foretages nogenlunde sikkert, er det nødvendigt at have Fladerne samtidig for Øje, altsaa have dem staaende umiddelbart ved Siden af hinanden.

Fig. 150 forestiller en Lysmaaler, som er grundet herpaa. Man anbringer et Stykke Papir eller en mat, gjennemskinnelig Porcellænsplade i en Ramme, som opstilles paa et Bord. Henad Bordfladen er der afsat to Maalestokke hver ud for sin Halvdel af den hvide Flade Fra Midten af denne gaar der en Skærm ud mellem de to Maalestokke; den bevirker, at de to Flammer, man anbringer over Maale-

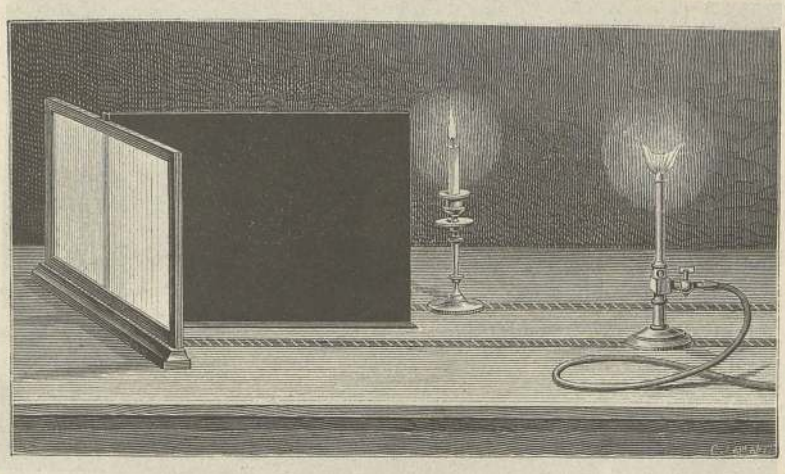


Fig. 150. Foucaults Lysmaaler.

stokkene, kun kunne sende Lys hver til sin Halvdel af den hvide Flade.

Vil man sammenligne en stærk Gasflamme med et Stearinlys, kan man stille det sidste f. Ex. i 1 Alens Afstand fra den hvide Flade og derpaa fjerne Gasflammen, til de to Halvdele af Fladen sete for fra eller bag fra vise sig lige stærkt belyste. Maa Gasflammen 3 Alen bort, for at det skal ske, véd man, at den i denne Afstand til enhver Tid sender lige saa meget Lys til hver Kvadrattomme af den hvide Flade, som Stearinlyset sender. Men ifølge det foregaaende véd man, at den i 1 Alens Afstand vilde sende 9 Gange saa meget

Lys til hver Kvadrattomme som i 3 Alens Afstand. Under lige Forhold vil den altsaa belyse 9 Gange saa stærkt som Stearinlyset. Det udtrykkes ved at sige, at dens Lysstyrke er lig 9 Stearinlyses. Havde de to Flammers Afstand været henholdsvis 21 Tommer og 50 Tommer, da havde Forholdet mellem Lysstyrkerne været som mellem Tallene $50 \times 50 = 2500$ og $21 \times 21 = 441$.

Ved simple Midler kan man, paa den Maade Fig. 151 viser, skaffe sig en meget brugbar Lysmaaler. Alt hvad man behøver, er et Stykke hvidt Papir, som man fæster paa Væggen eller (som i

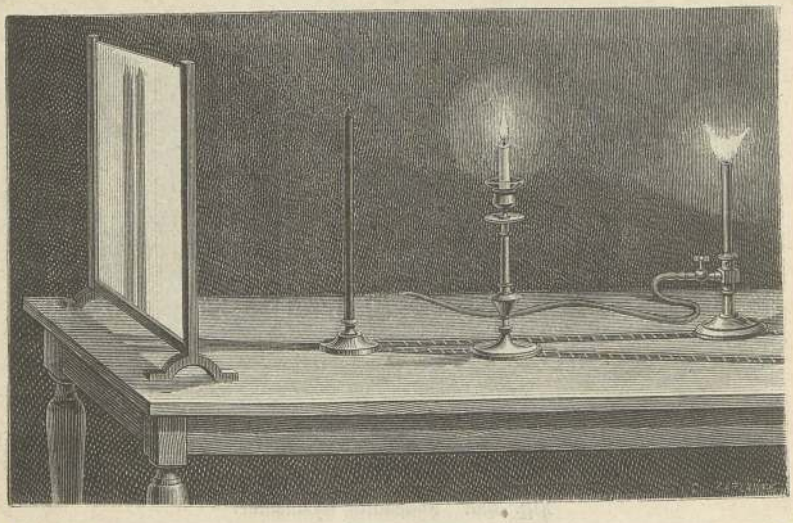


Fig. 151. Rumfords Lysmaaler.

Figuren) i en Ramme, en fingertyk Stang, som man kan stille lodret op paa et Bord midt foran Papiret og endelig en Maalestok. Anbringes de to Flammer over Bordet forskudte lidt hver til sin Side fra Linien gjennem Stangen til Midten af Papiret, vil der falde to tæt ved hinanden liggende Skygger af Stangen paa Papiret.

De to Skygger ere dog ikke helt mørke; de træde frem paa Papiret, fordi dette indenfor deres Grændser kun faar Lys fra én af Flammerne, medens det øvrige Papir faar fra dem begge. Stearinlysets Skygge faar Lys alene fra Gasflammen og omvendt Gasflammens Skygge

alene fra Stearinlyset. Naar man altsaa ved at flytte en af Flammerne opnaar, at de to Skygger vise sig lige mørke, da staa de i de Afstande fra Papiret, hvor de belyse dette lige stærkt, og man kan derfor beregne Lysstyrken ligesom før ved at maale Afstandene til Papiret.

Er den ene Lysgiver mange Gange stærkere end den anden, maa dens Afstand fra den belyste Flade gjøres saa stor, at det kan blive vanskeligt at foretage Maalinger indenfor 4 Vægge. En elektrisk Lampe paa 1000 Stearinlys maatte saaledes mere end 30 Alen bort fra Lysmaaleren for at belyse den ligesaa stærkt som et Stearinlys i 1 Alens Afstand. Man foretrækker da i Reglen at svække det stærke Lys i et bekjendt Forhold f. Ex. ved at lade det gaa gjennem et Spredeglas og sammenligne det saaledes svækkede Lys med Stearinlyset.

Naar de to Lysgivere lyse samtidig paa samme Sted og omtrent have samme Farve, er Sammenligningen let at foretage med den Nøjagtighed, som i Reglen behøves. Vanskeligere bliver det at faa sammenlignet to Flammer, som ikke brænde paa samme Tid eller Sted. For at det skal blive muligt, maa man kunne tænde en Flamme, som altid har samme Lysstyrke, for med den at sammenligne de Lysgivere, hvis Styrke man vil kjende. Denne Flamme bliver da en Enhed for Lysstyrkemaalingen eller »Normallyset». En saadan uforanderlig Enhed er det imidlertid ikke lykkedes at tilvejebringe; thi selv om man forfærdiger Stearinlys nok saa omhyggeligt, vil dog den forskjellige Beskaffenhed af Stearin og Væge kunne medføre betydelige Forandringer i Lysstyrken. Dels af den Grund, og dels fordi Øjet ikke er i Stand til at opdage en lille Forskjel i to Fladers Belysning, staar Maalingen af Lysstyrke langt tilbage i Nøjagtighed i Forhold til den Fuldkommenhed, som Maalekunsten paa andre Omraader har naaet.

I Frankrig bruges som Enhed Lyset fra en Olielampe, Carcellampen, der med en bestemt Vægestørrelse fortærer en bestemt Mængde Olie i Timen. I England bruges et Spermacetlys og i Tyskland et Paraffinlys eller Stearinlys (Münchenerlyset). Det sidste giver en Flamme, som er 52 Millimetre høj og fortærer lidt over 10 Gram

(= 2 Kvint) Stearin i Timen. Stearinet skal indeholde lidt over 76 Procent Kul. De tre nævnte Lys give omtrent samme Lysstyrke som et af vore almindelige Stearinlys til 6 paa Pundet, Carcelbrænderens Lys er 7—8 Gange saa stærkt.

Naar de to Lysgivere have forskjellig Farve, er det umuligt at faa en sikker Sammenligning, da det ikke er ensartede Størrelser, man har for. Man nøjes da ofte med at undersøge, i hvor stor Afstand fra Lysgiveren man kan udføre forskjelligt finere eller grovere Arbejde. For dog at komme til en Talangivelse for Lysstyrken f. Ex. for den elektriske Lysbues Styrke, hvis Lys er langt hvidere end de almindelige Flammers, anvender man en almindelig Lysmaaler, men man ser paa de to belyste Flader gjennem farvede Glas (i Reglen rødt og grønt). Herved vise de sig ens belyste nemlig med Glassets Farve; men man faar kun Maal for de Straalers Styrke, der kunne gaa gjennem Glassene.

De forskjellige Lysgiveres *Klarhed* er højst forskjellig. Sammenlignes saaledes en elektrisk Lysbue med et Stearinlys, da er den Flade, hvorfra den førstes Lys udgaar, maaske kun en $^1/_{50}$ af Stearinlysflammens, og dog udsender den i hvert Sekund maaske 1000 Gange saa meget Lys som Stearinlyset. En elektrisk lysende Flade af samme Størrelse som Stearinlysflammens vilde altsaa udsende 50000 Gange saa stærkt et Lys som denne. Dette udtrykker man ved at sige, at det elektriske Lys har en 50000 Gange saa stor Klarhed som Stearinlyset. Det elektriske Lys nærmer sig Solens i Klarhed.

6.

Lamper og Lys.

Oldtidens Lysmidler. Olielampen og Kjærten. Belysningsgas. Mangler ved Flammebelysningen. Afhjælpning af disse ved det elektriske Lys. Den forskjellige Anvendelse af det elektriske Glødelys og Buelyset.

Der er næppe nogen menneskelig Fornødenhed, til hvilken Fordringerne ere stegne stærkere end til Belysningen. Det Lys, som selv den fattige nu kan skaffe sig ved en simpel Petroleumslampe, overgaar sikkert, hvad de fleste velhavende nøjedes med for 50 Aar siden, og gaa vi endnu længere tilbage, da indser man let, at de ringe Lysmidler i flere Henseender maa have gjort Livsbetingelserne forskjellige fra vore, idet Virksomheden i langt højere Grad end nu har været indskrænket og knyttet til Dagstimerne.

Harpixholdigt Træ i Form af Fakler eller Lyspinde (Tyrespiken) vare de første kunstige Belysningsmidler. En Overgang fra dem og til Lampen dannes af Begfaklen, hvor det brændende Stof er Tougværk, som er gjennemtrængt af Beg. Olielampen er af meget gammel Oprindelse. Den holdt sig i Oldtiden paa et meget ufuldkomment Standpunkt, undtagen hvad den ydre Form angaar. Den var adskilligt smukkere end vore Lampers. Da der ikke har været sørget for nogen Forstærkning eller Regulering af Lufttrækket, maa Lampen sikkert i Reglen have oset, saa at det ikke kan undre os, naar det siges, at hvor der i Husene brændte Lamper, maatte Statuer og Malerier hver Morgen befries for Soden fra Lamperne.

Kjærten (Tælle- eller Voxlys) har vistnok ikke været kjendt nær saa længe som Lampen. I det andet Aarhundrede efter Kristus skal Kjærten med Væge af Sivmarv have været i Brug blandt den fattige Befolkning. Den store Betydning, som den kunstige Belysning har i vore Dage i Sammenligning med tidligere Tider, hidrører, hvad Belysningen under aaben Himmel angaar, fra Opfindelsen af Gassen i Begyndelsen af Aarhundredet, og, hvad Husbelysningen angaar, fra Benyttelsen af Stenolien, der indtraadte endnu senere.

De to Dele, som betinge Forbrændingen i en Lampe eller Lysflamme: det brændbare Stof og Ilten, som nærer Forbrændingen, skulle hver paa sin Vis føres til Flammen. Dennes Evne til at lyse beror i høj Grad paa, at de to Dele føres regelmæssig og i rette Forhold til. I Kjærten og i Lampen føres det brændbare Stof i flydende Tilstand ved Sugning i en Væge op til Flammen. I Kjærten

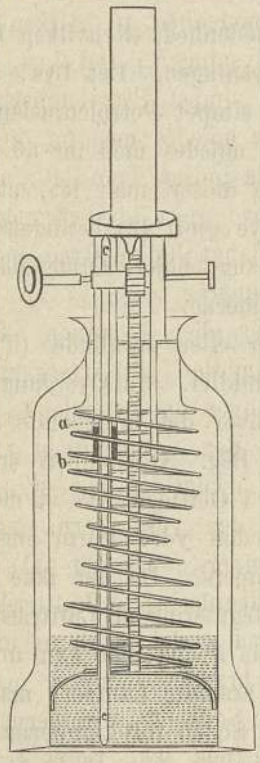


Fig. 152. Beholderen danner Lampens Fod. Olien presses af et Stempel af tykt Læder gjennem et smalt Rør op til Vægen ved en Spiralfjeder, der ligger over Stemplet, og som kan strammes, ved at man drejer paa Haandtaget til venstre i Figuren. Den overflødige Olie løber ned igjen og lægger sig ovenpaa Stemplet. Moderatøren kaldes en Stang *c c*, som næsten udfylder det Rør, hvorigjennem Olien drives op. Derved sker dette tilstrækkeligt langsomt, saa at Oliens Bevægelse »modereres« ved Stangen.

daler Flammen, saa at den stadig er i samme Højde over det svindende Brændstof. I Lamper, der ere bestemte til at brænde fede Olier, holdes Olien stadig paa det nærmeste i samme Højde under Flammen enten ved Beholderens Konstruktion eller ved en lille Pumpe (Moderatørlampe, Fig. 152) eller en Styrteflaske (Styrtelampen). Petroleum og andre flygtige Olier ere saa let flydende, at de kunne suges

op af Vægen i tilstrækkelig og temmelig uforanderlig Mængde, selv om Oliens Overflade er flere Tommer under Flammen.

Som det blev omtalt S. 287, bliver det flydende Brændstof forvandlet til Gas i Flammen, før det brænder. I nogle Lamper, hvor man anvender meget flygtige Olier, sker Omdannelsen til Gas allerede paa Brændstoffets Vej til Flammen. Olien føres frem gjennem et Metalrør, som i Nærheden af Flammen opvarmes saa stærkt af denne, at Olien forflygtiges og altsaa strømmer ud som Gas.

Den egenlige Belysningsgas er et Brændstof, som, efter at det først er tilvirket, vedbliver at være luftformigt uden Ophedning. I Gasværkerne tilvirkes den af Kul (S. 279) og opsamles i store Jærnklokker, der forneden ere afspærrede ved Vand. Under Trykket af Klokkens Vægt drives den ud i Ledningsrørene til Brænderne.

I Steden for at opsamle Gassen i en Klokke, der hæves eller atter synker, efter som Gassen strømmer til eller forbruges, bruger man ved visse Lejligheder at sammenpresse Gassen f. Ex. til $^1/_8$ af sit oprindelige Rum i stærke Jærnbeholdere. Herved kan Beholderen gjøres saa lille, at Gassen med Fordel kan transporteres. Ved Hjælp af fortættet Gas kan man saaledes faa Jærnbanevogne oplyste langt bedre end med de sædvanlig brugte Olielamper. Gassen strømmer ud af Beholderen under Paavirkning af sin egen Udvidekraft. Denne bliver mindre, efterhaanden som Udstrømningen gaar for sig, og Flammen vil derfor blive af højst foranderlig Størrelse, hvis man ikke paa Vejen anbringer en Regulator. Regulatoren bestaar af en Ventil, som holdes aaben af en Fjeder; Fjederen modvirkes imidlertid af Gastrykket, saa at Ventilaabningen er ganske lille, naar Trykket er stort, men forstørres, efterhaanden som Trykket aftager.

Det er store Fremskridt, der er gjort i dette Aarhundrede i Retning af kunstig Belysning, hvorfor man nu kan udføre mange Arbejder, som før krævede Dagslys, lige saa godt ved Nat som ved Dag. Der er dog Ulæmper forbundne med Flammebelysningen, som indskrænke og vanskeliggjøre dens Anvendelse, især hvor der er Tale om en særlig stærk Belysning. Det er især Brandfaren samt Forurensning og Ophedning af Luften i Opholdsrummene, som maa

nævnes i denne Forbindelse. I én Henseende kan Flammebelysningen næppe bringes til at gjøre tilstrækkelig Fyldest; det er til en saadan Belysning af udstrakte Arealer under aaben Himmel, at man ogsaa der kan arbejde uafhængigt af Dagstiden. Det er disse Mangler, som begrunde Anstrængelserne for at udvikle den elektriske Belysning, der sikkert ikke vil afløse Gas eller noget andet af de nu brugte Belysningsmidler, men vil træde til, hvor de andre Midler ikke kunne gjøre Fyldest. Faar den elektriske Belysning nogensinde nogen gjennemgribende Betydning, vil denne bestaa i, at Omraadet for Anvendelse af kunstig Belysning udvides, og idet Forholdene læmpes derefter, vil kunstigt Lys i det hele faa større Anvendelse, saa at der langt snarere vil følge en Forøgelse end en Formindskelse i Forbruget af andre Belysningsmidler.

Maaderne, hvorpaa man frembringer elektrisk Lys, ere allerede i Hovedsagen omtalte. Lyset fremkommer i alle Tilfælde, ved at man sender en stærk elektrisk Strøm gjennem en Leder, som gjør stor Modstand mod Strømmen. Herved opvarmes denne Leder til Glødning, det vil sige saa stærkt, at den udsender Lys. Den store Modstand mod Strømmen kan tilvejebringes paa forskjellige Maader. Efter disse Maader dele de elektriske Lamper sig i tre Hovedgrupper: Glødelamper, Buelamper og Overgangsformerne imellem disse. De adskille sig fra hverandre ikke blot i Maaden at frembringe Lyset paa, men ogsaa i høj Grad i Lysets Beskaffenhed og derfor i Maaden at anvende dette.

Ved *Buelampen* kan man opnaa et meget stærkt, hvidt Lys skikket til at belyse store Rum. *Glødelampen* giver derimod kun et Lys som et stærkt Gasblus og kan gjøre god Tjeneste, hvor Gas enten vil medføre Brandfare eller paavirke Luften formeget. Endelig kan Glødelampen bruges under Forhold, hvor det af Mangel paa Luft vilde være umuligt at bruge nogen Flamme, idet den lyser ganske uafhængigt af Omgivelserne.

Man har i sin Iver for at fremme enten det elektriske Lys eller Gaslyset og i den Tro, at det enes Fremgang vil fortrænge det andet, fremført mange Indvendinger imod det elektriske Lys fra den ene Side og mange Fortrin ved det fra anden Side. Lidenskaberne ere

formelig komne i Bevægelse, hvad der vel ikke saa meget skyldes Iver for Sagen som Frygt for Tab hos dem, der ere interesserede i det bestaaendes Vedbliven. I denne Forbindelse ser man ofte som et vigtigt Argument fremført, at det elektriske Lys er dyrere end Gaslyset; fra andre Sider paastaas det modsatte. Det er som bekjendt ikke altid saa let en Sag at tyde ret, hvad et Tal siger. Striden herom har dog vistnok nu tabt meget i Betydning. Det følger af sig selv, at hvis det elektriske Lys er flere Gange saa dyrt som Gaslyset, vil det kun undtagelsesvist blive brugt. Men selv adskillige Procents Forskjel i Prisen har sikkert kun lidt at sige paa den ene Side over for Lysets Egenskaber, paa den anden Side over for Vanskeligheden ved dets Brug. Især den sidste Omstændighed maa der lægges Vægt paa. Et Hjælpemiddel, som man skal bruge i det daglige Liv, vil man ikke have for megen Ulejlighed eller Tidsspilde af; saa bruger man hellere et dyrere, ja selv et ringere Middel, som kan passe sig selv. Heri ligger sikkert Vanskeligheden for det elektriske Lyses Fremgang. Det kræver et temmelig sammensat Apparat for at virke. Før man har gjort sig fortrolig hermed, maa man i Reglen betale en Del Lærepenge i Ulejlighed og Tidsspilde. Selv om man bliver overbevist om, at Vanskelighederne kunne overvindes, og at Maskiner og Lamper kunne virke regelmæssigt og sikkert, er der dog Mange, som ville foretrække at blive ved det, som de kjende saa godt, hvis gode Egenskaber de sætte Pris paa, og hvis Mangler de ere saa fortrolige med, at de betragte dem som uundgaaelige.

I det følgende skulle vi beskrive de forskjellige Dele, som høre til Indretningen af et elektrisk Lysanlæg. Hoveddelene heri ere Lamperne, Ledningerne, som føre Elektriciteten til disse, og Elektricitetskilden, det vil sige en Maskine eller et Batteri, som frembringer Elektriciteten. Til Slutning skulle vi omtale de Omraader, hvor Lyset dels kan anvendes og dels allerede er anvendt, samt Virkningerne, der kunne opnaaes ved det.

7.

Den elektriske Glødelampe.

Glødning af en Metaltraad ved den elektriske Strøm. Edisons Platintraadslampe. Traaden i en Glødelampe maa befinde sig i et lufttomt Rum. Glødelamper med Platintraad til Brug for Læger. — Glødelampens Forfærdigelse. Edisons, Swans og Maxims Fremgangsmaader. Diehls Glødelampe. Glødelampens Lysstyrke. Varmen, som udgaar fra Glødelampen.

Da man havde lært ved Voltasøjlen at frembringe en vedvarende elektrisk Strøm, mærkede man snart, at den Traad, hvorigjennem Strømmen gaar, bliver opvarmet og let kan bringes i Glød, hvis Strømmen er stærk og Traaden tynd. Danner man et Batteri af to eller tre nogenlunde store galvaniske Elementer og fæster til Polerne to Kobbertraade, der f. Ex. ere to Fod lange og $^1/_2$ Linie tykke, da vil der gaa en kraftig Strøm gjennem Traadene, hvis man bringer dem i Berøring med hinanden. Man vil ogsaa kunne mærke, at Traadene blive opvarmede. Men da Varmen fordeles ligelig over hele Ledningen og hurtig taber sig til Luften, vil Opvarmningen kun blive ringe.

Hvis man atter skiller de to Poltraade fra hinanden for derpaa at forbinde dem ved en fin 3—4 Tommer lang Platintraad, som kun er $^1/_{20}$ Linie tyk, da vil Strømmen atter gaa, men være langt svagere end før paa Grund af den Modstand, som den møder i Platintraaden. Man faar derfor heller ikke nu nogen stærk Opvarmning. Men hvis man efterhaanden forkorter det Stykke Platintraad, som Strømmen skal gjennemløbe, vil man mærke, at Varmegraden stiger stærkt. Er det af Strømmen gjennemløbne Stykke af Platintraaden bleven et Par Tommer langt, ser man allerede, at den gløder svagt. Forkortes den endnu mere, vil den snart blive hvidglødende, idet den udsender et blændende Lys, og tilsidst, naar den kun er $^1/_2$—1 Tomme lang, smelter den over. Det samme Forsøg kan gjøres med en tynd Jærn- eller Messingtraad, men Glødningen bliver ikke saa stærk, da disse Metaller smelte ved en lavere Varmegrad end Platinet.

Idet Platintraaden forkortes, bliver Strømmen stærkere, fordi

Modstanden bliver mindre. Der udvikles af den Grund mere Varme i Ledningen, der jo nu bestaar dels af to tykkere Kobbertraade, dels af en tynd Platintraad, som forbinder disse. Medens denne Varme, den Gang Strømmen alene havde Kobbertraadene at gjennemløbe, fordeltes ligelig over hele Ledningen, vil den nu fordele sig i Forhold til den Modstand, som den møder i de forskjellige Dele af Ledningen. Hvis man efter den Regel, der er angiven S. 266, beregner Modstandene i de to Kobbertraade og i Platintraaden, under Forudsætning af at den sidste er 1 Tomme lang, vil man i Platintraaden finde mere end 100 Gange saa stor en Modstand som i de to Kobbertraade tilsammen; Modstanden bliver i de sidste omtrent $^1/_{40}$ Ohm (se S. 266) og i Platintraaden omtrent $^1/_4$ Ohm. Af al den Varme, som Strømmen afsætter paa sin Vej i Ledningen, vil altsaa ikke en Tiendedel optræde i Kobbertraaden. Den langt overvejende Del sammentrænges i Platintraaden. Da den her har en langt mindre Masse at opvarme, og Traaden kun frembyder en meget lille Overflade for Afkølingen i Luften, forstaas det let, at Platintraaden kan blive næsten 2000 ° varm, medens Opvarmningen næppe kan mærkes i Kobbertraadene.

Hvis man tog Kobbertraade, der vare 25 Gange saa lange, hvorved de kunde naa 50 Fod fra Batteriet, og tog dem $2^1/_2$ Linie tykke, vilde de ikke gjøre større Modstand end de 2 Fod lange og $^1/_2$ Linie tykke Traade, og Platintraaden, som forbandt deres Endepunkter, vilde derfor gløde lige saa stærkt som før. Det sees heraf, at man ved den elektriske Strøm er i Stand til dels at sammentrænge Varmen meget stærkt og dels at føre den hen, hvor man ønsker, uden at tabe meget, selv om Vejen er lang. I det betragtede Tilfælde er Varmen saaledes flyttet 50 Fod frem, uden at man har tabt 10 Procent. Varmen, som optræder i Traadene, hidrører fra de kemiske Processer i det galvaniske Batteri. Fra dette føres den med Elektriciteten ud i Ledningstraadene. For at benytte denne Varme paa en økonomisk Maade, gjælder det om at sammentrænge saa meget af den som muligt, der hvor den skal benyttes. Man maa af den Grund sørge for, at Elektriciteten, der hvor Varmen skal fremkalde Glødningen, paa en kort Strækning møder en Modstand, som

er adskillige Gange større end den, som den møder paa den øvrige Del af sin Vej *).

Som forhen omtalt, har man funden de to Egenskaber, som et Legeme maa have, for at Elektriciteten skal kunne give det en meget høj Varmegrad, forenede i Kulstoffet. Det er en Leder, som i Forhold til Metallerne gjør stor Modstand mod Strømmen, og det er usmelteligt. Vanskeligheden ved at bruge det har ligget i, at man ikke kunde faa det formet i tilstrækkeligt tynde Traade. Edison forsøgte derfor, da han begyndte at arbejde paa at tilvejebringe en praktisk Glødelampe, at bruge Platinet. Fig. 153 viser Edisons Platintraadslampe. Den bestaar af en hul Glaskugle, inden i hvilken der er anbragt en tynd i Spiral vunden Platintraad, som bæres af to tykkere Platintraade. Disse ere smeltede ind i Glassets Sider. Skjønt det ikke er nødvendigt at beskytte Platinet mod Luften, da den ikke angriber det, blev Glaskuglen dog pumpet lufttom; dette bidrager nemlig til at forstærke Lyset; er Kuglen fuldkommen lufttom, kan Varmen nemlig kun gaa bort sammen med Lysstraalerne; der er saa at sige ingen Del af den Varme, som Strømmen frembringer, der bliver unyttig. Er Traaden omgiven af Luft, vil denne blive ophedet og, hvis den ikke er stærkt fortyndet, bortlede adskilligt mere af Traadens Varme end det, som straaler ud. En stor Del af den frembragte Varme bliver derfor unyttig. For at faa Lampen til at lyse godt, maa der frembringes mere Elektricitet, end der ellers vilde være nødvendig. Det hele Apparat maa derfor blive større og bekosteligere. Det er altsaa af stor Vigtighed, for at en elektrisk Glødelampe skal virke godt, at Luften er udpumpet saa vidt som muligt.

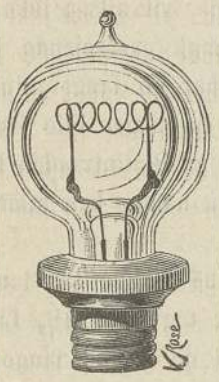


Fig. 153. Edisons Platintraadslampe.

*) Hvis man i et Forsøg som det ovenfor beskrevne vil bringe en Platintraad af samme Længde men det dobbelte Tværsnit til at gløde lige saa stærkt som den tyndere Traad, da maa man ogsaa fordoble Poltraadenes Tværsnit og tage dobbelt saa store galvaniske Elementer.

Til Frembringelse af det stærke Lys, som maa kræves af en Lampe, der skal kunne erstatte et Gasblus, viste Platinet sig imidlertid, som før nævnt, ikke skikket, idet det ikke kan modstaa den høje Varmegrad og ikke byder Strømmen tilstrækkelig Modstand. Hvor det ikke gjælder at faa et Lys af stor Styrke, kan imidlertid en ved Strømmen glødende Platintraad bruges til Oplysning af Rum hvor der ikke kan være Tale om at anbringe nogen Flamme. Hertil foretrækker man Platinet for Kullet, fordi det er stærkere og ikke behøver at beskyttes ved noget Glas, som let vilde tage for megen

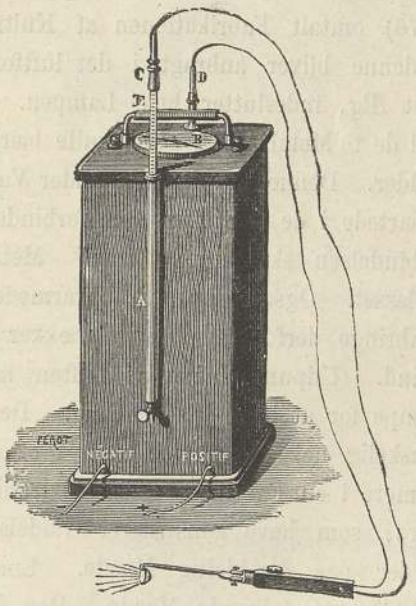


Fig. 154. Trouvés Polyskop (omtr. $^1/_4$ virkelig Størrelse).

Plads op. Et saadant Lysmiddel vil ofte kunne være til Nytte for Tandlæger, Ørelæger og ved kirurgiske Arbejder. Trouvé og andre have konstrueret smaa Platintraadslamper til Brug for Læger. Trouvés »Polyskop« er afbildet i Fig. 154. Trækassen indeholder en Plantés Akkumulator (S. 52), der bliver ladet med Elektricitet fra et galvanisk Batteri gjennem de to Traade, der føre ind i Kassen tæt over dennes Bund. Gjennem de to Traade, der udgaa fra det øverste af Kassen, sendes Strømmen fra Akkumulatoren ind i Polyskopet, der

sees forneden i Figuren. Platintraaden, som bringes i Glød, er anbragt foran et lille Spejl paa Enden af en tynd Stang, som føres ind i det Rum, der skal oplyses, ved at man fatter om Haandtaget. Spejlet kaster Lyset frem og beskytter tillige mod Berøring med den glødende Traad.

Saa simpel som Glødelampen er i sin Bygning, er der dog flere Vanskeligheder forbundne med dens Forfærdigelse. Vi have i det foregaaende (S. 276) omtalt Fabrikationen af Kultraaden og skulle nu se, hvorledes denne bliver anbragt i det lufttomme Glas, der, noget større end et Æg, indeslutter hele Lampen. Kultraaden skal først forbindes med de to Metaltraade, som skulle bære den inde i den lufttætte Glasbeholder. Denne Forbindelse volder Vanskeligheder paa Grund af det uensartede i de to Stoffer, som forbindes, og den stærke Varme, som Forbindelsen skal kunne taale. Metaltraadene skulle sidde lufttæt i Glasset. Ogsaa de blive opvarmede, naar Lampen brænder, og frembringe derfor let smaa Sprækker i Glasset, hvor Luften kan sive ind. Udpumpningen af Luften maa foregaa med en Kviksølvluftpumpe for at blive tilstrækkelig. Denne Pumpe kan allerede være vanskelig nok at arbejde med i et Laboratorium og bliver det endnu mere i en Fabrik for Massetilvirkning af Lamper.

De Opfindere, som have konstrueret Glødelamper, imødegaa disse Vanskeligheder paa forskjellig Maade. Edison danner sin Lampe (se Fig. 144) paa følgende Maade. Den langstrakte Glasbeholder har oprindelig en saa stor Aabning forneden, at en hul Glasprop, hvis Omrids sees forneden i Figuren over den skrueskaarne Metalindfatning, kan skydes ind. Forinden dette sker, har man bragt Glasset, som danner den øverste Ende af Proppen, til at smelte, saa at man kan stikke de to Platintraade *), der skulle bære Kultraaden,

*) Naar Metaltraade skulle smeltes ind i Glas, bruges Platin. Det udvider sig meget nær lige saa stærkt som Glas ved Opvarmning. Hvis Traaden ikke er for tyk, kan den derfor sidde i Glasset uden at sprænge det, naar begge Dele opvarmes. Da Platintraadene i Glødelampen ikke kunne gjøres meget tynde, idet

igjennem. For at Kultraaden ikke skal opvarmes for stærkt, der hvor den forbindes med Platintraadene, naar Strømmen bringer den i Glød, er den gjort noget tykkere ved Enderne. Disse forbindes hver

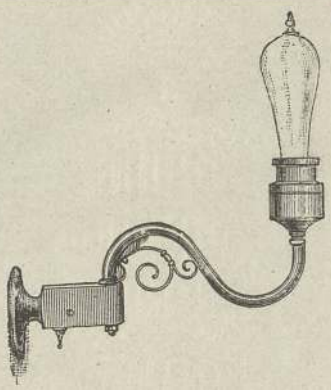


Fig. 155. Edisons Lampe (omtr. $^1/_5$ virkel. Størr.).

med sin Platintraad, ved at et Lag af Kobber lægges uden om. Kobberet udfældes galvanisk derpaa. Platintraadene ere forneden forlængede saa langt ud af Proppen, som det behøves for at forbinde dem med Strømledningen.

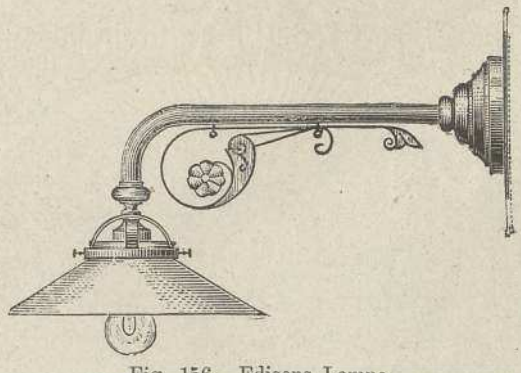


Fig. 156. Edisons Lampe.

Strømmen i saa Fald vilde opvarme dem alt for stærkt, bruger Maxim i sin Lampe i Steden for en enkelt tykkere et Bundt af tyndere Traade, som smeltes ind hver i sit Hul i Glasset.



Fig. 157. Lysekrone med Edisonlamper. (Efter Tidsskriftet La Lumière électrique.)

Efter at Kultraaden er anbragt paa Platintraadene, skydes Proppen ind i Glasbeholderen og bringes til at lukke lufttæt ved at sammensmeltes med den nederste Rand af Beholderen. Nu pumpes Luften ud, som omtalt S. 277, samtidig med at Kultraaden bringes i Glød.

Er Lampen derpaa fastkittet i sin Metalindfatning, skrues denne

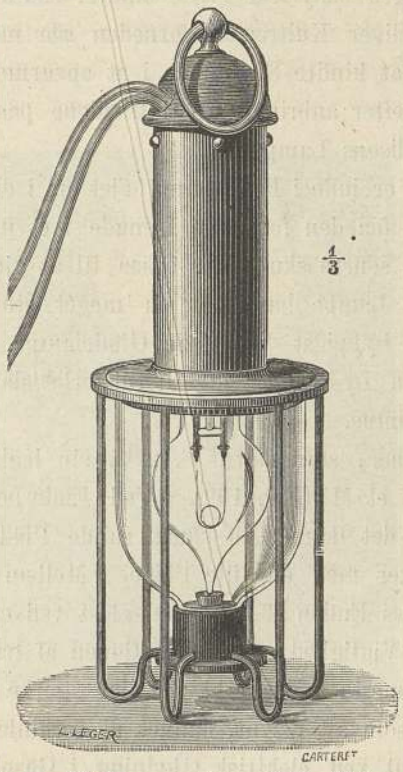


Fig. 158. Swans Lampe til Bjærgværksbrug (efter Tidsskriftet La Lumière électrique).

fast i et Fodstykke, hvor de to Platintraade bringes i Forbindelse med en Slags Hane, ved hvis Omdrejning man efter Behag kan sende Strømmen ind i eller lukke den ude fra Kultraaden, det vil sige enten tænde eller slukke Lampen. Denne kan nu, som Fig. 155—157 vise, anbringes paa de forskjellige Maader, man kjender fra andre Lamper.

I Swans Lampe forbindes Kul- og Platintraadene, forinden Forkulningsprocessen er tilendebragt, ved at de lægges sammen og omvikles med Bomuldstraad. Denne sidste gjennemgaar derpaa den S. 277 beskrevne Forkulningsproces sammen med den Bomuldstraad, der skal danne Kultraaden. Herved opnaaes, dels at Kultraaden bliver fæstet uden noget Mellemled til Platintraaden, idet Kullet fra den til Omvindingen benyttede Traad cindrer sammen med det øvrige Kul, og tillige bliver Kultraaden forneden saa meget tykkere, som det behøves, for at hindre Strømmen i at opvarme Forbindelsesstedet for stærkt. Herefter anbringes Platintraadene paa lignende Maade i Glasset som i Edisons Lampe.

Kultraaden er inde i Beholderen bøjet om i en enkelt Slyngning, hvorved den kan faa den fornødne Længde i et mindre Glas. Dette bidrager, som vi senere skulle se, ogsaa til at gjøre dens Lys behageligere. Swans Lampe har faaet en meget stor Udbredelse og er formodenlig den hyppigst benyttede Glødelampe. I Fig. 158 sees den anbragt i en Lygte bestemt til Sikkerhedslampe i Grubegange eller til Dykkerlampe.

Maxim danner, som nævnt S. 278, sin Kulleder som et smalt Baand i Form af et M (Fig. 159). Ved Enderne er Baandet gjort bredere, saa at det danner to smaa runde Plader. Platintraadene ende ligeledes hver med en lille Plade. Mellem den og en anden, løs Plade klemmes Enden af Kulbaandet fast ved en lille Skrue. Det er naturligvis af Vigtighed ved Fabrikationen af Lamperne, at de alle lyse paa det nærmeste lige stærkt ved lige stærke Strømme. Maxims Kulleder bliver, som alt nævnt, dannet af forkullet Papir, hvis Porer udfyldes med Kul ved elektrisk Glødning i Gasolindampe (S. 278). Jo mere Kul man lader afsætte sig, des bedre vil Baandet lede Elektriciteten. Ved Hjælp heraf kan enhver ny Lampe bringes til at lyse lige med en Normallampe. Den samme Strøm, som bringer Baandet i den Lampe, der er under Arbejde, til at gløde, sendes tillige gjennem Normallampen. Ved Hjælp af en Lysmaaler (S. 293) sammenligner man nu de to Lampers Lysstyrke og bliver ved at afsætte Kul paa Baandet i den nye Lampe, til de lyse ens.

Naar Kullederen i en af de hidtil beskrevne Glødelamper er

bristet, eller der er sluppen Luft ind i Glasset, da er Lampen saa godt som værdiløs; den kan nemlig ikke repareres, thi dens Bestanddele ere kun tilgængelige, ved at Glasset slaaes i Stykker. Da det har vist sig, at en Glødelampe kun kan brænde et vist Antal Timer (f. Ex. 800), før den af en eller anden Grund er ubrugelig, og derfor maa erstattes, har man bestræbt sig for at indrette den saaledes, at den kan skilles ad. I Steden for at smelte den Prop, hvori Platintraadene ere indsmeltede, sammen med det øvrige Glas, har man sleben den til deri, saaledes som man tilsliber Glaspropper til Flasker.

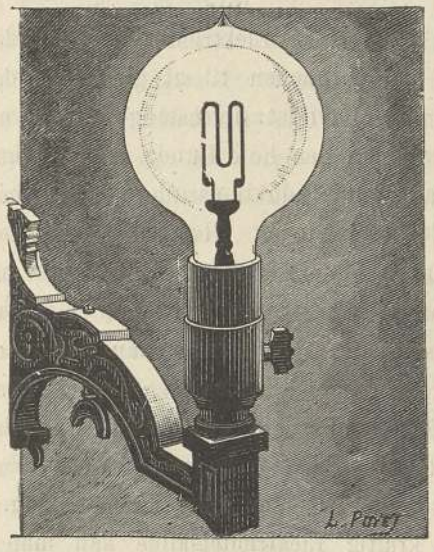


Fig. 159. Maxims Glødelampe.

For at faa Proppen til at slutte tæt, maa man støbe Vox eller et andet Tættemindel udenfor den. Da Tættemidlet let smelter ved Varmen fra Lampen, kan den ikke holdes i enhver Stilling, naar den er i Brug. Den taber saaledes noget i Brugbarhed, bliver mere sammensat og kostbarere, hvorfor man i Reglen foretrækker at indrette den saa simpel og derved saa billig som muligt og saa hellere kassere den, naar den har tjent sin Tid. Paa en helt ejendommelig om end næppe praktisk Maade har Diehl omgaaet Vanskeligheden ved at

føre Elektriciteten lufttæt ind i Lampen, idet han frembringer Elektriciteten inde i selve Lampens lufttætte Glasbeholder. Denne har Form af en lukket Cylinder, hvis Bund er buet ind i Cylindren ligesom Bunden i en Vinflaske; Bunden er ført omtrent halvvejs op i Cylindren, saa at den nederste Del af denne har et ringformigt Gjennemsnit. Heri nedlægges en lang og tynd isoleret Kobbertraad, forinden Glasset smeltes til, idet den oprulles om den Tap, som Bunden danner inde i Beholderen. Enderne af denne Kobbertraad ere forbundne med Kultraaden som bæres i det øverste af Glascylinderen. Herefter udpumpes Luften af denne, og Aabningen, hvor Luften gik ud, smeltes til.

For nu at frembringe Elektricitet i den indelukkede Kobbertraad og derved faa Kultraaden til at gløde, skyder man en med isoleret Kobbertraad omviklet Jærnstang, altsaa en Elektromagnet (S. 30), fra neden ind i den hule Bund. Sammenlignes Diehls Lampe med den S. 47 afbildede Induktionsrulle, da vil man finde de selv samme Hoveddele begge Steder. Hver Gang man sender en elektrisk Strøm ind i Traaden om Jærnstangen eller atter afbryder den, vil man derfor samtidig frembringe en Strøm i Traaden, som ligger indelukket i Glasset, saa at Kultraaden kan bringes og holdes i Glød, naar man skifter Strømmen tilstrækkelig hyppigt (Vexelstrøm, S. 315).

Man har Glødelamper fra de mindste Størrelser til saadanne, der ere beregnede til en Lysstyrke paa 30—40 Normallys. Ved at gjøre Lampen stor, det vil sige, gjøre Traaden lang, og ved at bruge en tilstrækkelig kraftig Elektricitetskilde kan man tilvejebringe en Glødelampe af en hvilkensomhelst Styrke. Man har dog ikke fundet det hensigtssvarende at indrette Glødelamper af større Lysstyrke end de ovennævnte 30—40 Normallys; thi i Reglen ønsker man at have Lyset jævnt fordelt fremfor at faa det altsammen udsendt fra ét Punkt, hvorved Belysningen bliver højst ulige i forskjellige Afstande fra dette Punkt. Hvor man maatte ønske en Lampe, hvis Lysstyrke tælles i Hundreder af Normallys, dér vil man ikke bruge Glødelampen, som næppe vil være praktisk, naar den bliver saa stor, medens den elektriske Buelampe netop har sin Styrke i fra et enkelt Punkt at udsende en stor Masse Lys.

Den glødende Kultraads Modstand er i en Swans Lampe til 20 Normallys omtrent 30 Ohm (S. 266). I Edisons er den betydelig større, nemlig 100 Ohm eller derover. En Kobbertraad, der er en Linie tyk, maa være over 2 Mile lang for at give samme Modstand som den faa Tommer lange Kultraad i Edisons Lampe.

Fra en Swans Lampe paa 20 Normallys vil der i hver Time udgaa saa megen Varme som man frembringer ved at brænde omtr. 1 Kvint Kul. 20 Normallys fortære i en Time omtr. 40 Kvint Stearin. Da største Delen af Stearinet er Kul, indsees det, at Belysning med Stearinlys medfører langt stærkere Opvarmning i Forhold til Lysmængden end det elektriske Lys. Gaslys giver omtrent 14 Gange saa megen Varme ved samme Lysmængde som en Glødelampe.

Grunden til, at der udgaar saa ringe en Varmemængde fra en elektrisk Lampe i Forhold til det udsendte Lys, maa væsenlig søges i, at den lysende Kultraad har en langt højere Varmegrad end det Kul, som lyser i en Flamme. Et Legeme begynder først at gløde, naar det har naaet omtrent 700 °. Nu vil man kunne frembringe samme Lysstyrke med et stort Legeme, der f. Ex. er 900 ° varmt som med et meget mindre, der er 2000 °. I første Tilfælde er der kun 200 ° Opvarmning nyttige for Lysvirkningen mod 700 °, som kun frembringe Varmestraaling, medens i sidste Tilfælde Forholdet er 1300 ° lysfrembringende Opvarmning mod 700 ° varmefrembringende. Man kan i Almindelighed sige, at jo højere Varmegrad det lysende Legeme har, des mindre Varme forbruger det i Forhold til det Lys, det giver.

8.

Den elektriske Buelampe.

Den elektriske Lysbue lyser ikke lige stærkt i alle Retninger, naar Strømmen er ensrettet. Anvendelsen af Vexelstrømme. Haandregulatorlampen. Parallele Kulstænger. Den selvvirkende Regulatorlampe.

Man har indrettet sig paa mange Maader for at gjøre sig den elektriske Lysbue (S. 268) nyttig som Belysningsmiddel. Paa Grund af de Forhold, som betinge eller ledsage Buens Fremkomst, har der været mangehaande Vanskeligheder at overvinde og mange Slags Hensyn at tage, forskjellige efter de Steder, hvor Lyset skulde bruges. Buelampen optræder derfor i en Mængde forskjellige Former. Der er især to Forhold ved Buens Dannelse, som gjøre sig gjældende ved Lampernes Konstruktion. Det ene er Kulstængernes Svind, mens Lampen brænder, det andet er den Ulighed, der kan være i Styrken af de Straaler, som udgaa i forskjellige Retninger fra Lysbuen, paa Grund af Kraterdannelsen (S. 274) i den Stang, som fører positiv Elektricitet. Fra Kraterets heftigt glødende Vægge udgaar Hovedmassen af Lyset, hvorfor dette for største Delen findes sammentrængt i den Kegle, der vil fremkomme, naar man tænker sig Kraterets Vægge forlængede udefter fra Stangen. Fig. 160 viser, hvor stor Forskjel, der kan være paa forskjelligt rettede Straalers Styrke; den forestiller to Kulstænger K, mellem hvilke Lysbuen er dannet. De to krumme Linier $MNPQ$ have den Betydning, at et Legeme, som man fører omkring Lysbuen, saaledes at det hele Tiden følger disse Linier, vil blive lige stærkt belyst paa hele sin Vandring trods den forskjellige Afstand, hvori det efterhaanden kommer til Lysbuen. De to skraa punkterede Linier betegne Kraterkeglens Forlængelse. Fører man Legemet rundt efter Cirklen omkring Lysbuen, vil det faa højst forskjellig Belysning. Det bliver stærkest belyst i A, som ligger i den Retning fra Centrum, der træffer det fjærneste Punkt P af den krumme Linie. Radius angiver ved sin Længde den Afstand, hvori Legemet vilde blive lige saa stærkt belyst som i Linien $MNPQ$,

hvis Lyset blev spredt ligelig til alle Sider. Dette sidste opnaas tildels ved at omgive Lysbuen med en mat eller hvid Kuppel; men herved svækkes Lyset saa stærkt, at Belysningen i Cirklen maaske kun bliver det halve af, hvad den uden Kuppel er i Linien $MNPQ$.

I flere Tilfælde er det heldigt, at Lyset fra den elektriske Buelampe udgaar efter en Kegle. Saa stærke Lamper skulle højt tilvejrs, naar de skulle oplyse en stor Flade. Sørger man for, at den øverste Kulstang bliver den positive, vil altsaa netop Hovedmassen af Lys kastes ned paa Fladen. Hvor man derimod som i Fyrtaarne skal have Lyset kastet ud i vandrette Retninger, er Kraterdannelsen ikke

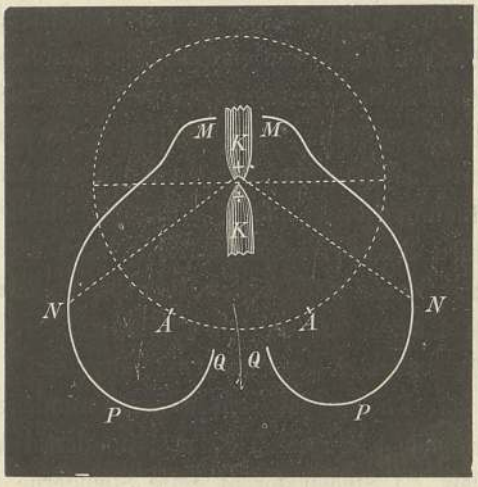


Fig. 160.

heldig for Virkningen. Krateret kan undgaas, hvis man hyppig (flere Gange i Sekundet) skifter Strømmens Retning i Steden for, som hidtil forudsat, at lade den bestandig gaa samme Vej. Det blev nævnt S. 35, at de første Induktionsmaskiner gave Strømme med stadigt skiftende Retninger, de saakaldte *Vexelstrømme*. Bruger man en Vexelstrøm til Dannelsen af den elektriske Lysbue, da vil den Stang, der ét Øjeblik er positiv, i det næste være negativ. De fortæres lige stærkt og uden nogen Udhuling. Lyset udgaar fra Stængernes glødende Spidser, hvorfor det ogsaa spredes næsten ligelig i alle Retninger. Glødningen bliver imidlertid ikke saa livlig med samme

Kraftforbrug ved Vexelstrøm som ved en ensrettet Strøm, paa Grund af at Varmen i sidste Tilfælde i saa høj Grad sammentrænges i den positive Stangs Krater. Den samlede Lysstyrke er derfor størst ved ensrettet Strøm. Forsøg have vist, at den ensrettede Strøm kan give indtil tre Gange saa meget Lys som Vexelstrømmen ved samme Kraftforbrug.

Skal Lysbuen vedblive at brænde usvækket, uagtet Kulstængerne fortæres (Fig. 142), da er det nødvendigt næsten uafladeligt at passe Afstanden mellem dem ved at skyde dem fra eller mod hinanden. Ved det i Fig. 141, S. 269 fremstillede Apparat kan Pasningen ske med Haanden ved at føre den øverste Stang op eller ned. Paa den Maade kan en Buelampe indrettes meget simpel, men saa kræver den ogsaa en Mands uafladelige Pasning. I Krigstilfælde især tilsøs, hvor Slukning af en elektrisk Lampe under Kampen kunde blive skæbnesvanger, vil man ofte bruge en saadan Lampe indrettet til at regulere med Haanden i Steden for at betro sig til en avtomatisk virkende. Manden, som passer Lampen, skal ikke blot sørge for, at Lyset ikke slukkes, men tillige, at det beholder omtrent samme Styrke.



Fig. 161. Elektrisk Kjærte.

En Lampe, som under almindelige Forhold skal brænde i længere Tid, maa imidlertid kunne passe sig selv. I Steden for at rette Stængerne mod hinanden, som det hidtil er forudsat at ske, har man forsøgt at lægge dem jævnsides (Fig. 161) og sørge for, at Lysbuen spiller mellem de frie Ender af Stængerne. Fortæres disse lige hurtigt, vil der altid være samme Afstand mellem de Spidser, hvorfra Lysbuen gaar ud. Herved har man vistnok i sin Tid troet at have overvundet alle Vanskeligheder ved den elektriske Belysning. Forventningerne ere dog ikke slaaede til, idet der ved denne »elektriske Kjærte« har vist sig nye Vanskeligheder, som i det mindste begrændse dens Brug stærkt. I de fleste Tilfælde er man bleven ved den gamle Ordning: at rette Stængerne imod hinanden, men man har da været nødt til i hver Lampe at an-

bringe en Mekanisme, som, naar det behøves, enten forøger eller formindsker Afstanden mellem Kullene. Mekanismen i disse »Regulatorlamper« har man indrettet paa flere end hundrede forskjellige Maader, uden at endnu nogen af disse har vist sig de andre saa overlegen, at den har kunnet fortrænge dem.

Konstruktionen af Lampen maa ofte rette sig efter den Anvendelse, den kan have. Den kan saaledes indrettes simplere, naar hver Lampe har sin Dynamomaskine, end naar den samme Strøm paa én Gang skal føde flere Lamper med Elektricitet, fordi Uregelmæssigheder i den ene Lampe i sidste Tilfælde ville faa Indflydelse paa alle de andre. Skal Lampen bruges i et Lokomotiv eller et andet Sted, hvor den kan blive udsat for stærke Rystelser, maa Mekanismen være solidere end ellers for ikke at komme i Uorden. Om man bruger ensrettet Strøm eller Vexelstrømme, kan ligeledes faa Indflydelse paa Lampens Indretning. Vi skulle i det følgende beskrive enkelte Lamper, der kunne tjene som Typer i den Mangfoldighed af Former, som foreligger.

9.

Den elektriske Buelampe.

(Fortsættelse.)

Regulatorlampe for ensrettet Strøm, kun én Lampe i Strømløbet.

Foucaults Lampe. Lysbuen holdes i uforandret Højde. Lampens Anvendelse i Projektionsapparater. Jaspars Lampe. Sedlaczeck og Wikulills Lampe. Dennes Anvendelse som Jærnbanelampe.

I mange Aar efter at Lysbuefænomenet var opdaget, betragtede man det udelukkende som et i videnskabelig Henseende interessant Forsøg, der forholdsvis sjælden blev udført paa Grund af det store Antal galvaniske Elementer, som krævedes. Efter Davys Exempel

anvendte man Trækul, der fortæredes saa hurtigt, at der næppe kunde være Tale om at bruge Lysbuens Lys i noget praktisk Øjemed. Først da Foucault i 1844 indførte Brugen af tættere Kulsorter (S. 279) til Lysbuens Frembringelse, blev denne af saa lang Varighed, at der kunde blive Tale om at anvende den som et Lysmiddel. Som saadant kunde den allerede den Gang paa Grund af sin store Lysstyrke blive meget nyttig dels i videnskabelige Øjemed som Erstatning for Sollyset, der ved fysiske Forsøg saa ubelejligt kan udeblive, dels i kunstneriske Øjemed især ved Theaterforestillinger.

Saalænge man maatte føde den elektriske Lampe med Elektricitet fra galvaniske Elementer, var dens Lys dog saa kostbart, at der ikke kunde tænkes paa at anvende den i egenlige praktiske Øjemed. Dette skete derimod i bestandig stigende Omfang, efterhaanden som man udviklede de magneto-elektriske Maskiner i Størrelse og Ydekraft. Da endelig Dynamomaskinen med ensrettet Strøm blev opfunden, naaede man til det Punkt, hvor man endnu staar, og hvor den elektriske Buelampe i mange Tilfælde kan gjøre fortrinlig Nytte i det praktiske Liv.

Foucault konstruerede en Lampe, hvor Afstanden mellem Stængerne af Retortkul kunde reguleres ved Haanden; men da man snart følte Savnet af en selvvirkende Regulering for at blive fritagen for den besværlige Haandregulering, søgte man efter Midler, der kunde bevirke, at Kulstængerne af sig selv rykkede sammen, naar det behøvedes. Dette Middel fandt Foucault i selve den elektriske Strøm, som frembringer Lyset; den kan baade bruges til at flytte Kullene og kan gjøre det i rette Tid. *Flytte* Kullene kan Strømmen paa Grund af sin Ævne til af Jærn at danne en Magnet: dennes Tiltrækning kan nemlig foranledige Kullene satte i Bevægelse. At Strømmen tillige kan foranledige Kullene flyttede *i rette Tid*, ligger i, at Strømmens Styrke beror paa Kullenes indbyrdes Afstand; jo større den bliver, des svagere bliver Strømmen. Den almindelige Fremgangsmaade, man følger for at benytte sig heraf, er i det væsenlige følgende. Kulstængerne tænkes anbragte lodret i hinandens Forlængelse; den øverste er indsat i et Hylster, hvori den kan glide ned, til den *møder den nederste*. Foruden Kulstængerne er der anbragt en Elektro-

magnet et Steds i Lampen. Naar Strømmen kommer, sendes den ind i Elektromagnetens Traad og gaar derfra uhindret gjennem Kulstængerne, da disse jo røre hinanden. Elektromagneten har til første Opgave at foranledige ved sin Tiltrækning den *øverste Kulstang hævet op fra den nederste.* Herved bliver, som det blev sagt S. 270, *Lysbuen dannet.* Det er imidlertid indrettet saaledes, at Elektromagneten først bliver stærk nok til at foranledige Stangen hævet, naar Strømmen har den Styrke som Lyset kræver for at brænde godt. Kommer en saadan Strøm, vil den øverste Kulstang snart være hævet saa meget, som Lysbuen skal være lang (1—2 Linier). Det varer imidlertid ikke længe, før Afstanden mellem Kullene begynder at blive for stor, fordi disse fortæres; Strømmen faar derved en længere Vej at gaa mellem Stængerne, hvor den møder større Modstand, end den først forefandt. Uden at Lyset derfor slukkes, bliver Strømmen og med den *Elektromagneten svagere.* Den sidste slipper da sit Tag i den øverste Kulstang, som nu langsomt falder, indtil Lysbue og Strøm naa deres rette Størrelse. Da faar Elektromagneten atter Kraft nok til at fastholde Kullet, indtil Afstanden paa ny er bleven for stor. Paa denne Maade kan Lampen vedblive at lyse med næsten uforanderlig Styrke, til alt Kul er fortæret.

I Foucaults Lampe Fig. 162 sættes Kulstængerne i Bevægelse af Urværket B, idet Hjulet L' griber ind i to Tandstænger, hvoraf den ene D bærer den positive Kulstang, som her er nederst, medens den anden er forbunden med en rund Stang, som glider i Hylsteret H, og ved en Arm, som fører ud til Siden, bærer den negative Kulstang. Gaar L' rundt fra højre til venstre, ville Stængerne gaa sammen, medens den modsatte Omdrejning vil fjærne dem fra hinanden. Urværket er forsynet med to Fjedre, hvoraf den ene virker paa Hjulet L og vil fjærne Stængerne, medens den anden, virkende paa L', vil nærme dem til hinanden. Den første af disse er den stærkeste. De kunne hver for sig stoppes, ved at Spærhagen t paa Enden af Vægtstangen T griber ind i et af Hjulene o eller o'. Stopper man Fjedren L, medens L' er fri, vil den sidste føre Stængerne mod hinanden. (Da L og L' ere Led af det samme Urværk, skulde man vente, at det

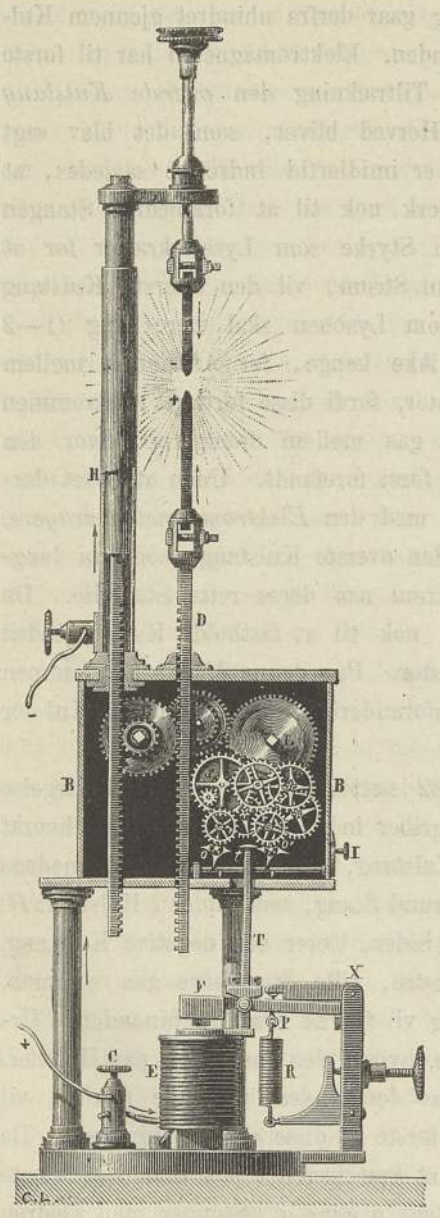


Fig. 162. Foucaults Buelampe.

enes Standsning ogsaa maatte standse det andet; dette sker dog ikke, fordi det Hjul S, der danner Forbindelse mellem L og L', er fæstet til et Rør, som er lagt uden om Hjulets Axe. Denne kan derfor efter Omstændighederne følge med Hjulet eller gaa rundt inde i Røret. Paa denne Maade kunne de to Visere paa et almindeligt Ur bevæge sig med forskjellig Hastighed om samme Axe.)

Hindres Fjedren L' i at virke, da vil L paa Grund af sin større Fjederkraft tvinge L' den modsatte Vej og følgelig fjærne Stængerne fra hinanden *). Følgen af denne Ordning er altsaa, at hvis Spærhagen t griber ind i o, ville Stængerne fjærnes, hvorimod dens Indgriben i o' gjør at de føres mod hinanden.

Vi skulle nu se, hvorledes

*) Den Indgriben af Spærhagen, som hindrer Fjedren L' i at virke, har tillige til Følge, at det ovenfor omtalte Hjul S, som danner Forbindelsen mellem de to Fjedre, ikke længer kan gaa den Vej rundt, hvori L''s Fjederkraft vil dreje det. Derimod føres det nu den modsatte Vej ved Fjedren L og tvinger derved L' rundt imod dens Fjederkraft.

den elektriske Strøm benytter dette Urværk for gjennem Spærhagen t og Vægtstangen T at regulere Kulspidsernes Afstand. Strømmen ledes ind, ved at den positive Poltraad skrues fast i Klemmeskruen C forneden i Lampen. Herfra føres den positive Elektricitet til Elektromagneten E og gaar videre gjennem Tandstangen D til den nederste Kulstang. Ved en anden Klemskrue, som sees lige over Urværkskassen, føres den negative Elektricitet gjennem Røret H til den øverste Kulstang.

Førend Strømmen ledes ind, er Vægtstangen T drejet tilhøjre af en Spiralfjeder R, hvad der bevirker, at Urfjedren L' skyder Kulstængerne sammen, saa at de røre hinanden. Naar Strømmen derefter sendes ind og har den fornødne Styrke, vil Jærnet i Elektromagneten E blive magnetisk og trække Jærnstykket F til sig. Da F er fæstet til Vægtstangen T føres denne nu til venstre imod Spiralfjedren R's Tiltrækning. Da Spærhagen herved slipper det lille Spærhjul o' og griber ind i o, har Elektromagnetens Tiltrækning til Følge, at det bliver Fjedren L, som virker; og det vil, som ovenfor sagt, bevirke, at Stængerne fjærnes fra hinanden. Herved bliver Lysbuen dannet.

Blev Spærhagen nu ved at gribe ind i o, vilde Stængerne vedblive at gaa fra hinanden, og Lysbuen vilde da snart slukkes. Det sker dog ikke, thi fra det Øjeblik da Lysbuen dannes, sætter Strømmen saa meget til af sin Kraft for at holde denne vedlige, at Magnetismen, som den har tilvejebragt i E, ogsaa bliver svagere; og naar Lysbuen har faaet en passende Længde, er Strømmen svækket saa meget, at Elektromagneten slipper sit Tag i Jærnstykket F. Vægtstangen T bliver da drejet til højre ved Spiralfjedren R og stopper den Fjeder, som vil fjærne Kulspidserne. Nu ville disse atter nærmes langsomt. Hvis Nærmelsen svarer saaledes til Kulstængernes Svind, at Afstanden bliver uforandret, vedbliver Lampen at brænde uden nogen ny Omlægning af Vægtstangen T. For at man kan være vis paa, at Afstanden aldrig bliver for stor, saa at Lampen slukkes, er det imidlertid nødvendigt, at Kulstængerne gaa hurtigere mod hinanden. Herved voxer Strømmen og med den Elektromagnetens Styrke. Vægtstangen slaar om, og Fjedren L vil atter tilveje-

bringe den rette Afstand. Reguleringen besørges altsaa ved, at Vægtstangen *T* fra Tid til anden svinger saa til den ene og saa til den anden Side, eftersom Strømmen i Elektromagneten *E* eller Fjederkraften i Spiralfjedren *R* faar Overvægten. De Bevægelser, Kulstængerne faa, ere i Reglen saa smaa og skifte saa hyppigt, at de ikke faa nogen kjendelig Indflydelse paa Lysbuens Lys.

Det vil bemærkes, at de to Tandstænger drives hver ved sit Hjul, der imidlertid begge sidde fæstede til samme Axe. Da det Hjul, som driver den positive Kulholder, har dobbelt saa mange Tænder, som det andet, vil den positive Kulstang hæves dobbelt saa hurtigt, som den negative synker. Da den første fortæres ogsaa omtrent dobbelt saa hurtigt som den sidste (S. 274), opnaaes det, at Lysbuen omtrent holder sig i samme Højde. Dette er altid en Fordel men bliver helt nødvendigt, naar Lampen er bestemt til Brug i et Projektionsapparat, hvorfra Lysglimt skulle sendes langt bort, eller hvorved smaa Billeder, som skulle forstørres (jvfr. Fig. 40, S. 64), blive belyste. Blot en lille Flytning af Lyskilden i et saadant Apparat vil lade Straalerne gaa ud i fejle Retninger. Foucaults Lampe anvendes i Reglen kun i saadanne Apparater.

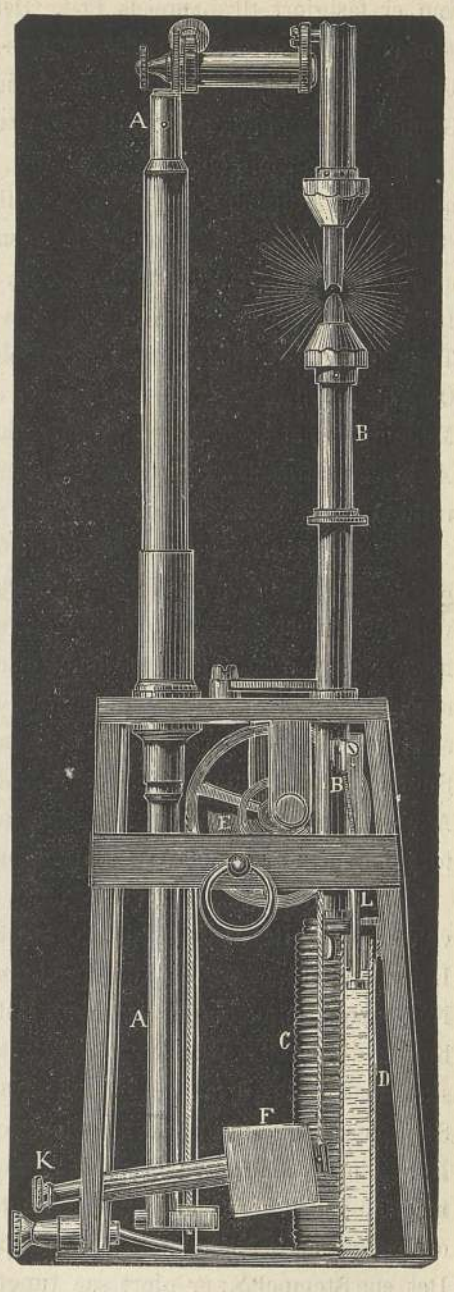
De Lamper, som bruges til egenlig Belysning, have en mere simpel Bygning. Som et Exempel paa en saadan skulle vi beskrive Jaspars Regulatorlampe (Fig. 163). Kulstængerne i denne ere anbragte paa lignende Maade som i Foucaults Lampe, men den positive er den øverste. Kulholderne *A A* og *B B* bæres hver af sin af to Snore, der gaa hver fra sin Side omkring et Hjul *E* (den ene af disse Snore sees tilhøjre for *A A*). Kulholderne ere altsaa forbundne med hinanden paa lignende Maade som to Spande, der hænge i en Brøndvinde: gaar den ene ned, vil den anden gaa op. Er det *A A*, der gaar ned, ville de to Kulstænger nærmes til, medens de i modsat Fald ville fjærnes fra hinanden.

Da *A A* har Overvægt over *B B*, ville de to Stænger altsaa mødes og blive sammen, indtil en Kraft, større end *A A*'s Overvægt over *B B* trækker nedad i *B* og derved fjærner dem fra hinanden. Denne Kraft udgaar fra den elektriske Strøm. Strømmen bliver nemlig, naar Lampen brænder, ført igjennem en lang hul Rulle *C* af isoleret Kobbertraad,

Fig. 163. Jaspars Regulatorlampe (omtr. $^1/_3$ virkel. Størr.). Lampen er fremstillet saaledes som dens Bestanddele ere stillede mod Slutningen af den Tid, et Par Kulstænger kunne vare. For at Lampen kan bruges til Strømme af forskjellig Styrke, er der paa en Vægtstang *F K* anbragt en Modvægt *F*, som gjennem en Snor virker paa Hjulet *E*, saaledes at den understøtter Strømmen i at trække *B B* nedad. Ved Skruen *K* kan Vægten flyttes frem og tilbage paa Vægtstangen og derved virke med forskjellig Kraft i Snoren. Bruges en stærkere Strøm skydes den til venstre. I Figuren er den saa langt til højre, som den kan komme.

Traadrullen *C* virker ikke lige stærkt paa Stangen *B B* i de forskjellige Stillinger, denne kommer til at indtage. Stærkest virker den, naar *B B* er højest oppe, altsaa naar Kullene ere næsten opbrugte. Dette vilde bevirke, at Lysbuen blev længere mod Slutningen. For at bøde herpaa er Hjulet *E* gjort tungere i den ene Side end i den anden ved at der er anbragt en Overvægt, som sees der, hvor Bogstavet *E* findes. Hjulet gjør omtrent en halv Omdrejning, medens et Par Kulstænger brænde op, og, som Figuren viser, er Overvægten anbragt saaledes, at den mod Slutningen af Brændetiden er paa venstre Side af Hjulet og følgelig modvirker Strømmens Træk i Stangen *B B*, medens den i Begyndelsen har understøttet dette Træk.

For at Kullene ikke skulle gjøre for pludselige Bevægelser og saaledes fremkalde Uro i Lyset, er Kviksølvbrønden *D* anbragt. Den er et Metalrør lukket for neden og næsten fyldt med Kviksølv, hvori et Stempel med noget Spillerum omkring sig bevæges, derved at Stempelstangen er fæstet til Kulholderen *B B*, saa at den fører Stemplet med sig, naar den falder eller stiger. Denne Falden og Stigen kan ikke ske pludseligt, idet Kviksølvet skal drives gjennem det snævre Mellemrum mellem Stemplet og Rørets Sider, saa at Bevægelsen dæmpes ved den jævne Modstand, Kviksølvet gjør herimod.



som er fastgjort til Lampens Fod. Det nederste af Kulholderen BB, som er af Jærn, bevæger sig inden i denne Rulle. Ved Strømmen bliver Jærnet magnetisk og derfor ligesom suget ind i Rullen paa Grund af Strømmens Evne til at sætte en Magnet i Bevægelse.

Naar Strømmen nu sendes ind igjennem Traadrullen C, Kulholdere og Kulstænger, vil Traadrullen altsaa, hvis Strømmen er stærk nok, trække den nederste Kulstang lidt ned og samtidig den øverste op. Herved dannes Lysbuen, og Strømmen svækkes, naar Lysbuen har den rette Størrelse, saa meget, at Tiltrækningen fra Traadrullen C til den nederste Kulholder netop holder Ligevægt mod Overvægten af AA over BB. Ved at Kullene nu fortæres, bliver Mellemrummet større, Strømmen og dens Træk i Stangen BB svagere, AA faar atter Overvægten og nærmer Kulspidserne igjen til den rette Afstand.

Den positive Kulstang tages dobbelt saa lang som den negative, og den første bevæger sig dobbelt saa hurtigt som den sidste, hvorved det opnaaes, at de to Stænger vare lige længe, og at Lysbuen holder sig paa samme Sted hele Tiden. Den forskjellige Hastighed opnaaes derved, at den Snor, som bærer Kulholderen BB, gaar om en Hjulomkreds, der kun er halv saa stor som den, hvorom AA's Snor er lagt. Hjulet E bestaar egenlig af 3 Hjul fæstede til samme Axe; de to afgive Lejer for Snorene fra Kulholderne, den tredie for Snoren fra Regulatorvægten F (om denne se Texten til Figuren).

Sedlaczek og Wikulill have med meget simple Midler tilvejebragt en Regulatorlampe, der især har funden Anvendelse som Lokomotivlampe til om Natten at belyse Banen foran Lokomotivet. Netop paa Grund af sin simple og solide Konstruktion er den skikket hertil, da den ikke forstyrres af Rystelserne. Hoveddelene i den ere skematisk fremstillede i Fig. 164. Kulstængerne K_1 og K_2 bæres af to Stempler S_1 og S_2, der kunne bevæge sig hver i sit af de to lodrette Rør A og B, for hvilke de lukke tæt. Rørene staa i Forbindelse med hinanden forneden og ere fyldte lige til Stemplerne med Glycerin, saa at det ene Stempel maa gaa op, naar det andet gaar ned. Det ene Stempel S_1 er gjort saa tungt, at det trykker S_2 op, hvorved Kulstængerne føres sammen.

I Forbindelsesrøret er der anbragt en Prop p med en snæver vinkelbøjet Kanal, igjennem hvilken Vædskèn fra A maa strømme over i B. Herved bliver Kulstængernes Bevægelse jævn og langsom. Ved en Stang, der gaar til højre ud af Forbindelsesrøret, kan p trækkes saa meget ud fra sin Plads, at Kanalen deri bliver spærret af Rørets Sidevæg, saa at Stemplet S_1 bliver standset i sin nedadgaaende Bevægelse. S_2 bliver samtidig flyttet et lille Stykke ned, thi, idet Proppen viger tilbage, følger Glycerinet i Forbindelsesrøret med, og efter det følger Stemplet S_2 drevet af Luftens Tryk paa dets øverste Flade.

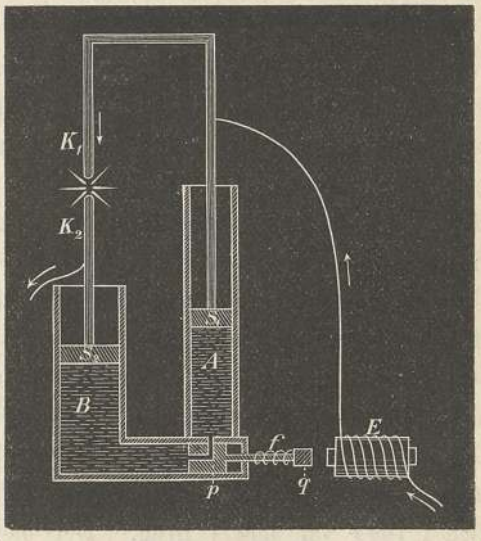


Fig. 164. Sedlaczek og Wikulills Regulatorlampe.

Man er altsaa i Stand til ved at skyde Proppen ind ad at faa Kulstængerne til at nærmes hinanden og ved at trække den udad at fjærne dem et lille Stykke fra hinanden. Naar Lampen er i Brug, sker det første ved en udspændt Spiralfjeder f. Det sidste besørger Strømmen, naar det behøves. Ud for Stangen, der styrer Proppen, er der nemlig anbragt en Elektromagnet E, hvis Traad gjennemløbes af Strømmen. Før denne sendes ind, har Proppen sin inderste Stilling, og Kulstængerne ere derfor stødte sammen, Stemplerne føl-

gelig standsede. Naar Strømmen sendes ind, vil den følge den af Pilene angivne Vej gjennem Elektromagneten og de to Kulstænger. Er den stærk nok, vil Elektromagneten øve saa stor Tiltrækning til det Stykke Jærn q, der sidder paa Enden af Stangen til Proppen, at denne føres udad. Herved skilles Kulstængerne ad, den nederste trækkes lidt ned, og Lysbuen bliver dannet. Nu bliver Strømmen imidlertid svagere, hvorfor Spiralfjedren atter skyder Proppen lidt ind. Herved bliver der atter Forbindelse mellem Rørene A og B, og Kullene nærmes nu. Samtidig fortæres de imidlertid. Holder Elektromagneten Proppen saa meget tilbage, at der kun bliver en ganske lille Aabning mellem Røret A og Kanalen i Proppen, kan Hastigheden, hvormed Kullene nærmes, netop svare til den Hastighed, hvormed de brænde op, og Lampen vil i saa Fald brænde, uden at Regulatoren kommer i Virksomhed. En lille Uregelmæssighed vil strax afhjælpes, idet Aabningen vil forstørres eller formindskes, hver Gang Strømmen bliver enten svagere eller stærkere. Ogsaa i Sedlaczek og Wikullils Lampe gaar det positive Kul dobbelt saa hurtigt ned, som det negative gaar op, saa at Lysbuen holder sig paa samme Sted. Af de to Stempler frembyder nemlig S_1, som bærer det positive Kul, kun en halv saa stor Flade mod Vædsken i Røret A som S_2 i Røret B. Da der gaar lige saa megen Vædske ud af A som der gaar ind i B, maa S_1 gjennemløbe den dobbelte Vej.

Denne Lampe giver et roligt Lys og har et Fortrin for de fleste andre Lamper i sin simple Konstruktion. Ved den elektriske Udstilling i Wien i 1883 var den i Brug. Der blev gjort et vellykket Forsøg med den som Lokomotivlampe. I denne Egenskab vide vi kun én Indvending mod den, den nemlig, at Glycerinet vil kunne fryse og derved naturligvis gjøre Lampen ubrugelig. Glycerin fryser vel ikke under almindelige Forhold, men Rystelserne paa et Jærnbanetog kunne bringe det til at stivne i stærk Frost. Muligvis vil denne Frysning dog kunne hindres ved Varme fra Lokomotivet.

De her beskrevne Lamper ere bestemte til at bruge ensrettede Strømme. Da Elektromagneten imidlertid virker ens, hvad Vej Strømmen har, kunne de ogsaa brænde ved Vexelstrømme; men skal Lysbuen holde sig paa samme Punkt, maa de to Kulstænger være

lige lange og bevæge sig lige hurtigt, hvilket kræver en lille Forandring i Lampemekanismenen (i Sedlaczek-Wikullils Lampe maa saaledes de to Rør *A* og *B* gjøres lige vide.

10.

Den elektriske Buelampe.

(Fortsættelse.)

Flere Regulatorlamper i samme Strømløb.

Lampens Tænding. Uregelmæssighed i Lyset. Afpasning af Buens Længde. To Lamper i samme Strømløb forstyrre hinanden. — Differentiallamper. Jürgensens og Siemens Differentiallamper.

Antallet af Buelamper, der reguleres af Strømmen ved en Elektromagnet, saaledes som det er fremstillet for de tre ovenfor beskrevnes Vedkommende, er meget stort. Princípet i dem alle er følgende: En lille Maskine (Urværk eller Vinde, Skrue o. s. v.) er stadig rede til at nærme Kullene til hinanden, eftersom de fortæres, medens Strømmen ved Elektromagneten standser Maskinens Virksomhed, naar Afstanden mellem Kullene begynder at blive for lille. Førend Strømmen sendes ind, har Maskinen Frihed til at virke, saa længe til *Kullene støde sammen.* Dette er af Betydning, thi Elektriciteten vil da, naar den sendes til Lampen, finde en uafbrudt Ledning, hvad der er nødvendigt for at indlede Virksomheden. Hvis Lampen er forsynet med sine Kulstænger, behøver man derfor kun at sende Strømmen til den for at faa den tændt. Tændingen kræver ikke nogen Nærværelse ved selve Lampen, hvad der er en Fordel, bl. a. fordi Lampen i Reglen hænger højt for at sprede sit stærke Lys vidt ud.

Den Omstændighed, at de to Kulstænger holdes i en svævende Ligevægt med deres Spidser i en lille Afstand fra hinanden, medfører, at en forbigaaende Uregelmæssighed i Lampemekanismen eller i Ma-

skinerne, som levere Strømmen, kan bevirke, at Kulspidserne pludselig rykke sammen eller pludselig fjærnes, hvorved Lyset forandrer baade Farve og Styrke, saa at det bliver uroligt. I den Henseende staar Glødelyset over Buelyset, idet det første ikke saa let kan undergaa de pludselige Forandringer, som kunne og i Reglen ikke sjælden ville indtræde ved det sidste. Hvor hyppigt det sker, vil vist som oftest bero paa, hvor omhyggelig Kulstængerne og Lampemekanismen ere forfærdigede og hvor regelmæssigt de Maskiner arbejde, som frembringe Elektriciteten.

Kulspidserne beholde deres Afstande uforandret, naar Strømmen har naaet den Styrke, som kan holde Ligevægt mod den i Lampemekanismen virkende Kraft. Nu afhænger Strømmens Styrke af følgende: 1) den Kraft, som driver Elektriciteten ud i Ledningstraadene fra Elektricitetskilden; vi ville her kalde denne Kraft det elektriske Tryk; 2) af den Modstand, som Elektriciteten møder i Mellemrummet mellem Kulspidserne, altsaa i Lysbuen; 3) af de andre Modstande, som Elektriciteten møder paa sin Vej. Hvis det elektriske Tryk er uforanderligt, og hvis de under 3) nævnte Modstande heller ikke forandres, vil Strømmens Styrke alene afhænge af Lysbuens Længde; Lysbuen kan af den Grund reguleres af Lampemekanismen, som ovenfor omtalt, og faar den rette Længde, ved at man i Forvejen har afpasset den i Lampemekanismen virkende Kraft efter Størrelsen af det elektriske Tryk, hvormed der skal arbejdes. Hvorledes man kan raade over Lysbuens Længde, kunne vi oplyse ved at betragte Sedlaczek-Wikulills Lampe (Fig. 164). Det vil erindres, at naar Lampen brænder roligt, har Strømmen tilstrækkelig Styrke til ved Elektromagneten E at trække Proppen p saa meget udad, at Forbindelsen næsten er spærret mellem Rørene A og B. Men hvis man nu pludselig strammer Fjedren f, som holder Ligevægt mod den magnetiske Tiltrækning, stærkere end før, da vil Proppen skydes ind, Forbindelsen aabnes mellem Rørene A og B, og Kulspidserne nærme sig til hinanden, saa at Lysbuen bliver kortere. Men herved voxer Strømmens Styrke og tilsidst vil denne atter blive i Stand til at trække Proppen udad, hvorefter Lampen vil fortsætte sin regelmæs-

sige Virksomhed men nu med en kortere Lysbue. Slappes Fjedren *f*, vil Lysbuen blive længere.

Hvis altsaa virkelig 1) det elektriske Tryk og 2) Modstanden, som Strømmen møder paa sin Vej til Lampen, ere uforanderlige, det vil sige, hvis Lysbuens forskjellige Længde alene betinger Strømmens Styrke, er man Herre over denne Længde. Lad os nu forsøge at sende Strømmen gjennem to saadanne Lamper (indskyde to Lamper i samme Strømløb), idet vi forudsætte, at det elektriske Tryk er stort nok til at give den rette Buelængde i begge Lamper (ɔ: den Længde, som giver det bedste Lys). Det kan da hænde, at de begge brænde, som de skulle. Men indtræffer det Tilfælde, at de to Kulstænger i den ene Lampe ved en Uregelmæssighed i Lampens Virksomhed pludselig rykke usædvanlig langt fra hinanden, da vil Strømmen pludselig svækkes i hele Strømløbet, fordi Modstanden forøges. Dette har til Følge, at Kulstængerne i *begge Lamper* sætte sig i Bevægelse mod hinanden; herved kan det let hænde, at Spidserne i den anden Lampe *mødes*, saa at Lysbuen der *forsvinder*. Sker det, vil Modstanden formindskes betydeligt i Strømløbet; men hvis Lysbuen i den første Lampe er bleven saa lang, at den alene gjør samme Modstand som begge Buer tilsammen, naar de have den rette Længde, da vil Strømmen faa den Styrke, som gjør, at Mekanismen i begge Lamper er ude af Virsomhed, og den ene Lampe kan derfor blive ved at brænde med sin lange Bue, medens den anden er slukket, indtil en ny Uregelmæssighed maaske vender Forholdet om. Den Omstændighed, at hver Lampe i Strømløbet er afhængig af alle de andre, tilintetgjør kort sagt Regulatorens Virksomhed, da den er betinget af, at Buens Længde behersker Strømmens Styrke. Hver af de hidtil omtalte Lamper maa derfor have sin egen Elektricitetsfrembringer. Der kan kun indskydes én Lampe i hvert Strømløb. I mange Tilfælde faar dette ikke nogen Betydning, fordi man kun har Brug for én stærk Lampe, men ofte er det dog ønskeligt eller nødvendigt at fordele Lyset til flere Lamper.

I Sedlaczek-Wikulills Lampe bliver Proppen p holdt i Ligevægt i den rigtige Stilling, naar Lampen skal brænde, af Elektromagnetens Træk til højre og Fjedren f's Træk til venstre. Fjerner man denne Fjeder og anbringer i dens Sted en Elektromagnet ogsaa til venstre for Jærnstykket q, da vil den samme Ligevægt som før kunne naaes, ved denne Elektromagnets Træk. Hvis den faar sin Strøm gjennem en særegen Ledning, en »Sideledning« fra Elektricitetskildens Poltraad *), da vil Strømmen fordele sig mellem den og Lampeledningen, og de to Strømme: Hovedstrømmen, som gaar gjennem Lampen, og Sidestrømmen gjennem Sideledningen kunne afpasses saaledes, at Proppen holdes i Ligevægt, naar Lysbuen har den rette Længde. Naar nu denne Længde voxer, ved at Kullene fortæres, vil Hovedstrømmen møde større Modstand end i Begyndelsen. Følgen heraf er, at der søger en større Mængde Elektricitet end før gjennem Sideledningen. Dens Elektromagnet f bliver derfor stærkere, medens Hovedstrømmens E bliver svagere, naar, som vi antog, Lysbuen forlænges. Men herved vil Proppen p trækkes indad; Aabningen mellem Rørene A og B bliver større og Kullene nærmes, indtil den rette Længde er naaet. Hvis Kullene komme for nær til hinanden, vil det omvendte ske: E virker stærkere paa q end f, og Proppen trækkes udad, hvorved Kullene føres et lille Stykke fra hinanden.

Hvis man indskyder to saadanne Lamper, der altsaa begge ere forsynede med Sideledninger og reguleres ved to Elektromagneter i Steden for ved en Elektromagnet og en Fjeder, i samme Strømkreds, da vil den ene ikke kunne forstyrre den anden. Antages nemlig det samme at ske som før, at Lysbuen i den ene pludselig bliver forlænget, vil det ganske vist have til Følge, at Strømmen ogsaa i det øvrige Strømløb bliver noget svækket; men det vil ikke længer have Indflydelse paa Lysbuens Længde i den anden Lampe, thi Strømmens Svækkelse vil mærkes *baade i dennes Hovedledning og Sideledning*. De modsat rettede Træk, som Jærn-

*) I Figur 336, S. 333) sees en saadan Sideledning ført ud fra Poltraaden L_1. Hovedstrømmen gaar Vejen $L_1 E C A$ til Kulstangen K_2, tænder Lysbuen og gaar videre ad $K_1 L_2$. Sideledningen gaar derimod udenom Lampen om ad D fra L_1 til L_2, hvorfra begge Strømme samlede føres videre frem.

stykket q er udsat for, formindskes derfor lige meget, saa at Proppen p bliver paa sin Plads; men det vil sige, at Lampen vedbliver at brænde uforstyrret, og den første Lampe faar altsaa Tid til at gjenoprette Uregelmæssigheden i sin Virken; denne Uregelmæssighed bliver derfor kun forbigaaende.

Efter dette Princip har man nu konstrueret adskillige Lamper, som uden Vanskelighed brænde flere i samme Strømløb. De kaldes Differentiallamper. Prof. JÜRGENSEN i Kjøbenhavn har konstrueret en saadan, der er afbildet i Fig. 165. Kulholderne ere forbundne paa samme Maade som i Jaspars Lampe (S. 323); de hænge altsaa i Snore, der hver fra sin Side gaa om et Hjul. Men medens Kullene i Jaspars Lampe bringes til at gaa mod hinanden, ved at den positive Kulholder paa Grund af sin Vægt gaar nedad og derved trækker den anden opad, saa ere de i Jürgensens Lampe omtrent afbalancerede. Medens i Jaspars Lampe kun den negative Kulholder bliver udsat for elektromagnetisk Tiltrækning (ved Rullen C, Fig. 163), er dette i Jürgensens Lampe Tilfældet med begge Kulholdere, som derfor begge forneden bestaa af Jærn og ere sænkede ned hver i sin Traadrulle C og C' (Fig. 165). Den ene af disse Ruller C bliver gjennemløben af Hovedstrømmen, efter at denne har gjennemløbet Mellemrummet mellem Kulstængerne og der dannet Lysbuen, medens den anden Rulle C' gjennemløbes af Sidestrømmen. Naar Lampen brænder, vil der gaa Strøm gjennem begge Ruller, saa at der trækkes nedad i begge Kulholdere, og disse holdes i Ligevægt, naar Buen har den rette Længde. Bliver denne Længde for stor, vil Hovedstrømmen gjennem C svækkes, mens Sidestrømmen i C' forstærkes; derved trækkes den øverste (positive) Kulstang nedad, den nederste opad, saa at Buen faar sin oprindelige Længde.

SIEMENS Differentiallampe er skematisk fremstillet i Fig. 166. Den nederste Kulstang K_1 er fast, medens den øverste K_2 falder ned mod den paa Grund af Vægten af Kulholderen AB. Denne virker som Lod i et simpelt Urværk S, hvorved den bringes til at falde langsomt og jævnt. Hovedstrømmen gaar ad Vejen $L_1 E C A K_2 K_1 L_2$, medens Sidestrømmen følger Vejen $L_1 D L_2$. Naar Lysbuen har faaet sin rette Længde, faar Hovedstrømmens Traadrulle E's nedad-

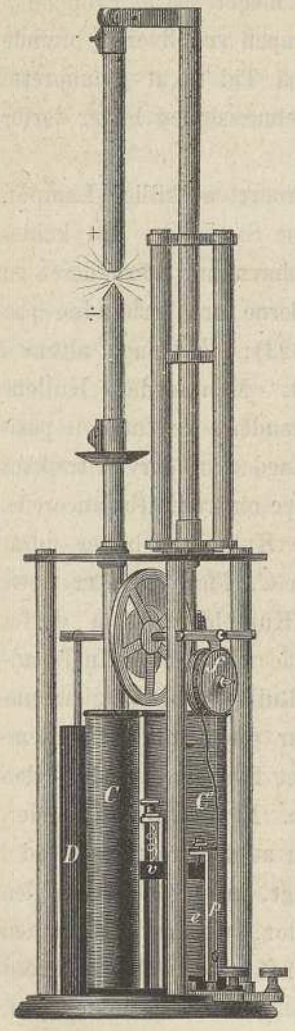


Fig. 165. Jürgensens Differentiallampe. Før Lampen bliver tændt, er der ikke tilstrækkelig Bevægkraft i Lampen til at føre Kullene sammen. Sendes Strømmen ind, vil det derfor kunne hænde, at Lysbuen ikke øjeblikkelig bliver dannet, Strømmen tvinges da helt igjennem Sideledningen i Rullen C', saa at alene den positive Kulholder trækkes nedad; Kullene ville derved hurtigt føres mod hinanden og saaledes foranledige Lampen tændt.

I Differentiallamperne er Sideledningen altid dannet af en meget tynd men lang Kobbertraad; Sidestrømmen, som kun har til Opgave at regulere Lampen, men ikke bidrager til Lysudviklingen, bliver svag paa Grund af den store Modstand i den lange Traad, saa at den kun forvolder et ringe Krafttab. Dens elektromagnetiske Virkning kan desuagtet blive stor nok paa Grund af de mange Vindinger, hvori den virker. Skulde det nu hænde, at én af de Lamper, som brænde i samme Strømløb, tager Skade, saa at den ikke længer kan lyse, da vil Strømmen udelukkende søge gjennem dens Sideledning; den store Modstand vil imidlertid nu svække Strømmen i hele Strømløbet saa meget, at de andre Lampers Lys vil svækkes eller endog slukkes. For at undgaa denne Ulæmpe er der i Jürgensens Lampe anbragt endnu en Sideledning, som er viklet op jævnsides med den ovenfor omtalte i Rullen C'. Den bestaar af en tykkere og kortere Traad, hvis Modstand omtrent er lig Lysbuens. Denne Sideledning har Strømmen dog kun Adgang til, naar Lysbuen *ikke er tændt*. Den faar sin Strøm gjennem Opstanderen p og en Vægtstang v af Jærn, idet den sidste trykkes af en Spiralfjeder op mod den Skrue, der fører fra Opstanderens Hoved ned mod Vægtstangen. Under neden Vægtstangen er der anbragt en lille Elektromagnet e, hvis Traad gjennemløbes af Hovedstrømmen gjennem Lysbuen. Hvis Hovedstrømmen gaar, trækker Elektromagneten e Vægtstangen v ned fra Skruen, saa at Sideledningen afbrydes, men ophører Hovedstrømmen, trækker Spiralfjedren Vægtstangen op og slutter Sideledningen.

I Kapselen f ligger en Urfjeder, der har samme Opgave som Vægten K (Fig. 163) i Jaspars Lampe, nemlig at afpasse Buelængden ved at understøtte den ene af Traadrullerne C og C' mere eller mindre, eftersom man strammer Fjedren.

gaaende Træk i Jærnstangen $D\,E$ Overvægt over Sideledningen D's Træk. En Vægtstang, hvori Jærnstangen hænger, og som har sit Hvilepunkt i C, bliver derfor drejet lidt. En Spærhage, hvorpaa den modsatte Ende af Vægtstangen virker, vil derved gribe saaledes ind i Urværket, at dette standses, saa at Kulstangen hindres i at falde videre. Naar Lysbuen nu begynder at blive for lang, svækkes

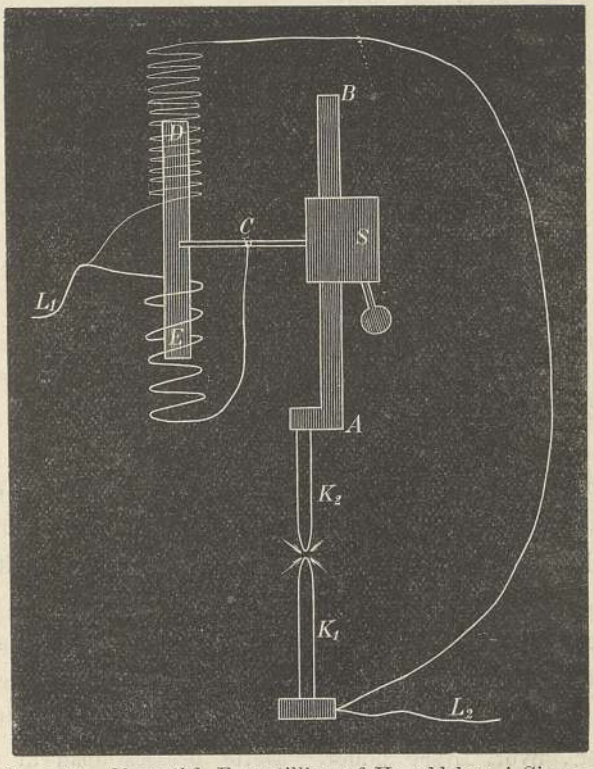


Fig. 166. Skematisk Fremstilling af Hoveddelene i Siemens Differentiallampe.

Hovedstrømmen saa meget, at Sideledningens Rulle D faar Overvægten, hæver $D\,E$ op, og Spærhagen slipper derfor Urværket, saa at Kulstangen K_2 atter kan falde.

Foruden Siemens og Jürgensens Lamper kunne vi nævne Piette-Kriziks, Gülchers, Westons og Brush's som hyppig brugte Differentiallamper. I andre Lamper som Lontins, Grammes og Mer-

SANNES findes der kun i Sideledningen en Elektromagnet, idet Hovedledningens Elektromagnet er erstattet af en Fjeder. Disse »Sideledningslamper« (lampes à dérivation) ere dog ikke saa uafhængige af hverandre, naar de findes indskudte flere i samme Strømløb, som Differentiallamperne.

11.

Den elektriske Buelampe.

(Fortsættelse.)

Lamper med mekanisk Regulering.

Kulstængerne bevæge sig paa lignende Maade som Stearinlyset i en Vognlygte. Clerc og Bureaus Lampe (lampe soleil) giver ikke rent Buelys. Solignacs og Rapieff's Lamper med rent Buelys.

Man har paa forskjellig Maade søgt at undgaa den altid noget sammensatte og derfor kostbare Mekanisme, som de elektromagnetiske Regulatorlamper kræve. For at faa Kulstængerne til altid at gaa hinanden imøde paa det Sted, hvor Lysbuen skal dannes, ligger det nær at benytte et lignende Middel, som det, der anvendes i Vognlygter, der brænde Stearinlys, for at holde dettes Flamme bestandig i samme Højde over Lygtens Bund. Gjennem denne gaar der nemlig et Rør ned, hvori Lyset sidder. Dette presses opad af en Spiralfjeder, som sidder i det nederste af Røret; men ved at Rørets Rand foroven er bøjet indad, hindres Lyset i at fremvise mere over Røret end netop Vægen. Efterhaanden som Stearinet brænder bort, trykker Spiralfjedren Lyset op, saa at Vægen stadig holdes i Højde med det øverste af Røret. Paa selv samme Maade bevæge de to Kulstænger sig i den af CLERC og BUREAU opfundne elektriske »Sollampe« (lampe soleil), der er fremstillet i Fig. 167 og 168. I en Metalkasse *A* sidder en Marmorblok, hvori der er boret skraat to Huller, som passe

saaledes til Kulstængerne C, C, at disse let kunne glide deri. Forneden ere Hullerne indsnævrede, saa at Kullene standses der med deres Spidser i den indbyrdes Afstand, der passer til Lysbuens Længde. Samtidig med at Lampen forsynes med sine Kul lægges der en tynd Strimmel af Kul D som en Bro for Elektriciteten fra den ene Kulspids til den anden.

Naar nu Strømmen sendes gjennem de to Stænger og Kulstrimlen forneden, ved at fastklemme Poltraadene til de Skruer, som ere fastgjorte til det øverste af Kulstængerne, vil den tynde Kulstrimmel komme i Glød og hurtigt brænde bort, hvorefter Lysbuen vil blive

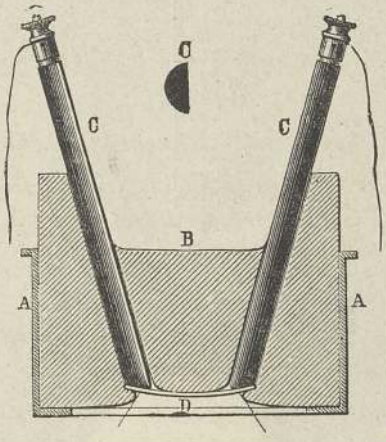


Fig. 167. Sollampen (Gjennemsnit). Imellem Kulstængerne ere disses halvcirkelformede Tværsnit fremstillede.

dannet mellem Kulstængerne. Ved Lysbuens Varme kommer Marmoret ovenover i Glød, saa at Kulstængerne og Midten af Marmorblokkens Underside danner én glødende Flade. Idet nu Kulstængerne fortæres forneden, ville de synke ned ved deres egen Vægt og saaledes vedligeholde Lysbuen uforandret. Det er her ikke blot Kullene, som fortæres; ogsaa Marmoret vil efterhaanden smulre bort under Paavirkning af Varmen. Man har derfor sammensat Blokken af flere Dele, saa at det Stykke B (Fig. 167), der ligger imellem Kullene, kan erstattes, naar det er for stærkt angrebet.

Hvis Strømmen for en kort Tid svækkes eller endog ophører,

vil dette næppe kunne mærkes paa Lampen; den glødende Kalkmasse vil nemlig kunne holde Varmegraden vedlige, til Strømmen igjen er kommen i jævn Gang. Sollampens Lys er derfor særdeles roligt. Varmegraden kan dog ikke blive saa høj her, hvor Varmen skal for-

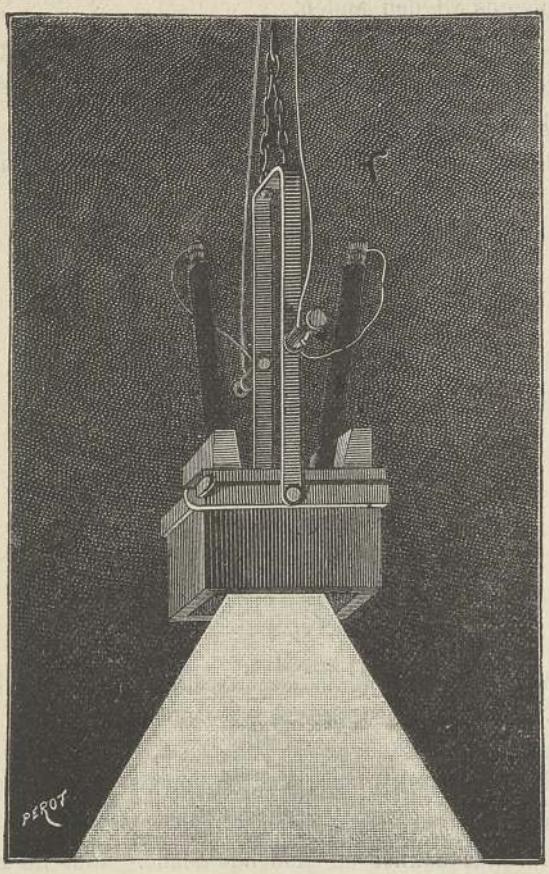


Fig. 168. Sollampen i Virksomhed.

deles over en betydelig Kalkmasse, som i de almindelige Buelamper; Lyset er derfor heller ikke saa hvidt (jvfr. S. 286) som i disse, og ved samme Kraftforbrug vil Lampen næppe kunne give saa stor en Lysmasse som de almindelige Buelamper. Men dens overmaade simple Konstruktion vil vistnok skaffe den Anvendelse i mange Tilfælde.

Naar Sollampen en Gang er slukket, kan den ikke paany tændes, førend man igjen har slaaet Bro for Elektriciteten ved et Stykke Kul mellem Stængernes nederste Spidser. Man har vel indrettet Lamper med en selvvirkende Mekanisme til at foretage dette; men herved taber Lampen sit Særkjende: den store Simpelhed. Lampen kan brænde lige godt ved ensrettet Strøm og ved Vexelstrøm. Det sidste er forsaavidt at foretrække, som Kulstængerne da fortæres lige hurtigt. Sollampens Lys udgaar, uden at nogen Lampedel skygger, fra den glødende Flade. I Reglen skal denne naturligvis hænge nedad som i Fig. 168. Skal man have Lyset sendt ud i vandrette eller opadgaaende Retninger, maa Kulstængerne skydes frem af Spiralfjedre.

Naar man vil faa Kulstængerne til at bevæge sig hen mod Stedet, hvor Lysbuen brænder, efterhaanden som de fortæres, ved at lade deres Endepunkter støde mod en fast Hindring som Marmoret i Sollampen, kan det ikke undgaas, at Lysbuen kommer til at afgive en stor Del af sin Varme til andre Ting, som komme i Glød. Lyset er derfor ikke rent Buelys og taber som ovenfor nævnt ogsaa noget af dettes Ejendommelighed. I Solignacs Lampe (Fig. 169 og 170) frembringes derimod et rent Buelys, medens Kulstængerne bevæge sig paa lignende Maade som i Sollampen. I Stearinlyset i Vognlygten skydes Vægen bestandig op, fordi den er omgiven af et Stof, Stearinet, som smelter ved Flammens Varmegrad. Paa samme Maade kan man faa en Kulstang til at skyde sig frem, naar man forsyner den med en Klædning, som smelter bort ved den Varme, som Lysbuen meddeler den yderste Ende af Stangen. Hertil anvender Solignac Glasset. Han beklæder vel ikke sine Kulstænger dermed, men han fæster en tynd Glasstang henad Kulstangen fra den ene Ende til henimod Spidsen, hvorfra Lysbuen skal udgaa. I nogen Afstand fra Lysbuen (saa langt derfra, at Kullene der ere varme nok til at gjøre Glasstangen blød) anbringes en Stopper, der møder Enden af Glasstangen; denne bliver trykket imod Stopperen af en Fjeder, der driver Kulstangen frem. Naar Lysbuen tændes, vil Glasset give efter og tillade Fjedren at føre Kullene frem, efterhaanden som de fortæres.

Fig. 169 viser hele Solignacs Lampe med de vandret anbragte Kulstænger; der ligge i hinandens Forlængelse. Den er tegnet, som

den tager sig ud kort efter at være tændt, idet Kulstængerne næsten have deres fulde Længde. Fig. 170 viser i større Maalestok den ene Halvdel af Lampens Midterparti mod Slutningen af Lampens Brændetid. Glasstangen ligger paa Kulstangens Underside. Den Del af den, som har fulgt med den nu forsvundne Del af Kulstangen, sees at have krummet sig nedad ved at møde den Stopper *A*, som i Form af en Metalbøjle sees at gaa ind under Kulstangen fra Lampens Metaldele, der hvor disse støtte og styre den. Kulstangen føres frem af en Urfjeder i en Kapsel ovenover, hvorfra der udgaar en Kjæde, som har fat i Stangens yderste Ende.

Lysbuen maa holde sig omtrent midtvejs mellem de to Stoppere; thi kommer den for langt bort fra en af dem, vil Glasset ikke længere kunne blive blødt der; Kulstangen standser sin Fremgang, og

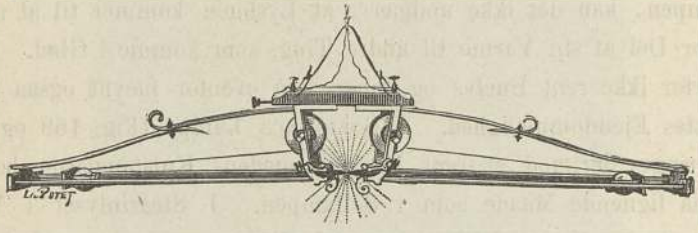


Fig. 169. Solignacs Lampe.

idet Spidsen af den fortæres, vil Lysbuen rykke tilbage mod Midten. For at faa Lampen tændt, skyder man hele det Stativ, der bærer Kulstangen til venstre frem, til Kulspidserne mødes. Denne Bevægelse foretages ved en Skrue, som sees øverst til venstre i Fig. 170.

Man har endnu paa en tredie Maade faaet Kulstængerne til at flytte sig frem, efterhaanden som de fortæres. I Rapieffs Lampe benyttes 4 Kulstænger paa én Gang. Lampen kan betragtes som sammensat af to Sollamper, den ene under den anden og den nederste i omvendt Stilling; men Hullerne, hvori Stængerne glide, have ingen Indsnævring, saa at Stængerne føres helt igjennem, indtil de standses ved at støde sammen. De fire Stængers Stilling kan altsaa fremstilles ved $\frac{V}{\Lambda}$. De to Sammenstødspunkter ligge i en Afstand fra hinanden lig Lysbuens Længde. Begge de øverste Stænger forbindes

med den ene og begge de nederste med den anden Poltraad, saa at Lysbuen kan tændes mellem Sammenstødspunkterne for de to Par Stænger. Efterhaanden som de oprindelige Spidser fortæres, glide Stængerne frem og møde hinanden paa ny i de samme to Punkter. Naar det sagdes, at Rapieffs Lampe kunde betragtes som to Sollamper, er det ikke saaledes at forstaa, at den indeholder nogen Stenblok; Stængerne bevæge sig i et Metalstativ mellem Ruller. Lyset bliver rent Buelys.

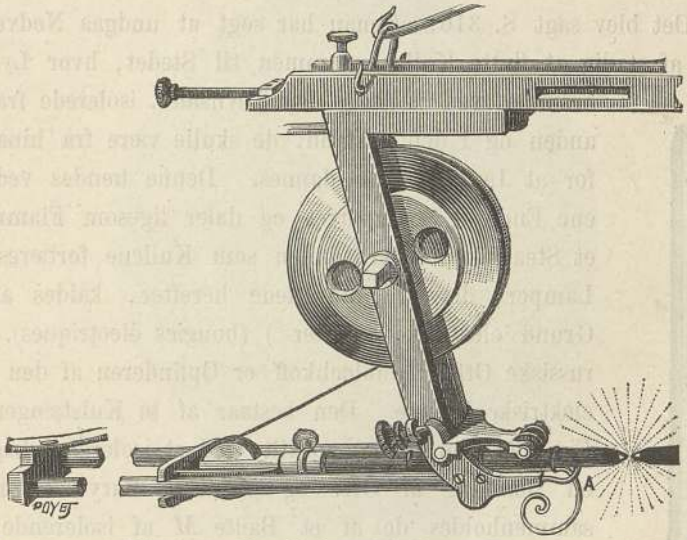


Fig. 170. Hoveddelene i Solignacs Lampe.

De her beskrevne Lamper kunne bruge saa vel ensrettede som Vexelstrømme. For at den positive og den negative Kulstang i første Tilfælde kunne vare lige længe, kan man gjøre den positive i et passende Forhold enten længere eller tykkere end den negative.

12.

Den elektriske Buelampe.

(Fortsættelse.)

Buelamper uden Regulering; den elektriske Kjærte.

Jablochkoffs Kjærte og dennes Anbringelse i Lampen. Kjærten kræver Vexelstrømme for at brænde. Wildes og Jamins Kjærter. Sammenligning mellem Lamper med elektromagnetisk Regulering og Lamper med fast Buelængde.

Det blev sagt S. 316, at man har søgt at undgaa Nødvendigheden af stadig at flytte Kullene sammen til Stedet, hvor Lysbuen brænder, ved at lægge dem jævnsides, isolerede fra hinanden og i den Afstand, de skulle være fra hinanden, for at Lysbuen kan dannes. Denne tændes ved den ene Ende af Stangparret og daler ligesom Flammen i et Stearinlys, efterhaanden som Kullene fortæres. De Lamper, der ere indrettede herefter, kaldes af den Grund elektriske Kjærter *) (bougies électriques). Den russiske Officer Jablochkoff er Opfinderen af den første elektriske Kjærte. Den bestaar af to Kulstænger c, d Fig. 171, der holdes adskilte ved et isolerende Lag i af en Blanding af Gibs og svovlsur Baryt. Forneden sammenholdes de af et Bælte M af isolerende Stof. Under dette er hver Kulstang omsluttet af et Kobberrør for Tilledningen af Elektricitet. Fig. 172 og 173 vise, hvorledes Kjærten anbringes i Lampen. Hver Lampe maa indeholde mindst to Kjærter, hvoraf den anden tændes af sig selv, naar den første er udbrændt. Kulstængerne maa nemlig tages temmelig tynde (fra $1^1/_2$ til 3 Linier i Tværmaal) for at brænde regelmæssigt, hvorfor de kun vare henved 2 Timer. Kjærten fæstes i Lampens Fod ved at klemmes ind mellem to Metalfjedre, der modtage hver sin Elektricitet fra Elek-



Fig. 171. Jablochkoffs Kjærte (omtr. $^1/_3$ virk. Størr.).

*) Ogsaa de S. 334 ff. beskrevne Lamper kaldes ofte elektriske Kjærter.

tricitetskilden. For at tænde Lyset er det nødvendigt at tilvejebringe en ledende Forbindelse mellem de øverste Spidser af Stængerne; dette sker ved en lille Strimmel *a* (Fig. 171) af Grafit, der fastholdes ved et tilklæbet Baand *a b* af Papir. Grafit og Papir brænde strax bort, hvorefter Lysbuen dannes. Ved dens Varme vil Gibslaget gløde

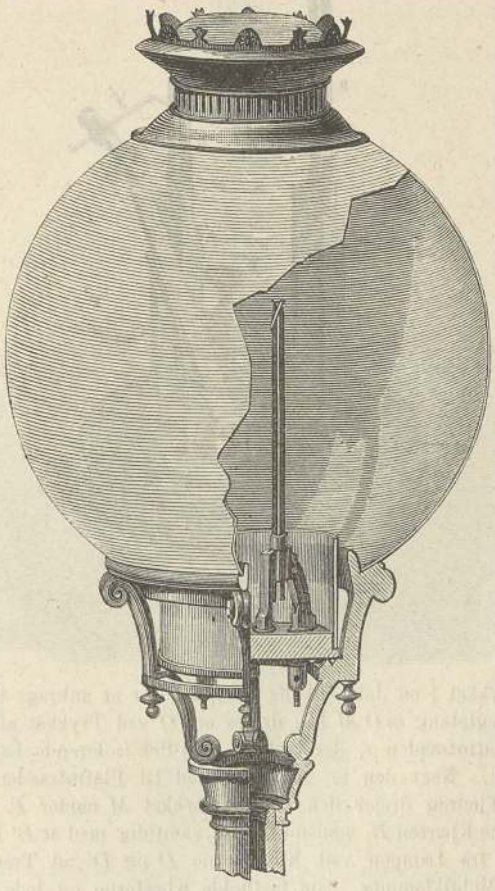


Fig. 172. Jablochkoffs Lampe.

heftigt og fordampe og saaledes svinde samtidig med Kullene. Da det her er nødvendigt, at de to Kulstænger fortæres nøjagtigt lige hurtigt, maa man bruge Vexelstrømme. Man har vel forsøgt at bruge ensrettede Strømme, idet man gjorde den ene Stang tykkere end den anden,

men man fik ikke nogen regelmæssig Virksomhed derved. En Kjærte kan give henimod 1000 Normallys. Dens Lys er ikke meget roligt og ligesom Sollampens ikke saa hvidt som det rene Buelys. Naar Kjærten ved et Uheld er slukket, kan den ikke tændes igjen af sig

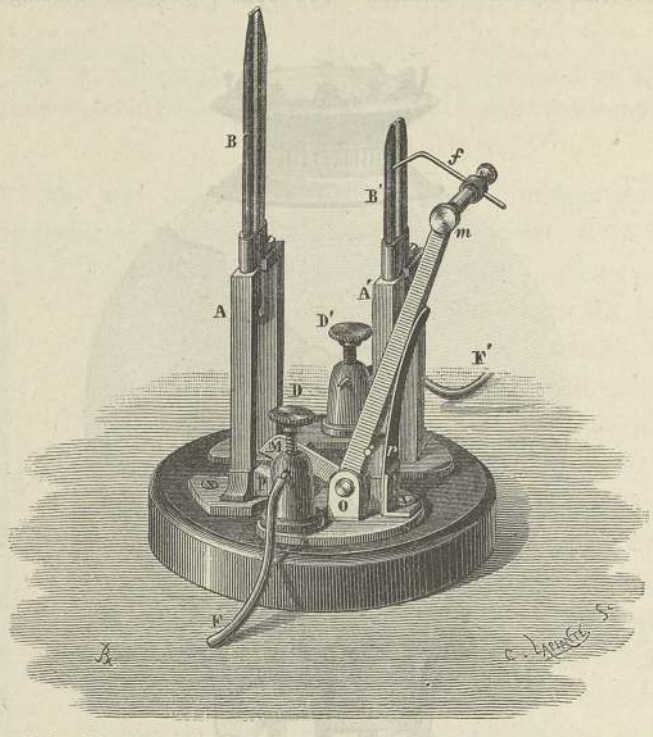


Fig. 173. Fodstykket i en Jablochkoffs Lampe. Der er anbragt to Kjærter B og B'. En Vinkelvægtstang $m\,O\,M$ kan drejes om O ved Trykket af Fjedren r men fastholdes ved Platintraaden f, der trykkes mod det isolerende Lag i Kjærten B', som tændes først. Naar den er udbrændt ned til Platintraaden, bliver Vægtstangen fri, og Fjedren drejer den, indtil Stykket M møder P. Herved sendes Strømmen gjennem Kjærten B, som nu tændes, samtidig med at B' slukkes. Strømmen gaar til og fra Lampen ved Klemmerne D og D' ad Traadene F og F'. A og A' ere de Metalklemmer, som fastholde Kjærterne og lede Elektriciteterne til dem.

selv. Man har forsøgt forskjellige Midler for at opnaa en avtomatisk Tænding, dog hidtil næppe med Held.

Wildes Kjærte (Fig. 174) mangler det faste isolerende Lag mellem Kulstængerne, og den ene af disse kan bevæges lidt mod

den anden. I Figuren er C den bevægelige. Det Stykke AB, som bærer den, er nemlig bevægeligt om A. Under Paavirkning af en

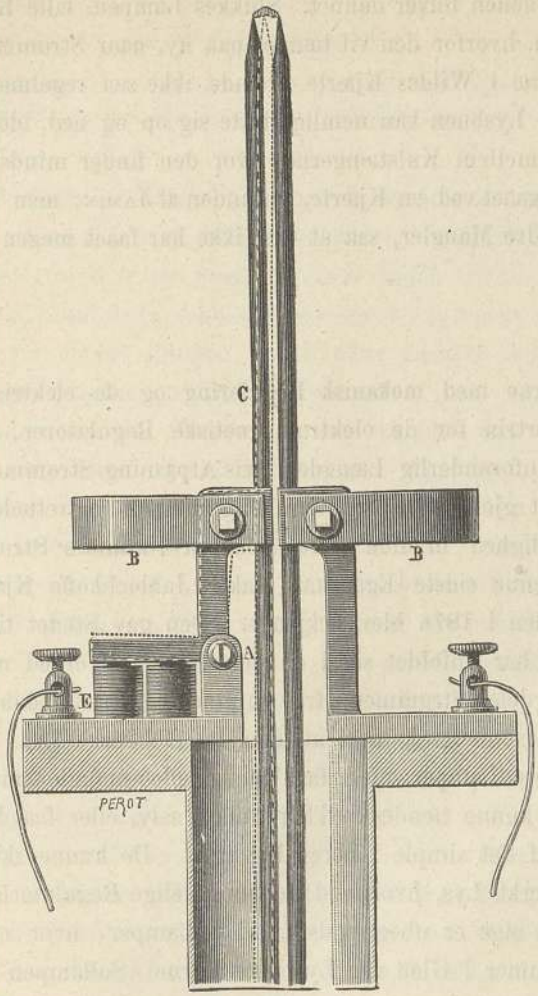


Fig. 174. Wildes elektriske Kjærte. Kulstængerne faa Strømmen tilledet, der hvor de fastholdes af de buede Fjedre B. De ere meget lange (omtrent 2 Fod), idet de fortsættes ned i Lampens Fod. Naar de ere udbrændte til i Nærheden af Fjedren, skyder man dem opad fra neden til den forrige Længde over B. Lampen kan brænde med Kulspidserne nedad, hvorved man undgaar den Skygge, som Stativet kaster.

Fjeder vil Stangen C komme til at indtage en lidt skraa Stilling, der er antydet i Figuren ved den punkterede Linie. Naar Strømmen

sendes ind, gjennemløber den Elektromagneten *E*, som tiltrækker Jærnstykket ovenover, hvorved *C* rejses lodret op, og Kullene skilles ad, saa at Lysbuen bliver dannet. Slukkes Lampen, ville Kullene atter falde sammen, hvorfor den vil tændes paa ny, naar Strømmen kommer igjen. Kullene i Wildes Kjærte brænde ikke saa regelmæssigt som i Jablochkoffs; Lysbuen kan nemlig flytte sig op og ned, idet den søger til det Sted mellem Kulstængerne, hvor den finder mindst Modstand. Dette er undgaaet ved en Kjærte, opfunden af Jamin; men denne synes at lide af andre Mangler, saa at den ikke har faaet megen Udbredelse.

Lamperne med mekanisk Regulering og de elektriske Kjærter have det Fortrin for de elektromagnetiske Regulatorer, at Lysbuen har en fast, uforanderlig Længde, hvis Afpasning Strømmen ikke har noget med at gjøre. De ere temmelig simpelt indrettede og kunne uden Vanskelighed brænde flere sammen i samme Strømløb. Paa Grund af denne sidste Egenskab vakte Jablochkoffs Kjærte megen Opsigt, da den i 1876 blev bekjendt. Den gav Stødet til den Virksomhed, der har udfoldet sig i de senere Aar, hvorved man har opnaaet at fordele Strømmen fra samme Elektricitetskilde til flere Lamper eller som det kaldes: at dele det elektriske Lys.

De fleste Lamper med fast Buelængde mangle imidlertid den Egenskab at kunne tændes ved Strømmen selv, eller faa den kun paa Bekostning af det simple i deres Bygning. De kunne ikke anvendes til meget stærkt Lys, hvorimod de almindelige Regulatorlampers Lysstyrke saa at sige er ubegrændset. De Lamper, hvor et isolerende fast Stof kommer i Glød ved Lysbuens Varme (Sollampen og Jablochkoffs Kjærte) kunne næppe levere Lyset saa billigt som Lamper med rent Buelys, dels fordi der tabes ved Varmens Udbredelse, og dels fordi Modstanden mod Elektriciteten formindskes, ved at Lysbuen optager Dampe fra det isolerende Stof.

13.

Kontaktlamper.

Kontaktlampen er en Overgangsform mellem Buelampen og Glødelampen. Varleys, Reyniers og Ducretets Lamper. Kontaktlampens Anvendelighed.

Trykker man de to Kulstænger i en brændende elektrisk Regulatorlampe sammen, vil Lysbuen forsvinde, fordi Elektriciteten nu kan gaa over fra den ene Stang til den anden gjennem Berøringsstedet. Hvis Stængerne ikke trykkes stærkt sammen og ikke røre hinanden i for mange Punkter, ville deres Spidser dog vedblive at gløde, om end svagere end før, paa Grund af den større Modstand paa Overgangen mellem Stængerne, som skyldes den ufuldstændige Berøring. Paa Grund af at Forbindelsen hyppigt brydes mellem Kulstængerne, ved at Kullet brænder bort, bliver der dannet smaa Lysbuer, der igjen forsvinde, naar Berøringen atter tilvejebringes. Man finder derfor ogsaa, at den Kulstang, der fører positiv Elektricitet, gløder stærkest (jvfr. S. 274). Hvis man gjør den positive Kulstang betydelig tyndere end den negative, vil den førstes Glødning tiltage i høj Grad, medens den sidste næsten ikke opvarmes. Herpaa har man grundet elektriske Lamper, hvor det lysende Legeme er en omtrent 1 Linie tyk Kulstang, der med sin tilspidsede Ende støtter mod en tyk Stang eller en Klods af Kul. Strømmen ledes til den første og derfra gjennem Berøringsstedet til den sidste. Paa Grund af at Glødningen er stærkest i Nærheden af Berøringsstedet, vil den tynde Stang ved Forbrændingen svinde mest ud mod Spidsen og derfor beholde sin tilspidsede Form. Lampens Lys skriver sig dels fra de ovenfor omtalte smaa Lysbuer, dels fra den tynde Kulstangs Glødning, idet Strømmen fremkalder en stor Mængde Varme ved at gjennemløbe denne Stang paa Grund af dens store Modstand. Den bliver derfor at betragte som en Overgangsform mellem Buelampen og de egenlige Glødelamper. Den kaldes Halvglødelampe eller Lampe med ufuldstændig Kontakt. Vi ville kalde den *Kontaktlampe*, fordi dens Lys er betinget af, at to Kulstykker bringes i Berøring med

hinanden. Før de egenlige Glødelamper bleve almindelige, kaldtes Kontaktlampen Glødelampe.

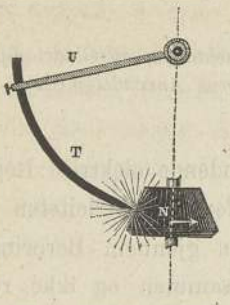


Fig. 175. Varleys Kontaktlampe.

Den første Kontaktlampe blev konstrueret af Varley i 1876. Den bestaar af en kegleformet Klods N (Fig. 175) af Kul, mod hvilken en buet Kulstang T støtter ved at være ophængt i en Vægtstang U. For at hindre en for fuldstændig Berøring sættes N i hurtig Omdrejning, saa at Spidsen af T glider mod dens Overflade. Varleys Lampe har dog, saa vidt vides, ikke været praktisk anvendt.

Fig. 176 viser Reyniers Kontaktlampe. Midt i den Glaskuppel, som omgiver det nederste af Lampen, sees den nederste Ende af den tynde Kulstang, som støtter mod et Stykke Grafit, der holdes af et Messingrør. Et andet Stykke Grafit holdes af det skraat stillede Messingrør og bliver ved en Spiralfjeder, som virker paa den øverste Ende af Messingrøret, trykket ind mod den tynde Kulstang omtrent $^1/_4$ Tomme over Spidsen. Strømmen ledes ind gjennem det øverste Grafit, gjennemløber det lille Stykke af Kulstangen, som derfor gløder, og gaar videre gjennem det nederste Grafit. Lampen hænger i et omtrent $1^1/_2$ Fod langt Rør, der er fremstillet afbrudt i Figuren. Heri indesluttes Kulstangen, der foroven bærer en Vægt p, som trykker den nedad, efterhaanden som den forbruges inde i Lampen. Rørets Vægge tjene som Ledning for Elektriciteten. Det bestaar derfor af to udenom hinanden lagte Rør, der ere isolerede fra hinanden. Det ene fører positiv Elektricitet til det øverste Grafitstykke, det andet negativ til det nederste. Man kan forandre Længden af det glødende Stykke af Kulstangen ved en Omstilling af det Messingrør, der bærer det øverste Grafitstykke. Herved kan Lampen afpasses til forskjellig Strømstyrke.

Ducretet har modificeret Reyniers Lampe, saaledes som Fig. 177 viser. Den glødende Kulspids C vender opad og trykkes mod Kulstykket H ved at være anbragt i en dyb Beholder T fuld af

Kviksølv. Da Kul svømmer paa Kviksølv, vil Stangen faa en Opdrift, som erstatter Vægten i Reyniers Lampe. Strømmen ledes gjennem Kobberstangen t og for Kviksølvbeholderens Laag B til det øverste Stykke af Kulstangen og gaar videre gjennem Kullet H, Kulholderen S, Stangen t' samt Nøglen $M\ V$, ved hvis Bevægelse man tænder eller slukker Lampen. For at hindre Varmen fra det glødende Kul i at trænge ind i Kviksølvet, som ved stærk Opvarm-

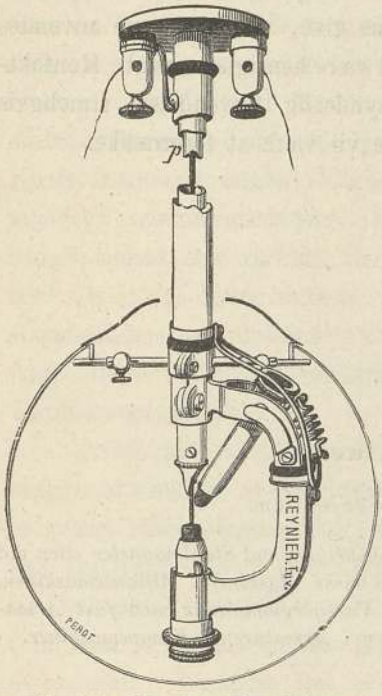


Fig. 176. Reyniers Kontaktlampe ($^1/_3$—$^1/_2$ virk. Størr.).

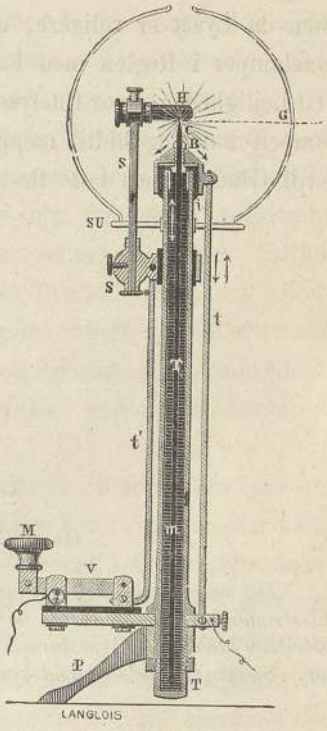


Fig. 177. Ducretets Kontaktlampe.

ning vil udsende giftige Dampe, er Beholderen skilt fra Laaget B ved et varmeisolerende Lag i. Varmen ledes bort ad Stangen t, som fører Elektriciteten til. Kulholderen S kan flyttes lidt op eller ned ved en Skrue, hvorved det Stykke af Kulstangen, som ligger over B, det vil sige det glødende Stykke kan forlænges eller forkortes.

Kontaktlamperne give ligesom Glødelamperne et meget roligt Lys;

ligesom disse kunne de indskydes mange i samme Strømløb, da der ikke er nogen Bue at regulere. Lyset er hvidere end Glødelampens og i Reglen af betydelig større Styrke; en Kontaktlampe kan give indtil 200 Normallys. Ligesom i Buelampen fortæres det glødende Kul, saa at dette maa fornyes, hver Gang Lampen har brændt den Tid, Kulstangen kan vare. I Reyniers Lampe kan en Kulstang paa 3 Fods Længde og lidt over 1 Linies Tykkelse vare omtrent 6 Timer. Lyset medfører et større Kraftforbrug end Buelys af samme Styrke; men da Lyset er roligere, og da hver Lampe giver mindre Lys end Buelamper i Reglen med Fordel kunne give, vil det kunne anvendes ved Lejligheder, hvor Buelyset ikke vil være hensigtsmæssigt. Kontaktlampen har dog hidtil næppe faaet synderlig Anvendelse, rimeligvis fordi Glødelampen i de fleste Tilfælde vil være at foretrække.

14.

Lysmaskiner.

Maskiner, der give Vexelstrøm.

Det magnetiske Felt i Maskinerne frembringes ved Staalmagneter eller ved Elektromagneter. Magneto- og dynamoelektriske Maskiner. Alliancemaskinen. Méritens Maskine. Armaturen. Grammes Vexelstrømmaskine med fast Armatur. Siemens Vexelstrømmaskine uden Jærn i Armaturen. Kæmpemaskiner.

Til Frembringelse af den Elektricitet, som faar de elektriske Lamper til at lyse, bruger man næsten uden Undtagelse den magnetoelektriske eller dynamoelektriske Maskine, især den sidstnævnte. Grunden til at man henvises til disse Maskiner for at tilvirke Elektricitet og ikke kan bruge det galvaniske Element, som i visse Henseender har Fortrin for Maskinerne, er den tidligere nævnte, at disse sidste ere ene om at levere Elektriciteten saa billigt, at Lyset, som fremkaldes, kan faa praktisk Anvendelse. Det er især Bestræbelserne for at faa et billigt elektrisk

Lys, der har været Drivfjedren ved Anstrængelserne for Udviklingen af de Elektricitet frembringende Maskiner. Disse have imidlertid ogsaa faaet adskillig anden Anvendelse; i Reglen maa de indrettes noget forskjelligt efter det Øjemed, de ere bestemte for. De særlig for Lys indrettede Maskiner (og det er hidtil de allerfleste) kaldes i Reglen *Lysmaskiner*. Ved Omtalen af Lamperne blev det sagt, at de elektromagnetiske Regulatorlamper i Reglen ere beregnede paa ensrettede Strømme; de fleste andre Lamper kunne omtrent lige godt brænde ved ensrettede og ved Vexelstrømme; herfra danne dog Kjærterne en Undtagelse; de kunne kun brænde ved Vexelstrømme. Hvad Lysstyrken angaar, er det fordelagtigst at bruge ensrettede, jævne Strømme, og de fleste Maskiner ere derfor (ligesom Grammes S. 40 omtalte Dynamo) indrettede paa at give saadanne. Da Jablochkoffs Kjærte har faaet megen Udbredelse, har man dog ogsaa konstrueret mange Vexelstrømmaskiner. Disse, f. Ex. Alliancemaskinen (S. 35), bruges tilmed ikke sjælden til almindeligt Buelys ligesom til Glødelys. (Man kan ikke indrette en og samme Maskine til efter Omstændighederne at give jævne eller vexlende Strømme). Lysmaskinerne falde altsaa i to Hovedafdelinger: *Maskiner med jævn Strøm og Vexelstrømmaskiner*.

I alle disse Maskiner vil man finde et Rum, som saa vidt muligt er omgivet af Magnetpoler. I dette Rum raader der derfor en meget stærk Magnetkraft, saa at det bliver til et kraftigt magnetisk Felt (S. 257). I dette Rum bevæger sig en Axe, som fører med sig ved sin Omdrejning en lang isoleret og opviklet Kobbertraad, som man sørger for at lade gaa der i Rummet, hvor Magnetkraften er stærkest. I enhver Del af Kobbertraaden vil da Magnetkraften frembringe Elektricitet (S. 260), der opfanges inde ved Axen for derfra at sendes ud i Ledningen. Magneterne, hvorfra Magnetkraften udgaar, kunne enten være af Staal eller af Jærn. I første Tilfælde bevare de deres Magnetisme fra den ene Gang til den anden; Maskinen kaldes *magnetoelektrisk*. Ere de af Jærn, gjøres de magnetiske ved en elektrisk Strøm (de ere Elektromagneter); Strømmen kan enten komme fra en anden Maskine (Hjælpemaskinen, se Fig. 24), eller Maskinens egen Strøm kan holde Jærnet magnetisk; Maskinen

kaldes i sidste Tilfælde *Dynamomaskine*. Ophører eller svækkes Strømmen, vil ogsaa Magnetismen og dermed den Kraft, som frembringer Strømmen, ophøre eller svækkes.

Den første Vexelstrømmaskine, der fik praktisk Anvendelse som Lysmaskine, var Alliancemaskinen, der blev forfærdiget til Brug i Fyrtaarne. Da den tidligere er beskreven, skal her blot nævnes noget nærmere om dens Størrelse og Virksomhed. Hver af de 56 Hesteskomagneter vejer 40 Pund og ere omtrent to Tommer tykke. Rullerne, som i et Antal af 96 bevæge sig i det magnetiske Felt mellem de 32 Magnetpoler, der findes i to efter hinanden følgende Kredse af Magneter, ere 4 Tommer lange og $1^3/_4$ Tomme tykke. Hver Rulle indeholder henved 100 Fod Kobbertraad, der er 1 Millimeter (henved $^1/_2$ Linie) tyk. Kobbertraaden er omspunden med Bomuldstraad, som for at gjøre Isolationen fuldstændig gjennemtrænges med en Opløsning af Harpix i Terpentin. Foruden den S. 35 beskrevne anvendes ogsaa en mindre, som kun indeholder 64 Traadruller. Med 5 Hestekræfter gjør Maskinaxen 400 Omdrejninger i Minutet. Ved hver Omdrejning passerer hver Rulle 16 Gange Mellemrummet mellem to Poler, og hver Gang det sker, skifter Strømmen Retning. Dette sker altsaa 6400 Gange i Minutet. Der udsendes altsaa omtrent 100 Strømstød i Sekundet. Herved kan man frembringe et Lys paa over 1000 Normallys. Den større Maskine kan give 1500 Normallys. Alliancemaskinen anvendes i adskillige Fyrtaarne, der lyse ved elektrisk Lys; men der forfærdiges nu ikke mange af dens Art; dens sammensatte Bygning forvolder nemlig let Forstyrrelser i dens Virksomhed, som ere vanskelige at afhjælpe, da Maskinens enkelte Dele kun ere lidet tilgængelige.

Méritens i Fig. 178 fremstillede Vexelstrømmaskine er simpelt og let tilgængeligt bygget. Den ansees for en af de bedste Vexelstrømmaskiner. 8 Staalmagneter sees at være fastgjorte til Maskinens Stativ, ordnede i en Krands. Det magnetiske Felt fremkommer altsaa i det cirkelformede Rum mellem 16 Magnetpoler (tilvenstre i Fig.). Polerne skifte saaledes, at hver Nordpol er fulgt af en Sydpol. Her bevæger sig et Hjul, hvis Ring er dannet af 16 sammenskruede flade Jærnstykker. Hvert Jærnstykke er omviklet med Kobbertraad og

er, som Figuren viser, gjort tykkere ved Enderne; herved holdes Traaden sammen, og Jærnstykket gjøres stærkt magnetisk, hver Gang det under Hjulets Omdrejning stiller sig som i Figuren mellem to Magnetpoler. Der frembringes Elektricitet i Traaden dels under Paavirkning af Staalmagneternes Magnetisme, dels af den Magnetisme, som kommer og forsvinder i Jærnstykkerne, der danne Hjulringen.

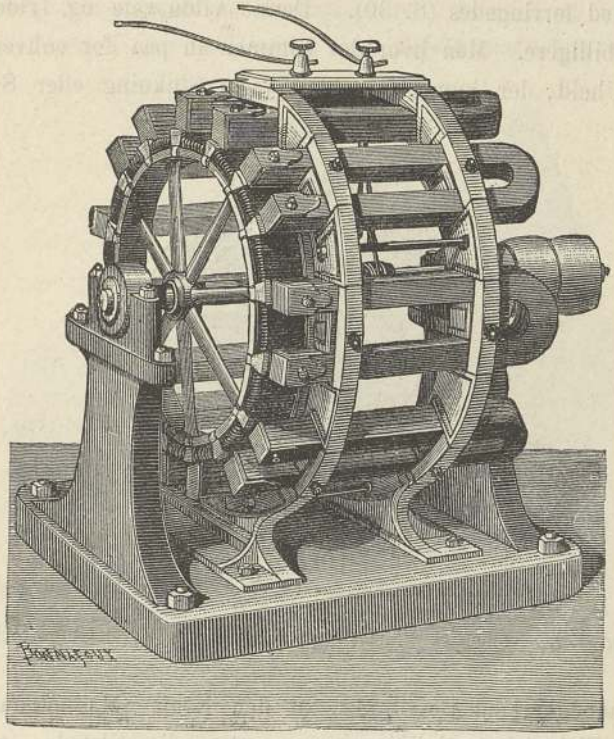


Fig. 178. Méritens magnetoelektriske Vexelstrømmaskine.

Traaden om hvert Jærnstykke er en Fortsættelse af den foregaaende og fortsættes af den følgende, saa at det hele danner én Traad, hvorfra alle de paa én Gang fremkaldte Strømstød sendes ud. Traadens Ender ere førte langs et af Hjulets Egre ind til Axen, derpaa langs denne til to isolerede Kobberringe, der sidde fast om Axen. To Metalfjedre, som glide mod Ringene, opfange her Elektriciteterne og føre dem op til de to Klemmeskruer øverst paa Maskinen, hvorfra

Ledningstraade føre dem videre. Til højre i Figuren, i Forlængelse af Axen og fæstet dertil sees den Remskive, hvorom Drivremmen fra Dampmaskinen lægges.

I Alliancemaskinen og i Méritens Maskine bruges Staalmagneter. Der var intet til Hinder for ligesom i Wildes Maskine (Fig. 24, S. 36) eller i Siemens (S. 38) at erstatte disse med Elektromagneter. Herved kunde Magneterne gjøres betydelig mindre, uden at Maskinens Virksomhed forringedes (S. 30). Denne vilde veje og fylde mindre og blive billigere. Men hvor det kommer an paa for enhver Pris at undgaa Uheld, der kunne forvolde Lysets Slukning eller Svækkelse,

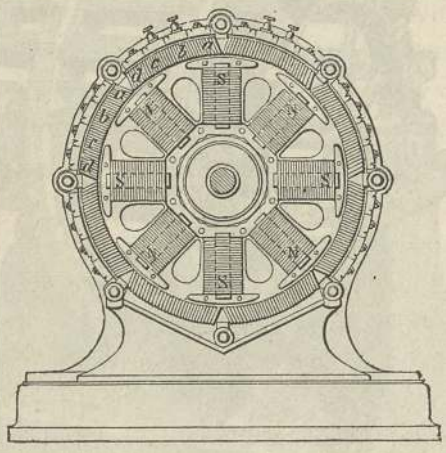


Fig. 179. Skematisk Fremstilling af Grammes Vexelstrømmaskine.

er det aabenbart af Betydning, at den Kraft (Magnetismen), som betinger Elektricitetsudviklingen, er uvægerlig tilstede; ved Siden heraf tabe andre Hensyn deres Vægt. I Fyrtaarne med elektrisk Lys anvendes Maskiner med Staalmagneter derfor hyppigt. Derimod anvendes paa Grund af de økonomiske og praktiske Fordele Elektromagneterne hyppigst i de fleste andre Belysningsanlæg, hvor Vexelstrømme bruges. I Reglen ligge Elektromagneterne stille, og den Traad, hvori Strømmen fremkaldes, bevæger sig mellem disses Poler. Denne Traad og det Stativ, hvorpaa den er opviklet, kaldes *Armaturen*. Virkningen bliver imidlertid den samme, naar Armaturen

ligger stille, og Magnetens Poler føres forbi. Det sidste sker i Grammes Vexelstrømmaskine (Fig. 179 og 180). Paa en Axe er 8 flade Elektromagneter *N*, *S* fæstede; Strømmen, som holder dem magnetiske, kommer fra en lille Hjælpemaskine, der giver jævn Strøm. Jærnet i Magneterne er Plader, hvis Gjennemsnit er fremstillet ved de punkterede Linier i Fig. 179. Magneterne drejes rundt med Axen ved en Drivrem, hvoraf et Brudstykke sees i Fig. 180. Den Traad, hvori Elektriciteten frembringes, er viklet op om Siderne af en hul Jærncylinder, inden i hvilken Elektromagneterne dreje sig.

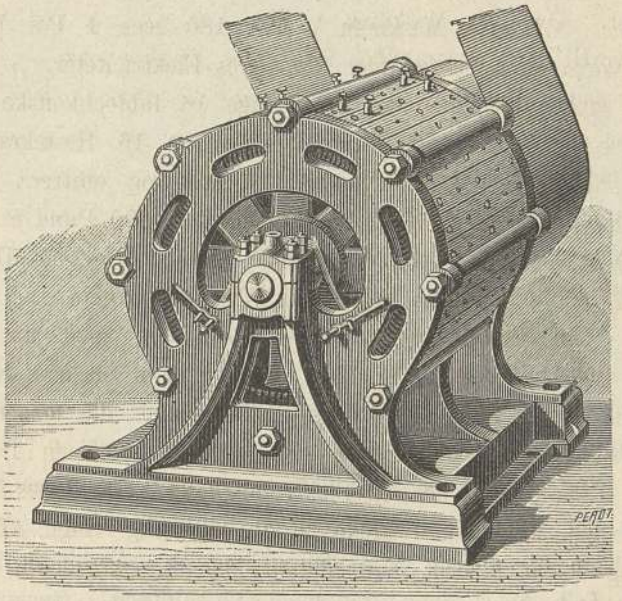


Fig. 180. Grammes Vexelstrømmaskine.

Traaden er delt i 32 Dele og opviklet i lige saa mange fra hinanden isolerede Ruller (altsaa ikke som i Méritens Maskine én fortløbende Traad). De 32 Ruller ere delte i 8 Afdelinger hver paa 4. Indenfor de enkelte Afdelinger ere de 4 Ruller i Fig. 179 betegnede efter deres Orden med Bogstaverne *a*, *b*, *c*, *d*.

Idet Magneterne drejes rundt, vil der sendes et Strømstød ud af enhver af Rullerne, hver Gang en Magnet nærmer sig til den, og et Stød i modsat Retning, naar samme Magnet efter at være gaaet

forbi atter fjerner sig fra den. I de fire Ruller indenfor samme Afdeling kunne Strømmene derfor gaa i forskjellige Retninger til samme Tid, men det kan indrettes saaledes, at alle Rullerne *a* til samme Tid faa Strøm i samme Retning, fordi de ligge saaledes, at Magneten altid paa samme Tid hele Vejen rundt har samme Stilling og Bevægelse i Forhold til dem *). Paa samme Maade bliver Strømmen ens i ethvert af de andre Sæt af 8 Ruller, der ere betegnede med samme Bogstav. Forener man derfor alle Traadene *a* til én og ligesaa de, der ere betegnede henholdsvis med hvert af Bogstaverne *b*, *c* og *d*, da har man 4 selvstændige Strømkilder, der kunde føde hver sin Gruppe af Lamper. Ovenpaa Maskinen i Fig. 180 sees 4 Par Klemmeskruer, hvortil de 4 Strømkilder føre deres Elektriciteter.

En saadan Maskine, der kan bringe 16 Jablochkoffske Kjærter til at lyse og fordrer en Dampmaskine paa 16 Hestekræfter, er sammen med Remskiven henved 3 Fod lang og omtrent $2^1/_2$ Fod bred og høj. Den vejer 1300 Pund, hvoraf de 200 Pund er Kobbertraad. Dens Axe gaar højst 600 Gange rundt i Minutet. Dens Pris opgives til 10000 Fr., heri indbefattet Hjælpemaskinen.

En Vexelstrømmaskine, der er forbunden med sin Hjælpemaskine, findes afbildet i Fig. 181. Begge ere af Siemens Konstruktion. Den førstes Stativ bestaar af to Jærnringe, der forneden hvile paa en Støbejærnsfod og foroven ere forbundne ved en Tværstang. Fra hver Ring udgaar der 12 Elektromagneter. Da disses Poler fra hver Side gaa hinanden i Møde til en temmelig ringe Afstand og ere to og to af modsat Art, dannes der et overordenlig intensivt magnetisk Felt, hvori Armaturen med sine midtvejs i Maskinen synlige Traadruller bevæger sig. Disse sidde paa Omkredsen af et Hjul, der drejes rundt. Deres Traade danne ligesom i Méritens Maskine én fortløbende Traad. Til Forskjel fra de fleste andre Maskiner findes der ingen Jærnkærne inden i Armaturens Traadruller, idet Traadene er opviklet paa en Kærne af Træ. Dette har, som vi senere skulle

*) Ganske vist ere Magnetpolerne vexelvis Nord- og Sydpoler, og de have modsatte Virkninger paa Traaden. Men denne Modsætning ophæves ved at man vikler Traaden i hver af de 8 Hovedafdelinger op om Cylindervæggen i en Retning, der er modsat den, hvori den foregaaende Afdelings Traad er viklet.

se, den Betydning, at det hindrer Maskinen i at løbe sig varm. Til yderligere Sikring herimod er Rullernes Trækærne gjennemhullet, saa at Luften frit kan cirkulere deri. Hjælpemaskinen er en Dynamo, hvis jævne ensrettede Strøm føres gjennem Elektromagneternes Traad i Vexelstrømmaskinen.

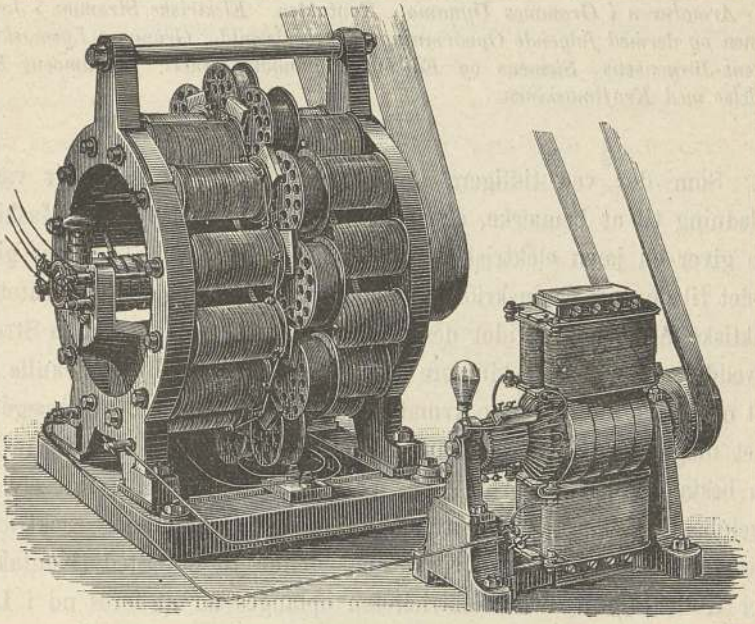


Fig. 181. Siemens Vexelstrømmaskine med Hjælpemaskine.

Man har i den senere Tid begyndt at bygge kæmpestore Vexelstrømmaskiner. Saaledes har Gordon konstrueret en Maskine, der i sin Bygning minder om Siemens. Den er over 12 Fod høj og vejer 36000 Pund. Den anvendes i et stort Værksted i Greenwich, hvor den faar 1300 Swanlamper (hver paa 20 Normallys) til at lyse; endda siges den kun at give det halve af den Strøm, den med fuld Kraft vilde kunne levere.

15.

Lysmaskiner.

(Fortsættelse.)

Maskiner med jævn ensrettet Strøm.

Armaturen i Grammes Dynamo. Kontakten. Elektriske Strømme i Jærnkærnen og dermed følgende Opvarmning og Arbejdsspild. Grammes Lysmaskine. Lorenz-Jürgensens, Siemens og Edisons Dynamomaskiner. Dynamoens Forbindelse med Kraftmaskinen.

Som der ved tidligere Lejligheder (S. 40 og 196) har været Anledning til at bemærke, er det GRAMMES Opfindelse af en Maskine, som giver en jævn elektrisk Strøm af betydelig Styrke, der har givet Stødet til de store Fremskridt i de sidste Aar i Retning af Elektricitetens praktiske Anvendelser, idet de fleste af disse kræve en saadan Strøm. Hoveddelene i hans Maskine ere allerede omtalte (S. 40). Vi skulle her blot noget nærmere omtale Armaturen: den Del, som ved at bevæge sig i det magnetiske Felt frembringer Elektriciteten. Det vil erindres, at den bestaar af en Jærnring, der er omviklet med en i sig selv tilbageløbende isoleret Kobbertraad. Den heri frembragte Elektricitet føres ind mod Axen og derpaa langs denne til det Sted (Kontakten eller Kollektoren), hvor Elektriciteten opfanges for at føres ud i Ledningstraadene. Jærnringen (se Fig. 27, S. 40), som danner Kærnen i den hele Ringarmatur, bidrager i høj Grad til Frembringelse af Elektriciteten (S. 260) men medfører ogsaa sine Ulæmper. Naar den gaar rundt, vil den blive udsat for samme Virkning som Kobbertraaden uden om, idet den ligesom denne er en god Leder, som bevæger sig i et magnetisk Felt. Af den Grund vil der opstaa elektriske Strømme i Ringens Jærnmasse, som kredse rundt deri i samme Retning, som den, hvori Strømmene i Kobbertraaden omkredse Jærnet. De sidste føres ud i Ledningstraade, hvor de ved det, de skulle udrette, møde en betydelig Modstand. Derimod blive Strømmene, der opstaa i Jærnringen, indenfor dens Grænser og have derfor kun Modstanden i selve Jærnmassen at overvinde, saa at de, hvis denne Modstand er ringe (og det vil den altid være i en *sammenhængende*

Jærnmasse) kunne naa en betydelig Styrke. Disse Strømme i Jærnringen gjøre ingen Nytte men kræve desuagtet deres Del af det Arbejde, som Ringens Omdrejning koster (S. 45), og denne Dels Størrelse staar i Forhold til Strømmens Styrke. Ikke nok med, at Strømmene i Jærnet medføre et Arbejdsspild, ville de desuden medføre en Ulæmpe, som kan indskrænke Maskinens Virksomhed betydeligt. De frembringe nemlig Varme i Jærnet, der ligger omhyggeligt indpakket i isoleret Kobbertraad. Det samme Stof, som holder Elektriciteten sammen i Kobbertraaden, vil ogsaa holde sammen paa Varmen i Jærnet, som derfor let kan blive saa stærk, naar Maskinen gaar hurtigt rundt, at det isolerende Lag (Silke, Kautschuk eller lignende) ødelægges, hvorved Maskinen sættes ud af Virksomhed. For at undgaa dette, maa man indskrænke Maskinens Hastighed til forholdsvis faa Omdrejninger i Minutet; det vil have til Følge, at Strømmen, som Maskinen udsender, bliver betydelig ringere, end den kunde være, hvis man var fri for Strømmene i Jærnringen.

Helt fri for disse Strømme*) kan man kun blive ved som i Siemens Vexelstrømmaskine (Fig. 181) at afskaffe Jærnet; med Bibeholdelse af dette kan man dog svække Strømmene betydeligt ved at danne Jærnringen saaledes, at den byder dem en betydelig Modstand. Armaturjærnet dannes derfor vistnok i alle større magneto- eller dynamoelektriske Maskiner af mange smaa Dele, der hver for sig isoleres mere eller mindre fuldstændigt. Fig. 182 viser et Brudstykke af Grammes Ringarmatur. Jærnkærnen sees at være dannet af et Bundt af sammenlagte Jærntraade A, som er omviklet med flere Lag af isoleret Kobbertraad. Denne sees at være oprullet i Afdelinger B, B, hvis Traade dog danne en Fortsættelse af hinanden; men paa Vejen fra den ene Afdeling til den anden er Traaden bøjet indad mod Midten af Ringen og fastloddet til en af de vinkelbøjede Kobberstrimler $R R$. Gjennem disse føres Elektriciteten til Kontakten, hvorfra den føres ud i Ledningen. En Ring af Træ, hvis Gennemsnit sees foroven i

*) De Strømme, som opstaa i en sammenhængende Metalmasse, kaldes ofte de Foucaultske Strømme, fordi de ere nærmere undersøgte af Foucault.

Figuren, tjener dels til at støtte Armaturringen, dels til derpaa at fæste Strimlerne *R R*. Disse ere naturligvis indbyrdes isolerede; de vandrette Dele danne den S. 42 omtalte Klædning om Axen, mod hvilke de to Fjedre glide, som opfange Elektriciteterne. I de store Maskiner bestaar Fjedrene af flade Bundter eller Koste af tynd Kobbertraad, de saakaldte Kontaktbørster.

I Grammes Lysmaskine (Fig. 183) ledes den Elektricitet, der opfanges af den ene Børste først gjennem den isolerede Kobbertraad om Elektromagneterne; disse danne den øverste og nederste Side i den Firkant, der udgjør Maskinens Stativ; først derfra gaar Elektriciteten ud i den ene Ledning; den anden Elektricitet gaar derimod umiddelbart ud i den

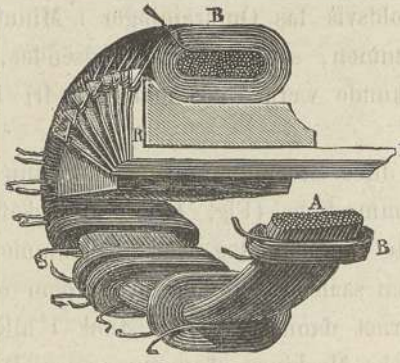


Fig. 182. Grammes Ringarmatur.

anden Ledningstraad. Det magnetiske Felt fremkommer midt i den ovennævnte Firkant mellem de udhulede Polstykker, der i Forening danne det Rum, hvori Ringen bevæger sig. Kontaktbørsterne sees til højre for Ringen, den ene tildels skjult af Axen. De to Elektriciteter frembringes i de Afdelinger af Kobbertraaden om Ringen, som i Øjeblikket bevæge sig foroven og forneden i umiddelbar Nærhed af Elektromagneternes Polstykker. To Afdelinger, en paa hver Side af Ringen, bevæge sig i en uvirksom Del af det magnetiske Felt; i dem frembringes der ingen Elektricitet, men de modtage, den ene positiv, den anden negativ Electricitet fra alle de andre Afdelinger. Fra de to

uvirksomme Afdelinger føres Elektriciteten ad de to tilhørende vinkelbøjede Kobberstrimler til Kontakten, hvis Børster man maa sørge for netop at lade røre der, hvor disse Kobberstrimlers Forlængelser findes, da man kun i det Tilfælde faar Nytte af al den frembragte Elektricitet.

En Maskine, der kan give omtr. 10000 Normallys i en Buelampe ved 900 Omdrejninger i Minutet, vejer 360 Pund og er omtrent 1 Alen høj og lang. Elektromagneternes Kobbertraad vejer 56 Pund og Armaturringens 9 Pund.

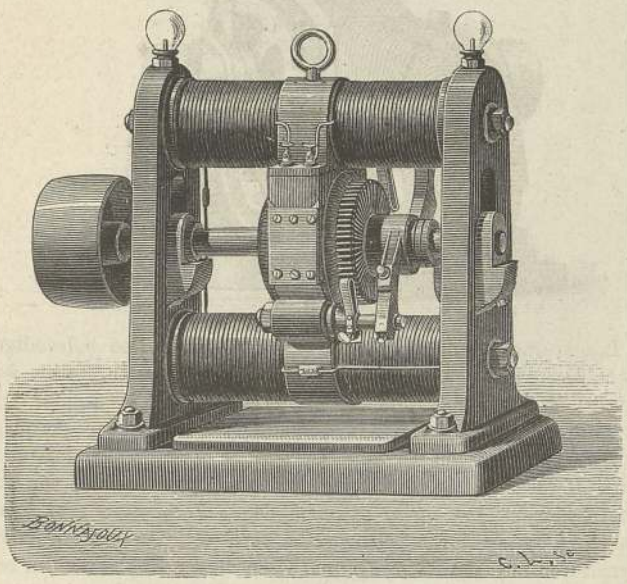


Fig. 183. Grammes Lysmaskine.

Det er, som omtalt S. 260, især den paa den udvendige Side af Jærnringen liggende Del af Armaturens Traad, som bevæger sig i et stærkt magnetisk Felt. Den indvendige Halvdel bidrager derfor ikke i saa høj Grad til Strømmen, medens den Modstand, som Strømmen møder her, er lige saa stor som i den udvendige Halvdel. Det er især denne Omstændighed, man har haft for Øje ved de forskjellige Forandringer, der senere er foretagne med Grammes Maskine. I den tidligere S. 260 omtalte Maskine, der er konstrueret af Professo-

rerne Lorenz og Jürgensen i Kjøbenhavn, er der indeni Ringarmaturen gjort Plads til en Elektromagnet, som paavirker den indvendige Halvdel af Kobbertraaden. Maskinen er afbildet i Fig. 184. Fra Fodstykket, der er af Jærn, udgaa to Arme *M* af massivt Jærn, der bue symmetrisk sammen mod det Sted, hvor Ringen bevæger sig. Ved at være omviklede med Kobbertraad blive disse Arme til Elektromagneter, hvis Magnetisme koncentreres i de to udhulede Jærnstykker *a b*. Ringen *R* er omdannet til en Cylinder, hvis Jærnkærne

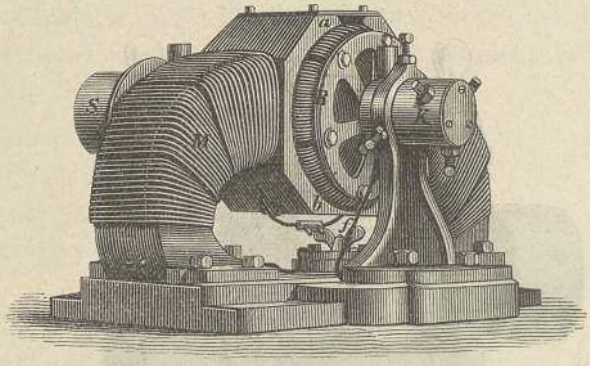


Fig. 184. Lorenz-Jürgensens dynamoelektriske Maskine. Den indvendige Elektromagnet fastholdes ved en Tap i Cylindren *K*. Ringarmaturen støttes for Enderne af to udskaarne Metalskiver, hvoraf den ene sees ved *R*. De Kanter i Udskæringerne, der vende den Vej, hvori Armaturen drejes rundt, ere skarpt afskaarne, hvorved Luftstrømmen tilvejebringes. Den synlige af de to Metalskiver drejer sig udenom den i *K* fæstede Tap, der bærer den indvendige Magnet; den anden Skive er fæstet til Maskinens Axe og er gjennem den i Forbindelse med Remskiven *S*. Naar Drivremmen sætter denne i Bevægelse, fører den den bageste Skive og dermed Ringarmaturen med sig. Som Figuren viser, ligger Kobbertraaden om Elektromagneten i Lag, hvis Tykkelse tiltager henimod Ringen. Herved opnaas et stærkere magnetisk Felt, end om Traaden havde været jævnt fordelt. Gjennem Traaden *f* føres Strøm ind i den om den indvendige Elektromagnet viklede Kobbertraad.

er sammensat af flade sammenskruede Ringe, der ere indbyrdes isolerede for at svække de skadelige Strømme i Jærnkærnen. Da disse Strømme ikke helt undgaas og da Strømmene i Armaturens Kobbertraad frembringe Varme deri ligesom i enhver anden Leder, kan Armaturen i en Maskine let blive for stærkt opvarmet, selv om man har svækket Strømmene i Jærnkærnen. I Lorenz-Jürgensens Maskine er det indrettet saaledes, at Armaturen ved at gaa rundt maler en

kraftig Luftstrøm gjennem dens Indre i de Rum, der lades tilbage af den indvendige Magnet. Ved denne Ventilation bortføres den Varme, som Strømmen frembringer.

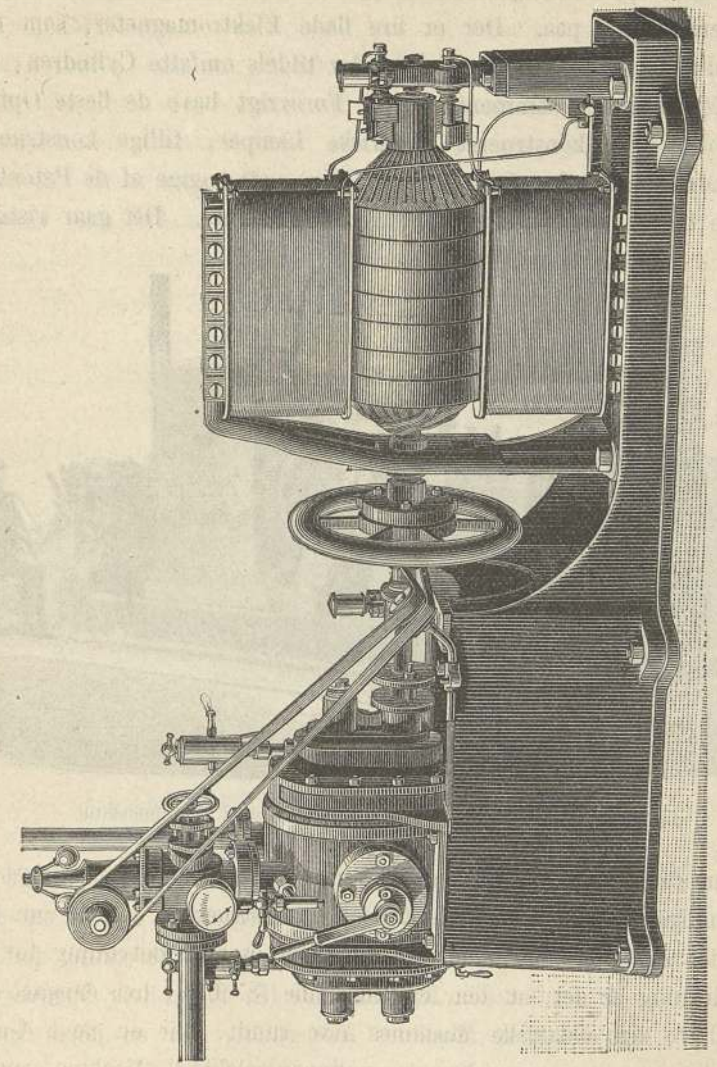


Fig. 185. Siemens Dynamo i Forbindelse med Dolgoroukis roterende Dampmaskine.

Siemens (v. Hefner Altenecks) Maskines ejendommelige Form er fremstillet til højre i Fig. 185. I Steden for Ringen i Grammes Maskine er der en lang Jerncylinder, og den Mangel ved Grammes

Maskine, at den indvendig i Ringen liggende Del af Kobbertraaden gaar i et mindre kraftigt magnetisk Felt, er undgaaet, ved at Traaden kun ligger uden om Jærncylindren, hvorpaa den er lagt paa en ejendommelig, noget indviklet Maade, som det vilde føre os for vidt at gaa nærmere ind paa. Der er fire flade Elektromagneter, som ere forbundne to og to ved Jærnbuer, der tildels omfatte Cylindren, og hvori Magnetismen sammentrænges. Forøvrigt have de fleste Opfindere, der have konstrueret elektriske Lamper, tillige konstrueret Dynamomaskiner ofte vistnok for at blive uafhængige af de Patenter, der ere tagne paa de tidligere opfundne Maskiner. Det gaar vistnok

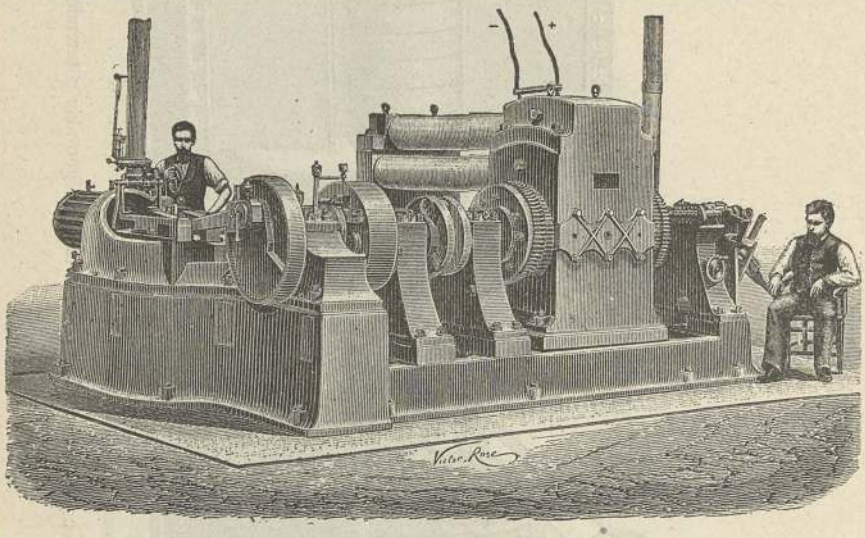


Fig. 186. Edisons Dynamo i Forbindelse med Dampmaskine.

her som ved Lamperne, at en Maskines Fortrin mere er betinget af, hvor omhyggeligt dens enkelte Dele ere konstruerede, end af om den er af det ene eller det andet System. Af største Betydning for en god Virkning er det, at den Kraftmaskine (S. 178), hvis Opgave det er at drive den elektriske Maskines Axe rundt, har en jævn Gang. Den sidste er, især naar den er en dynamoelektrisk Maskine, meget følsom for Uregelmæssigheder. Dette kan man se paa en elektrisk Lampe, som lyser ved Dynamoens Strøm. Er Kraftmaskinen en stor Dampmaskine, der kun gjør faa Stempelslag i Minutet, da kan

man følge Stemplets Gang ved at iagttage Lampens Lysstyrke, som stiger og daler efter Stemplets Stilling i Cylinderen. Vil man undgaa det, maa man enten bruge en Maskine med to Stempler og Cylindre, hvorved det ene Stempel udjævner det andets Uregelmæssighed, eller ogsaa maa man benytte en Maskine med meget hurtig Gang, hvor Uregelmæssighederne ikke kunne blive saa store. Det sidste har man især benyttet sig af, idet man har konstrueret særlig hurtigløbende Dampmaskiner til Brug for de elektriske Maskiner. Hvad der ogsaa kan medføre Uregelmæssigheder, er Overførelsen af Kraften ved Drivremme fra Dampmaskinen til Dynamoen. Ved de særlig for Elektricitetstilvirkning indrettede Dampmaskiner undgaas dette ved at lade Dynamoens Axe danne Forlængelse af Dampmaskinens. I Fig. 31, S. 44, er der fremstillet en saadan med en Grammes Dynamo forbunden Dampmaskine af Brotherhoods System (omtalt S. 187). Fig. 185 viser Siemens Dynamo i Forbindelse med en Dampmaskine af Dolgoroukis System.

I Fig. 186 er fremstillet en af Edisons kæmpemæssige med Dampmaskine fast forbundne Dynamoer, som gjøre Tjeneste ved hans Lysanlæg i New-York. Til højre sees Dynamoen, til venstre Dampmaskinen, fra hvilken en Axe sees at løbe hele Maskinen igjennem; længst til højre bærer denne en cylindrisk Armatur, der i det væsenlige er indrettet som Siemens. Den bevæger sig mellem to massive Jærnblokke, Polstykkerne, der modtager Magnetisme fra indtil 12 cylindriske vandret liggende Elektromagneter, hvoraf to sees i Figuren. Armaturcylindren er 5 Fod lang og over to Fod i Diameter. Hele Dobbeltmaskinens Axe er 10 Fod lang. Armaturen med Axen vejer henved 10000, Elektromagneterne med Polstykkerne veje tilsammen over 30000 Pund. Ved Strømmen fra en eneste saadan Maskine bringes Glødelamper til at lyse med ialt over 10000 Normallyses Styrke.

16.

Sammenligning mellem de forskjellige Maskiner til Frembringelse af Elektricitet.

Vexelstrømmaskiner og Maskiner med jævn Strøm. Maskiner med Staalmagneter og Elektromagneter. Mangler ved Dynamomaskinen og Forsøgene paa at afhjælpe disse. Akkumulatorens Anvendelse til Regulering af Dynamoens Strøm.

Til Frembringelse af Elektriciteten ved elektrisk Belysning har man ifølge det foregaaende Valget paa den ene Side mellem Vexelstrømmaskiner og Maskiner med jævn Strøm, paa den anden Side mellem magnetoelektriske og dynamoelektriske Maskiner. Naar det ikke ved Anvendelse af Buelys gjælder saa meget om at faa Lyset billigt som om at opnaa stor Sikkerhed i Lampernes Virksomhed, og et Lys, der udgaar ligeligt i alle Retninger (S. 315), og som holder sig uforandret paa samme Sted i Lampen, ved at Kulstængerne svinde lige hurtigt (S. 315), vil man anvende Vexelstrømmaskinen og helst en saadan som Méritens med Staalmagneter. I den mere almindelige praktiske Anvendelse af Lyset bruges Vexelstrømmaskinerne sjældnere, fordi de ikke ere saa gunstige i økonomisk Henseende, og fordi den S. 314 nævnte Omstændighed, at Buelyset ved jævn Strøm for største Delen er sammentrængt i en Kegle, der udgaar fra den positive Kulstang, netop er gunstig for Belysning af en Flade. Vexelstrømmaskinerne ere ogsaa uheldige i en anden Henseende netop til almindelig Brug. Elektriciteten faar i dem, paa Grund af at den udgaar stødvist, i Reglen en langt større Spænding end i Maskiner med jævn Strøm. Det er derfor især saadanne Maskiner, der kunne medføre Fare for Mennesker og Dyr ved at give elektriske Stød. Hvor Belysningen sker ved elektriske Kjærter, er man imidlertid udelukkende henvist til Vexelstrømme; det var for en stor Del Opfindelsen af Jablochkoffs Kjærte, der gav Anledning til Konstruktionen af Grammes, Siemens og andre Vexelstrømmaskiner.

Naar Valget dernæst stilles mellem Anvendelse af Staalmagneter og Elektromagneter i Maskinerne, da maa man for de sidstes Vedkommende gjøre Forskjel paa, om Elektromagneterne holdes magne-

tiske ved Maskinens egen Strøm (egenlige Dynamomaskiner), eller om man dertil bruger Strømmen fra en Hjælpemaskine (Fig. 181). Er det sidste Tilfældet, vil Maskinen i det væsenlige forholde sig som en Maskine med Staalmagneter. I den egenlige Dynamomaskine er det selve den elektriske Strøm, som Maskinen frembringer, der ogsaa holder Magnetismen vedlige. Faar nu denne Strøm en eller anden Grund til at svækkes, f. Ex. ved at Lysbuen forlænges, eller Motoren, som driver Dynamoen, for en kort Tid virker svagere end ellers, da vil denne Uregelmæssighed faa langt mere at sige her, hvor Strømmen selv betinger den Magnetisme, hvorved den fremkaldes, end i de andre Maskiner, hvor det magnetiske Felts Styrke er uafhængig af Strømmen, som Maskinen fremkalder. Enhver Svækkelse i Strømmen svækker nemlig ogsaa Magnetismen i Elektromagneterne paa en Tid, hvor man netop havde Brug for en forøget Magnetisme for at bøde paa den svækkede Strøm. Det er for en stor Del Grunden til, at der stilles saa store Fordringer til den regelmæssige Arbejden af Kraftmaskinen, som driver Dynamoen. Det er dog især ved Brugen af Buelamper med elektromagnetisk Regulering, at denne Vanskelighed gjør sig gjældende, fordi Regulatoren selv er en for Forandringer i Strømmen følsom Maskine. Glødelyset er ikke saa paavirkeligt. Hvor det bruges, vil man med en nogenlunde regelmæssigt arbejdende Kraftmaskine altid kunne sikre sig gode Resultater uden at gjøre Apparatet vidtløftigt ved at bruge en Hjælpemaskine eller omfangsrigt ved de store magnetoelektriske Maskiner.

Medens Maskinerne med jævn Strøm og Staalmagneter altid ved samme Omløbsretning give Strømme i samme Retning, fordi Magnetismen er uforanderlig tilstede, kan det hænde, at Strømmen i Dynamoen slaar om i den modsatte Retning. Strømmens Retning i Dynamoen bestemmes af den svage Magnetisme, der er efterladt i Elektromagneterne fra forrige Gang, den blev brugt, idet det er den, der foranlediger den første svage Strøm, hvorfra hele Virksomheden voxer op (S. 38). Hvis der nu blot et Øjeblik gaar en Strøm i modsat Retning af den sædvanlige i Elektromagnettraaden, eller andre Aarsager til en Ommagnetisering maatte virke, vil Strømmen, som Maskinen frembringer, slaa over i den modsatte Retning af den sæd-

vanlige *). Brænder der Buelamper med elektromagnetisk Regulering, f. Ex. af Jaspars System (S. 322), da ere disse indrettede paa, at Strømmen altid gaar i samme Retning gjennem Lamperne. Kommer Strømmen i den modsatte Retning, vil det være den korteste Kulstang, som fortæres hurtigst, saa at Lampen kun kan brænde det halve af det paaregnede Antal Timer, og Hovedmassen af Lyset kastes opad i Steden for nedad mod den Flade, der skal belyses.

Naar Kulstængerne i en elektrisk Buelampe røre hinanden, dannes der ingen Lysbue, og Modstanden mod Strømmen er derfor meget ringe. Der dannes en meget stærk Strøm og et dertil svarende stærkt magnetisk Felt. Som Følge deraf kræves der stor Kraft for at dreje Armaturen rundt i dette Felt (S. 45), maaske større, end Kraftmaskinen i Længden kan præstere. Er Lampemekanismen kommen i Uorden, saa at Kulstængerne vedblive at røre hinanden, kan derfor det hele gaa i Staa, eller, hvad der er værre, Strømmen kan blive saa stærk, at Maskinen ødelægges ved Varmen, som Strømmen frembringer i dens Kobbertraade. Det sidste har man dog et Middel mod i et lille Apparat, som nu vistnok altid indskydes i Ledningerne, og som vi senere skulle omtale. Ved det afbrydes Strømmen, naar den truer med at naa den Styrke, der kan gjøre Skade.

Elektricitetsfrembringere med Staalmagneter eller saadanne med Elektromagneter, der holdes magnetiske ved en Hjælpemaskine, ere saaledes ikke lidet sikrere i deres Virksomhed end Dynamomaskinerne. Men de sidste have det praktiske Fortrin at afgive et simplere, mindre og billigere Apparat. Hvor der som i større Anlæg altid kan paaregnes Tilsyn fra en Mand, ville Ulæmperne næppe faa stor Betydning. Man har tilmed paa forskjellige Maader opnaaet tildels at afhjælpe disse ved selvvirkende Midler. Et af disse Midler bestaar i at man ikke sender hele Strømmen, men kun en Del af den gjennem Elektromagneternes Traad, saa at Strømmen fordeles mellem Lamperne og Elektromagneterne. Møder Strømmen nu en pludseligt for-

*) Dette kan f. Ex. ske, hvis to Maskiner arbejde sammen, idet den enes Strøm kan trænge ind i den andens Traad og derved forandre Magnetismen.

øget Modstand i Lampen, vil den ganske vist for en Tid svækkes her, men samtidig vil den med desto større Styrke søge ad den anden Vej, den har at gaa, nemlig om Elektromagneterne, saa at det magnetiske Felt bliver forstærket nu, da der netop er Brug derfor til Overvindelse af Modstanden i Lampen. Falde Kulstængerne sammen, saa at Modstanden i Lampen bliver meget lille, søger næsten hele Strømmen derigjennem; det magnetiske Felt bliver derfor svagt, svarende til den lille Modstand, der nu skal overvindes. Paa denne Maade opnaar man, at det magnetiske Felt forstærkes og svækkes, naar man har Brug for enten et stærkt eller et svagt Felt; men det sker paa Bekostning af den Del af Strømmen, som gaar om Elektromagneterne *), idet denne afledes fra Hovedstrømmen, medens det i de sædvanlige Dynamoer er selve Hovedstrømmen, som sendes om Elektromagneterne og derfra gaar til Lamperne.

Man har forenet begge Fremgangsmaader, idet man har givet Maskinens Elektromagneter en dobbelt Traad, den ene tyk, hvorigjennem Hovedstrømmen gaar, den anden tynd og meget lang, hvorigjennem der sendes en afledet Strøm. Denne bliver kun svag, da Traaden gjør stor Modstand, men er dog stærk nok til at afhjælpe Uregelmæssighederne.

I mange Tilfælde vil man kunne opnaa en sikker Regulering af Dynamoens Strøm ved de S. 52 omtalte Akkumulatorer, som maaske ville faa deres største Betydning netop som Regulatorer. Som det vil erindres, bestaar Akkumulatorens Hovedegenskab i følgende: naar man i nogen Tid har sendt positiv Elektricitet til den ene og negativ til den anden af Akkumulatorens to Blyplader, blivé disse i Stand til bagefter at sende henholdsvis positiv og negativ Elektricitet ud. Maaden, hvorpaa man benytter sig af denne Egenskab, er vist i Fig. 187, hvor Lamperne L bringes til at lyse ved Strømmen fra Dynamoen D. Paa Elektricitetens Vej til Lamperne er der opstillet

*) Denne Del bliver dog kun lille, da Traaden om Elektromagneterne er tynd og lang, saa at Hovedmassen af Strømmen søger gjennem Ledningen til Lamperne, hvor den møder mindre Modstand. Da den lange og tynde Traad er lagt i mange Vindinger om Elektromagneterne, kan den svage Strøm, som løber deri, dog gjøre disse tilstrækkelig stærkt magnetiske (jvfr. Texten til Fig. 165).

en Række Akkumulatorer $A\,B$, der ere forbundne saaledes med Ledningerne, at Strømmen fordeles mellem dem og Lamperne, saa at de stadig holdes ladede. Hvis nu Maskinens Strøm enten svækkes eller endogsaa helt ophører, vil der fra B udgaa positiv, fra A negativ Elektricitet, og disse søge sammen i Lamperne, hvor Strømmen derfor kan gaa med uforandret Styrke. Bliver Strømmen fra Dynamoen for stærk, vil Overskuddet søge ind i Akkumulatorerne. Man faar paa den Maade en meget god Regulering af Strømmen; dog sker det paa

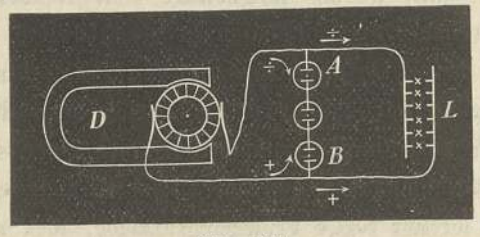


Fig. 187.

Bekostning af en Del af Strømmens Arbejdsevne, som gaar tabt i Akkumulatorerne. Disses Anvendelse vil sandsynligvis blive indskrænket til Glødelyset. Det nærmere om deres Indretning og Brug vil blive meddelt i et senere Afsnit. Her skal blot bemærkes, at man endnu næppe har Erfaring fra en tilstrækkelig lang Tid, til at man kan siges at kjende alle de Egenskaber ved Akkumulatoren, som betinge dens Anvendelse i Praxis.

17.

Elektriske Ledninger.

Lysledninger maa i Reglen være dobbelte. Ledningernes Tykkelse. Ledningsmetallet. Isolationen. Forskrifter for Ledningers Anbringelse. Forbindelser. Klemmeskruer. — Strømslutteren. Sikring mod overstærke Strømme. Forbrugsmaaler. Ulykkestilfælde ved Berøring med Ledningsdele.

For at føre Elektriciteten fra Maskinen, hvor den frembringes, til Lampen, hvor den benyttes, maa man forbinde de to Dele ved Metaltraade. Ved Telegrafanlæg ere Ledningstraadene den Del af det hele Apparat, som paa Grund af deres Længde volde mest Besvær og Bekostning, hvorfor det ogsaa fremmede disse Anlæg meget, da Steinheil viste, at man kunde nøjes med en Forbindelsestraad for den ene Elektricitet ved at anvende Jordplader (S. 74). Ledningerne fra Lysmaskinerne blive aldrig meget lange, da der sjælden vil være Grund til at have stor Afstand mellem Lampen og Maskinen. Da Elektriciteten taber i Evne til at virke, for hvert Stykke Traad den gjennemløber, idet den efterlader sin Arbejdskraft der i Form af Varme (S. 54), vil Lyset blive kostbart, naar det skal frembringes i stor Afstand fra Lysmaskinen. Omkostningerne til de forholdsvis korte Ledninger i Lysanlæg ere derfor ikke saa store, at det kan blive af væsenlig Betydning, om man gjør dem enkelte eller dobbelte.

Grunden til, at man enten maa bruge dobbelte Ledninger eller Jordplader, vil erindres at være følgende. Skal en Maskine give en vedblivende Strøm, maa man sørge for, at baade den positive og den negative Elektricitet faar Afløb. Dette kan ske, ved at de begge føres ned i Jorden, den ene gjennem Lampen, som derved bringes til at lyse, den anden umiddelbart til en Jordplade. Men det kan ogsaa ske, ved at man fører begge Elektriciteter hver i sin Ledning til Lampen, saaledes at de Dele, der her skulle gjennemstrømmes, modtage fra den ene Side positiv, fra den anden negativ Elektricitet. Ogsaa da faa de begge Afløb, thi ved at mødes i Lampen ophæve de hinanden. Den første Fremgangsmaade kan i Reglen ikke anvendes, hvor der er Tale om de stærke Strømme til elektrisk Lys, da de store

Masser af Elektricitet, der ved en saadan Lejlighed stadig skulde udlades i Jorden, vilde bringe Forstyrrelse i Telegraf- og Telefonledninger, som maatte have Jordafledning i Nærheden. Forsaavidt Elektriciteten fra Lysmaskiner kan gjøre Skade, vil Faren herfor ogsaa blive større, naar Elektriciteten slippes ud af Ledningen for at føres ned i Jorden. Bruger man dobbelte Ledninger, foregaar derimod alt indenfor disses isolerende Klædning og i Lampen, saa at der kun kan ske Skade ved særligt uheldige Tilfælde. Vi kunne derfor gaa ud fra, at Lysmaskine og Lampe ere forbundne ved to isolerede Metaltraade, Tilledningstraaden og Tilbagetraaden (S. 71).

Da det gjælder om at gjøre det uundgaaelige Krafttab i Ledningen saa lille som muligt, bruger man, med nødvendigt Hensyn til Anskaffelsesudgifterne, tykke Traade af et Metal, som gjør ringe Modstand mod Strømmen (jvfr. S. 266). Saavidt muligt beregner man Traadenes Tykkelse saaledes, at den aarlige Pengeudgift, som paa den ene Side Krafttabet i Traaden og paa den anden Forrentningen af Anskaffelsessummen repræsenterer, bliver saa lille som muligt. Det første kræver Lederne saa tykke, det andet kræver dem saa tynde som muligt. Man kan undertiden nødes til at gjøre dem tommetykke. Som Ledningsmetal vælges i Reglen Kobber. For at gjøre Tilledningen sikker er der især to Ting, man maa sørge for: 1) en omhyggelig Isolation, 2) en god Forbindelse mellem de enkelte Dele, hvoraf Ledningen maatte være dannet, og mellem denne og de Apparater, som gjennemstrømmes af Elektriciteten. Forsømmelser i begge Henseender medføre baade Krafttab og Fare dels for Ildsvaade og dels for elektriske Stød.

Føres Ledningerne frem i det frie, beklæder man i Regelen ikke Traadene men hænger dem op paa isolerede Klokker (S. 87) ligesom Telegraftraade, hvorhos man ofte beklæder et Stykke af dem paa begge Sider af Klokken med isolerende Stof. Ledninger, der lægges i Huse, isoleres med Guttaperka, eller overspindes med Bomuld, som gjennemtrænges med Guttaperka, Harpix eller andet isolerende Stof. Ledninger, der nedlægges i Jorden, beskyttes efter at være isolerede i et Rør af Bly eller Jærn.

Da det er af yderste Vigtighed at sikre sig mod en uforsigtig

Anbringelse af Ledningerne, er der flere Steder affattet Regler for Udførelsen af dette Arbejde, Regler, som i England have faaet Lovskraft. En amerikansk Kommission har opstillet bl. a. følgende Forskrifter:

Ledninger under Tag bør være isolerede over hele deres Længde. Til bestemte Tider bør de underkastes Tilsyn, for at man kan forvisse sig om, at Isolationen er i Orden. Isoleringen kan tage Skade, ved at Krogene, som fastholde Traadene, skære sig igjennem Isolationslaget, eller ved at dette bliver afskrabt eller knækket, hvor Traadene gjøre skarpe Bøjninger. Ledningen dannes af saa faa Stykker som muligt; hvor disse forbindes, bør Traadenderne ved Omvikling hindres i at skilles ad. Hvor en saadan Adskillelse finder Sted kan der nemlig dannes smaa Lysbuer, der kunne give Anledning til Ildsvaade. Ingen Del af Ledningstraadene bør staa i Forbindelse med Jorden, hvorfor de ikke bør lægges nær ved Metalgjenstande især ikke ved Gas- og Vandledninger, da et Brud paa Isolationen kan give Anledning til farlige Strømløb i ubeskyttede Gjenstande. Af samme Grund maa de forskjellige Ledninger lægges saa langt fra hverandre som muligt. Man maa træffe et omhyggeligt Valg af de Steder i en Bygning, hvor Traadene skulle anbringes. Man maa saa vidt muligt undgaa fugtige Steder. Man maa foretrække at lægge Ledningerne langs Loftet fremfor langs Vægge og Gulv. Det sidste bør fuldstændig undgaaes, med mindre Ledningerne lægges under Brædderne. Man maa sikre sig mod, at Traadenes Omgivelser ved tilfældige Lejligheder kunne blive fugtige og af den Grund ledende for Elektriciteten. Traadene bør tages saa tykke, at selv den stærkeste Strøm, som kan komme i dem, ikke opheder dem saa stærkt, at det kan medføre Fare for Antænding. For at være sikker mod Ulykkestilfælde ved Berøring af Traaden bør denne dækkes, hvis den ikke ligger udenfor almindelig Rækkevidde. Den maa dog nemt og hurtigt kunne findes. Ved større Lysanlæg bør der affattes Kort over Ledningslinierne.

Hvor en varig Forbindelse skal tilvejebringes mellem to Traade eller mellem en Traad og et Apparat, loddes de to Dele sammen. En Forbindelse, som let skal kunne løses, sker derimod ved Skruer,

hvorved Traaden, efter først at være skrabt blank, klemmes fast. Da saadanne Klemmeskruer ere nødvendige saa at sige ved alle Anvendelser af den elektriske Strøm, give vi i Fig. 188 en Afbildning af de Former, man giver disse Skruer efter den forskjellige Brug. Størrelsen retter sig efter Tykkelsen af de Traade, der skulle fæstes. En Skrue, der skal forbinde to Traade, bestaar af et Stykke Metal (i Reglen Messing), som er gjennemboret med to Huller, hvori Traadene stikkes ind. De fastholdes her ved to Skruer, der ere rettede ind mod Midten af Hullerne (*a* og *e* i Fig. 188). Strimler af Metalblik,

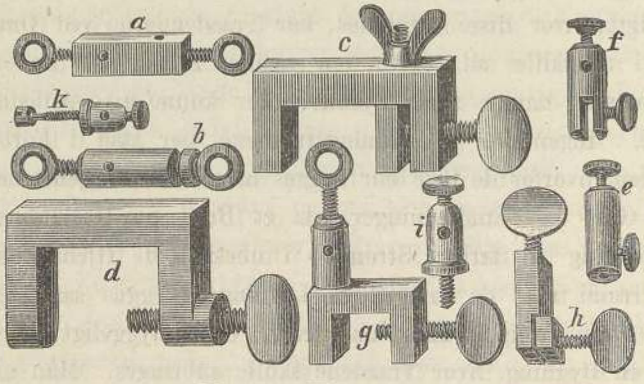


Fig. 188. Klemmeskruer.

som ofte finde Anvendelse, forbindes med Traade ved at klemmes ind i en Spalte i Klemmeskruen (*b*, *f* og *h*). Naar Traaden i et Apparat skal forsynes med en Klemmeskrue for at forbindes med Ledningstraaden, bruges saadanne Skruer som *i*, der er indrettet til at fastskrues i Træ. Apparatets Traad klemmes da fast mellem Træet og Klemmeskruens Underflade. *k* har samme Bestemmelse men fæstes paa en anden Maade til Apparatet. *c*, *d* og *g* ere bestemte til at forbinde Traade eller Metalstrimler med de i Reglen firkantede Kulstænger i galvaniske Elementer.

Paa sin Vej fra Maskinen til Lamperne maa Elektriciteten gjennemløbe forskjellige Hjælpeapparater. Først og fremmest er der Strømslutteren eller Nøglen, det Apparat, hvorved Strømmen sendes ud i eller afspærres fra Ledningen. Den kan indrettes paa mangfoldige Maader; vi have i det foregaaende set den anbragt ved forskjellige Anvendelser. Telegrafnøglen og Knappen ved elektriske Ringeapparater ere saadanne Strømsluttere, som imidlertid afbryde Forbindelsen, naar man overlader dem til sig selv, medens Forbindelsen her skal vedblive. I Fig. 104 (S. 174) er en Strømslutter X fremstillet; ved at dreje dennes Haandtag kan Traaden fra Telefonen O, der er i Forbindelse med Haandtagets Axe, enten bringes i Forbindelse med Ledningen f eller med Traaden om Rullen A. Forbindelsen er afbrudt, naar Haandtaget har den i Figuren viste Stilling. I Fig. 177 er en anden Strømslutter vist. Strømslutteren maa holdes fri for Smuds, og de to Flader, der røre hinanden, maa presses nogenlunde haardt mod hinanden, da der i modsatte Tilfælde fremkommer ufornøden Modstand mod Strømmen og let dannes Lysbuer, som kunne forvolde Antændelse.

Hvis Modstanden mod Strømmen bliver meget lille (f. Ex. naar Strømmen, ved at to Ledningstraade komme til at røre hinanden, finder en kortere Vej end om ad Lampen) eller hvis Kraften, som driver Strømmen ud af Maskinen, bliver usædvanlig stor, ved at Armaturen løber for raskt rundt, kan Strømmen naa en farlig Styrke. For at sikre sig mod Følgerne heraf afbryder man Kobberledningen et Sted og forbinder de to Ender ved en Sikkerhedstraad, d. v. s. en kort Ledning af Bly eller andet let smelteligt Metal (man har Metalblandinger, der smelte i kogende Vand). Denne Lednings Tykkelse vælges saa lille, at den opvarmes til Smeltning af Strømmen, før denne bliver saa stærk, at den kan gjøre de øvrige Dele af Strømløbet Skade. Herved afbrydes Strømmen, hvorefter det hele igjen kan bringes i sin sædvanlige Gang.

Hvor Elektriciteten leveres fra en Centralstation, maa der i hver Forbrugers Ledning indskydes en Forbrugsmaaler i Lighed med Gasuret i en Gasledning. Ved Beskrivelse af Edisons Anlæg i Newyork ville vi stifte Bekjendtskab med et saadant Maaleapparat for-

uden andre Hjælpeapparater, der blive nødvendige i et saadant Centralanlæg.

Det er ikke saa ganske faa Ulykkestilfælde, der ere indtrufne ved Elektricitet fra Lysmaskiner i de senere Aar. Saaledes blev et Menneske dræbt af Elektriciteten d. 23. Oktober 1880 ombord i den i England byggede, russiske Yacht »Livadia«, der blev oplyst ved elektrisk Lys (Jablochkoffs System). En Lampe i Maskinrummet skulde flyttes, og det blev overdraget en Fyrbøder at holde den blot et Øjeblik; ulykkeligvis greb han om de to Ledningstraade, hvilket havde hans øjeblikkkelige Død til Følge. Aaret efter da der ved Hatfield House, Marquien af Salisbury's Herresæde, skulde anbringes en Telegraftraad ved Siden af Ledningstraaden til de dersteds anbragte Brush Lamper, skete det, at en Arbejder, der var beskæftiget hermed, tilfældigvis kom i Berøring med Lysmaskinens Ledningstraad; han blev øjeblikkelig dræbt af den stærke Strøm. Samme Aar dræbtes et Menneske ved Elektricitet paa Carnegie & Comp.'s Jærnværk i Pennsylvanien. En Arbejder ved Navn H. Balzen kom tilfældigvis i Berøring med Traaden fra Maskinen, der havde 16 Lamper at forsyne, han vendte sig pludselig, skreg og faldt død om. Fra Aviserne vil det være bekjendt, hvorledes to unge Mennesker om Aftenen d. 6. August 1882 vilde krybe over Muren ind i den elektrisk oplyste Tuileriehave for at slippe for at betale Entrée. Paa Indersiden af Muren kom de imidlertid i Berøring med de meget højt anbragte Ledningstraade til Brush Lamperne og faldt øjeblikkelig døde til Jorden. Ved en Udstilling i Triest i 1882 vilde Ingenieuren Heider af Firmaet Braun & Heider i Wien rejse en væltet Stang, som bar Ledningerne fra en Lysmaskine, uden at han i Forvejen havde afbrudt Forbindelsen med denne. Da han kom i Berøring med Ledningerne, blev han ramt af Elektriciteten og døde øjeblikkelig.

18.

Den elektriske Strøms Fordeling til flere Lamper. Lysets Deling.

Den samlede Lysmængde formindskes ved Lysets Deling. Delingen kan foregaa enten i Maskinen, i Lampen eller i Ledningen. Lamperne kunne anbringes enten i Række eller sideordnet.

Naar man bruger samme Dampmaskine og samme Dynamo til at frembringe Lys efterhaanden i forskjellige Lamper, vil man ikke faa ligemeget Lys, selv om Kulforbruget i Dampmaskinen i alle Tilfælde er lige stort; mindst Lys faar man under iøvrigt lige Forhold ved Glødelamper, og mest faar man, naar man bruger hele Strømmen i én eneste Buelampe. Hvor der er Tale om at skaffe et særdeles stærkt Lys, som udgaar fra et enkelt Punkt, er der næppe noget billigere og bedre Middel at bruge end Elektriciteten. Der er dog ikke mange Lejligheder, hvor man i Hverdagslivet har Brug for en saadan Lyskilde, i hvis Nærhed Lyset er blændende stærkt, medens det bliver betydeligt svagere i de fjærnere Dele af det belyste Rum, hvor tilmed Skyggerne ere meget skarpe og mørke (S. 288). Skjønt den samlede Lysmængde bliver mindre ved at fordele Strømmen til flere Lamper, vil man derfor i Reglen have større Udbytte af det delte Lys.

Indtil for faa Aar siden kjendte man endnu ikke nogen praktisk brugbar elektrisk Lampe, som kunde brænde sammen med andre Lamper i samme Strømløb (S. 329). Det er indlysende, at med denne Begrændsning kunde Lyset ikke faa nogen udstrakt praktisk Anvendelse. Det eneste Middel, man havde til at frembringe en jævnt fordelt elektrisk Belysning, det vil sige faa flere forholdsvist svagt lysende Lamper fordelte i Rummet, bestod i at skaffe lige saa mange Dynamoer som der skulde brænde Lamper. Disse kunde drives alle af samme Motor, men fra hver maatte der føres to Ledninger ud til den tilhørende Lampe. Dette forøgede den samlede Længde af Ledningerne og derved Krafttabet i disse. Anlægets Omkostninger og Vidt-

løftighed forøgedes betydeligt især naturligvis ved Nødvendigheden af at bruge flere Maskiner.

For at frembringe en jævnt fordelt Belysning ved Strømmen fra én Maskine, altsaa for at *dele det elektriske Lys*, følger man nu tre forskjellige Veje, idet man kan foretage Delingen enten i Maskinen eller i Lampen eller i Ledningen. Naar Delingen foregaar i Maskinen, indrettes denne saaledes, at den kan udsende flere af hinanden uafhængige Strømme, hvoraf hver da kan føde sin Lampe. Vi have omtalt en Maskine af denne Art, nemlig Grammes Vexelstrømmaskine (S. 353), der udsender 4 selvstændige Strømme og kan indrettes paa endnu flere. Herved opnaaes det samme som ved at bruge flere Maskiner, at de enkelte Lamper blive i høj Grad uafhængige af hverandre; men hvor Lamperne hænge langt fra Elektricitetskilden, medfører det den samme Ulæmpe som ved Anvendelsen af flere Maskiner, at Ledningstraadenes samlede Længde bliver stor, da hver Lampe maa have sin Ledning.

Det andet Middel bestaar i kun at bruge én Lampe for hver Maskine. Her frembringes alt Lyset, der altsaa udgaar fra ét Punkt; men man undgaar den blændende Virkning af dette Punkt ved en udstrakt Anvendelse af det S. 290 nævnte Middel til at mildne Belysningen. Det som frembringer Belysningen i Rummet er udelukkende hvide Flader oplyste af den stærkt lysende Lampe, hvis Lyscentrum man ikke ser noget til. For at oplyse et fjærnere Sted, f. Ex. en Arbejdspult, lige saa stærkt som de nærmeste Steder, sender man en Del af Lyset samlet derhen mod en over Pulten anbragt hvid Flade; denne vil da sprede Lyset ud over sine nærmeste Omgivelser og vil virke som et for Dagslyset udsat Vindue. Denne Fremgangsmaade er med Held anvendt af Jaspar i et Telegrafbureau i Brüssel, hvor der var ham stillet den Opgave at belyse en langstrakt Gulvflade mellem 2 og 3000 Kvadratfod stor. I Forhold hertil var Højden kun ringe, nemlig mellem 12 og 13 Fod. Rummet skulde oplyses stærkt og jævnt, uden at Øjet blev blændet ved noget Lyscentrum, og Skygger skulde undgaaes. Der blev opstillet tre Jaspars Lamper (S. 322) i Rummet. Omkring Lysbuen blev der stillet en tragtformig Skærm med den største

Aabning opad. Den var af Metalblik og poleret indvendig. Neden under den var der anbragt et vandret Spejl. Herved blev alt direkte Lys holdt borte fra Lampens Omgivelser og fra Gulvet, idet Spejlene spredte det vifteformigt ud mod de hvidt anstrøgne

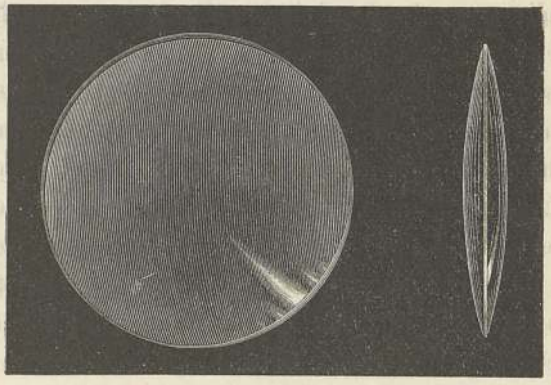


Fig. 189. En Samlelinse.

Lofts- og Væggeflader samt mod hvide Forhæng for Vinduerne. Fra disse Flader faldt Lyset paa Arbejdsbordene. Man har sandsynligvis benyttet de hvide Forhæng for Vinduerne som Reflektorflade for at faa Lyset til at falde paa lignende Maade som om Dagen. I en af Lamperne var det vandrette Spejl gjennemboret

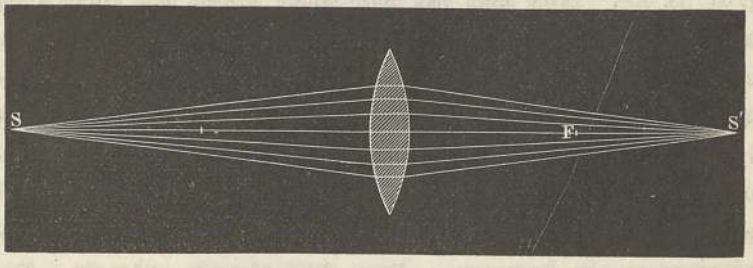


Fig. 190. Lysbrydningen i en Samlelinse.

med en Krands af Huller, der tillode en Række Lyskegler at gaa ud. Hver af disse fik sin særlige Opgave ved af Spejle at kastes hen hver til sit Sted, efter at deres Spredning først var hævet ved Brydning i Samlelinser, saa at hver Lyskegles Straaler førtes samlede hen

til Stedet, der skulde belyses. (En Samlelinse er fremstillet i Fig. 189 set forfra og fra Randen. Den er af Glas, sleben i den Form, der fremkommer, naar man lægger to ligestore Urglas sammen med Randene mod hinanden. I Fig. 190 er Gjennemsnittet af en Linse fremstillet. De Straaler, der udgaa fra Punktet S under en med Afstanden stadigt voxende Spredning, ville gjøres sammenløbende mod Punktet S' ved at træffe Linsen paa Grund af Straalernes Brydning i Glasset, se S. 284). Et af de ovennævnte Straalebundter blev sendt gjennem en Aabning i Væggen ind i et Sideværelse, som blev oplyst alene ved hvide Flader, hvorpaa Bundtet blev rettet. Den af Jaspar opfundne Lysdeling har givet gode Resultater og er senere bleven indført flere Steder i Belgien i industrielle Etablissementer.

Hvor der bliver Tale om at fordele Lyset, som Strømmen fra én Maskine kan frembringe, til mange Rum, som ikke staa i nogen direkte Forbindelse med hverandre, f. Ex. Værelserne i et Hus eller Kontorer og Værksteder i en Fabrik, kan ingen af de to hidtil nævnte Fremgangsmaader finde Anvendelse. I et saadant Tilfælde, som naturligvis er det, der i Reglen vil forefalde, maa man føre de to fra Maskinen udgaaende elektriske Ledninger frem til alle Rummene og saaledes faa Lamper til at brænde ethvert Sted. Man kan her følge to Fremgangsmaader. Den første bestaar i, at man fører Ledningen udelt rundt til alle Lamperne. Vi kunne her henvise til Fig. 37 (S. 55). Hvis man paa flere Steder afbrød den tykke Kobberledning PD, for der at indskyde en elektrisk Lampe, vilde Elektriciteten tabe i Spænding for hver Lampe, der blev gjennemløbet. Heraf følger, at man maa forøge Spændingen ved Elektricitetskildens Pol P i samme Forhold, som man forøger Lampernes Antal. Derimod skal Strømmen ikke føre mere Elektricitet, end naar man kun brænder én Lampe, thi det er den samme Strøm, som efterhaanden føres gjennem alle Lamperne. Disse siges at være anbragte i *Række* i den udelte Ledning.

Den anden Fremgangsmaade bestaar i, at man *forgrener* baade den positive og den negative Leder til alle Lamperne. Der fremkommer herved et Net af Ledningstraade, hvor disse ere ordnede som ved et elektrisk Ringeapparat (S. 95). Vi benytte derfor samme Figur,

som blev anvendt ved Beskrivelsen af Ringeapparatet. I Fig. 191 betegner *L* Elektricitetskilden, *K* repræsenterer de forskjellige Hjælpeapparater, der skydes ind i Ledningen og *A*, *B*, *C*, *D* ere de Steder, hvor der skal brænde elektriske Lamper. Man ser, at der til hvert Sted fører en uafbrudt Ledning fra hver af Kildens to Poler. Det ene Sæt Ledninger faar positiv, det andet negativ Elektricitet; Spændingen er næsten den samme over hele Nættet, da hvert Punkt deraf staar i umiddelbar Forbindelse med en af Polerne ved en tyk Kobbertraad. I Fig. 187 sees 6 Lamper at være anbragte sideordnet mellem to parallele Ledere, der komme hver fra sin af Dynamoens to Poler.

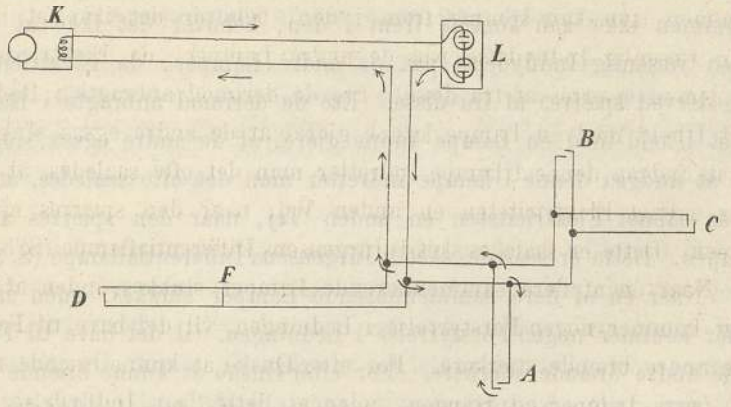


Fig. 191. Net af Ledningstraade i et Lysanlæg.

Naar der anbringes en Lampe i *A* (Fig. 191), vil Elektriciteten følge den af Pilene angivne Vej; skal der tillige tændes en Lampe i *B*, kræver dette ikke nogen Forøgelse af Spændingen, da den, som ovenfor sagt, er ens over hele Nættet; derimod er der nu Brug for en større Mængde Elektricitet, thi foruden at der som før skal gaa Strøm til *A*, skal der nu ogsaa sendes Strøm ud i Ledningen til *B*. Som det sees, fordeles Elektriciteten til Lamperne ved Forgrening af Ledningen; de ere anbragte *sideordnet*.

Ved Anbringelse af Lamperne i Række, maa man, som ovenfor sagt, indrette Dynamoen i de forskjellige Tilfælde saaledes, at Spændingen staar i Forhold til Lampernes Antal. Det er ofte den bekvem-

meste og, hvad Ledningernes Længde og Tykkelse angaar, den billigste Maade at anbringe dem paa; men er Lampetallet stort, kommer man til at arbejde med betænkeligt store Spændinger, som foruden at være farlige siges at gjøre Lyset uroligt. Af Glødelamperne bruges der som oftest saa mange sammen, at Spændingen vilde blive alt for stor ved at indskyde dem i Række. De anbringes derfor som oftest sideordnet eller ogsaa dels i Række og dels sideordnet, saa at man kan nøjes med en forholdsvis ringe Spænding; men til Gjengjæld maa Strømmen føre en stor Mængde Elektricitet, hvorefter Maskinen altsaa maa indrettes. Af den Grund maa Ledningerne være tykke. Hvis der sker Uheld med en af flere sideordnede Lamper, saa at Strømmen ikke kan komme frem i den, behøver det ikke at have nogen væsenlig Indflydelse paa de andre Lamper, da Elektriciteten ikke derved spærres af fra disse. Ere de derimod anbragte i Række, vil et Uheld med én Lampe kunne gjøre, at de andre ogsaa slukkes. For at undgaa denne Ulæmpe indretter man det ofte saaledes, at der bliver aabnet Elektriciteten en anden Vej, naar den spærres af fra Lampen. Dette er saaledes sket i Jürgensens Differentiallampe (S. 332).

Naar én af flere sammenhørende Lamper slukkes, uden at der derfor kommer nogen Forstyrrelse i Ledningen, vil det have til Følge, at de andre brænde stærkere. For efter Ønske at kunne brænde flere eller færre Lamper ad Gangen, uden at dette faar Indflydelse paa den enkelte Lampe, maa man have Apparater (Strømregulatorer), som avtomatisk eller ved en Mands Hjælp holde Strømmen ved den rette Styrke.

Som tidligere omtalt, var Jablochkoffs Kjærte den første elektriske Lampe, der tillod en ubegrændset Deling af det elektriske Lys, fordi dens Buelængde ikke behøver nogen Regulering. Før den Tid kunde der næppe tænkes paa nogen almindeligere Anvendelse af Buelyset. De forskjellige Vanskeligheder ved Kjærten gjorde, at man søgte at indrette Regulatorlampen til delt Lys; dette har man nu naaet ved de forskjellige Differentiallamper (S. 331). Man naar dog snart til en Grænse for Buelysets Deling, idet Buen næppe kan brænde sikkert og tilfredsstillende, naar dens Lys ikke naar flere hundrede Normallys. Til almindelig Husbrug er Buelampen derfor

ikke skikket. Ved Glødelampen kan man derimod faa en saa at sige ubegrændset Deling af Lyset. Den gjør derfor i Forbindelse med Buelampen det elektriske Belysningssystem fuldstændigt.

19.

Anvendelser af det elektriske Glødelys.

Transportable og faststaaende Lysgivere. Gaslysets og Glødelysets Anvendelighed. Glødelampen i Beboelsesrum. Glødelyset i dekorative Øjemed. Elektrisk belyste Interieurs paa Udstillingen i Wien. Elektrisk oplyste Theatre. — Glødelyset i Industrien. Gassens Anvendelse i Gaskraftmaskiner til Frembringelse af elektrisk Lys.

Lys frembringes ved at opvarme et fast Stof, i Reglen Kul, til Glødhede. Det varmefrembringende kan enten være samlet paa Stedet, hvor Lyset tændes, eller det maa uafladelig tilføres, saa længe Lyset er tændt. I første Tilfælde er dette fuldstændig transportabelt, medens det i sidste Tilfælde maa være faststaaende eller kun til at flytte indenfor snævre Grændser. De transportable Lysgivere, Olielamper og Kjærtelys ville vistnok til alle Tider blive de almindeligst anvendte i det daglige Liv. Man har vel baade transportable Gaslamper (S. 299) og elektriske Lamper, idet man i de første har sammenpresset Gassen i et lille Rum og i de andre opsamlet Elektriciteten i Akkumulatorer eller galvaniske Elementer; men de kunne paa Grund af deres Omfang og Vægt kun faa indskrænket Anvendelse. I større Lokaler, hvor der foregaar en regelbunden Virksomhed, og under aaben Himmel finde de faste Lysgivere især deres Plads. Da Gas ikke egner sig for Tilvirkning i det smaa, vil den i Reglen kun faa Anvendelse, hvor der indenfor et begrændset Omraade kræves en stor Mængde Lys; den vil i Reglen anvendes i Byerne. Elektriciteten kan derimod frembringes med Fordel, saa snart der blot kræves

nogle hundrede Normallys. Medens Gassen i Reglen maa leveres Forbrugerne fra et Centralanlæg, vil man derfor ofte selv kunne tilvirke den nødvendige Elektricitet til elektrisk Belysning, saa at dennes Indførelse er uafhængig af Stedets Beliggenhed.

Den elektriske Glødelampe har neppe endnu faaet megen Anvendelse i Beboelsesrum udenfor de Dele af Newyork, der belyses fra Edisons Centralanlæg. Hvor det ellers er bleven anvendt i Værelser i Privathuse, har man vistnok indført det mest paa Grund af den Nyhedens Interesse, det endnu har, eller for at opnaa dekorative Virkninger ved det. I sidstnævnte Henseende er der sikkert ingen Slags kunstig Belysning, der kan maale sig med det elektriske Glødelys. Skjønt dette er roligt og klart, er det dog ikke Lysets Art, der betinger de behagelige og smukke Lysvirkninger, man kan naa dermed. Glødelamper og gode Gasblus belyse omtrent ens. Men Grunden til Glødelampens Fortrin er den, at man kan anbringe Lampen, hvor det skal være, uden at tage Hensyn til letfængelige Omgivelser. Den kan staa oprejst og hænge nedad (f. Ex. som en lysende Støvvej i en Lillie af hvidt Glas). Armen, som bærer Lampen, kan være næsten usynlig, da den kun skal indeholde de to tynde Kobbertraade, som lede Strømmen til og fra.

Noget af det, som havde størst Interesse paa den elektriske Udstilling i Wien, var de Prøver, som bleve viste paa Belysning ved Glødelamper af Rum, der vare udstyrede som Beboelsesværelser. I en Fløj af Udstillingsbygningen var der afdelt omtrent 20 saadanne Rum, de saakaldte Interieurs, som forskjellige Wiener Handlende havde udstyret luxuriøst med alt Tilbehør. Her vare Glødelamperne anbragte dels som Bordlamper paa Fod dels i Kroner under Loftet og som Klaverlamper. Flere Steder saaes i Hjørnerne Bouketter, mellem hvis Blade der hængte Glødelamper. I et Dameboudoir var Loftet kuppelformet som en Himmel, hvori der var udskaaret Stjerner; hver af disse lyste ved en Lampe, der var anbragt ovenover. Et Sovekammer var oplyst ved en Række Lamper omtrent i 4 Alens Højde. Lamperne selv vare skjulte og oplyste kun Værelset ved at belyse et bagved hængende Tæppe, hvorfra der spredtes et dæmpet, mildt Lys ud over Værelset.

Glødelyset er meget roligt og fast, naar Dampmaskine og Dynamo arbejde godt; i den Henseende staar det betydeligt over Gaslyset. Derimod har det en ubehageligere Virkning paa Øjet, naar man retter dette umiddelbart mod Lyscentret. Medens man uden Ulæmpe for en kort Tid kan iagttage en Gasflamme, er dette ikke Tilfældet med den skarpt lysende Traad i Glødelampen. Har man blot et Øjeblik rettet Øjet mod den og derpaa vender det bort, viser Traaden sig flere Gange igjen, i de saakaldte Efterbilleder, som man kjender fra Iagttagelse af Solen, naar den er nær ved Horizonten. Der er dog ikke ringe Forskjel i saa Henseende paa de forskjellige Glødelamper; dette viste sig paa Udstillingen i Wien, hvor de forskjellige Interieurs vare oplyste af Lamper af forskjellige Systemer. Efterbillederne vare især ubehagelige ved Edisons Lampe, hvor Traaden, bøjet i Form af et langstrakt ∩, træder frem med sin fulde Skarphed. I Swans Lampe (S. 310) er Kultraaden bøjet to Gange om inde i Lampen, hvor den danner en Løkke; dens Traadform træder derfor ikke saa skarpt frem som i andre Lamper, hvorfor den ikke blænder saa stærkt.

Den dekorative Virkning af Glødelampen vil vistnok især blive anvendt i Theatrene, hvor Brandfaren, som de mange i de senere Aar stedfundne Theaterbrande vise, er stegen samtidig med den stedse voxende Fordring til det ydre Apparat og da særlig til Scenens Belysning. Her er Gassen et farligt Lysmiddel. fordi den forbereder en let Antændelse af de mange brændbare Ting, mellem hvilke den brænder, ved at udtørre og opvarme dem. Glødelampen er derimod fuldkommen farefri. Da den udsender en ringe Varmemængde (S. 313), og ikke paavirker Luften, synes den at maatte blive selvskreven til Belysning af Theatre. Efter Forsøg, der ere udførte af W. W. Jacques i Baltimore, forstyrres Lyden fra Scenen ikke lidet ved at skulle trænge igjennem den Væg af varm Luft, som hæver sig op fra Lamperne i Orkestret og Rampen; ogsaa i denne Henseende vilde Indførelsen af den elektriske Belysning være et Fremskridt til Fordel baade for Tilskuere og Skuespillere. Glødelysets Betydning som Theaterlys synes ogsaa at vinde Anerkjendelse. I 1881 blev Savoy-Theatret i London belyst med Swanlamper, og senere ere 6 Theatre blevne forsynede med Edisonslamper. Efter Urbanitzky: »Die elektrischen Beleuch-

tungsanlagen« skulle vi meddele en Beskrivelse af Anlægene i Savoy-Theatret og i Brünns Stadt-Theater.

I Savoy-Theatret brænde ikke mindre end 1158 Lamper. Heraf anvendes 114 paa Tilskuerpladserne; de ere anbragte indeni hvide Kupler, saa at man undgaar det skarpe Lys fra den glødende Traad. 220 Lamper oplyse Trapper, Gange og Paaklædningsrum, medens de øvrige 824 belyse Scenen. Heraf ere 660 i 7 Rækker anbragte over Scenen, medens Resten ere anbragte dels ved Gulvet og dels over dette.

Elektriciteten frembringes i 6 Siemens Vexelstrømmaskiner, hvoraf de 5 forsyne hver 200, den sjette 166 Lamper. I Maskinhuset brænde 8 Lamper, som ere indskudte i samme Strømkreds som nogle af Lamperne paa Scenen, saa at Maskinmesteren kan følge de Forandringer, der foretages med Belysningen paa Scenen. Udvendig er Theatret belyst ved en meget stærk Buelampe, som har sin egen Dynamo. Til de elektriske Maskiners Drift anvendes 3 Dampmaskiner, der ialt præstere 120—130 Hestekræfter.

For at kunne svække eller forstærke Belysningen i Theatret er der i et lille Rum ved Siden af Scenen anbragt 6 Vægtstænger, ved hvis Bevægelse man kan svække eller forstærke Strømmen i hver af de 6 Hjælpedynamoer, som holde Magnetismen vedlige i Vexelstrømmaskinerne (S. 355). Ledningerne fra disse Dynamoer ere nemlig førte hen hver til sin Vægtstang. Bevæger man en af dem til den ene Side, tvinger man den tilhørende Dynamos Strøm til at gjennemløbe en samme Sted anbragt, lang og tynd Traad. Herved svækker man dens Strøm (der er 6 Holdepunkter for hver Vægtstang, saa at man kan opnaa 6 Grader i Belysningen). Det, at Hjælpedynamoens Strøm svækkes, har til Følge, at det magnetiske Felt i Vexelstrømmaskinen bliver svagere, følgelig ogsaa denne Maskines Strøm og Lyset i de Lamper, der fødes med denne Strøm. Da Feltet i Vexelstrømmaskinen bliver svagere, kræves der ogsaa et mindre Arbejde for at bevæge dens Armatur derigjennem. Kulforbruget i Dampmaskinen mindskes derfor samtidig med Forbruget af Lys.

Stadt-Theatret i Brünn rummer 1200 Tilskuere; det er helt oplyst med Edisonslamper. Hver Sofitte har tre Lampekredse, som

ved farvede Glas give den ene rødt, den anden grønt og den tredie hvidt Lys. Hver af disse Lampekredse kan tændes for sig, saa at man kan efterligne Farvetonen til de forskjellige Dagstider. De tre Farver benyttes til at fremstille henholdsvis Morgen-, Nat- og Dagbelysningen. Hver enkelt af Scenens Lampekredse kan reguleres for sig.

Lysmaskinerne med tilhørende Dampmaskiner findes i et Maskinhus over 1000 Fod fra Theatret. Her arbejde 4 Edisons Dynamoer, der hver forsyne henved 250 Glødelamper, hver paa 16 Normallys. Endvidere indeholder Maskinhuset 2 Grammes Dynamoer; den ene betjener 5 Buelamper til den udvendige Belysning. Den anden leverer Elektricitet til en elektrisk Motor i Theatret, hvorved en Ventilator drives til Luftfornyelsen i Theatret. Lamperne ere anbragte sideordnet (S. 379) i Strømløbet. Overalt, hvor en Sideledning føres ud fra Hovedledningen, er der anbragt en Sikkerhedstraad af Bly, som ved at smelte vil afbryde Strømmen, hvis denne skulde true med at blive for stærk.

Brünns Stadt-Theater blev opført af nyt i 1882 og i Efteraaret samme Aar forsynet med elektrisk Belysning. Efter en Erklæring, dateret 16. Novbr. 1883 fra Byens Borgmester til Edison-Kompagniet. der har udført Anlægget, har dette virket til fuld Tilfredshed uden at have givet Anledning til nogen Klage. Skuespillerne i de Theatre, der ere belyste med elektriske Lamper, betragte det efter Sigende som et stort Fremskridt at være blevne fri for Heden fra Lamperne i Rampen. Ogsaa Tilskuerne have Grund til at skjønne paa det elektriske Lys. Efter Forsøg af Prof. Pettenkofer over Varmevirkningerne i det elektrisk belyste Residenstheater i München henholdsvis af Gaslyset og det elektriske Lys, viste det sig, at ved Anvendelse af det sidste steg Varmegraden ved fuldt Hus ikke højere i Galleriet, end den ved Gaslys steg ved Gulvet. I Brünns Theater brænde 900 Lamper, medens det kun halvt saa store Savoy-Theater har næsten 1200. Det sidste er ogsaa meget glimrende belyst, saa stærkt, at Gaslys af samme Styrke sikkert vilde fremkalde en fuldkommen utaalelig Hede. Ikke blot Heden, men ogsaa den ødelæggende Virkning, som Luften i et af Gas stærkt oplyst Rum har paa Farverne i

Malerier og Dekorationer, bliver man fri for ved Glødelyset, da det aldeles ikke paavirker Luften.

Vedbliver den elektriske Belysning i Theatrene at holde, hvad den har lovet, lige saa godt som hidtil, vil der næppe blive bygget noget nyt større Theater, uden at det bliver oplyst elektrisk. Hvilken Tillid, man allerede har faaet til den elektriske Lampe, kan sluttes af, at i Residenstheatret i Stuttgart, hvis elektriske Lys blev tændt den 16. Novbr. 1883, ere endogsaa Sikkerhedslamperne elektriske Lamper*). Disses Sikkerhed beror paa, at de brænde i et særligt Strømløb ved en egen Maskine.

Glødelampens S. 300 og 313 nævnte Egenskaber har allerede skaffet den adskillig Anvendelse i Industrien. De store Parisermagasiner: Magasins du printemps og Bonmarché ere, det første delvist, det andet helt oplyst med Glødelamper. Paa Grund af sin Farefrihed anvendes Glødelampen i de danske Spritfabrikker i Kjøbenhavn, Roskilde og Aalborg. I industrielle Virksomheder, som kræve Anvendelse af 1 eller nogle faa Hestes Arbejdskraft, vil man ofte med Fordel kunne indføre elektrisk Belysning ved Glødelamper. Man faar nemlig hver Hestekraft desto billigere, jo større Arbejdskraft man har Brug for. Kan man forøge sit Kraftforbrug ved selv at tilvirke den nødvendige Belysning, gjør man altsaa sin Arbejdskraft billigere. Har man Brug f. Ex. for 1 Hestekraft til Maskiners Drift, og vil man i den Hensigt anskaffe en Gasmaskine (S. 187), da kan man skaffe Arbejdsrummene oplyste enten ved at lægge Gasledning ind i disse og tænde Gasblus, eller ogsaa kan man lade Gassen gaa ind i Gasmaskinen og benytte denne til foruden Arbejdsmaskinerne at drive en Dynamo, hvis Elektricitet ledes ind til elektriske Lamper i Arbejdsrummene. Selv om man ikke derved faar disse billigere

*) Elektrotechn. Zeitschr. 1884, S. 57.

belyste*), vil det dog være et bedre og sandsynligvis stærkere Lys, man faar, samtidig med at Luften bliver bedre, saa at Rum, der ere slette Arbejdsrum ved Gaslys, kunne blive brugelige ved elektrisk Lys.

Det er af ikke ringe Interesse at undersøge de Betingelser, hvorunder saadanne mindre Lysanlæg arbejde, da Glødelyset vistnok vil faa sin største praktiske Betydning i dem. Vi skulle derfor nærmere beskrive et Anlæg af denne Art paa Grundlag af Meddelelser, der velvilligt ere Forfatteren tilstillede af Ejerne. Anlægget findes i N. F. Larsen & Sønners Handskefabrik i Kjøbenhavn, hvor en Systue samt enkelte mindre Rum ere belyste med ialt 20 Swanlamper. Systuen findes i Bygningens øverste Etage. Her arbejdes der ialt med 64 Symaskiner. Disse drives ved en Gasmotor, der er opstillet i Stueetagen, og hvorfra Kraften føres op til Systuen ved en Rem, der gaar op gjennem de mellemliggende Etager. Motoren kan med fuld Kraft præstere 4 Hestekræfter; men heraf anvendes kun fra $^1/_2$ til 1 Hestekraft til Symaskinernes Drift. Efter Maalinger, der ere foretagne af Firmaet, anvendes der 75 Kubikfod Gas i Timen, naar Gasmotoren kun har Symaskinerne at drive. Naar Lyset skal tændes, lader man Gasmotoren tillige drive en Lorenz-Jürgensens Dynamo (S. 360), der er opstillet ved Siden af. Herved bringes de 20 Swanlamper til at lyse, og Gasforbruget pr. Time stiger fra 75 til omtr. 125 Kubikfod; men Kraftforbruget voxer ogsaa til henimod 3 Hestekræfter, idet Lysmaskinen forbruger omtrent $2^1/_4$ Hestekraft. Man faar altsaa det tredobbelte Arbejde, ved et Gasforbrug, som kun er $^5/_3$ Gange saa stort**).

Fra Dynamomaskinen udgaa to med isolerende Stof beklædte Hovedledninger, der ere dannede af tynde sammensnoede Kobbertraade. Inde i Maskinrummet fører den ene Hovedledning til en paa Væggen fæstet Kasse, der indeholder en Sikkerhedsleder (S. 373) af

*) Der vil vistnok forbruges mere Gas i Gasmaskinen til det elektriske Lys end i Ledningerne til Gaslyset, men de fleste Steder leveres Gas til Maskindrift billigere end til Belysning.

**) Grunden til, at Gasforbruget er forholdsvis saa stort til det lille Arbejde, maa vistnok søges i, at Maskinen er indrettet til større Arbejder. Naar Lyset ikke er tændt, arbejder den derfor under ugunstige Forhold, saa at Lyset indirekte forvolder et noget forøget Gasforbrug om Dagen.

letsmelteligt Metal. Den anden Hovedledning fører til en Strømslutter (S. 373). Forinden Hovedledningerne føres ud af Maskinrummet, afgive de Elektricitet til en Glødelampe til Rummets Oplysning. Dens Ledninger ere førte som Sideledninger, hver ud fra sin af de to Hovedledninger. Disse føres videre herfra op til Systuen, der belyses ved 16 Glødelamper. Symaskinerne ere anbragte paa 4 lange Borde, der gaa paa tværs af Stuen. Her staa Lamperne i Række paa faste Opstandere som almindelige Bordlamper og belyse hver 4 Symaskiner med et meget godt Lys. Tilledningen af Elektricitet sker paa den Maade, at de to Hovedledninger føres forbi Enderne af alle 4 Borde, og ud for hvert Bord udgaar der to Sideledninger, som løbe hen over Midten af Bordpladen, dækkede af en Træliste. For hver Lampe, de komme forbi, afgive disse Ledninger atter to Sideledninger til Lampens Kultraad.

Anlæget har, efter at de første Vanskeligheder vare overvundne, virket uden Afbrydelse i et Aar. Lyset er fuldt tilfredsstillende, baade hvad Klarhed, Styrke og Ro angaar, og de forskjellige Lamper lyse uden kjendelig Forskjel. Med Hensyn til Driften skal bemærkes, at Lyset bruges i omtrenf 1000 Timer aarlig. Gasmotorens Axe gaar 184 og Dynamoens 600 Gange rundt i Minutet. Ved Beregning af Omkostningerne til Lyset maa her som ellers skjelnes mellem Anlægs- og Driftsomkostningerne. De første ere 4000 Kroner til Gasmotoren samt 2000 til Dynamoen og til Ledninger med Tilbehør. Da Gasmotoren ogsaa gjør Tjeneste ved Symaskinernes Drift, kan der dog kun ialt beregnes 4000 Kroner som Anlægskapital for Lyset. Til de aarlige Driftsomkostninger maa henregnes, hvad der medgaar til Forrentning og Amortisation af Anlægskapitalen samt til Reparationer. Hertil beregnes 10 Procent, saa at Amortisation og Vedligeholdelse aarlig koste 400 Kr.

Det Gasforbrug, som Lyset direkte og indirekte forvolder, kan sættes til 100 Kubikfod i Timen, hvoraf følger, at Gasforbruget giver en aarlig Udgift af 400 Kr.

Da en Lampe højst kan ventes at vare et Aar (S. 311), maa de 20 Lamper aarlig fornyes. En Swanlampe til 16 Normallys sælges for 6 Kr. Følgelig koster Lampefornyelsen aarlig 100—150 Kr.

Den hele aarlige Udgift til Lysanlægets Drift bliver altsaa noget over 900 Kr.

Hidtil er det indrettet saaledes, at man maa lade alle Lamper brænde eller slukke dem alle samtidigt. Det var vel en simpel Sag at anbringe en Strømslutter for hver Lampe eller hver Lamperække. Men uden særlige Foranstaltninger tør man ikke tænde enkelte af disse uden tillige at tænde de andre, da Strømmen i hver Lampe derved vilde blive saa stærk, at man kunde befrygte, at Kultraaden ødelagdes. Ved Midler af lignende Art som dem, der ere beskrevne S. 367, kan man dog indrette Maskinen saaledes, at Strømmen af sig selv reguleres efter Lampernes Antal. Det er paatænkt at bringe dette til Anvendelse i Handskefabriken.

Fabriken kunde sandsynligvis belyses billigere ved Gaslys end ved det nu anvendte elektriske. Men af tre væsenlige Grunde foretrække Ejerne ubetinget det sidste. 1) Vilde det anvendte Lokale blive for stærkt ophedet ved Gaslys, 2) vilde Materialerne lide ved Kulstøvet fra Gasblussene, 3) bedømmes Farverne adskilligt bedre ved det elektriske Lys end ved Gaslyset.

20.

Anvendelser af det elektriske Glødelys.

(Fortsættelse.)

Edisons Centralanlæg i Newyork.

Anlægets Udstrækning. Centralstationen. Strømmens Regulering. Ledningerne. Forbrugsmaalere.

I Newyork har Edison udført det store Foretagende at anlægge en Centralstation for Tilvirkning af Elektricitet, som tilbydes et helt Distrikt af Byen til Husenes Oplysning ved elektriske Glødelamper. Distriktet, hvorover Ledningerne skulle udstrækkes, begrændses mod Øst af East River, mod Vest af Nassau Street, mod Nord af Spruce Street, Ferry Street og Peck Slip og mod Syd af Wall Street. I Septbr. 1882 var der nedlagt 18 Mile Ledninger, hvorfra 3000—5000 Glødelamper bleve forsynede. Nu brænder der over 10000 Glødelamper i 400—500 Huse. Det hele Distrikt er beregnet til at skulle forsynes med 32000 Lamper. Centralstationen, der ligger i Nærheden af Fulton Street, er en 4 Etages Bygning. Det halve af dens Kjælderrum ere optagne af 4 Dampkjedler, beregnede hver til 250 Hestekræfter. Herfra forsynes de ovenover staaende, med Dynamoer forbundne Dampmaskiner (Fig. 186) med Damp. Paa det ovennævnte Tidspunkt var der 6 saadanne »Dampdynamoer« i Gang.

Fra hver Dynamo udgaar der to Ledninger, én til hver af de to tommetykke Hovedledninger, som udføre, den ene positiv, den anden negativ Elelektricitet fra Stationen. Udenfor Stationen forgrener Hovedledningen sig i de forskjellige Ledninger, der ere nedlagte i Gaderne. Disse forgrene sig atter til Husene ligesom Gas- eller Vandrør. Da alle Lamperne ere anbragte sideordnet, behøves der kun en forholdsvis ringe elektrisk Spænding ved Maskinernes Poler (S. 380), saa at der vanskelig kan tænkes at indtræffe noget Ulykkestilfælde ved elektriske Stød. Hver Maskines Elektromagneter holdes magnetiske ved en fra dens Hovedledning afledet Strøm. I en saadan Centralstation er en Regulering af Strømmen aldeles nødvendig, da Forbruget af Elektricitet retter sig efter, hvor mange Lamper der tændes omkring

i Byen. Naar der paa én Gang tændes et større Antal, mærkes det paa, at Strømmen bliver svagere, eller paa, at Spændingen ved Dynamoernes Poler bliver ringere. Saasnart dette iagttages paa Centralstationen, gjælder det om at drive Spændingen op til den forrige Styrke. Dette sker paa lignende Maade som i Savoytheatret (S. 384) nemlig ved at forstærke den Strøm, som sendes om Elektromagneterne, og saaledes forstærke Magnetkraften i det magnetiske Felt, hvorfra Strømmen har sit Udspring. For at den Mand, som forestaar Reguleringen, hurtigt og sikkert kan blive underrettet om de Forandringer, som foregaa med Strømmens Styrke, er det indrettet saaledes, at en blaa Glødelampe giver sig til at lyse, naar Strømmen begynder at blive for stærk, hvorimod en rød tændes, naar Strømmen bliver for svag. Har denne sin rette Styrke, lyser ingen af de to Lamper. En yderligere Prøve paa om alt er i Orden, faar man ved at maale Lysstyrken af en af de Lamper, som brænde paa Centralstationen.

De føromtalte Gadeledninger, der forgrene sig ud fra Hovedledningen, ere Kobberstænger, som isoleres og indesluttes i Jærnrør for derpaa at nedlægges i Gaden som Gasrør. Ligesom andre Gadeledninger blive de elektriske i Reglen desto tyndere, jo længere de ere fra Udspringet, idet Tykkelsen er beregnet efter den Mængde Elektricitet, de skulle føre, hvilken aftager, jo flere Forgreninger, der har fundet Sted i Forvejen. Jærnrøret indeslutter to Ledninger, en for den positive og en for den negative Elektricitet. Hvor Ledningen gaar forbi et Hus, som skal forsynes med Elektricitet, føres en tyndere Sideledning ud, der ligeledes er dobbelt, og hvorfra der atter udgaar Forgreninger til de enkelte Etager, Værelser og Lamper. Fig. 192 viser et Stykke af en saadan Husledning med en Forgrening. Hvor denne skal udgaa, er den i et Jærnrør indesluttede, dobbelte Husledning overskaaren, og de to Par derved friblevne Ender ere atter forenede i to Klemmeskruer. Fra disse udgaa Sideledningens to Kobbertraade. For at beskytte Forbindelsesstederne omgiver man dem med en tæt lukket Jærnkasse. I Figuren er Kassens Laag fjærnet.

Forinden Strømmen i Husledningen gaar til Lamperne, maa

den gjennemløbe en Forbrugsmaaler svarende til Gasuret i et Gasanlæg. En Forbrugsmaaler, som Edison benytter, er afbildet i Fig. 193. Den bestaar af en Vægt, paa hvilken man saa at sige vejer den forbrugte Elektricitet. Fra hver Ende af Vægtstangen hænger der i Steden for en Vægtskaal en hul Kobbercylinder ZZ og $C'C'$ ned i en kobberholdig Vædske, som indeholdes i Glassene V. I hvert Glas staar der endvidere en fast Kobbercylinder CC og $Z'Z'$ uden om den nedhængende. Den elektriske Strøm, hvis Elektricitetsmængde skal maales, sendes nu fra Ledningen gjennem en af Stængerne t til venstre ned i den deri hængende Kobbercylinder ZZ, gaar derfra gjennem Vædsken til den faste Cylinder CC. Herfra

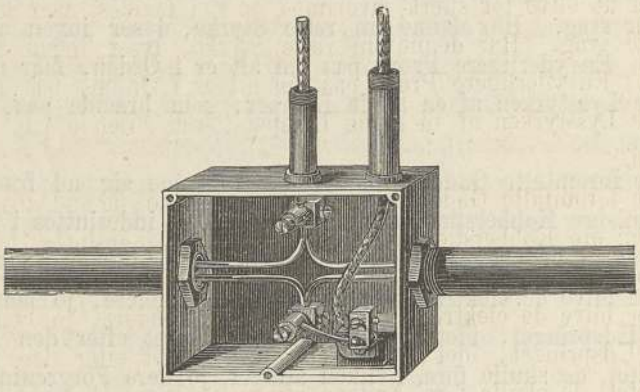


Fig. 192. Forbindelse mellem en Husledning og en af dennes Sideledninger.

gaar Strømmen gjennem en Metaltraad, som ses at forbinde de to Glas, over i Cylinderen $Z'Z'$, fra denne atter gjennem Vædske til Cylindren $C'C'$, hvorfra den paany fortsætter sin Vej i Ledningen.

Hvad Virkning Strømmen nu vil have i de to Glas, vil fremgaa af, hvad der blev sagt S. 51 om Strømmens Evne til at udskille et kemisk bundet Stof, her Kobberet, af sin Forbindelse med andre Stoffer. Til højre, hvor den positive Elektricitet gaar fra den ydre til den indre Kobbercylinder, vil den nemlig skille Kobberet ud fra Vædsken og afsætte det paa den fra Vægten nedhængende indre Cylinder, *som derfor bliver tungere.* Til venstre vil Strømmen derimod berøve den nedhængende Cylinder netop lige saa meget Kobber,

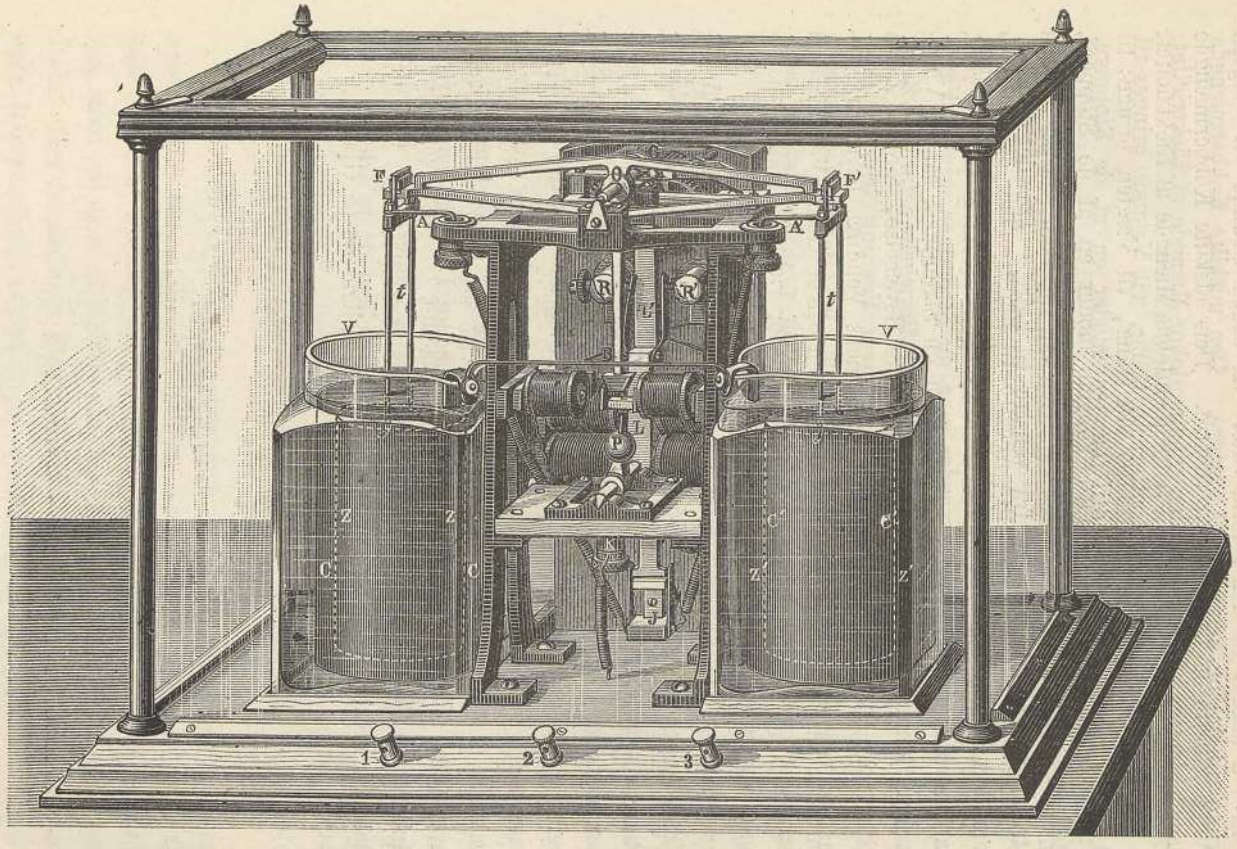


Fig. 193. Edisons Forbrugsmaaler (efter Tidsskr. La Lumière électrique).

som den lægger til den førstnævnte. Af begge Grunde vil Vægten synke tilhøjre og hæve sig til venstre. Den udskilte Kobbermængde staar nøjagtigt i Forhold til den gjennemløbne Mængde af Elektricitet.

Idet nu Strømmen fortsætter sin Gang, vil Vægten bringes til at hælde mere og mere, indtil Tungen møder en af de Stoppere, mellem hvilke den kan bevæge sig. Nu kan det ikke gaa an at lade Strømmen vedblive at gaa fra venstre til højre. Thi det Kobber, som derved blev afsat, vilde ikke have nogen Virkning paa Vægten, da den er standset. Derfor vender man nu Strømmen, saa at Vægtstangen kommer til at gjøre den omvendte Bevægelse, fordi $Z\,Z$ nu tiltager og $C'\,C'$ aftager i Vægt. Strømmens Vending bevirkes avtomatisk ved Tungens Tryk mod Stopperen, hver Gang Vægtstangen har gjort et Udslag. Vægtstangen vil derfor være i en stadig langsomt vuggende Bevægelse saalænge Strømmen gaar igjennem.

Antage vi, at der kræves 1 Kvint Kobber udskilt for at faa Vægtstangen til at gjøre et Udslag, ville altsaa hundrede Slag af Vægtstangen betyde, at der er gaaet saa megen Elektricitet igjennem, som kan udskille 1 Pund Kobber. Man kan kort sagt af Antallet af Slag beregne den gjennemløbne Elektricitet. Slagene optælles af Apparatet selv, idet der i Højde med Vægtstangen og bag ved den er anbragt et lille Urværk, hvis Visere flytte sig et bestemt Stykke, hver Gang Vægtstangen slaar om. Et saadant Urværk, som hyppig finder Anvendelse bl. a. i Gasurene, kaldes et Tælleværk. Her drives det ved Elektromagneter, som sees midt imellem de to Glas.

21.

Særlige Anvendelser af det elektriske Glødelys.

Belysning af Jærnbanevogne og Kahytter i Dampskibe. Farefri Belysning i Grubegange og Krudttaarne. Transportabel Glødelampe. Glødelampens Anvendelse ved Dykkerarbejde.

Paa Grund af Ejendommelighederne ved Glødelampen har man søgt at anvende dens Lys paa Steder, hvor der er Vanskeligheder forbundne med andre Slags Lysmidler. I Jærnbanevogne har man saaledes forsøgt at anvende Glødelampen. Dens Elektricitet frembringes i en med Toget følgende Dynamo, som bliver dreven ved at sættes i Forbindelse med Hjulaxen i den Vogn, som bærer den. Fra Dynamovognen løber der Ledninger til de andre Vogne. Hvis nu Dynamoen er den eneste Strømkilde, ville Lamperne slukkes, hver Gang Toget standser, og brænde med forskjellig Styrke efter Togets Hastighed, fordi Dynamoen faar sin Bevægelse fra en af Vognene. Samme Vogn, som bærer Dynamoen, indeholder imidlertid ogsaa et Batteri af Akkumulatorer, der ere anbragte i Strømløbet paa den Maade, Fig. 187 (S. 368) viser, saa at Lamperne kunne lyse uforanderligt trods den uregelmæssigt virkende Drivkraft for Dynamoen. Ved alle de Forsøg, man har gjort med elektrisk Belysning af Jærnbanevogne, har man dog ligesom her maattet have elektrisk Forbindelse mellem de enkelte Vogne, hvad der er en saa stor Ulæmpe paa Grund af den i Reglen hyppigt stedfindende Tilkobling eller Udskilning af Vogne, at denne Fremgangsmaade næppe vil faa almindelig Anvendelse.

Paa Dampskibe har Glødelampen derimod faaet en udbredt Anvendelse til Belysning af Kahytter, hvor den gjør fortrinlig Nytte paa Grund af sit kraftige Lys og ved at være næsten fri for Brandfare samt ved ikke at fordærve Luften i de tæt lukkede, indskrænkede Rum. Her frembringes Elektriciteten ved en Dynamo, der har sin egen Dampmaskine, saa at Lyset er uafhængigt af Farten. I Reglen forsynes denne Dampmaskine vistnok med Damp fra Skibets Kjedler, saa at Lyset kun kan brænde, naar Skibet har Damp oppe.

Paa Grund af den ringe Brandfare, som Glødelampen medfører, har den faaet Anvendelse i Krudtmagasiner og Grubegange. Lampen selv kan gjøres fuldstændig farefri, da dens glødende Del til Forskjel fra alle andre Lysmidler, er lufttæt aflukket fra Omgivelserne. For at være sikker, selv om Lampeglasset skulde gaa i Stykker, har man som vist i Fig. 158 indesluttet den lufttomme Glasbeholder i en større Glasbeholder, som er fyldt med Vand; dette vil strax slukke Lyset, hvis Lampen skulde gaa i Stykker. Den eneste Fare vil der-



Fig. 194. Minearbejde ved elektrisk Glødelys (efter Tidsskr. La Lumière électrique).

for ligge i Ledningerne, som kunne volde Antændelse dels ved Glødning paa Grund af en for stærk Strøm eller ved Gnister, som let fremkomme, hvor der er et Brud paa Ledningen. Saadanne Tilfælde kunne dog kun indtræffe ved Forsømmelse fra Overopsynets Side. Da man saaledes ikke er prisgiven den enkelte Arbejders Uforsigtighed, er det indlysende, at Glødelampen maa være langt mere betryggende end Flammelyset i brandfarlige Omgivelser.

I Kulgruberne benytter man endnu næsten overalt Davys Sikkerhedslampe, en Olielampe, hvor Luften, som strømmer til og fra Flammen, maa gaa igjennem et Næt af Metaltraade. Herved vil Lampen kunne brænde en Tid i gasblandet Luft uden at antænde denne. Da denne Lampes Flamme dog staar i Forbindelse med den omværende Luft, og da Arbejderne ofte omgaas den med utrolig Letsindighed trods de mange Advarsler, maa den være en stadig Kilde til Ulykker, saa at der her trænges stærkt til en farefri Lampe.



Fig. 195. Dykkerarbejde ved elektrisk Glødelys (efter Tidsskr. La Lumière électrique).

Davys Lampe har dog det Fortrin for Glødelampen, at den varsler, naar der er Fare paa Færde, idet dens Flamme forlænges eller slukkes, naar Luften blandes med Gas. Dette har sin Betydning, da Gassen ikke blot er explosionsfarlig men ogsaa kan virke dræbende ved at indaandes, naar den er tilstede i stor Mængde. Imidlertid har man allerede opfundet andre Midler til at varsle om Gassens Nærværelse. Vise disse sig praktiske, ville de i Forbindelse med

Glødelampen sikkert med Tiden foretrækkes for et under disse Omstændigheder saa farligt Middel som en brændende Olielampe.

Til Brug i Krudtmagasinerne har man konstrueret transportable Glødelamper. I en Trækasse, der rummer $^1/_2$—1 Kubikfod, er der anbragt et Batteri af galvaniske Elementer eller Akkumulatorer. Paa Siden af denne Kasse sidder en lille Glødelampe ikke meget større end en Valnød med en Kultraad, som næppe er over $^1/_2$ Tomme lang, idet en Glødelampe af almindelig Størrelse ikke vil kunne forsynes med den nødvendige Strøm fra et Batteri, der ikke er større, end at en Mand let kan gaa med det. Ombord i et Krigsskib vil en Lampeflamme let slukkes ved de stærke Luftstrømninger, som Skytsets Affyring medfører. En Glødelampe vil derimod ikke blive paavirket deraf.

Det at Glødelampen ikke som Flammerne skal have nogen Forsyning af Luft, gjør den skikket til at anvendes ved Belysning af Gjenstande under Vand, f. Ex. ved Dykkerarbejder, hvor Dykkeren altsaa maa være forsynet med en elektrisk Ledning fra en Dynamo paa Skibet, hvorfra han er gaaet ud.

Da Glødelampen kun opvarmer sine Omgivelser svagt har man fundet den heldig til Belysning af Gjenstande under Mikroskopet, idet den kan bringes meget nær til dette uden at gjøre Skade. Af samme Grund er den som tidligere omtalt (S. 305) anvendt i Lægekunsten.

22.

Anvendelser af det elektriske Buelys.

Natarbejde under aaben Himmel. Lysets Anvendelse ved Udvidelse af Havres Havn. Belysning af Havres Havn i Flodtiden om Natten. Anvendelse i Industrien og i Theatre. Buelyset paa den elektriske Udstilling i Wien. Det elektriske Lys paa Bryggeriet Gamle Carlsberg. Gadebelysning.

Blandt de første Anvendelser, man har gjort af det elektriske Buelys, maa nævnes dets Brug ved Byggeforetagender, som det har været magtpaaliggende at fremme saa hurtigt som muligt, saa at man har ønsket at kunne arbejde baade Dag og Nat. Til saadant Natarbejde under aaben Himmel er Buelyset fortrinlig skikket, idet en eller nogle faa Lamper anbragte i en betydelig Højde kunne belyse en udstrakt Arbejdsplads. Herved kommer Lampen ikke let i Vejen for Arbejdet, og dette kan fortsættes længe, inden man behøver at flytte Lampen. Vil man oplyse Arbejdspladsen ved Gasblus, maa disse haves i et betydeligt Antal og stilles nær ved de arbejdende, saa de jævnlig maa flyttes, efterhaanden som Arbejdet skrider frem. Den første Gang det elektriske Lys blev anvendt paa den Maade, var, saa vidt vides, til en Istandsættelse af Notre-Dame Broen i Paris. I Kjøbenhavn har det været anvendt ved Ombygningen af Holmens Bro, ligesom vi ogsaa have set det anvendt ved Opførelsen af Bryggeriet Ny Carlsberg. I saadanne Tilfælde maa der i Nærheden af Arbejdspladsen opstilles en Dampmaskine og en Dynamo og paa selve Pladsen en høj Stang, en »Lysmast«, til at bære Lampen. Til denne føres Ledningerne fra Dynamoen i Reglen baarne paa Stænger som Telegraftraade. Schuckert i Nürnberg har indrettet et transportabelt Stel af de til elektrisk Lys nødvendige Gjenstande for hurtigt at kunne frembringe Lyset, hvor det bliver nødvendigt til Arbejde under aaben Himmel. Lampen bæres af en paa en særskilt Vogn anbragt firesidet Støtte, der er bygget af hinanden krydsende Jærnstænger. Hvor de krydse hinanden, ere Stængerne forbundne ved Nagler, saa at Aabningerne mellem Stængerne kan forøges eller mindskes ligesom Aabningen mellem Bladene i en Sax. Herved kan

Støttens øverste Punkt med Lampen skydes op til over Højden af en første Sals Etage. Man har ogsaa konstrueret Jærnbanevogne, som medføre Dampmaskine, Dynamo, Lampe, Ledninger o. a., som høre til for ogsaa om Natten ved det elektriske Lys at kunne udføre Arbejder, der ere blevne nødvendige for at bringe Driften i regelmæssig Gang.

Som et mærkeligt Exempel paa Lysets Anvendelse skulle vi nævne Belysningen under Udvidelsesarbejdet af Havres Havneindløb.



Fig. 196. Jordarbejde om Natten ved elektrisk Lys.

Murarbejderne paa Havbunden, Nedramning af Pæle o. s. v. kunde kun udføres ved Ebbetid, og det gjaldt derfor om at benytte Ebben baade om Dagen og om Natten. Man besluttede derfor at gjøre dette muligt ved Anvendelse af det elektriske Lys. Fontaine skildrer i sin Bog, Eclairage a l'électricité, Virkningen af det elektriske Lys paa følgende Maade.

Arbejdspladsen blev besøgt en mørk Nat uden Stjerner, medens Arbejdet var i fuld Gang, og det viste sig, at alle de sædvanlige Ar-

bejder kunde udføres uden nogensomhelst Ulæmpe i indtil 400 Fods Afstand fra Lamperne. Minearbejderne gjennembrøde den gamle Mur 350 Fod fra nærmeste Lampe, og Arbejdet gik lige saa raskt frem som om Dagen. Et Lokomotiv med 10 Vogne efter sig gik rundt paa en 5000 Fod lang Bane for at tilføre Bygningsmateriale og bortføre den udgravede Masse. Rambukken arbejdede ved Dampkraft med at ramme Pæle ned. Murere, Tømrere, Jordarbejdere o. s. v. vare i al Slags Virksomhed rundt omkring. Mere end 150 Arbejdere vare beskjæftigede paa en Flade af 4—5 Tønder Land uden anden Belysning end den, som to Grammes Dynamoer fremkaldte. Lysbuerne, der brændte hver inden i sin Lygte, vare anbragte henved 50 Fod over de Steder, hvor der blev arbejdet. I over 350 Fods Afstand kunde man læse en Avis tydeligere, end det vilde kunne ske 16 Fod fra et Gasblus. Hver Lampe gav et Lys paa omtrent 4000 Normallys.

Da Havres Havn kun er tilgængelig for større Skibe i Flodtiden, kunde det tidligere hænde, at et Skib, som søgte ind til Havnen, maatte vente næsten et helt Døgn, inden det kom ind. Hvis det nemlig ankom kort efter Dagflodtiden, kunde Natten hindre det i at benytte næste Flod, saa at det maatte oppebie den først et Døgn efter indtrædende Dagflod for at komme ind. Da Ankerpladsen paa Réden maa forlades i uroligt Vejr, kunde Skibene saaledes blive vanskeligt stillede, hvorfor Cherbourgs Havn i mange Tilfælde blev foretrukken. Af den Grund besluttede man sig i Havre til at belyse de vigtigste Dele af Havnen elektrisk i hver Flodtid, som indtræffer om Natten. Det elektriske Lysanlæg er bleven udført og har siden 1881 været i Virksomhed i Reglen 3 Timer hver Nat. Der brænder ialt 34 Lamper, hvoraf hver indeholder 4 Jablochkoffske Kjærter (S. 340). De bringes til at lyse ved Strømmen fra tre Grammes Vexelstrømmaskiner (S. 353). En fjerde Maskine haves i Reserve. Drivkraften leveres fra to 35 Hestes Dampmaskiner. Fra hver Vexelstrømmaskine udgaa to selvstændige Strømkredse, som hver bringe 4—6 Lamper til at lyse. Der brænder kun 1 af Kjærterne ad Gangen i hver Lampe. Da en Kjærte kun kan paaregnes at vare $1^1/_2$ Time, maa Strømmen sendes ind i Kjærte Nr. 2, naar den førstes Tid er

forløben; dette kan ske ved at bevæge en Strømslutter i Maskinhuset. Den Ledning, som fører Strømmen til Lamperne, er nemlig paa hele sin Vej fulgt af en anden Ledning, som fører til Kjærte Nr. 2. Det er i denne Extraledning, man sender Strømmen ind, naar de $1^1/_2$ Time er gaaet. Samtidig lukkes Strømmen naturligvis ud fra Kjærte Nr. 1. Denne slukkes derfor overalt, naar Nr. 2 tændes.

Hvis der, førend de $1^1/_2$ Time ere forløbne, skulde indtræffe et Uheld med en af Lamperne, ville alle de Lamper, der befinde sig i

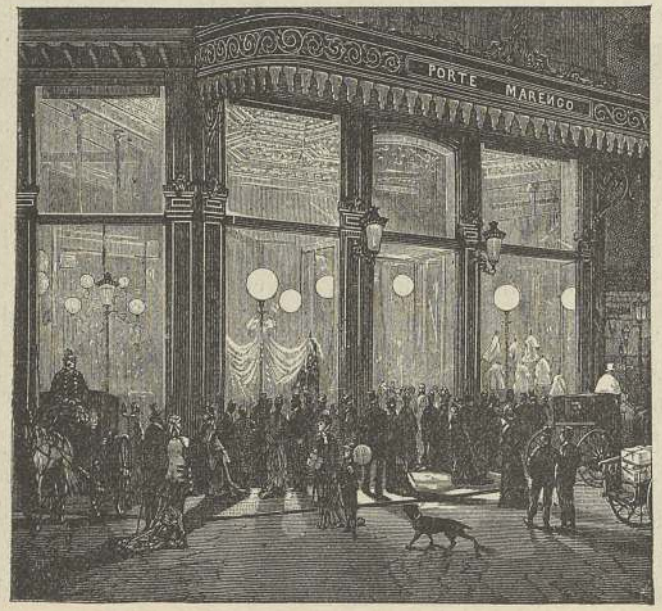


Fig. 197. Magasins du Louvre oplyst ved elektriske Lamper.

samme Strømkreds, slukkes. Sker det, vil man strax blive underrettet derom i Maskinhuset, idet Strømmens Ophør strax vil foranledige, at en elektrisk Klokke ringer. Saasnart denne Klokke høres, har Maskinmesteren øjeblikkelig at sende Strømmen ind i den ovennævnte Extraledning, saa at Kjærte Nr. 2 tændes som Erstatning for Nr. 1.

Kjærte Nr. 3 og 4 i hver Lampe tjene kun som Reserve. Da den hele Brændetid kun er 3 Timer, ville de i Reglen ikke komme

til Anvendelse. Naar Kjærterne Nr. 1 ere blevne slukkede og Nr. 2 tændte, maa der, for at Nr. 3 kan være i Reserve, foretages en Ændring i hver Lampe, som bevirker, at den Ledning, som før sendte Elektricitet til Kjærterne Nr. 1, men som ikke nu benyttes, bringes i Forbindelse med Nr. 3. Indtræffer der et Uheld med de nu brændende Nr. 2, vil man ved Strømslutteren kunne sende Strømmen ind i den før til Nr. 1 benyttede Ledning, som nu imidlertid vil bringe Nr. 3 til at brænde. Paa samme Maade bringes Nr. 4 i Reserve for Nr. 3.



Fig. 198. Anvendelse paa Scenen af det elektriske Buelys.

Siden man har lært at fordele en Dynamos Strøm til flere Lamper (S. 375), har Buelampen faaet en udstrakt Anvendelse til Belysning af store Rum som Jærnbanehaller, Værksteder, store Udsalgssteder, Cirkusbygninger, Gader, offenlige Pladser, Gaardspladser, Anløbssteder for Skibe o. s. v. Fig. 197 viser Magasins du Louvre i Paris oplyst af Jablochkoffske Kjærter. Der og andre Steder, hvor det gjælder om at vurdere eller træffe en Farve rigtigt

som i Væverier, Farverier, Papirfabriker o. a., medfører det elektriske Buelys den store Fordel, at Farverne vise sig som ved Dagslys, medens Gaslys og forøvrigt alle andre kunstige Lysmidler paa Grund af det gulrøde Skær i høj Grad forstyrre Farveopfattelsen. Naar hertil kommer, at Buelyset medfører mindre Brandfare, og at det for omtrent samme Bekostning giver en langt kraftigere Belysning end Gaslyset uden at have nogen skadelig Indflydelse paa Luften, indses det let, at det i Reglen maa være at foretrække for andre kunstige



Fig. 199. Elektrisk belyst Fontæne.

Lysmidler i store Rum, der skulle forsynes med en kraftig Belysning. Det samme gjælder i endnu højere Grad, hvor der er Tale om at opnaa en stærk og pragtfuld Lysvirkning især ved visse Lejligheder i Theatrene, naar Virkninger af Sollyset, Lynglimt o. l. skulle fremstilles. Saaledes blev Lyset med stort Held anvendt allerede i 1846 i den store Opera i Paris for at fremstille en Solopgang. I 1860 blev det anvendt samme Sted ved Opførelsen af Operaen Moses, hvor i

en af Scenerne (Fig. 198) Moses viser sig for Jødefolket i Straaleglans, overalt hvor han gaar. I en anden af Scenerne blev Lyset med stor Virkning benyttet til Frembringelse af en kunstig Regnbue. En Fontæne kan tage sig meget pragtfuld ud i elektrisk Belysning, især naar Omgivelserne ere svagt belyste (Fig. 199). Naar man anvender Buelyset i dekorative Øjemed paa Theatret, frembringer man Strømmen ved galvaniske Elementer, da man ikke kan være tjent med at sætte en Dampmaskine og en Dynamo i Virksomhed for de faa Gange og den forholdsvis korte Tid, man bruger Lyset. Et stort Antal Elementer er nødvendigt til dette Brug.

Paa den elektriske Udstilling i Wien 1883 sprang en Fontæne midt i den cirkelformede store Hal, der dannede Midtpunktet i Udstillingsbygningen »Rotunden«. En Vandstraale gik mange Alen i Vejret op mod Spidsen af det kegleformede Tag, der dækker Hallen. Under Straalen faldt Vandet ned i to Fald og endte i et stort Basin. Rundt om Fontænesøjlen, mellem denne og det faldende Vand, altsaa bag ved Vandet, saa man to Kranse af Buelamper. Højt oppe under Taget, ordnede omkring det Punkt, mod hvilket Straalen sprang, lyste der en Krands af stærke Buelamper. Forøvrigt var der, som man kan tænke, overalt i Udstillingsbygningen en, væsenlig ved Buelys fremkaldt, pragtfuld Belysning om Aftenen, en Belysning, som paa en Gang var kraftig og mild, da næsten alle Lamper hængte saa højt, at man ikke let fik Øjet blændet ved direkte at se paa dem, og Lamperne vare saa mange og fordelte paa saa mange Steder, at man næsten ingen Skygger saa og næppe kunde finde en mørk Krog. Denne Belysning, som sikkert var stærkere end Dagens, var forenet med en Kølighed og Friskhed i Luften, som man forbavsedes over, da man er vant til at betragte det som en Selvfølge, at stærkt Lys og virkelig god Luft ere uforenelige.

Elektriske Buelamper bruges til Stadighed i den danske Flaades Skibsbygningsværksted og Torpedoværksted samt ofte ombord i Panserskibene, naar der arbejdes i de nederste Rum. Flaadens nyeste Skibe have desuden mere eller mindre fuldstændig elektrisk Belysning ved Glødelamper.

Paa Bryggeriet Gamle Carlsberg ved Kjøbenhavn er det elek-

triske Lys anvendt i stort Omfang. Lagerkjælderne ere for en stor Del oplyste ved Glødelamper og Gaardspladsen ved Buelamper. Ved Indkjørselen til Bryggeriet er der af hvid Kalksten (Faxekalk) opført et meget smukt Porttaarn i Form af et Fyrtaarn; dette bærer foroven en Lanterne, hvorfra en Jürgensensk Buelampe kaster sit Lys vidt omkring. Tolv andre Jürgensenske og 5 Siemenske Buelamper oplyse de forskjellige Gaardsrum.

Til Gadebelysning benyttes Buelampen meget i Amerika. Især i det vestlige Nordamerika i Byer, hvor man kun bryder sig om at faa Pladserne og Hovedgaderne oplyste, sker Belysningen undertiden fra høje Taarne byggede af Jærnrør. En af de højeste elektriske Gadelamper findes i Byen San José i Kalifornien. Dens Lystaarn siges at være næsten 200 Fod højt. Saa høje Lamper kunne dog kun finde Anvendelse i Klimaer med klar Luft, da Taage ellers vil svække det alt for stærkt. I England har man saaledes ikke fundet det hensigtsmæssigt at hæve selv Lamper paa 5000 Normallys højere end 60 Fod op. Lamper af denne Styrke, der brænde udenfor Mansion House (Lord Mayors Embedsbolig), hængte oprindelig i næsten 80 Fods Højde, men bleve snart sænkede til 50 Fods Højde. Buelampen faar bestandig større Anvendelse i Evropas store Byer. I Nürnberg brænder der tre Buelamper til Belysning af Gadestrækningerne Vord-Leder-Gasse, Josephs-Platz og Kaiserstrasse. Hver Lampe lyser med 1200 Normallyses Styrke. Dette Anlæg har sin særlige Interesse, derved at Drivkraften til de elektriske Maskiner faaes fra en Turbine, som drives ved et Vandløb tæt udenfor Byen. Da denne Vandkraft var ubenyttet, før den blev anvendt til Frembringelse af Elektriciteten, maa man sige at have Drivkraften for intet. Udgifterne indskrænke sig saaledes væsenlig til Amortisation og Vedligeholdelse. Ved de elektriske Lamper ere 35 Gaslygter blevne overflødige, og Omkostningerne til de elektriske Lamper siges kun at være det halve af, hvad Gassen til de 35 Gaslygter kostede, samtidigt med at den elektriske Belysning er adskilligt bedre end den tidligere Gasbelysning. De elektriske Lamper bæres af hule, smagfuldt udførte Jærnstøtter. Noget under Midten har Støtten et Led, saa at den øverste Del med Lampen kan fires ned, naar nye Kul skulle indsættes i Lampen.

23.

Anvendelser af det elektriske Buelys.

(Fortsættelse.)

Elektriske Fyr.

Fresnels Linseapparat. Blinkfyr og fast Fyr. Dobbeltfyret paa Cap la Hève. Fyret paa Øen Razza. Skyernes Belysning.

Hvor det gjælder om at belyse et enkelt Punkt meget stærkt eller gjøre et Lys synligt paa stor Afstand, sørger man for saavidt muligt at samle alt det Lys, der udgaar fra Lyskilden, mod det Punkt, der skal belyses, eller hvorfra Lyskilden skal kunne sees. Hertil kan man anvende enten Spejle eller Samlelinser (S. 378) eller begge i Forening. Fig. 200 viser, hvorledes næsten Halvdelen af en Olielampes Lys kan rettes mod et fjærnt Punkt. *A* er en Linse, i hvis Brændpunkt Flammen er stillet. Naar man vender en Linses ene Flade mod Solen ville dens Straaler ved Brydningen i Glasset samles omkring Brændpunktet i en lille Kreds, der er et Billede af Solen. Hvis man omvendt anbringer en lille glødende Skive saa stor som ovennævnte Solbillede og paa samme Sted som det, da ville de Straaler, som udgaa fra Skiven mod Linsen, ved Brydning i Glasset blive rettede mod Solen, altsaa løbe næsten parallelt ud i Steden for at spredes efter de Linier, de fulgte fra Brændpunktet til Linsen. Denne har altsaa samlet Lysstraalerne.

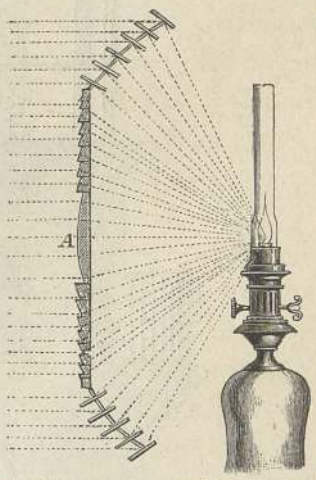


Fig. 200. Fresnels Linseapparat.

En enkelt Linse kan imidlertid kun samle en ringe Del af alle de Straaler, der udgaa fra Brændpunktet. For at faa Nytte af en større Del af Lyset udtænkte Fresnel det i Fig. 200 fremstillede

Linseapparat (Polyzonallinse). Omkring Linsen er der lagt en Krands af Glasringe, den ene uden om den anden (i Figuren er der tegnet 8 Ringe). Hver af disse er sleben saaledes, at den sender de Straaler, som træffe dem, samme Vej som Linsens Straaler. Over og under Linseapparatet er der endvidere anbragt Rækker af smaa Spejle, som

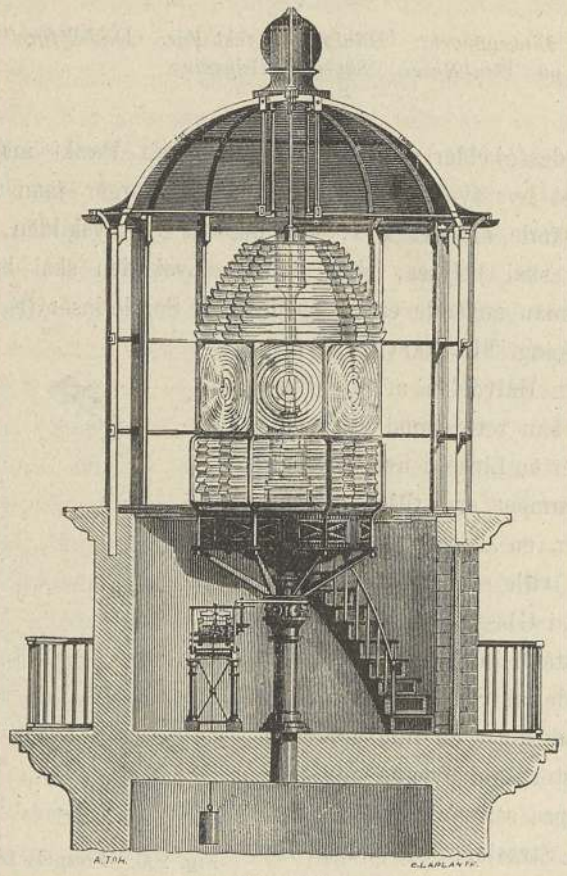


Fig. 201. Blinkfyr.

opfange de yderste Straaler. Hvis man omgiver Flammen i et Fyrtaarn (Fig. 201) til alle Sider med 6 saadanne Polyzonallinser, vil Lyset sammentrænges mod 6 forskjellige Punkter af Horizonten. Fra disse Punkter vil man kunne se Lyset meget tydeligt, medens derimod de mellemliggende ville ligge i Mørke. Drejes den hele Lygte

rundt om sin lodrette Axe, ville de 6 Lysbundter feje hen over Horizonten og saaledes efterhaanden belyse alle Punkter. Hvem der iagttager Fyret fra et af disse Punkter, vil se Lyset komme og forsvinde med regelmæssige Mellemrum. Saaledes er et almindeligt Blinkfyr indrettet.

Det faste Fyr skal belyse alle Horizontens Punkter ligeligt. Lyset skal derfor ikke samles i enkelte Retninger men skal udgaa som en vandret Skærm af Lysstraaler fra Fyret. Dettes optiske Appa-

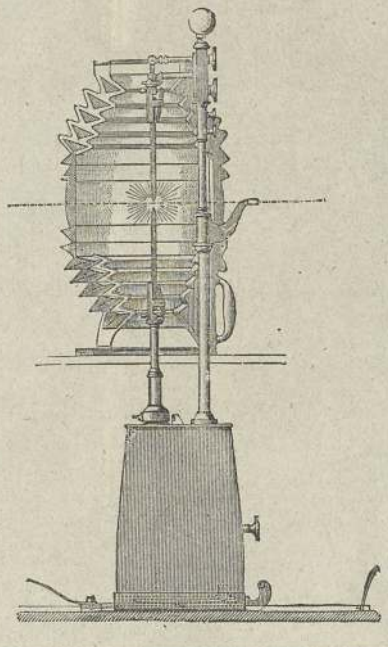


Fig. 202. Linseapparat med elektrisk Buelampe.

rat har samme Gjennemsnit som det, der er vist i Fig. 200; men *A* betyder da ikke Gjennemsnittet af en Linse, men af en vandret Ring, som omgiver Flammen til alle Sider. Den tillader Straalernes Spredning i vandrette Retninger men ophæver Spredningen opad og nedad.

Det elektriske Buelyses store Lysstyrke gjør det fortrinligt skikket, baade hvor en stærk Belysning skal koncentreres i et enkelt Punkt, og hvor Lyset skal kunne sees paa lang Afstand. Den Om-



Fig. 203. Det elektriske Dobbeltfyr paa Cap la Hève (efter Tidsskr. La Lumière électrique).

stændighed, at den elektrisk lysende Flade er saa lille (S. 274), er i Reglen en Fordel; thi jo mere Lyset nærmer sig til at udgaa fra ét Punkt, des fuldstændigere kan det ved Spejle og Linser atter bringes til at løbe sammen mod ét Punkt. Blandt de første Fyr, hvor Olielampen blev erstattet af elektrisk Lys, kan nævnes Dobbeltfyret paa Cap la Hève nær ved Havre. Det elektriske Lys blev tændt her i 1863. Fig. 203 viser dets Udseende om Natten. Det bestaar af to firkantede Taarne. I det ene Hjørne af den øverste Del af hvert Taarn er et Linseapparat som det i Fig. 202 afbildede anbragt. Midt i Linseapparatet ser man Regulatorlampens to Kulstænger mødes for at danne Lysbuen. For at sikre sig mod Uheld er der bag Linseapparatet anbragt en Reservelampe, som i meget kort Tid kan skydes ind paa den tjenestegjørende Lampes Plads, hvis denne skulde slukkes. Til yderligere Sikkerhed blev der anbragt et helt Reserveapparat lige under det, der er i Virksomhed, en Forsigtighedsregel, som dog er funden overflødig ved Brugen. Til Frembringelse af den elektriske Strøm tjene fire Alliancemaskiner, hvoraf to staa i Reserve.

Paa Øen Razza i Bugten ved Rio Janeiro er der paa en over 200 Fod høj Klippe opført et Fyrtaarn med Blinkfyr, hvis elektriske Lampe brænder i en Højde af 300 Fod over Havet. Her anvendes to Grammes Dynamoer med jævn Strøm. Ved Forbrug af en Arbejdskraft paa 7 Hestekræfter fra en Dampmaskine udvikles et Lys paa omtr. 15000 Normallys. Lygten har et Gjennemsnit af 11 Fod. Alle Apparater, der høre til Frembringelse af Lyset, findes for Sikkerheds Skyld i to Exemplarer. Til yderligere Sikkerhed er der tilstede en altid parat Olielampe. De større Olielamper, som anvendes i Fyrene, have en Lysstyrke af 50—70 Normallys. Da man uden Vanskelighed kan tilvejebringe et elektrisk Lys paa flere tusinde Normallys, indses det, at det elektriske Lys maa være Olielyset betydeligt overlegent. Gjennemsnitligt siges de elektriske Fyr at kunne sees 1 Mil længere ud end Olielampefyret, og i taaget Vejr skal det kunne sees dobbelt saa langt som Olielyset. Søfolkene klage over, at det er vanskeligere at skjønne Afstanden fra et Fyr med elektrisk Lys end fra et almindeligt Fyr. Samme Erfaring er gjort med den

fra en Projektør (S. 413) udsendte Lyskegle. Hvem der befinder sig i den, kan være i Usikkerhed med Hensyn til Afstande fra $^1/_4$ til $1^1/_2$ Mil. Erfaringerne ere dog i det Hele faldne saa gunstigt ud til Fordel for det elektriske Lys, at man i Frankrig har vedtaget at indføre det i 42 af Frankrigs vigtigste Fyr. For Tiden anvendes det i Fyrtaarnene Port Said, South Foreland, Dungeness, Souter Point, Cap Lizard, Cap la Hève, Cap Grisnez, Planier ved Marseille, Palmyre ved Girondens Munding, Odessa, Razza ved Rio Janeiro*).

Naar man retter en ved Spejl og Linse sammentrængt Lyskegle lodret i Vejret, ville i skyet Vejr Skyerne blive saa stærkt belyste, at man ser en lys Plet over Lampen. Paa Grund af Skyernes store Højde, vil man kunne se den lyse Plet i meget store Afstande, og i taaget Vejr vil man sikkert ofte kunne se den, medens Fyret er skjult, idet man ser skraat op gjennem Taagelaget mod Lyspletten, saa at Lysstraalerne fra den ikke faar et saa tykt Lag af Taagen at gjennemløbe som de næsten vandrette Straaler, der udgaa direkte fra Fyret gjennem Taagen. Selv ved saakaldet klar Himmel vil Luften indeholde tilstrækkeligt af Støv og Vandpartikler til at kunne blive oplyst. Til en saadan Belysning af Himlen kan sikkert intet andet Lys bruges end det elektriske Buelys. Efter en Beretning i Tidsskriftet »La Lumière électrique« for 1881 skulde denne Maade at danne et Fyr paa prøves i det asovske Hav.

*) Waechter: Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke.

24.

Anvendelser af det elektriske Buelys.

(Fortsættelse.)

Belysning af fjærne Gjenstande og Signalgivning om Natten.

Projektør med elektrisk Lampe. Projektørens Anvendelse paa Krigsskibe under Bekæmpelsen af Opstanden i Herzegovina og ved Franskmændenes Expedition mod Tunis. Jærnbanelampen. Anvendelse i Søfarten. Lysets Anvendelse paa Krigsskibe mod Torpedoangreb.

Det ved Linser og Spejl sammentrængte elektriske Lys har foruden i Fyrtaarnene endnu faaet adskillige Anvendelser især i Krigsførelsen baade tillands og tilvands. Til Sammentrængning af Lyset

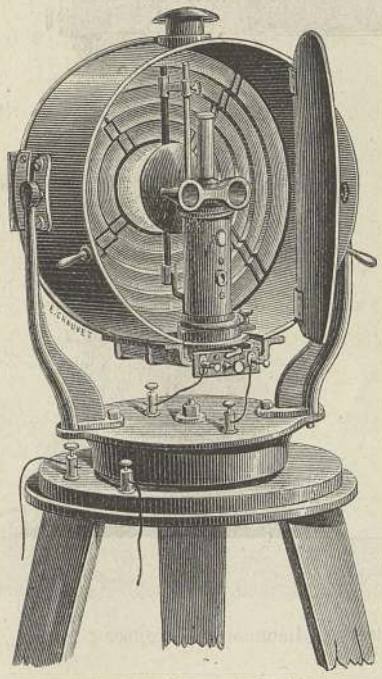


Fig. 204. Siemens Projektør.

bruges et Linseapparat, Projektøren (Fig. 204 og 205), i hvis Brændpunkt man lader Lysbuen danne sig. I den bageste Del af en Metalcylinder, der kan drejes i de forskjellige Retninger, hvor man

ønsker Lyset sendt hen, bringes Lysbuen til at brænde mellem de to Kulstænger af en Regulatorlampe. Regulatormekanismen findes i Siemens Projektør inde i selve Cylindren, medens den i Sautter og Lemonniers sees nedenunder. I dem begge er der foran Lysbuen anbragt et Linseapparat af lignende Indretning som i Fyrtaarnene.

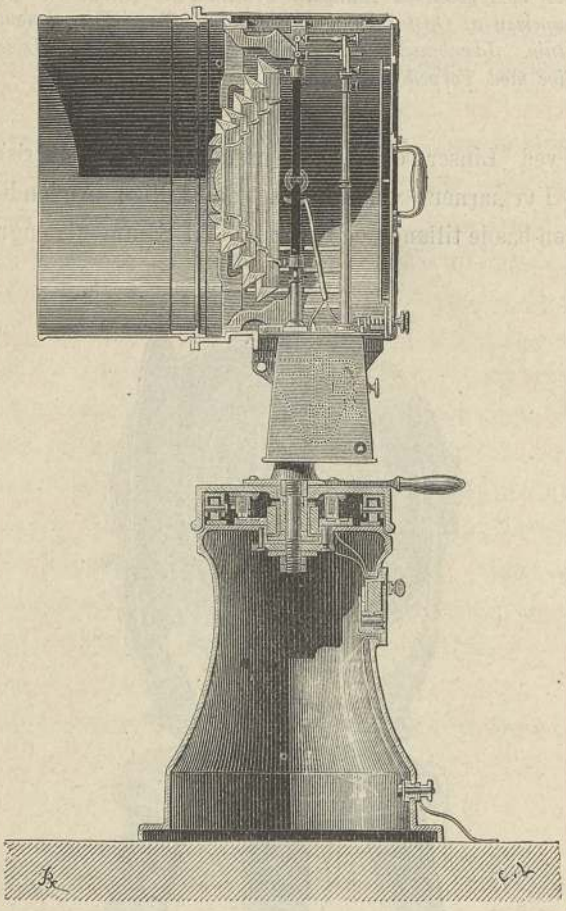


Fig. 205. Sautter og Lemonniers Projektør (omtr. $^1/_{10}$ virkel. Størr.).

Bagved Lysbuen er der desforuden anbragt et Hulspejl, som kaster de tilbagegaaende Straaler fremad mod Linseapparatet. Dette bringer Lyset til at udgaa af Cylindren i næsten parallele Retninger. Det er store Virkninger, man kan naa ved det med Projektør forstærkede

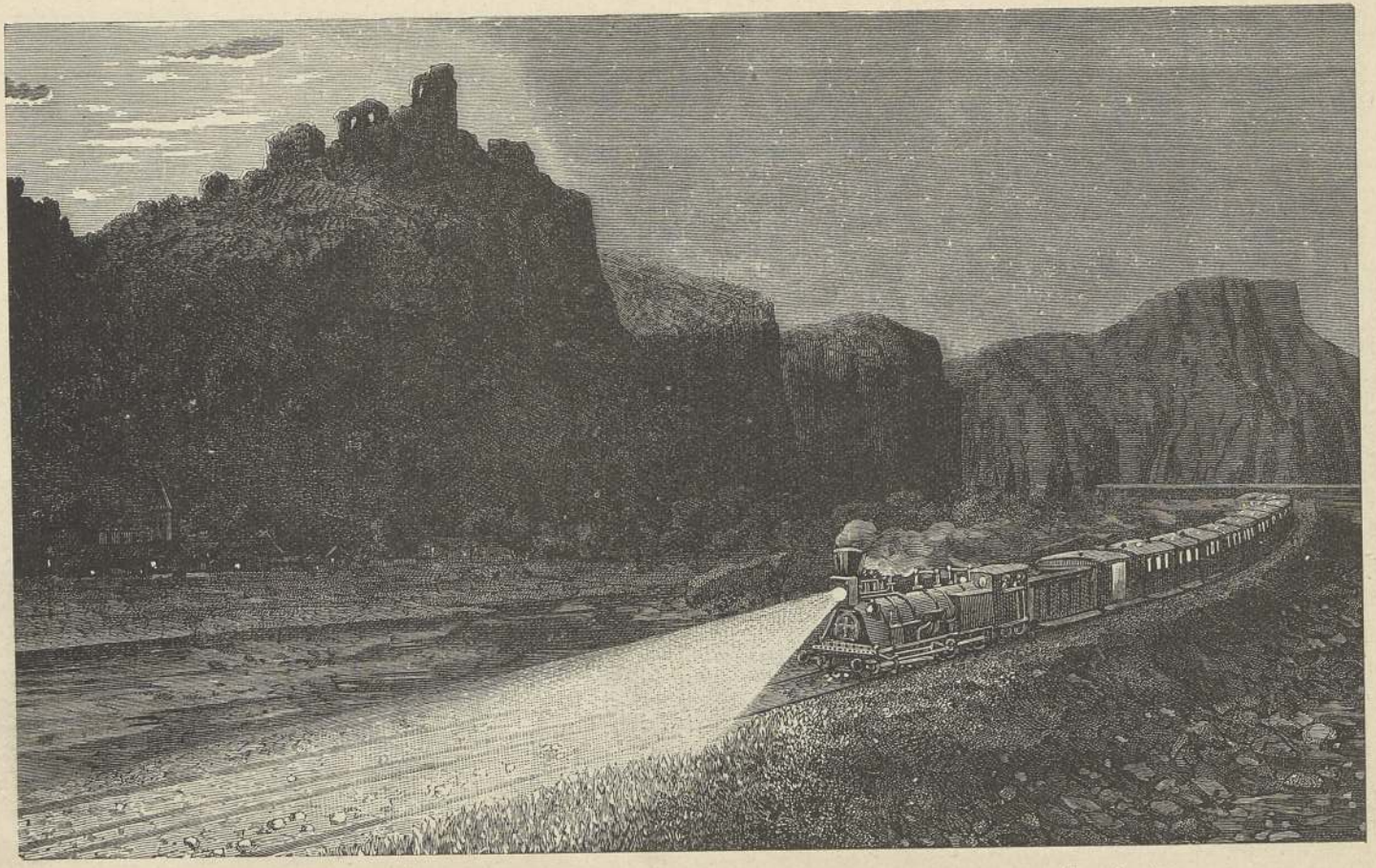


Fig. 206. Jernbanetog med elektrisk Lokomotivlampe (efter Tidsskriftet La Lumière électrique).

elektriske Lys. Efter Forsøg, som bleve udførte af en fransk Kommission viste det sig, at man fra Fortet Mont Valerien ved et elektrisk Lys paa 19000 Normallys kunde se Huse, Vogne og Tropper i Bevægelse paa $^2/_3$ Miles Afstand. I den halve Afstand kunde man iagttage de enkelte Soldater, ja se hvad de toge sig for for.

Ved særegne Glas kan man bringe det efter en Cylinder sammentrængte Lys til at spredes mere eller mindre i vandret Retning, saa at man kan belyse en større Strækning, hvorved Belysningen paa hvert Sted naturligvis formindskes. Ved Forsøg i Toulon kunde man belyse en 600 Fod bred Strækning i henved en halv Mils Afstand fra Lampen tilstrækkeligt, til at den kunde beskydes med Artilleri. Ved Østerrigs Bekæmpelse af Opstanden i Dalmatien og Herzegovina kunde Krigsskibene ved Hjælp af deres elektriske Lys opdage og bortjage de Skibe, som om Natten søgte at bringe Oprørerne Proviant og Munition. Kysten kunde belyses saa stærkt, at Oprørerne kunde beskydes, naar de om Natten søgte dertil. I Franskmændenes Expedition mod Tunis vare Krigsskibene udstyrede med elektriske Apparater, som benyttedes til Belysning af Kysten om Natten. En af Grundene til, at Englænderne under deres sidste Expedition mod Ægypten bombarderede Alexandria, var den, at man ved Hjælp af det elektriske Lys havde set, at der mod Aftale om Natten blev arbejdet paa at forstærke Forterne. I det nuværende sudanske Oprør blev et natligt Overfald paa Suakin i Tide opdaget ved Hjælp af det elektriske Lys.

Ved Jærnbanekjørselen har man med Held forsøgt at anvende det elektriske Lys til at belyse Banen foran Toget. Foran paa Lokomotivet anbringes der i Steden for den nu anvendte Olielampe en med Projektør forsynet elektrisk Regulatorlampe (Fig. 206). Man har anvendt den S. 234 beskrevne Sedlaczek-Wikulills Lampe paa Grund af dens af Rystelse kun lidt paavirkede Mekanisme. Ovenpaa den forreste Del af Lokomotivet anbringes en med en Dynamo forbunden lille Dampmaskine, som fødes med Damp fra Kjedlen. Hensigten med Lampen er dels at belyse mulige Hindringer for Farten paa Banen foran Toget dels at sikre mod Sammenstød. Erfaringen har vist, at man kan skjælne Bygninger, Broer o. s. v. indtil 1500 Fod

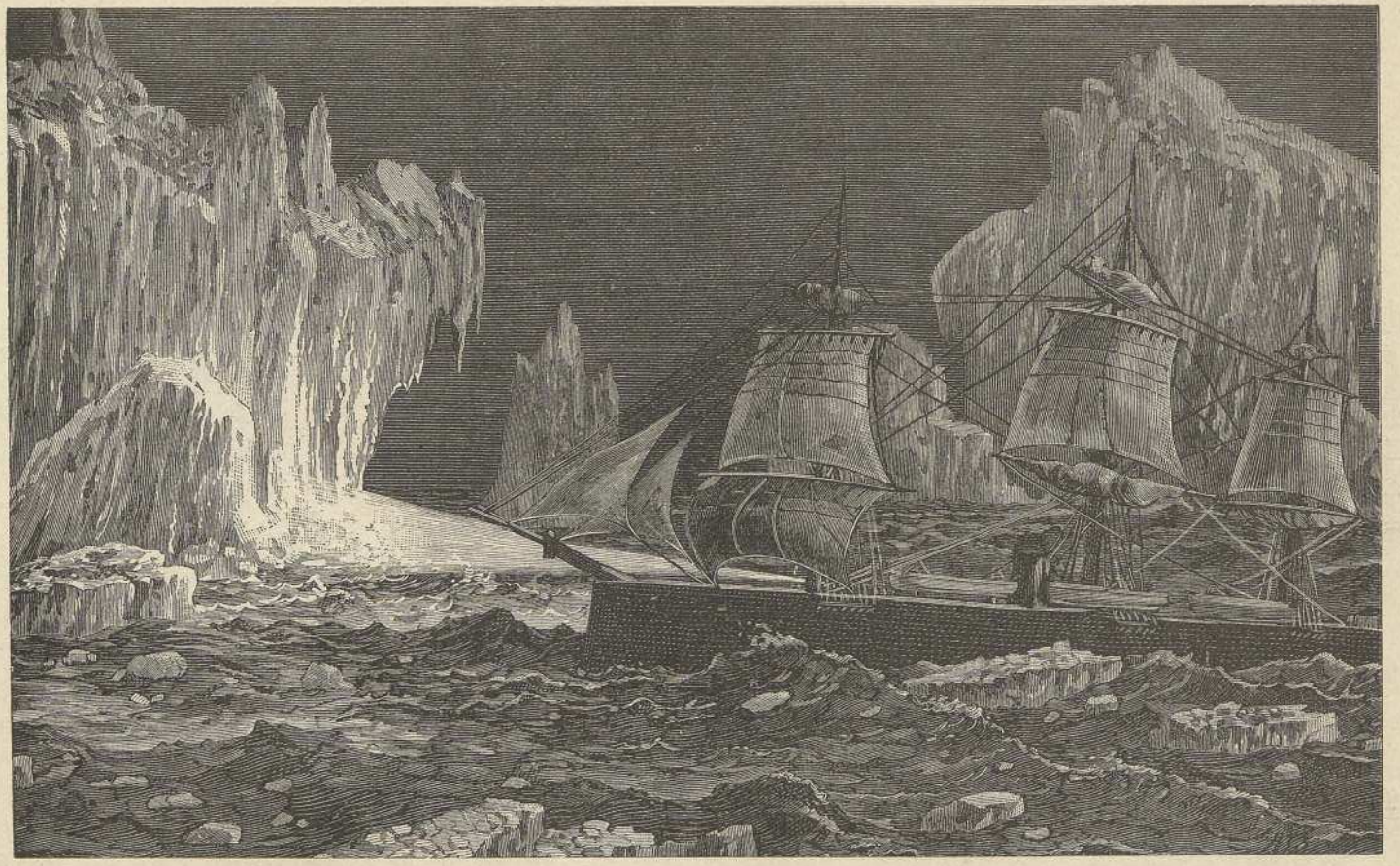


Fig. 207. Et Skib sikrer sig mod Sammenstød med Isbjerge ved elektrisk Lys (efter Tidsskriftet La Lumière électrique).

foran Toget, og dette kan fra et andet Tog iagttages allerede paa henved en Fjerdingvejs Afstand. Der indvendes mod Anvendelsen af det elektriske Lokomotivlys, at det ikke yder en til Bekostningen svarende Sikkerhed mod Sammenstød, især fordi Lokomotivlampen kun lyser fremefter og saaledes ikke advarer et bagfra kommende Tog. Det vil være forbunden med Vanskeligheder at lede Elektricitet fra Lokomotivet til en Lampe paa Togets bageste Vogn. Imidlertid vil man vistnok kunne opnaa en ikke ringe Sikkerhed ved at rette en Del af Lyset lodret i Vejret, idet den i Luften synlige Lyskegle kan sees, ogsaa hvor Banen gjør Krumninger.

I Søfarten har man paa adskillige store Dampskibe indført det elektriske Lys og brugt det dels i aaben Sø for at undgaa Sammenstød med andre Skibe eller med Hindringer af anden Art f. Ex. Isbjerge i nordlige Farvande (Fig. 207), dels ved Ankomsten til Bestemmelsesstedet, naar denne sker om Natten, for hurtigere og sikrere at kunne lægge til Land. Paa sidstnævnte Maade anvendes Lyset af det danske Passagerskib Kjøbenhavn. Ved det elektriske Lys kan Sejladsen paa Floder blive mulig til alle Tider af Døgnet. Saaledes befarer en Dampbaad om Natten uden Vanskelighed Seines og Marnes Krumninger mellem Paris og den store Chokoladefabrik i Noisiel ved at belyse Flodbredderne foran sig ved en med Projektør forsynet Buelampe.

En elektrisk Lampe paa et Skib maa helst være anbragt højt, for at Besætningen ikke skal hindres i at se andre Lys ved den Lysning, som udbreder sig fra Luften, hvorigjennem Straalebundtet gaar. Der er vedtaget internationale Regler for Anbringelse af farvede Lanterner, som om Natten dels skulle betegne Skibets Plads, dels angive Retningen, hvori det bevæger sig. For ikke at hindre Vagten paa et mødende Skib i at opdage de foreskrevne Lanterner ved den blændende Virkning af det elektriske Lys og for at gjøre dette kjendeligt fra andre Lys gjør man det til et Blinklys, idet en Strømvender, som bevæges sammen med Dynamoen, sender Strømmen ind vexelvis i Lampen og i en Traad, hvis Længde og Tykkelse er valgt saa stor, at den gjør samme Modstand mod Strømmen som Lysbuen. Dynamoen arbejder derfor uforstyrret af, at Lampen slukkes.

Det elektriske Lyses Rækkevidde er ogsaa om Dagen saa betydelig, at f. Ex. de enkelte Skibe i en Eskadre kunne bevæge sig uhindret af hinanden i Taagevejr, naar de hver tænde en elektrisk Lampe, idet hvert Skib da er betegnet ved den Lyskegle, som stadig følger det. Ogsaa til Erstatning for udeblivende Sollys kan det elektriske gjøre Tjeneste ved Signalgivning om Dagen paa store Afstande (S. 69). Det er dog naturligvis især til den natlige Signalisering, at den elektriske Lampe kan gjøre Tjeneste. Hertil anvendes i Reglen Buelamper i store Projektører især paa Krigsskibene og i Fæstninger. Man har forsøgt at benytte den fra en Projektør opad rettede Lyskegle til at give optiske Signaler med ved at føre den som en idetmindste 1000 Fod lang Viser hen over Himlen. Det har dog vist sig ikke at være nogen paalidelig Signalering, skjønt man ved enkelte Lejligheder kan faa meget langt rækkende Signaler. Saaledes har man fra Omegnen af Frederikssund iagttaget Svingningerne af en Lyskegle, som blev udsendt fra Skonnerten Esbern Snare, en Gang da den gjorde elektriske Lysforsøg i Holbæk Fjord. Glødelampen er forsøgt anvendt af den danske Hærs Ingeniørafdeling i et optisk Signalapparat bestemt til Brug i Felten; det var udstillet paa den elektriske Udstilling i Wien i 1883. Apparatet bestaar af en Kasse paa tre Ben med et lille Projektionsapparat, i hvis Brændpunkt en Glødelampe kan anbringes. Men forøvrigt kan der anbringes andre Lyskilder deri, ligesom ogsaa Sollyset kan anvendes. Til Apparatet hører en lille Lorenz-Jürgensensk Dynano, der er bestemt til ved to Mands Kraft at bringe Glødelampen til at lyse.

I en kommende Søkrig vil sikkert det elektriske Lys komme til at spille en stor Rolle bl. a. som Sikringsmiddel for de store Panserskibe mod natlige Angreb af Torpedobaade (Fig. 208). Der bliver naturligvis overalt i Verden og ikke mindst i Danmark gjort Forsøg over, hvad man i paakommende Tilfælde vil kunne udrette med Lyset. I Portsmouth prøvede man i 1879 Virkningen af et ved Projektør sammentrængt forholdsvis svagt elektrisk Lys (1500 Normallys) paa Baade i omtrent en halv Fjerdingvejs Afstand fra Lyset. Der deltog tre Baade i Forsøget. Den ene var hvidmalet, den anden var kun overstrøgen med Fernis, medens den tredie var sortmalet,



Fig. 208. Et Skib anvender elektrisk Lys mod Angreb fra en Torpedobaad (efter Tidsskriftet La Lumière électrique).

forsynet med sorte Aarer, og Mandskabet var sort paaklædt samt sværtet paa Ansigt og Hænder. Den hvide og den ferniserede Baad kunde man følge i alle deres Bevægelser. Den sorte Baad kunde derimod først opdages i 1600—2000 Fods Afstand og kun ved Gjenskinnet fra Vandet paa Aarerne, naar disse løftedes op. I 1300 Fods Afstand saaes Baaden som en Lysplet paa Vandet, men først i 30—40 Fods Afstand kunde man se Baaden saa tydeligt, at man kunde skjønne dens Farve. Efter Erfaringer fra den danske Marine skulle vi give nogle Oplysninger om Betydningen af det elektriske Lys som Forsvarsmiddel mod Angreb af Whiteheads selvbevægende Torpedo. Denne bestaar af en cigarformet flere Alen lang, helt lukket Jærnbeholder. I det forreste Rum indeholder den en Sprængladning og i Spidsen en Sprængsats, som tænder Ladningen ved at støde mod en fast Gjenstand. Den derved opstaaede Explosion er stærk nok til at slaa Hul i en Skibsside. Drivkraften faas ved at sammenpresse en stor Mængde Luft i en Beholder, som optager største Delen af Torpedoens Længde. Det øvrige Rum giver Plads for en lille Maskine, hvorved to Skruer i den bageste Ende sættes i Bevægelse. Ved det store Lufttryk drives Maskinen og derved Skruerne, saa at Torpedoen kan bevæge sig over 1000 Alen ved sin egen Drivkraft. Den bevæger sig under Vandet, og ved en særlig Mekanisme, hvis Indretning holdes hemmelig, kan den styres saaledes, at den holder sig i den Dybde under Vandet, som man ønsker. Den skydes ud ved Lufttryk fra en Aabning i Torpedobaaden, og samtidig sættes Torpedoens egen Maskine i Virksomhed.

En sortmalet Torpedobaad kan i gunstigste Tilfælde opdages i mørk Nat fra det truede Skib paa 3000 Alens Afstand ved en stærkt sammentrængt Lyskegle af elektrisk Lys; men med Sikkerhed kan man ikke vente at opdage den, før den er i 600—800 Alens Afstand. Da Torpedoen kan udskydes sikkert paa 300 Alens Afstand mod Skibet, har dette kun omtrent 20 Sekunder, som er den Tid, Torpedobaaden bruger for at gaa fra 600 til 300 Alens Afstand fra Skibet, til ved sit Skyts at afværge Angrebet. Det Vaaben, der især vil blive brugt her, er Revolverkanonen, der kan afgive 40 Skud i Minutet. Man har forsøgt at anvende et vifteformigt udsendt Lys

for af belyse Skibets nærmeste Omgivelser under en saadan Kamp, medens man søgte længere ude med en smal Lyskegle, men Forsøgene ere ikke faldne heldigt ud vistnok paa Grund af Kontrasten mellem de belyste og ikke belyste Steder, og fordi Torpedoangreb i Reglen maa forudsættes at blive foretagne med flere Baade paa en Gang. Disse ville med større Fordel kunne benytte Lyset, ved at en af dem belyser Skibet og derved tillige afleder Opmærksomheden fra de andres Angreb.

Det Fartøj, som benytter Lyset for at opdage sin Fjende eller belyse Maalet for sit Skyts, betegner med det samme sin Plads for Fjendens Ild. Den elektriske Lampe vil paa stor Afstand vise sig som en intensiv Lysprik i Horizonten, medens Skibet selv ligger i Mørke. En saadan blændende Lysprik er imidlertid et vanskeligt Maal at sigte til, da det behersker Synsopfattelsen saa stærkt, at man vanskeligt vil kunne se Sigtemidlerne paa Kanonen tydeligt samtidigt med Maalet. Afstanden til dette kan man tilmed vanskeligt bedømme.

25.

Særlige Anvendelser af det elektriske Buelys.

Buelyset som Erstatning for Sollyset ved Fremstilling af forstørrede Billeder. Fotografering ved elektrisk Lys. Elektriske Ateliers. Elektrisk Plantekultur.

Ved mange Slags videnskabelige Arbejder og ved saadan Undervisning, som kræver Forevisning af smaa Gjenstande for en større Forsamling, har man ofte Brug for et meget stærkt Lys. Ved saadanne Lejligheder er man i Reglen henvist til Sollyset. For at blive uafhængig af dettes mulige Udebliven, maaske naar man mest ønsker det, bruger man nu i bestandigt større Omfang det elektriske Lys. Naar man vil gjøre en lille Gjenstand synlig fra alle Steder i et stort Rum, anbringer man den i et Slags stærkt forstørrende Laterna-

magica (Projektionsapparat) og lader Billedet af Gjenstanden falde paa en tilstrækkeligt højt anbragt hvid Flade. Her er det nødvendigt at belyse Gjenstanden meget stærkt, thi det er ved Straalerne fra Gjenstanden, at Billedet faar sit Lys. Bedækker Billedet 1 Kvadratfod af den hvide Flade, medens Gjenstanden maaske kun er 1 Kvadratlinie i Flademaal, maa den sidstes Belysning være over 20000 Gange saa stærk som den, man ønsker at give Billedet.

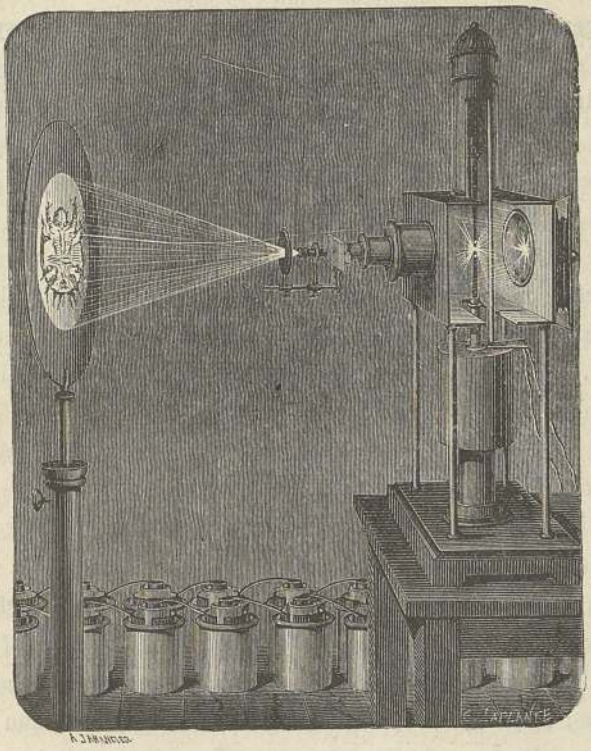


Fig. 209. Elektrisk Lys anvendt til Fremstilling af forstørrede Billeder.

Vi have tidligere (S. 64) omtalt, hvorledes man under Paris's Belejring læste de mikroskopisk fotograferede Brevduedepecher ved Anvendelse af det elektriske Lys. Fig. 209 viser et Projektionsapparat anvendt til at fremstille et forstørret Billede af et Insekt. Ved et Hulspejl bagved Lampen og Linser foran samles Lyset mod Objektet, der anbringes i den forreste Del af Apparatet. Herfra gaa

Straalerne igjennem et nyt Linseapparat med meget smaa Linser, hvorved hver Straale faar den Retning, der er nødvendig for at danne det forstørrede Billede paa den hvide Flade.

Ogsaa ved Fotograferingen har man begyndt at gjøre sig uafhængig af Dagslyset ved Hjælp af det elektriske Lys. Efter en Afhandling af Ronzelen i Elektrotechnische Zeitschrift for 1884 om Portrætfotografering ved kunstigt Lys skulle vi meddele følgende. De Portræter, der hidtil ere tagne ved svagere Lysmidler end det elektriske, have ikke i nogen Maade naaet, hvad man forlanger med Hensyn til Belysning, Teknik og smagfuld Udførelse. Kun det elektriske Lys har givet Resultater, der kunne maale sig med de bedste ved Dagslys opnaaede*). Ikke destomindre bliver der taget ikke faa Fotografier i England ved Gaslys eller andre ikke elektriske Lysmidler, til hvis Anvendelse Alden i London har konstrueret et Apparat den saakaldte Luxograf. Hovedhensigten med Anvendelsen af det kunstige Lys synes at være den at kunne imødekomme Balgæsters Ønsker om at blive fotograferede i Baldragt, idet Apparatet opstilles i et Sideværelse til Balsalen. Luxografen bestaar af et stort Hulspejl ($4^1/_2$ Fod i Diameter), hvis indvendige Flade er belagt som med et Mosaik af smaa Spejle, og i hvis Brændpunkt Flammen anbringes. Den der skal fotograferes, anbringer sig foran Spejlet, men for at mildne den grelle Virkning af Lyset stilles en stor Skærm af Silkepapir imellem. Efter Ronzelen ere de saaledes fremstillede Fotografier dog meget simple.

Siden 1878 har van der Weyde i London med Held anvendt det elektriske Lys i Portrætfotografien som det antages af Fortvivlelse over den evige londonske Taage. Hans Fremgangsmaade anvendes nu ogsaa andre Steder bl. a. i St. Petersborg, Warschau og Paris. En 5 Hestes Dampmaskine driver en Dynamo med jævn Strøm, hvorved en elektrisk Lysbue paa 4000 Normallys frembringes. Lysbuen anbringes i Centrum af en halvkugleformet Kjedel, der er omtrent 5 Fod i Diameter. Kjedlen, der indvendig er belagt med hvidt Papir, spreder Lyset ud mod den, der skal fotograferes. For

*) Grunden til det elektriske Lyses Overlegenhed over andet kunstigt Lys er ikke saa meget dets Styrke som den Omstændighed. at det indeholder en stor Mængde violette Straaler, som ere de virksomste ved Fotograferingen.

at undgaa al direkte Belysning fra Lysbuen er der paa den Side af den, der vender fra Kjedlen, anbragt et lille Spejl; dette kaster ogsaa de udadgaaende Lysstraaler mod det hvide Papir, der saaledes bliver det eneste, der lyser (jvfr. S. 376). Ronzelen anvender i sit Atelier i Berlin et lignende Belysningsapparat, der er anbragt paa en Vogn, saa at det kan føres paa Skinner gjennem hele Atelieret. Lyset angives at være omtrent halv saa stærkt som godt Dagslys, saa at Expositionen maa være dobbelt saa langvarig som ved Dagslyset. I Godhed kan det fuldt ud maale sig med Dagslyset, ja Portræterne ved det elektriske Lys siges at overgaa de sædvanlige ved at træde skarpere og mere umiddelbart frem, hvad der forklares ved den mere samlede Lysvirkning fra det elektriske Lys i Modsætning til det mere spredte Dagslys.

De elektriske Ateliers eller, som de kaldes, Natateliers have godt Besøg i St. Petersborg paa Grund af den korte Dag i Vintersæsonen, og i London paa Grund af Taagen. I Paris skal det være en Modesag at lade sig fotografere elektrisk. Madame Dupont i Brüssel anvender det elektriske Lys ogsaa om Dagen, idet hun paastaar at kunne naa bedre Resultater derved end ved Dagslyset; det sidste anvendes kun efter udtrykkelig Begjæring. Ronzelens Atelier besøges især af Forretningsfolk, der vanskeligt kunne møde om Dagen, samt af Deltagere i Baller og Selskaber, som paa Vejen til Mødestedet fotograferes i deres Festdragt uden at anvende mere end 10 Minuter derpaa. Ronzelen antager, at de fotografiske Ateliers med Tiden ville forsvinde fra Tagetagen og slaa sig ned i Stueetagen for at arbejde med elektrisk Lys alene.

Will. Siemens har vist, at Planter, som om Dagen vare udsatte for Dagslyset, om Natten for elektrisk Buelys, i alle Henseender udviklede sig stærkere end saadanne, som iøvrigt under samme Forhold kun havde Dagslyset.

26.

Økonomien ved det elektriske Lys. Elektriske Enheder.

Beregning af Dampmaskinens Økonomi. Det størst mulige Udbytte fra elektriske Maskiner. Vandstrømmen i en Vandledning er afhængig af Tryk og Modstand. Den elektriske Strøm er afhængig af Spænding og Modstand. De elektriske Enheder. Ohms og Joules Love. Forsøg over Udbyttet fra Glødelamper. Lysstyrken pr. Hestekraft fra de forskjellige Slags elektriske Lamper. Omkostninger ved det elektriske Lys.

Det, som man søger at opnaa ved det elektriske Lys, er en Varme i Lampens Kulstykke af saa høj en Grad, at den fremkalder den intensive Glødning. For at frembringe denne Varme maa man 1) brænde Stenkul paa Ildstedet, 2) bruge Kullenes Varme til at holde Dampkjedlens Vand i Kog, 3) faa Dampen til ved sin Udvidekraft at udføre Arbejde, 4) benytte Arbejdet til at drive en Dynamo, 5) endelig lede Dynamoens Elektricitet ind i Lampen, for der at fremkalde Glødningen i Lampekullet. Man begynder altsaa med Varme og ender med Varme. Men den sidste er langt værdifuldere, er af en højere Rang (S. 264) end den første paa Grund af sin langt højere Varmegrad. Har man ved de 5 ovennævnte Processer forøget Varmens Værdi, saa har man til Gjengjæld lidt et uhyre Tab i Mængde af Varme. Har en Dampmaskine arbejdet i en Time med at holde en elektrisk Buelampe paa 2000 Normallys tændt, da er der forbrugt saa meget Kul, at man ved dets Varme kunde smelte henved 700 Pund Is. Ved den Varme, som udgaar fra Lampen, vilde man derimod kun kunne smelte omtrent 20 Pund Is. Af al den Varme, som man leverer til Dampmaskinen, faar man derfor kun $^1/_{35}$ igjen i Lampen.

For under de forskjellige Forhold, hvor man bruger Maskiner, at kunne gjøre sig Regnskab for, hvad man kan vente at opnaa, og for saaledes at skaffe sig at vide, om de virkeligt opnaaede Resultater ere tilfredsstillende, maa man anstille en Beregning over leveret og modtaget. Drejer Sagen sig om elektrisk Lys møder man imidlertid den Vanskelighed, at man i samme Regnestykke skal regne

baade med Mængder af Varme og af Arbejde samt med elektriske Værdier. Saalænge man derimod kun har at gjøre med Maskiner, hvis Tryk eller Træk man bruger til at hæve Byrder eller overvinde Modstande med, kort sagt saa længe man kun har mekaniske Værdier at regne med, stiller Sagen sig forholdsvis simpelt; thi som almengyldig Regel for alle saadanne Maskiner har man, at de aldrig levere mere Arbejde end de modtage; de lægge kun Arbejdet tilrette for det Maal, man tilsigter.

Man har endvidere allerede i en Menneskealder været saa vidt paa det rene med Lovene for Varmens Virkninger, at man véd, hvad man kan opnaa, naar man ved en Dampmaskine bruger Varmen til at udføre Arbejde med. Den i en Dampmaskine i Løbet af en Time forbrugte Varmemængde faa vi et Maal for ved at veje det Kul, der forbruges i denne Tid. Det Arbejde man faar som Udbytte af denne Varme, kan man maale ved i samme Time at bruge Dampmaskinens Kraft til at hæve tunge Byrder med. Kjender man hver Byrdes Vægt og maaler man den Højde, hvortil Dampmaskinen har hævet den, faar man Maalet for Arbejdsudbyttet. Ved de bekjendte Love for Varmens Virkninger kan man nu under alle Omstændigheder forudberegne, hvor stort det Arbejdsudbytte er, som man i det allergunstigste Tilfælde kan naa, for hvert Pund Kul man brænder under Kjedlen. Jo mere man i Praxis nærmer sig til dette ideale Udbytte, des bedre véd man, at det hele er indrettet. Det er klart, at Theorien, anvendt paa den Maade, kan blive en meget nyttig Vejleder for den praktiske Anvendelse af Naturkræfterne.

Medens Dampmaskinen havde været i praktisk Brug i et Aarhundrede, førend Theorien kom saa vidt, at den kunde gjøre Regnskab for Økonomien derved, er det gaaet omvendt med de elektriske Maskiner. Da de traadte ud i Praxis, kjendte man Lovene for Virkningerne af den elektriske Strøm saa fuldstændigt, at man ved enhver Lejlighed kunde forud beregne det størst mulige Udbytte af de Maskiner, man konstruerede. Ved at sammenholde dette med det faktiske Udbytte kunde man derfor skjønne, om man var paa den rette Vej. Dette har været Hovedgrunden til, at Udviklingen af

Elektricitetens praktiske Anvendelse har kunnet gaa saa hurtigt for sig, som sket er.

Naar man vil drive en stærk Strøm af Vand gjennem en snæver Vandledning, sker det, ved at man ved en Pumpe øver et Tryk paa Vandet i Vandbeholderen, Dette Tryk maa stadig virke, thi Vandet møder Modstand ved at skulle glide henad Ledningsrørets Sider. Man kan beregne Vandføringen, d. v. s. den Mængde Vand, som i Sekundet strømmer gjennem Ledningen, naar man har maalt det ovennævnte Tryk og kjender Rørets Længde, Vidde og Beskaffenhed. Paa samme Maade kan, som tidligere nævnt (S. 55 og 328), Elektri-

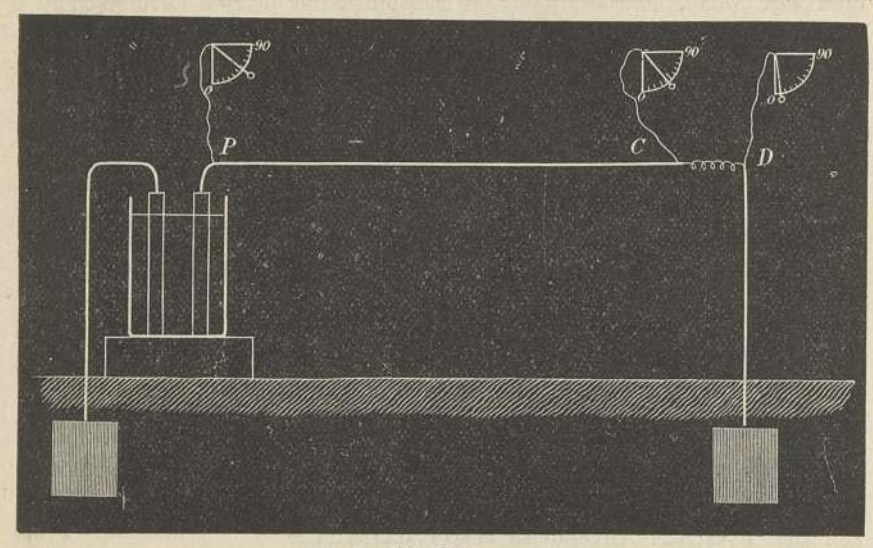


Fig 210.

citeten bringes til at løbe gjennem en elektrisk Ledning f. Ex. Kultraaden i en Glødelampe, ved at Elektriciteten, som frembringes i Dynamoen, er underkastet et elektrisk Tryk eller, som det kaldes, er i Besiddelse af en vis Spænding, som man kan iagttage ved et Elektrometer (S. 55).

For at Vandet skal kunne strømme, maa det naturligvis have Afløb, og det samme gjælder om Elektriciteten. Som vi have set S. 26 kan Elektriciteten faa Afløb, enten ved at begge Poltraade føres ned i Jorden, eller ved at Poltraadene knyttes sammen. Man kan

maale en Vandledningens Vandføring ved at opsamle det i et Sekund udløbne Vand, og ved at lede den elektriske Strøm gjennem en kobberholdig Vædske som den i Edisons Forbrugsmaaler (S. 392) og veje det i et Sekund udskilte Kobber, kan man maale den elektriske Strøms Styrke. Den Strøm, som i en Time udskiller $^5/_{21}$ Kvint Kobber, siger man er 1 *Ampere* stærk. Formaar den at udskille $7 \times {}^5/_{21}$ Kv. Kobber i Timen, er Strømmen 7 Ampere stærk.

Skal man bringe en Strøm af 1 Amperes Styrke til at gjennemstrømme en Traad CD (Fig. 210), maa man sørge for, at Elektriciteten ved C har et Overskud af Spænding over den ved D; dette Overskud er det »Tryk«, som Elektriciteten i CD er udsat for, og som bevirker, at den strømmer gjennem Traaden. Dette Tryk benævnes den *elektromotoriske Kraft.*

Vi have tidligere nævnt, at enhver Metaltraad gjør Modstand mod Strømmen. Hvis Traaden CD er saa lang, at den gjør en Modstand lig 1 *Ohm* (S. 266) vil der kræves et elektrisk Tryk, som man kalder 1 *Volt* for at holde i Gang den Strøm, hvis Styrke er 1 Ampere. Et enkelt galvanisk Element giver anvendt paa den Maade, Fig. 210 viser, en Spænding ved P, der kan beløbe sig til henimod 2 Volt. Som det blev sagt S. 266 vil en Kviksølvtraad paa 1 Meters Længde og 1 Kvadratmillimeters Tværsnit øve en Modstand omtrent paa 1 Ohm. Ved den i April Maaned 1884 samlede elektriske Kongres blev det vedtaget at kalde den Modstand 1 Ohm, som udøves af en Kviksølvtraad paa 106 Centimetres Længde og 1 Kvadratmillimeters Tværsnit.

En Volt er som sagt den elektromotoriske Kraft, der kan frembringe en Strøm af 1 Amperes Styrke imod en Modstand af 1 Ohm. Vil man frembringe en Strøm f. Ex. paa 2 Ampere i en Traad, hvis Modstand er 41 Ohm, maa man hertil anvende $2 \times 41 = 82$ Volt elektromotorisk Kraft. Antallet af Volt er lig Antallet af Ampere Gange Antallet af Ohm (Ohms Lov).

Ved Hjælp af Ohms Lov kan man beregne Styrken af den Strøm, som fremkommer i en Ledningstraad, f. Ex. Kultraaden i en Glødelampe, af given Modstand, naar man ved Elektrometer maaler Spændingen, som driver Elektriciteten frem. Nu er imidlertid Strømmen

et Resultat af et Arbejde det, hvorved Dynamoen drives, og har selv til Enderesultat den Varme, som frembringes i Ledningstraaden. Man kan altsaa sige, at Arbejdet frembringer denne Varme med Strømmen som Mellemled.

Det er en bekjendt Sag, at man ved Arbejde kan frembringe Varme ogsaa uden noget saadant Mellemled som den elektriske Strøm; thi bruges Arbejdet til at gnide to Ting mod hinanden, ville disse Ting blive opvarmede (jvfr. S. 211). Erfaringen har vist, at man faar lige megen Varme ud af Arbejdet, enten Varmen frembringes paa den ene eller den anden Maade, enten det sker med eller uden Mellemled. Hensigten med Dynamoerne og den elektriske Lampe er at sammentrænge den Varme, som Arbejdet kan give, saa fuldstændigt som muligt i Lampens Kul. Man kan derfor faa at vide, hvor fuldkommen det elektriske Apparat virker, ved at maale, hvormegen Varme Strømmen frembringer i Lampen, og sammenligne denne Varme med den, som vilde fremkomme, hvis man brugte Arbejdet til ved Gnidning at fremkalde Varme. Jo nærmere de to Varmemængder ere ved at være lige store, des fuldkomnere virker det elektriske Apparat.

Ved den elektriske Udstilling i Paris blev der af en Kommission udført en stor Mængde Forsøg med de paa Udstillingen fremviste Maskiner og Lamper. Resultaterne fra et af disse Forsøg skulle vi benytte for at belyse det ovenfor staaende. Ved en af en Dampmaskine dreven Dynamo bleve 50 Maxims Lamper bragte til at lyse hver med over 20 Normallyses Styrke. Kultraaden i hver Lampe gjorde en Modstand paa 43 Ohm og blev gjennemløben af en Strøm paa $1^3/_4$ Ampere. Heraf kan man beregne, at Strømmen har ophobet saa megen Varme i hver Lampe, at denne, hvis den laa nedpakket i Is, vilde bringe $2^4/_5$ Pund Is til at smelte i hver Time, den lyste. De 50 Lamper gave følgelig ialt Varme nok til i Timen at smelte 140 Pund Is.

Foruden de ovennævnte elektriske Værdier blev det ogsaa maalt, hvor stort Arbejde Dampmaskinen udførte for at holde Dynamoen i Gang, medens Lamperne lyste. Det viste sig at være 17 Heste-

kræfters Arbejde. Ved at anvende denne Arbejdskraft i en Time til ved Gnidning at frembringe Varme, vilde man kunne faa 270 Pund Is smeltet. Det elektriske Apparat, der har været i Virksomhed under Forsøgene, har altsaa kun opnaaet at gjøre godt og vel Halvdelen af den ved Arbejdet frembragte Varme nyttig. Ved andre Forsøg var Resultatet gunstigere.

Det blev sagt ovenfor, at man kunde beregne den i Lampen sammentrængte Varmemængde derved, at Modstanden havde været 43 Ohm og Strømmen $1^3/_4$ Ampere. Man har nemlig fundet, at en Strøm paa 1 Ampere, der gjennemløber en Traad, hvis Modstand er 1 Ohm, vil i en Time frembringe Varme nok til at smelte $^1/_{47}$ Pund Is. For at beregne den Varmemængde, som frembringes ved en Strøm paa 2 Ampere i en Leder, hvis Modstand er 40 Ohm, maa man multiplicere 40 med 2×2. Det udkomne Tal 160 multipliceret med $^1/_{47}$ vil angive det Antal Pund Is, som ville kunne smeltes i Timen ved Strømvarmen. Det Tal man skal regne med for at beregne denne Varme, er altsaa Antallet af Ohm multipliceret med Kvadrattallet paa Antallet af Ampere (Joules Lov). I ovennævnte Forsøg med Maximslamper var Modstanden 43 Ohm og Strømmen $1^3/_4$ Ampere. Antallet af Pund Is, der kan bringes til at smelte ved Strømvarmen, er derfor $43 \times (1^3/_4) \times (1^3/_4) \times {}^1/_{47} = 2^4/_5$.

Det er paa Grund af den Forbindelse, der saaledes har vist sig at være mellem Elektricitet og Varme og gjennem den med det mekaniske Arbejde, at man kan i samme Regnestykke regne med elektriske Værdier, Varme og Arbejde og derved kontrollere Maskinernes Virksomhed. De ovennævnte Enheder Ohm, Ampere og Volt ere valgte saaledes, at disse Beregninger blive saa simple som muligt. Navnene have Enhederne faaet efter de tre Mænd, Ohm, Ampère og Volta, der hver have givet sit væsenlige Bidrag til Kjendskabet til Lovene for den elektriske Strøm.

De almindelige Glødelamper kræve for at brænde godt en elektromotorisk Kraft af 40—100 Volt og en dertil svarende Strøm af 2 til $^3/_4$ Ampere. En halv Snes Lamper hver paa 9 Normallys kunne efter Forsøgene fra den elektriske Udstilling bringes til at

lyse ved 1 Hestekrafts Arbejde. En Hestekraft gav altsaa omtr. 90 Normallys. Jablochkoffs Kjærte gav omtrent 250 Normallys, forholdsvist svagt lysende Buelamper (delt Lys, S. 375) gave omtr. 400, stærkt lysende Buelamper (Fyrtaarnslamper) gave indtil 600 Normallys pr. Hestekraft. Buelamper kræve en Spænding af omtr. 50 Volt og en Strømstyrke fra 10 indtil flere hundrede Ampere.

Med Hensyn til Omkostningerne ved det elektriske Lys, da kan det med Sikkerhed siges, at hvor man med det elektriske Buelys vil nøjes med samme Lysmængde som ved Gaslys, der er Buelyset meget billigere. Man vil dog overalt, hvor Gaslyset erstattes af Buelyset, forlange meget mere Lys af det sidste, dels fordi det ikke kan deles saa fuldstændigt som Gaslyset, dels fordi man én Gang er bleven vænnet til at stille store Fordringer til det, og endelig fordi man ikke vil afløse det bestaaende uden med noget bedre. Alt synes dog at tyde paa, at Buelyset, selv med meget store Fordringer til dets Lysstyrke, kan fremstilles i det mindste lige saa billigt som Gaslyset med de Fordringer, man er vant til at stille til det sidste. En vigtig Udgiftspost ved Buelyset er Kulstængerne. Til Belysning af Leipzigerstrasse i Berlin ved 36 Buelamper beløb Udgifterne til Kulstængerne fra 20. Sept. 1882 til 20. Septbr. 1883 sig saaledes til over 5400 Mark. Hver Lampe havde lyst i 1900 Timer.

Glødelyset er derimod endnu under almindelige Forhold dyrere end Gas. Med Hensyn til Udgifterne derved kunne vi henvise til den S. 388 gjorte Opgjørelse for et enkelt Anlæg. Efter Urbanitzky: Die elektrischen Beleuchtungsanlagen skulle vi for et Anlæg med Buelys i South Kensington-Museet meddele følgende Opgjørelse.

Driftsomkostninger for en Brændetid paa 359 Timer i et halvt Aar af 16 Lamper (af Brush's System):

Kulstænger til Lamperne	18	Pd. St.	9	sh. »	p.
Smøre- og Rensemidler m. m.....	4	—	11	— 6	-
Kul til Dampmaskine	11	—	14	— »	-
Lønninger	34	—	7	— 6	-
Sum	69	Pd. St.	2	sh. »	p.

Anlægsudgifterne vare:

Dynamoen	400 Pd. St.	» sh.	» p.
Lamper, Ledningstraad o. s. v.	384 —	» —	» -
Dampmaskine med Tilbehør	420 —	» —	» -
Sum	1204 Pd. St.	» sh.	» p.

Da Dampmaskinen var større, end den behøvede, reduceres Anlægsudgiften til 1000 Pd. St. Regnes der 10 pCt. aarlig til Forrentning og Amortisation af Anlægskapitalen, bliver den hele Udgift for Halvaaret omtrent 120 Pd. St., altsaa en Udgift for hver Time af henved 7 sh. Det Gasforbrug, man efter tidligere Aars Opgjørelser antog vilde have fundet Sted angives at løbe op til 218 Pd. St.

27.

Anvendelser af elektrisk Glødning.

Tænding af Lys og Gasblus ved den elektriske Strøm. Den elektriske Gnist. Tænding af Miner ved Lunte. Minesprængning i Felten ved elektrisk Gnist. Fæstningsminers og Søminers Tænding ved glødende Platintraad. Kontaktminer og Sigteminer. Elektrisk Affyring af Kanoner. Anvendelse af elektrisk Glødning i Kirurgien. — Siemens Anvendelse af den elektriske Lysbues Varme i Metallurgien.

Den Omstændighed, at den elektriske Strøm kan fremkalde en meget høj Varmegrad, hvor den paa sin Vej møder og overvinder en stor Modstand (S. 267), har man anvendt for at tænde dels Lys og Lampeflammer dels Miner. Glødningen kan frembringes enten ved at sende Strømmen gjennem en tynd Metaltraad (Platin) eller ved at danne en elektrisk Gnist. Fig. 211 viser et lille Apparat bestemt til at tænde et Lys blot ved et Tryk paa en Fjeder *T* paa Apparatets Fod. Som det sees tilhøjre i Figuren, bestaar Apparatet af en lille Kasse af Træ, der indeholder en Akkumulator, hvis Strøm sluttes ved

Fjedren T og sendes gjennem en tynd Platintraad. Traaden gløder herved og kan da tænde det paa Siden af Kassen anbragte Lys, hvis Væge bringes i Berøring med Traaden.

Den elektriske Gnist dannes, naar to Legemer, som ere gode Ledere, stilles over for hinanden adskilte ved et isolerende Stof, og man lader det ene tilstrækkelig stærkt med Elektricitet. Denne vil da kunne gjennembryde det isolerende Stof, som kan være Luft, Glas, Kautschuk o. a., for at naa over paa den anden Leder. Elektriciteten vil betegne sin Vej gjennem det isolerende Stof ved en lysende Linie, Gnisten. Det som lyser i denne, er glødende Dele, som slynges over fra den ene Leder til den anden, og som dels hidrøre fra det omværende Stof dels løsrives fra de to Ledere. Gnisten

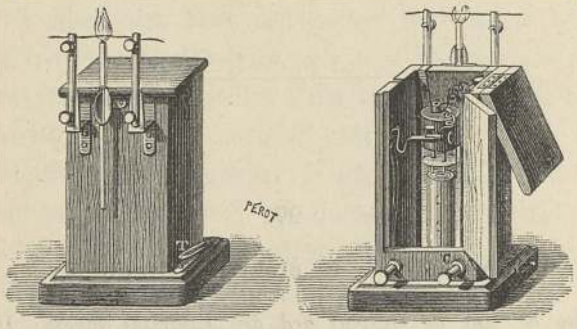


Fig. 211. Apparat til Tænding af et Lys ved den elektriske Strøm (omtr. $^1/_7$ virkel. Størr.).

er overmaade kortvarig, men den kan dog paa Grund af sin høje Varmegrad tænde Stoffet, hvorigjennem den gaar, hvis det er letfængeligt.

Man kan frembringe Elektricitet af tilstrækkelig Spænding til at danne en Gnist enten ved at dreje en Elektrisermaskines Skive rundt eller ved at sætte en Ruhmkorffs Induktionsrulle (S. 49) i Virksomhed ved galvaniske Elementer. Ved Gnisten kan man i samme Nu tænde en stor Mængde Gasblus. Fra den ene Lampe til den anden fører man en Kjæde (Fig. 212) eller tynd Metaltraad, som støttes af Lampens Glasdele, hvorved den isoleres. Over hver Brænder er Kjæden afbrudt ved to tæt over for hinanden staaende Metalspidser. Kjæden udgaar fra en af den elektriske Maskines Poler og efter at være ført

over alle Lamperne gaar den tilbage til den anden Pol. Har man nu aabnet en for alle Lamper fælles Hane, strømmer Gassen ud og tændes, hvis man derefter sætter den elektriske Maskine i Virksomhed, idet der over hver Brænder slaar en elektrisk Gnist gjennem den udstrømmende Gas. For at opnaa saa kraftig en Gnist, at man kan gjøre Regning paa en sikker Tænding, sendes Elektrisermaskinens Elektricitet ikke strax ud i Ledningen men bruges til at lade en Leydnerflaske (S. 19); naar der i den er opsamlet tilstrækkelig Elektricitet, bryder denne paa en Gang ud og fremkalder Antændelsen.

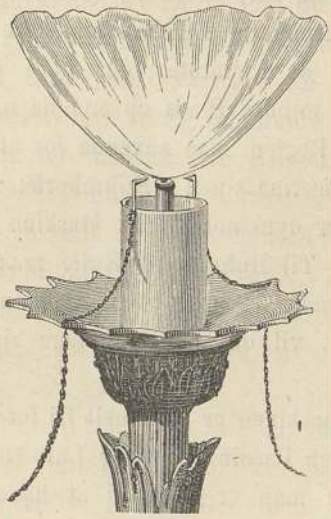


Fig. 212. Tænding af et Gasblus ved den elektriske Gnist.

Det at tænde en Mine var tidligere ofte en farlig Sag. Foruden andre Midler anvendte man en langsomt brændende Lunte, som blev antændt ved den ene Ende, medens den anden Ende bragtes i Forbindelse med en med Krudt fyldt Ledning, der førte til Sprængladningen. Lunten gjordes saa lang, at den, der tændte den, kunde faa Tid til at bringe sig i Sikkerhed. Foruden at der kunne ske Ulykke, ved at Krudtet ved Uforsigtighed blev tændt for tidligt, var der ogsaa Fare, hvis Lunten brændte for langsomt, hvorved den arbejdende i den Tro, at Antændingen var slaaet

fejl, kunde fristes til at nærme sig. Denne Del af Minearbejdet har Elektriciteten gjort saa at sige farefri, samtidigt med at den især under Krigsforhold har muliggjort Anvendelsen af Miner i en Udstrækning, som man ikke kunde tænke paa uden Elektricitetens Hjælp.

I Krigen anvendes Miner dels af Ingenieurtropperne i Felten, dels i Fæstningskrigen baade af Forsvarere og Angribere, og endelig i Farvandene for at spærre disse for fjendtlige Skibe. Med Undtagelse af Stødminerne, der tændes, ved at Skibet støder mod et med Tændsats fyldt Rør, tændes de forskjellige Miner ved den elektriske Strøm. Denne Tænding sker enten ved Glødning eller ved Gnist.

De af Ingenieurtropperne i Felten anvendte Apparater maa være let transportable; da de Apparater, der høre til at frembringe en Gnist, tage betydelig mindre Plads op end de mange galvaniske Elementer, som man i Reglen maa anvende for at bringe en Traad til at gløde, er Elektrisermaskinen, Ruhmkorffs Induktionsrulle eller en lille magneto- eller dynamoelektrisk Maskine i Reglen de i Felten brugte Tændemidler. Til Ruhmkorffs Rulle maa man vel bruge galvaniske Elementer, men da nogle faa saadanne er nok til at sætte Rullen i Virksomhed, vil det hele kun tage ringe Plads op og kun veje nogle faa Pund.

Ved Elektrisermaskinen er man helt fri for galvaniske Elementer, som altid kræve nogen Pasning. Fugtig Luft standser imidlertid dens Virksomhed, hvorfor man er nødt til at have den hermetisk indelukket i en Kasse, saa at man af Maskinen kun ser Svinget, hvormed Skiven drejes rundt, og de to Ledninger, gjennem hvilke de to Elektriciteter føres ud. Trænger Maskinen til Eftersyn, er den derfor vanskeligt tilgængelig.

For at opnaa den tilsigtede Virkning af Minesprængning, enten denne Virkning er rent fysisk eller tillige af moralsk Natur, er det ofte ønskeligt at kunne tænde mange paa én Gang. Dette kan let ske ved Gnisten selv fra en lille Elektrisermaskine eller Ruhmkorffs Rulle. I den østerrigske Hær anvendes en Elektrisermaskine, som kan rummes i en 1 Fod lang, $4^1/_2$ Tomme bred og $9^1/_2$ Tomme høj Kasse. Den vejer 7 Pund og angives at kunne tænde 40 Miner paa

en Gang i 600 Alens Afstand. Smaa magneto- eller dynamoelektriske Maskiner kunne ikke med Sikkerhed tænde et stort Antal Miner ved samme Strøm, medmindre Tændeapparatet indrettes saaledes, at en meget svag Strøm kan gjøre det ud. Men dette er farligt, da tilfældige elektriske Strømme hidrørende fra Atmosfærens Elektricitet eller fra elektriske Strømme i nærliggende uvedkommende Ledninger kunne forvolde, at Minen tændes, og de ville gjøre det desto lettere, jo svagere Strøm der behøves.

De i Fæstninger og Farvande anvendte Miner ere dels Kontaktminer, dels Sigteminer, eftersom de tændes ved Berøring med Gjenstande, som gaa hen over dem, eller tændes fra en Udkigspost, naar den Ting, de ere bestemte til at ødelægge, befinder sig nær nok ved dem. De tændes i Reglen ved Glødning af en i Minen anbragt Platintraad med Anvendelse af det galvaniske Element; dette er det sikreste Tændeapparat, dets Virkning er næsten øjeblikkelig, og det kan holde sig usvækket i lang Tid. Dette er nødvendigt, da en saadan Mine er beregnet paa at kunne ligge længe, ventende paa det gunstige Øjeblik. Da der kun sjælden vil blive Tale om at flytte et saadant Mineapparat, har det ikke nogen synderlig Betydning, at man maa anvende et Batteri, der kommer til at bestaa af adskillige Elementer, hvis Ledningen er lang.

Fra hver af Batteriets to Poler føres en isoleret Metaltraad ud til Minen, der bestaar af en vandtæt lukket Kasse med Sprængladning af Krudt, Dynamit eller lignende. Her ere de to Traade forbundne ved en meget tynd med Tændsats omgiven Platintraad. Den ene af de to Traade er forsynet med en Strømslutter. Ved et Tryk paa denne sendes Strømmen til Minen; den bringer Traaden i Glød og tænder Sprængladningen. Ved Sigteminerne er Strømslutteren anbragt paa Udkigsposten, saa at Minen kun sprænges, naar Fjenden er iagttaget. Ved Kontaktminerne er Strømslutteren anbragt over selve Minen, saa at denne tændes ved enhver Gjenstand, som støder mod den ved at gaa hen derover. Ofte er Kontaktminen forsynet med endnu en Strømslutter i Afstand fra Minen; ved at aabne den kan man gjøre Minen uskadelig for sine Venner.

Faar man ikke Brug for at gjøre Minen uskadelig, kan man

anbringe det galvaniske Batteri i selve Minen. Paa Grund af de korte Ledninger behøver man i saa Fald kun faa Elementer.

Naar man tænder en Mine ved den elektriske Gnist, føres de to Traade fra Elektricitetskilden isolerede ind i Minen. Her fastgjøres deres Ender i et isolerende Stykke $A\,B$ (Fig. 213 a), saaledes at Spidserne rettes mod hinanden i en meget lille Afstand. Mellemrummet udfyldes tildels med den Sats, der skal tændes ved Gnisten. Satsen tænder atter en lille Krudtbeholdning i en Metalæske $C\,D$, hvorfra Explosionen udbreder sig til Minens Sprængladning. Fig. 213 b viser en Udboring i en Klippe, hvori to Miner C og D ere anbragte. Da



Fig. 213 a.

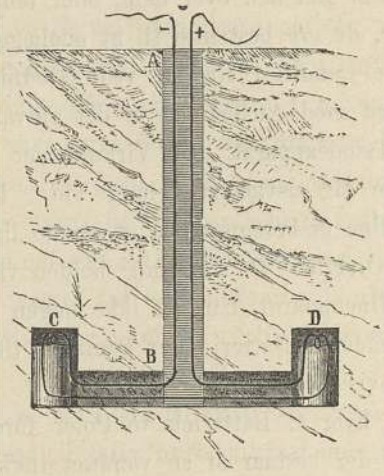


Fig. 213 b.

deres Gnisttændere findes i samme elektriske Kredsløb, ville de antændes samtidigt.

Den elektriske Tænding anvendes undertiden paa Krigsskibene til Kanonernes Affyring. Denne Affyring kan da ske samtidig i rette Øjeblik, blot ved at Chefen trykker paa en Knap. For at sikre sig, at Betjeningsmandskabet ikke er ved Kanonen under Affyringen, er der ved hver Kanon anbragt en Strømslutter, som først sluttes, naar alt er klar. Det meldes avtomatisk fra hver Kanon til Chefen, naar denne Strømslutter er i Orden.

I Kirurgien anvendes Brænding af Saar, som foretages, ved at

man berører Saaret med glødende Metal. Til denne Operation har man med Held anvendt en ved den elektriske Strøm glødende Platintraad. Denne føres kold hen til Berøring med Saaret, hvorefter Strømmen sendes ind. Ved den holdes Traaden glødende, saalænge Operationen staar paa. Ved den glødende Traad kan man bortskære, hvad der skal fjernes; det fremkomne Saar bliver herved ætset med det samme.

Den meget høje Varmegrad, som den elektriske Strøm fremkalder i Lysbuen, og som betinger dennes intensive Lys, har Will.

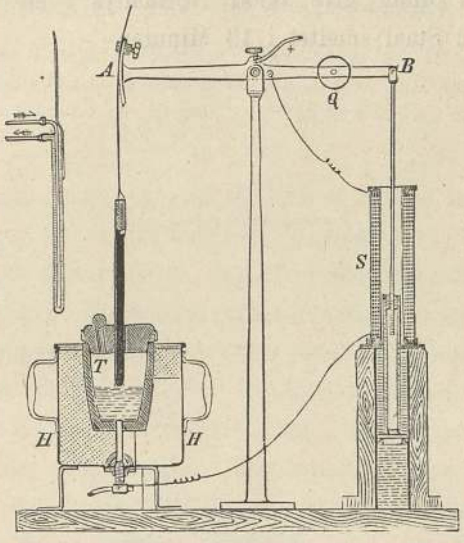


Fig. 214. Siemens elektriske Smeltedigel (omtr. $^1/_{16}$ virkel. Størr.). Den lille Tegning foroven tilvenstre forestiller et Kobberrør, hvori der kan cirkulere Vand for at holde det koldt. Det kan hænges op ved *A* i Steden for Kulstangen, hvis man vil undgaa, at der blandes Kul i det smeltede Metal.

Siemens søgt at anvende i Metallurgien til at bringe tungt smeltelige Metaller som Staal og Platin til hurtigt at smelte, idet han lader den elektriske Lysbue danne sig inde i selve Smeltediglen. Herved opvarmes Diglen, i Modsætning til hvad der ellers altid er Tilfældet, fra inden, af hvilken Grund der ikke tabes nær saa megen Varme som ellers. Fig. 214 viser det Apparat, han har konstrueret dertil.

Fra Vægtstangen AQ hænger der ved A en Kulstang ned i Diglen T, der er af Grafit eller af andet tungtsmelteligt Stof. Den er omgiven af en Kasse H, hvor den staar i pulveriseret Trækul, som holder sammen paa dens Varme. Diglens Bund er gjennemboret, og en Stang af Jærn, Platin eller Retortkul gaar op derigjennem. Den positive Elektricitet føres ind gjennem denne Stang til det i Diglen anbragte Metal. Ved A føres den negative Elektricitet til Kulstangen, som hænger ned i Diglen og støtter mod Metallet deri. SBQ er en Mekanisme af lignende Art som den i en elektrisk Regulatorlampe (S. 322). Den holder stadig den fra A nedhængende Kulstang i en lille Afstand fra Metallet i Diglen. Ved en Strøm, der kunde give 6000 Normallys i en Buelampe, fik Siemens 1 Pund Staal smeltet i 13 Minuter.

V.

Kemiske Processer og Elektricitet.

1.

Udfælding af Metal ved den elektriske Strøm.

Opløsning og kemisk Forbindelse. Indvinding af Metaller ved den elektriske Strøm. Regler for Udfælding af Kobber, Jærn, Guld og Sølv. Metalbadet. Forgyldning, Forsølvning og Fornikling. Kobberklædning af Gjenstande, der ikke ere af Metal.

Naar man opløser Kogsalt i Vand og derpaa lader Opløsningen koge saa længe, til alt flydende er dampet bort, faar man Kogsaltet uforandret igjen. Hvis man derimod opløser et Metal i en Syre som Svovlsyre (Vitriololie), Salpetersyre (Skedevand) eller Saltsyre og bortdamper det flygtige, faar man ikke Metallet frem igjen, men et saltlignende Stof, der er en kemisk Forbindelse, som indeholder Metallet og Bestanddele af Syren. Stoffet kaldes et Salt. Af Salte har man en stor Mængde, idet som Regel hver Syre danner i det mindste ét Salt med hvert Metal. De fleste Salte kunne opløses i Vand, og af denne Opløsning kan man ofte paa forskjellig Maade uddrage Metallet. Hertil er den elektriske Strøm et vigtigt Middel (S. 51).

Man kan bruge den kemiske Virkning af den elektriske Strøm, *Elektrolysen*, til at *fremstille Metallerne* af de Mineraler, som enten ere Salte eller let kunne omdannes dertil. Den bekjendte franske Fysiker Becquerel forsøgte allerede i 1835 at indvinde Sølvet af sølvholdige Malme. Den elektriske Metallurgi ligesom de øvrige Anvendelser i Storindustrien af Elektriciteten fik dog ikke nogen stor Betydning, før man fik en tilstrækkeligt billig elektrisk Strøm ved

Dynamomaskinen. Strømmen kan anvendes dels til at udvinde Metallet af Mineralerne, dels til at fremstille et rent Produkt af et paa anden Maade fremstillet mindre rent Metal. I Minerne ved Oker i Tyskland ere tre Siemens Dynamoer i Virksomhed Dag og Nat med at udskille Kobber. Hver Maskine leverer daglig 500—600 Pund med et Kraftforbrug af 8—10 Hestekræfter.

Den elektriske Udfælding af Metal har dog faaet sin største Betydning ikke ved Metallets Tilvejebringelse men ved *dets Bearbejdelse*, idet man opløser det i en Syre, og derpaa lader Strømmen bringe det frem igjen i den Form og paa det Sted man ønsker.

Man havde kjendt Strømmens Evne til at udskille Metaller, længe før man fandt paa at anvende denne Evne i Industrien. Det

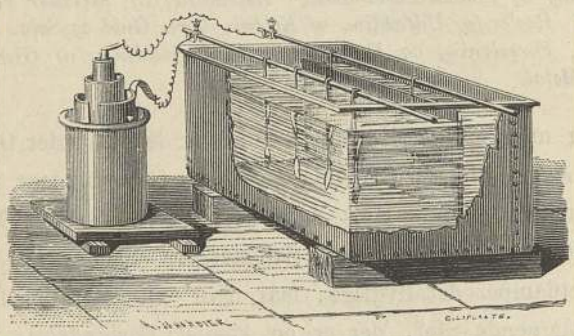


Fig. 215. Metalbad til Elektrolyse.

hænder nemlig let, at Metallet kommer frem i Pulverform eller dog uden tilstrækkelig Sammenhæng. Det er først fra 1839, at den praktiske Anvendelse skriver sig, idet Jacobi fandt Fremgangsmaader, hvorved Strømmen aflejrede Metallet som et fast og tæt Lag. Siden den Tid har Sagen udviklet sig til en stor og flersidet Industri. Vi skulle i det følgende efter Japing: »Die Elektrolyse« give nogle Hovedregler, som man kan følge for at faa forskjellige Metaller frem i den ønskede faste Form.

Kobber. I et Kar (Fig. 215) hældes en fortyndet Opløsning af svovlsurt Kobberilte (Kobbervitriol). I »Kobberbadet« ophænges en Plade af Kobber. Overfor den hænger den Gjenstand, der skal overtrækkes, saaledes at der ikke er Metalforbindelse mellem den og

Kobberpladen. Vi antage, den er af ledende Stof (Kul eller Metal, dog ikke Jærn og Zink). Der skal nu sendes en Strøm fra Kobberpladen gjennem Vædsken til Gjenstanden, der skal modtage Kobberlaget, hvilket sker ved at forbinde et Elements positive Pol med Kobberpladen og den negative med Gjenstanden. Strømmen gjøres ikke stærkere, end at der afsættes fra $^1/_2$ til 1 Gram Kobber paa hver Kvadratcentimeter af Gjenstandens Overflade i 24 Timer. Herved fremkommer et $^1/_4$ til $^1/_2$ Linie tykt Lag Kobber. Er hele Gjenstandens Overflade 7 Kvadratcentimetre (omtrent 1 Kvadrattomme) og udskilles der 1 Gram ($^1/_5$ Kvint) i Døgnet paa hver Kvadratcentimeter, skal Strømmen være omtrent $^1/_6$ Ampere stærk (S. 429). Faar man Strømmen fra et galvanisk Element, kan man altid gjøre den tilstrækkeligt svag ved kun at hælde lidt Vædske i Elementet.

Vil man overtrække Jærn og Zink med et fastsiddende Lag af Kobber, danner man Badet ved at opløse 5 Vægtdele Cyankalium og 3 Dele svovlsyrlig Natron i 200 Dele destilleret Vand. Heri helder man 50 Dele Vand, hvori der er opløst $3^1/_2$ Del eddikesur Kobberilte og tilsat 2 Dele Ammoniak.

Strømmen, som sendes gjennem Vædsken, har den dobbelte Virkning: at udskille Kobber af Vædsken og afsætte det paa *Kathoden*, (den Gjenstand, gjennem hvilken den positive Elektricitet træder ud af Badet), og at borttage og overføre til Vædsken nøjagtig lige saa meget Kobber fra *Anoden* (den Kobberplade, hvorigjennem den positive Elektricitet træder ind i Badet). Dette faar derfor erstattet, hvad det afgiver. Strømmens hele Virkning bestaar i, at den fører Kobber over fra Kobberpladen for at lægge det paa Gjenstanden, som skal overtrækkes. Hvad der her er sagt om Udskilning af Kobber, gjælder som almindelig Regel ogsaa om andre Metaller, nemlig at man som Anode bruger en Plade eller Stang af samme Metal, som det man vil have udskilt. Derved beholder nemlig Vædsken sin Sammensætning uforandret. Da man sjældent benytter helt rent Metal, vil der afsætte sig fremmede Bestanddele fra Anoden i Vædsken. Disse maa man af og til fjærne. At Processen herved afbrydes, skader ikke.

Jærn. Man danner en næsten koncentreret Opløsning af Salmiaksalt og ophænger deri to Jærnplader. Ved at sende en Strøm

gjennem Vædsken fra den ene Jærnplade til den anden opløses Jærn i Vædsken og man fortsætter hermed maaske i 24 Timer, indtil Vædsken er bleven grønlig (ved Overfladen rødlig). Denne Vædske bruges til Jærnbadet. Da Vædsken ikke maa udsættes for Lyset, kan man ikke bruge et Glaskar til Badet. Paa Kobberplader, hvori der er graveret Kobberstik, anvender man en meget tynd Beklædning med Jærn for at gjøre dem mere holdbare.

Guld. Et Guldbad kan man danne ved i et Kar at hælde en Opløsning af Cyankalium i destilleret Vand og deri nedhænge to Stykker Guldblik. Ved at lade en Strøm én til to Dage gaa gjennem Vædsken, til der er opløst tilstrækkeligt Guld, faar man et brugbart Bad.

Sølv. Man opløser et godt udvasket Bundfald af Klorsølv eller ogsaa salpetersurt Sølvilte i en Cyankaliumopløsning og sætter til Opløsningen en lige saa stor Mængde destilleret Vand. Mængderne vælges saaledes, at der kommer omtrent 2 Vægtdele Sølv paa 10 Dele Cyankalium og 100—140 Dele Vand. Gjenstande af Kobber, Bronze, Messing, Jærn og Staal kunne forsølves i dette Bad. Poleret Staal, Tin og Zink maa først overtrækkes med et tyndt Lag Kobber.

Den Gjenstand, der skal overtrækkes med et fast, vedhængende og jævnt fordelt Lag af Metal, maa omhyggelig renses for enhver fremmed Bestanddel. Fedthinden befries den for ved at vaskes i stærk Sodalud; det Lag af Metalilte, som ofte bedækker Overfladen, fjernes ved at dyppe Gjenstanden ned i fortyndet Syre og derpaa udskylle den i destilleret Vand. Den ophænges i Badet ved tynde Metaltraade, der omgives med Glasrør eller Kautschuk indtil det Sted, hvor de lægges om Gjenstanden, da der ellers vil afsætte sig Metal paa Traadene. Metallaget paa Gjenstanden er i Regelen mat. Det poleres ved at gnides først med en Børste af Metaltraad og derpaa med Polerstaal.

Det er især Forgyldning og Forsølvning og i de senere Aar tillige Fornikling ved Elektrolyse, der har faaet stor Betydning. Forgyldning og Forsølvning kunne ogsaa udføres uden Hjælp af den elektriske Strøm ved Anvendelse af Kviksølv; men stadigt Arbejde med dette Stof er som bekjendt meget skadeligt for Sundheden. De nu saa hyppigt brugte Pletvarer ere Gjenstande af uædelt Metal, som

ere overtrukne med et forholdsvis tykt Lag Sølv ved den elektriske Strøm eller, som det kaldes, ad galvanisk Vej.

Man faar at vide, om Laget paa de Gjenstande, der skulle forgyldes eller forsølves, har faaet den fornødne Tykkelse ved at maale deres Tilvæxt i Vægt. Fig. 216 viser et Apparat, hvor Processen

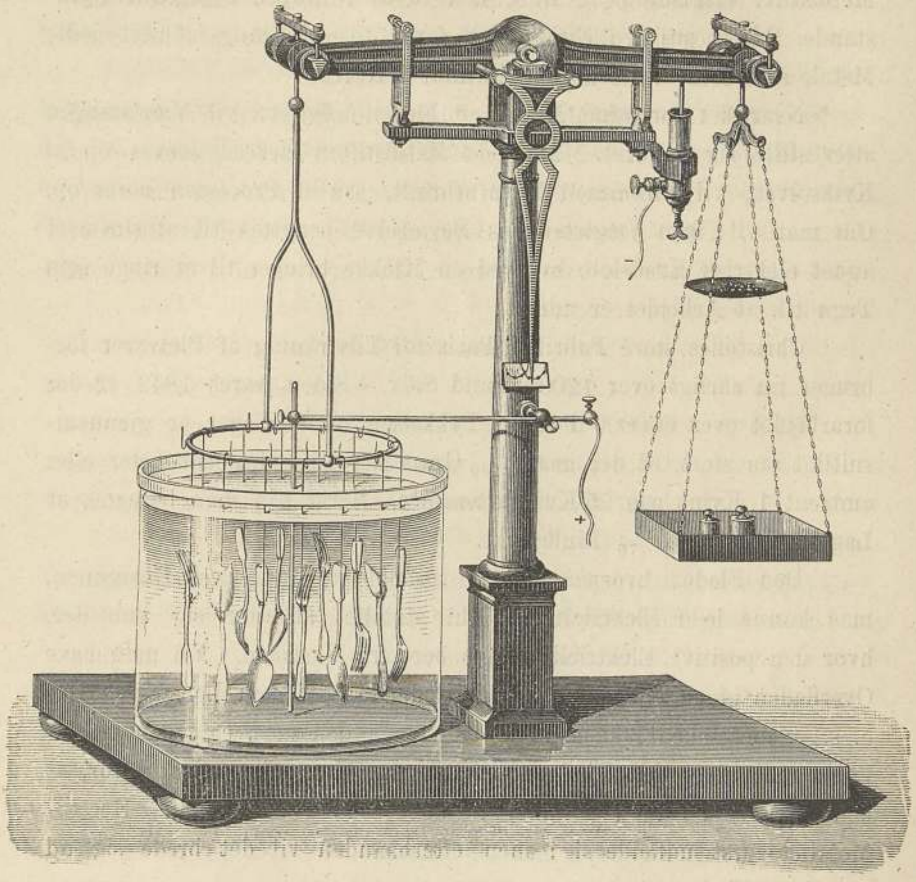


Fig. 216. Roseleurs Vægt til galvanisk Forsølvning og Forgyldning.

afbrydes af sig selv, naar der er aflejret den nødvendige Mængde Metal. Gjenstandene, der skulle overtrækkes med ædelt Metal, hænge ned i Badet fra en Ring, der bæres af den ene Vægtstangsarm. De bringes i Ligevægt ved Lodder paa den anden Skaal. Foruden de dertil nødvendige Lodder lægger man nu paa Vægtskaalen saa mange

Lodder, at deres Vægt er lig Vægten af det ædle Metal, der skal afsættes paa Gjenstandene. Herved trykkes Vægtskaalens højre Arm ned, og en Metalstift, som er fæstet hertil, sænkes ned i en Skaal med Kviksølv, hvortil den negative Poltraad fra Batteriet er fæstet. Herved ledes den negative Elektricitet gjennem Kviksølv, Metalstift, Vægtstang og Ring ned til de i Ringen hængende Gjenstande. Den positive Elektricitet føres til en Stang af det ædle Metal, som sees at være anbragt midt i Karret.

Naar det fornødne Metal er bleven aflejret, vil Vægtstangen atter stille sig vandret. Men da Metalstiften derved hæves op af Kviksølvet, vil Strømmen blive afbrudt, saa at Processen hører op. Om man vil, kan Vægtstangens Bevægelse benyttes til at slutte et andet elektrisk Kredsløb, hvorved en Klokke bringes til at ringe som Tegn til, at Arbejdet er udført.

Christofles store Fabrik i Paris for Tilvirkning af Pletvarer forbruger nu aarligt over 12000 Pund Sølv. Siden Aaret 1842 er der forarbejdet over 600000 Pund. Tykkelsen af Sølvlaget er gjennemsnitligt saa stort, at der gaar $^3/_{100}$ Gram paa 1 Kvadratcentimeter eller omtrent 1 Kvint paa 25 Kvadrattommer. Heraf kan man beregne, at Laget er omtrent $^1/_{70}$ Linie tykt.

Den Flade, hvorpaa man vil udfælde et Metal ved Strømmen, maa kunne lede Elektriciteten; thi Metallet afsætter sig kun der, hvor den positive Elektricitet ledes bort fra Vædsken. Vil man have Overfladen af en Gjenstand af ikke ledende Stof som Ler, Træ, Glas o. s. v. metalklædt, maa man overstryge den med et tyndt Lag af fint Grafitpulver ved Hjælp af en Pensel. Man maa da sørge for, at den negative Poltraad kommer til at røre ved Grafitlaget. Her vil Metallet først udfælde sig; men efterhaanden vil det brede sig ud over hele Fladen.

Den galvaniske Udfælding har givet Anledning til en ny Industri, som bestaar i at bedække store Gjenstande, især saadanne, der ere forsynede med Ornamenter af mindre holdbart Stof, som Møbler, Dørre, Vaser, Kandelabre o. s. v., med et solidt Lag Kobber; herved ville i Reglen Formerne komme mere til deres Ret i det smukke Stof, og Gjenstandene vinde betydeligt i Styrke og Varighed. Da

en saadan Gjenstand i Reglen ikke kan taale Indvirkningen af Metalbadet, maa den først overstryges med en beskyttende Fernis. Efter derpaa at være bestrøget med Grafitpulver og beskyttet ved et isolerende Lag der, hvor der ikke skal udfældes Kobber, sænkes Gjenstanden ned i Badet. Efter fem eller sex Dages Ophold i dette er der udfældet et Lag af omtrent $^1/_2$ Linies Tykkelse, hvis Overflade man derefter ved en Bejsning kan give Udseende af Bronze.

Indtil for faa Aar siden anvendtes udelukkende det galvaniske Element som Elektricitetskilde ved den galvaniske Metaludfælding. Det har fremmet de derpaa grundede Industrier betydeligt, at man nu kan anvende Dynamomaskinen, hvis Strøm er meget billigere end den fra det galvaniske Element.

2.

Galvanoplastik.

Elektrisk Støbning og Støbning ved Varmen. Flade og hule Støbeformer. Lenoirs og Plantés Fremgangsmaader. Clichéer. Frimærketrykning.

Galvanoplastiken er en Slags Støbning ved Elektricitet. Ved den almindelige Støbning gjør man Metallet flydende ved Varmen for derpaa at lade det størkne i Formen. Ved den elektriske Støbning er Metallet i flydende Tilstand tilstede i Opløsningen, hvorfra Elektriciteten tager det for at lægge det Lag for Lag i Formen. Naar man lader den i det foregaaende omtalte Aflejring af Metal fortsættes tilstrækkeligt længe, kan man nemlig faa Laget saa tykt, det skal være, og naar man derefter skiller det fra den Gjenstand, hvorpaa det er aflejret, faar man en yderst nøjagtig Afstøbning af denne Gjenstand eller rettere en Form, hvorved man ved at forny den elektrolytiske Proces kan faa en Afstøbning. I Reglen vil man foretrække at danne Formen paa anden Maade og derefter tage den galvano-

plastiske Afstøbning. Fortrinnene ved den fremfor andre Afstøbningsmaader beror paa den store Nøjagtighed, den giver, og derpaa, at Formen ikke behøver at kunne taale nogen Opvarmning. Endvidere kan man ved den galvanoplastiske Fremgangsmaade faa Afstøbningen dannet af saa tyndt et Metallag, det skal være.

Da man i Reglen vil være henvist til at danne Formen af slet ledende Stoffer som Vox, Stearin, Paraffin, Guttaperka o. l., maa Formens Flade bedækkes med et tyndt Lag af ledende Stof. Hertil kan man bruge fint Grafitpulver (S. 446) eller Bronzepulver, som stryges paa Formen ved en Pensel. Man faar en finere Afstøbning ved at væde Overfladen med en Opløsning af salpetersurt Sølvilte i Alkohol. Den vædede Overflade udsættes for Svovlbrinteluft, hvorved den sværtes med et fint Lag af Svovlsølv, som er en god Leder. Den saaledes tilberedte Form hænges op i et Metalbad (man anvender i Reglen Kobber), der indrettes som det i forrige Stykke beskrevne, idet man sørger for, at den Traad, som skal forbinde Formen med Elektricitetskildens negative Pol, rører ved det ledende Overtræk.

Er Formen af Metal, maa man bestryge dens Rande med et tyndt Lag Vox for bag efter at kunne skille det aflejrede Kobber fra Formen. Er Formen en Kobberplade f. Ex. en graveret Plade kan man sikre sig mod Vedhængning af det udskilte Kobber ved at udsætte den for Joddampe. De Dele af Formens Metal, som ikke skulle overtrækkes med Kobber, maa man overstryge med Vox.

Som det sees, er det ikke noget stort Apparat, der kræves for at iværksætte en Afstøbning af Overfladen af en Gjenstand som en Mønt eller Medalje. Det er noget, som enhver kan foretage, naar der anvendes nogen Tid til Øvelse og Prøver. Vi have derfor ogsaa i det foregaaende givet nogle nærmere Anvisninger om de forskjellige Metalbades Sammensætning. Man kan gjøre det galvanoplastiske Apparat endnu simplere, end det her er beskrevet, idet man kan frembringe Elektriciteten i selve Badet ved at gjøre dette til et galvanisk Element. Apparatet vil findes beskrevet i det følgende Stykke om galvaniske Elementer S. 453 (Fig. 219). Vanskeligere bliver det, naar en hel Gjenstand som en Statue, Vase o. s. v. skal gjenfrembringes, saa at man maa bruge hule Former. Man forsøgte først at indbringe

en Kobberstang i den i Badet nedhængende Form, men Metallaget blev ikke af ens Tykkelse. Lenoir indrettede derfor et Skelet af Platintraade, uden om hvilket Formen blev sat sammen af sine enkelte Stykker. Platintraaden maa ligge tæt op ad Formens Inderside og saa vidt muligt gaa ind i alle Fordybninger, dog uden noget Sted at røre ved Formens ledende Overtræk. Gjennem denne Platin-

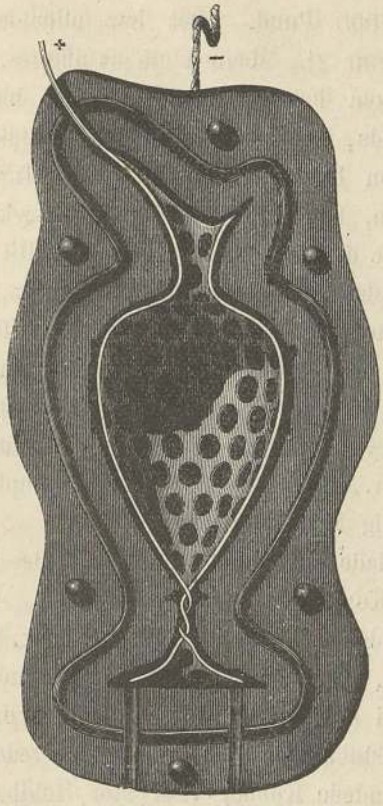


Fig. 217. Galvanoplastisk Støbeform.

traad blev den positive Elektricitet sendt ind i den med Kobberopløsningen fyldte Form, medens den førtes ud ved en Traad, som var i Forbindelse med Formens ledende Flade. Da Anoden af Platintraad ikke her erstattede Vædsken det Metal, den afgav, maatte man sørge for Erstatning paa anden Maade. Lenoir anbragte da inden for Platintraadsskelettet en gjennemhullet Kautschukpose, der

var fyldt med Krystaller af Kobbersaltet. De opløstes, efterhaanden som Vædsken i Formen blev berøvet sit Kobber. Det kostbare Platintraadsnet har Planté erstattet med et Skelet af Bly, der tillige tjener som Beholder for Reservesaltet (Fig. 217).

Til Operabygningens Udstyrelse i Paris er der paa den Maade taget meget smukke Afstøbninger af 6—14 Fod høje Statuer. Man har endogsaa afstøbt galvanisk en Statue paa henved 30 Fod. Afstøbningen vejer 7000 Pund. Det her udfældede Kobberlag er 2 Linier tykt; det var $2^1/_2$ Maaned om at aflejres.

Galvanoplastiken har efterhaanden faaet mangfoldige Anvendelser. En Træklods, hvori et Træsnit er skaaret, kan ikke ventes at give mere end en halv Snes Tusend gode Aftryk, og ved Uheld kan den tage Skade, længe før saa mange Aftryk ere tagne. Man undlader derfor ofte at bruge selve Klodsen, indtil man har taget en eller flere galvanoplastiske Afstøbninger, Clichéer, af den. Kobberlaget gjøres ikke meget tykt. Det forstærkes derfor ved at udfyldes paa Bagsiden med et let smelteligt Metal for endelig at anbringes paa en Træklods. Man opnaar herved dels at kunne tage et ubegrænset Antal Aftryk, alle lige gode, dels at anvende det samme Træsnit flere Steder. Clichéen er siden Galvanoplastikens Opfindelse bleven en almindelig Handelsvare.

Graverede Plader af Metal kunne ligeledes mangfoldiggjøres i fuldkommen tro Kopier ved Galvanoplastiken. Her dannes baade Formen og den endelige Afstøbning ad galvanisk Vej. Naar et Ark Frimærker trykkes, arbejder man med lige saa mange Stempler som der er Frimærker i Arket. Alle disse Stempler ere fuldkommen tro galvanoplastiske Afstøbninger af det først graverede originale Stempel. Det galvanisk udfældede Kobber viser stor Holdbarhed ved Brugen; det synes at kunne levere Aftryk i Millionvis, før det opslides.

3.

Galvaniske Elementer.

To forskjellige Metaller i en ledende Vædske røre hinanden. Galvanisk Element med én Vædske. Konstante galvaniske Elementer med to Vædsker. Elementer med én Vædske, hvortil er sat et iltholdigt Stof.

Naar man anbringer to Legemer af godt ledende Stof i en Vædske, som ligeledes kan lede Elektriciteten, vil man finde, at Berøringen med Vædsken har gjort dem begge elektriske og i Reglen forskjelligt elektriske, hvis der er Forskjel i Beskaffenheden af de Overflader, som de frembyde for Vædskens Berøring. At de ere forskjelligt elektriske, vil sige, at Elektriciteterne, som de faa, ere af forskjellig Spænding. Lægger man et Stykke Zink og et Stykke Platin paa Bunden af et Glas med Vand, hvortil der er sat lidt Svovlsyre, saaledes at de to Metalstykker ikke røre hinanden, ville de begge blive elektriske, og Platinet vil vise en Spænding, som er omtrent en Volt større end Zinkens*). Denne Forskjel kan man vise ved et fint Elektrometer, idet man lader en Traad fra dette først røre ved det ene og derpaa ved det andet Metal. Paa denne Maade giver Elektriciteten sig dog kun svagt tilkjende. Saasnart man derimod skyder de to Metaller sammen, til de røre hinanden blot i et eneste Punkt, eller man lægger et Stykke Metaltraad hen over dem begge, stiller Sagen sig helt anderledes. Man ser da Platinet bedække sig med smaa Luftblærer (Brint), som efterhaanden voxe, til de løsrive sig og stige op gjennem Vandet. Samtidigt bliver Zinkens Overflade angreben, idet der opløses en til Brintmængden nøjagtigt svarende Mængde Zink i Syren. Førend Zinkstykket rører ved Platinet, vil det være uangrebet af Syren, hvis det da er et Stykke *ren Zink*, man bruger.

---

*) Det maa her bemærkes, at et Legeme kan faa elektrisk Spænding baade ved positiv og ved negativ Elektricitet. Har et Legeme en Spænding af 2 Volt med positiv og et andet Legeme 7 Volt med negativ Elektricitet, da siges det første at have en Spænding, lig + 2 Volt, det andet en Spænding lig ÷ 7 Volt. Den første Spænding er altsaa 9 Volt større end den sidste.

Hvad er nu det, som her foregaar? Berøringen mellem Metallerne, som har foranlediget det hele, har ikke kunnet gjøre andet end at tillade den positive Elektricitet at gaa over fra Platinet til Zinken, medens den negative er gaaet den modsatte Vej. Berøringen med Vædsken erstatter imidlertid Metallerne deres bortstrømmede Elektriciteter, og Strømmen fortsættes derfor ikke blot i Metallerne men ogsaa i Vædsken, thi fra den gaar der stadig positiv Elektricitet til Platinet og negativ til Zinken. Det er denne elektriske Strøm, som fremkalder den kemiske Proces, der optræder ved begge Metallerne.

Det blev omtalt S. 51, at en elektrisk Strøm, som sendes gjennem Vand ved to i Vandet nedsænkede Metalplader, vil adskille Vandet i sine Bestanddele: Ilt og Brint, idet Brinten sætter sig paa den Plade, som tager positiv Elektricitet fra Vædsken, Ilten paa den, som tager den negative fra den. I det ovennævnte Glas vil derfor, som Forsøget viser, Platinet blive bedækket med Brint. Zinken vil som et uædelt Metal blive angreben af den Ilt, der aflejres derpaa (det bliver iltet) og vil derefter opløses i Vædsken.

Hvis man vilde benytte galvaniserede Jærnsøm (Jærn overtrukket med Zink) til at fæste Kobberpladerne, hvormed et Skib forhudes, vilde der dannes elektriske Strømme i Havvandet, hvor den positive Elektricitet vilde gaa fra Vandet til Kobberet (Kobberet erstatter her Platinet i det forrige Forsøg) medens den negative vilde gaa fra Vandet til Zinken; det sidste vilde derfor hurtigt fortæres ved den Ilt, som Strømmen frembringer. Medens Kobber og Zink hver for sig modstaa Vandet godt, vil det, at de røre hinanden under Vand gjøre, at Zinken hurtig fortæres. En Spand af Zink med Kobberbund vil hurtig ødelægges af Vand, især hvis det er Saltvand, man har i Spanden, da Saltvand leder de elektriske Strømme bedre end Brøndvand. Bliver Zinken ved Berøring med Kobber hurtigt ødelagt, saa vil Kobberet paa den anden Side staa sig saa meget desto bedre mod Vandet, naar der rører Zink ved det. Paa Kobberet vil der nemlig til enhver Tid afsætte sig et Lag af Brint, som vil beskytte det mod andre Stoffers Paavirkning.

Se vi nu paa det i Fig. 218 fremstillede simple galvaniske Element, vil det være klart af det foregaaende, hvorledes det maa

forholde sig. Det indeholder en ledende Vædske og to Stænger af forskjellige, ledende Stoffer, hvoraf det ene saa godt som altid er Zink; det andet ville vi antage er Kobber. Er der ingen Forbindelse mellem Stængerne, vil der være en efter Vædskens Art forskjellig Spændingsdifferens mellem de to Poltraade; men lader man disse røre hinanden, vil der gaa en Strøm; Zinken vil fortæres, og Kobberet vil bedække sig med Brint.

De to Ting, som foregaa i Elementet, naar Poltraadene røre hinanden: den elektriske Strømning og den kemiske Virksomhed ere uløseligt forbundne med hinanden, saaledes, at naar det ene hører op, vil ogsaa det andet høre op. Sandsynligvis er Sammenhængen den, at den første elektriske Strømning foranlediger, at Zinken begynder

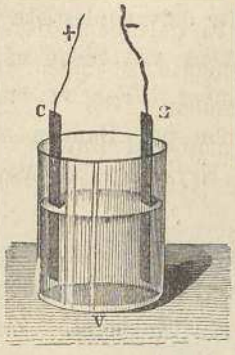


Fig. 218. Galvanisk Element.

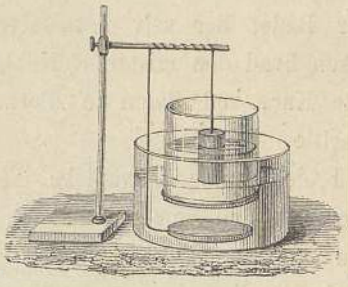


Fig. 219. Galvanoplastisk Element.

at iltes, og denne kemiske Virksomhed udvikler derpaa ny Elektricitet, som gjør, at Iltningen ogsaa fortsættes. Under almindelige Forhold vil Iltning af et Stof frembringe Varme (Forbrænding er en Iltning); her frembringes Elektricitet ved Iltningen.

I Reglen er det den elektriske Strøm, man vil opnaa ved Elementet, men undertiden indrettes det dog ogsaa for at fremkalde den kemiske Proces. Fig. 219 viser saaledes et Element, der er indrettet til et galvanoplastisk Apparat. Det bestaar af et Kar, paa hvis Bund der ligger en galvanoplastisk Støbeform, som vi antage er af Kobber. Noget over Formen inden i det første Kar er der anbragt et andet, som er dannet af porøst Ler eller af en Glascylinder med en porøs

Bund (et tilbundet Stykke Blære eller Pergamentpapir). Heri hænger der en Zinkcylinder ned. I det ydre Kar hældes en Opløsning af svovlsurt Kobberilte, i det indre Vand med lidt Svovlsyre i. De to Vædsker røre hinanden i Porerne af det inderste Kar men blandes kun meget langsomt. Forskjellen mellem dette Apparat og det simple galvaniske Element er kun den, at hvert Metal rører ved sin Vædske. Ligesom før vil Kobberet blive positivt og Zinken negativt elektrisk, og hvis de som antydet i Figuren bringes i Forbindelse med hinanden, vil der gaa en Strøm. Den kemiske Virksomhed er imidlertid her en anden end i Elementet (Fig. 218). Zinken vil vel ligesom før modtage Ilt og derfor opløses; men Strømmen kommer til Kobberet gjennem en Opløsning af svovlsurt Kobberilte, og det giver, som vi i det foregaaende have set, Kobber og ikke Brint. Paa Kobberet lægger der sig altsaa Kobber, ligesom i det S. 443 omtalte galvanoplastiske Bad; men medens dette kræver et galvanisk Element ved Siden af, saa danner Badet her selv det galvaniske Element. For at erstatte Vædsken hvad den mister af Kobber, maa man paa Bunden af det yderste Kar, ved Siden af Formen lægge Krystaller af svovlsurt Kobberilte.

I det simple galvaniske Element: Zink, Svovlsyre-Vand og Kobber, vil den kemiske Proces, som vi saa, have til Følge, at Zinken opløses, og at der udskilles Brint paa Kobberet. Zinkens Opløsning er ligesaa uundgaaelig som Kulforbruget i en Dampmaskine, da det er den, som holder Strømmen vedlige. Hvad Brintens Aflejring paa Kobberet angaar, da er den en Ulæmpe. Naar nemlig Brintlaget har dannet sig, vil man ikke længer have en Zinkflade staaende overfor en Kobberflade men Zink overfor Brint, en Sammenstilling, som er næsten uvirksom. Strømmen, som kan begynde med at være stærk, vil derfor efterhaanden tabe sig og vil være svag, indtil man befrier Kobberet for Brintlaget.

Det simple galvaniske Element med sin efterhaanden aftagende Strøm var i mange Aar den eneste Strømkilde man kjendte. Omtrent 1836 opfandt Daniell det i Fig. 219 fremstillede Element, hvis Strøm kan holde sig uforandret i lang Tid, fordi Kobberets Overflade ikke bliver bedækket med noget fremmed Stof. Det kaldes af den Grund

et *konstant* Element. Elementet gives dog ikke den Form, det har i Fig. 219, naar det er Hensigten at benytte den elektriske Strøm til Udførelse af et Arbejde udenfor Elementet. I Fig. 220 sees den almindelige Form for Daniellelementet. Det bestaar af en Glas- eller Porcellænskrukke, paa hvis Bund der staar en snævrere Beholder af porøst Ler. I den sidste er der svovlsurt Kobberilte, hvori der staar et til en Cylinder ombøjet Stykke Kobberblik *C*, den positive Pol. Mellem Kobberet og Lerbeholderens Vægge er der pakket Stykker af Kobbervitriol for at erstatte Vædsken det Kobber, som Strømmen berøver den.

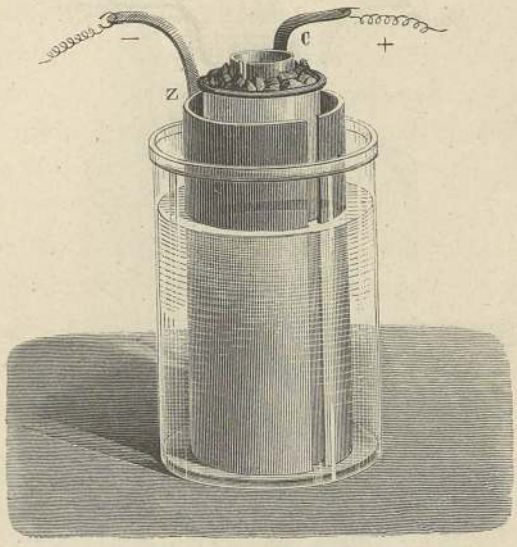


Fig. 220. Daniells Element (omtr. $^1/_5$ virkel. Størr.).

I Glaskrukken uden om Lerbeholderen er der heldt fortyndet Svovlsyre (f. Ex. 10 Dele Vand og 1 Del stærk Svovlsyre); heri staar en Zinkcylinder *Z*, den negative Pol.

Principet for Daniells og de fleste andre af de mange forskjellige konstante galvaniske Elementer, man har opfunden, siden Daniells fremkom, er dette, at de to Polstænger eller Plader staa hver i sin Vædske, og de to Vædsker ere adskilte ved en porøs Skillevæg, i hvis Porer den elektriske Forbindelse sker. Man bliver derved Herre over de kemiske Processer, der ledsage Strømudviklingen, idet man

har Valget imellem en stor Mængde Vædsker. Daniells Element giver en meget konstant Strøm; men den elektromotoriske Kraft (S. 429), som virker, naar Strømmen sluttes, er kun omtrent 1 Volt.

Bunsens Element (Fig. 221) er næsten dobbelt saa kraftigt. Den væsenlige Forskjel mellem det og Daniells er den, at man i Steden for en Opløsning af svovlsurt Kobberilte bruger Salpetersyre, der paa Grund af sin store Rigdom paa Ilt bemægtiger sig den Brint, som Strømmen ellers vilde afsætte paa den positive Polstang. Denne holdes derved ren. Brinten og Ilten gaa i kemisk Forbindelse og

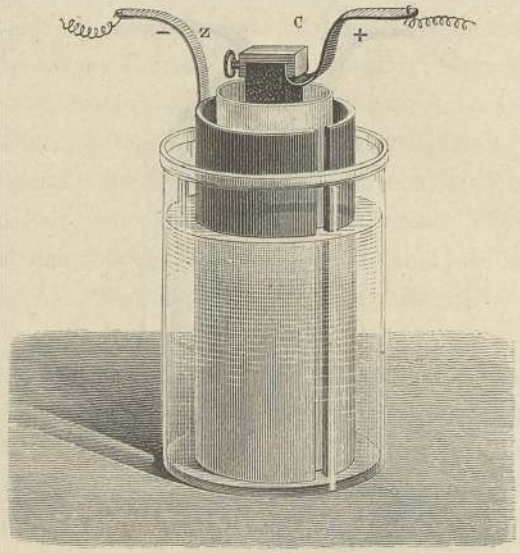


Fig. 221. Bunsens Element (omtr. $^1/_5$ virkel. Størr.).

danne Vand. Da Salpetersyren vilde opløse Kobberet, maa det erstattes af et Stof, som ikke angribes deraf. Hertil bruger Bunsen Retortkul (S. 279). Elementet er meget virksomt, men det udsender ubehagelige Dampe, som opstige fra Salpetersyren, især naar Strømmen gaar derigjennem.

Ved at bruge to Vædsker har man opnaaet at faa et konstant Element, men samtidig er dette bleven mere sammensat, og de to Vædsker ville, selv om det sker langsomt, dog efterhaanden blandes. Er det sket, maa Vædskerne fornyes. Paa Telegrafstationer og ved

Ringeapparater i Husene er det en stor Fordel, at Elementerne kun behøve et sjældent Tilsyn. Vil man af den Grund nøjes med én Vædske, maa man indbringe i Elementet et Stof, som ved at gaa i kemisk Forbindelse med Brinten befrier den positive Polstang (Kobber eller Kul) for Brinten. Det er i Reglen ligesom i Bunsens Element de meget iltholdige Stoffer, man kan benytte hertil.

Det iltholdige Stof kan være flydende, opløst i Elementets Vædske. I Kromsyre- eller Bikromatelementet (Fig. 16, S. 29)

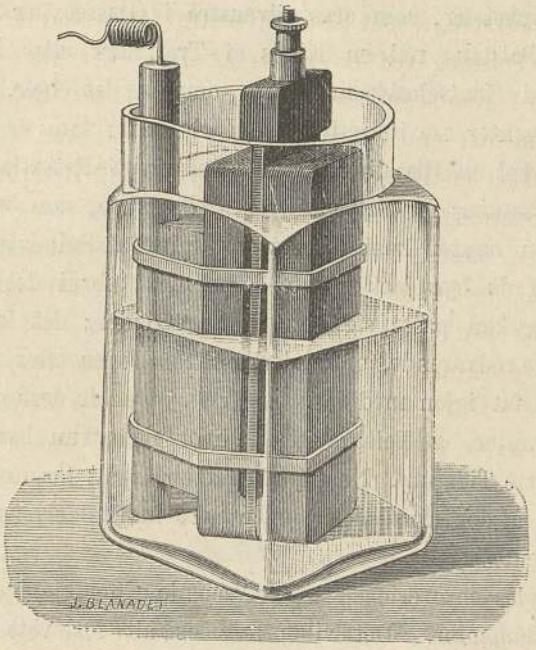


Fig. 222. Leclanchés Element (omtr. $^1/_3$ virkel. Størr.).

dannes Vædsken ved at man blander 12 Vægtdele Kaliumbikromat og 25 Dele stærk Svovlsyre i 100 Dele Vand. Herved dannes Kromsyre, som er et meget iltrigt Stof. Som Polstænger bruges Zink og Kul. Kromsyreelementet har en stor elektromotorisk Kraft og er vel skikket som Erstatning for Bunsens Element, naar man ikke skal have en konstant Strøm i lang Tid. Skjønt man ikke behøver den porøse Lercylinder, bruges den dog ofte for at holde Zink og

Kul adskilte fra hinanden. Man borer da gjerne nogle Huller i Lercylindren for at Vædsken kan cirkulere. Elementet er uden Lugt.

I Leclanchés Element (Fig. 222) bruges et fast iltholdigt Stof, Manganoverilte (Brunsten, Pyrolusit) til at fjærne Brinten. Midt i en Glaskrukke staar der en temmelig tynd Kulplade, der foroven bærer en Klemmeskrue. Paa hver Side af den ligger der en tyk Plade, som under hydraulisk Tryk er presset af en til 100 ° opvarmet Dejg dannet af omtrent lige Dele Brunsten og Retortkulpulver samt lidt Gummilakharpix. De tre Plader danne tilsammen den positive Polstang. Den runde Zinkstang, som sees tilvenstre i Glasset, er isoleret fra den positive Polstang ved en Klods af Træ, Ler eller lignende og fastholdes ved Kautschukbaand, som omgive det hele. De ældre Leclanchéelementer ere indrettede som Bunsens; kun er der i Lercylindren pakket en Blanding af Smaastykker af Retortkul og Brunsten som Erstatning for Salpetersyren. Vædsken, som bruges i Elementet, er en næsten koncentreret Opløsning af Salmiaksalt i Vand. Det er et af de hyppigst brugte Elementer, fordi det ingen Syre indeholder og kan passe sig selv i lange Tider; det kan vel ikke give en længe vedvarende, uforanderlig Strøm, men efter nogen Hvile kan det tage fat igjen med fornyet Kraft. Det er derfor vel skikket til Ringeapparater og Telegrafering, hvor man kun har Strømmen gaaende i korte Tidsrum. Naar Zinken ikke er alt for uren, forbruges der slet intet af den, fordi dette ingen Syre indeholder, naar man ikke bruger Elementet.

Der findes en overmaade stor Mængde af forskjellige Former for galvaniske Elementer. Det vilde føre os alt for vidt at gaa ind paa Beskrivelsen blot af de vigtigste af dem. I de fleste Tilfælde kan man hjælpe sig med et af de her omtalte. Hvem der maatte ønske et større Udvalg kunne vi henvise til W. Ph. Hauch; »Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen« (Hartlebens Forlag, Wien), hvor der findes en udførlig Omtale af en stor Mængde galvaniske Elementer.

4.

Det galvaniske Elements Brug, Strømmens Styrke.

Elementets Behandling. Polernes indbyrdes Isolation. Tilsynet med Leclanchéelementet. Zinkens Amalgamering. Ledningsforbindelser. — Strømmens Styrke. Ohms Lov. Elementerne sammensættes i Række eller sideordnet. Strømstyrkemaalere. Rheostat.

Bunsens og Daniells Elementer maa skilles ad, naar de ere afbenyttede, fordi de to Vædsker ellers blandes; de enkelte Dele især Lercylindren maa man udskylle, før de sættes hen. Man maa helst have Beholdere til at opbevare de to Vædsker i for at kunne bruge dem igjen.

Kromsyreelementet er ofte ligesom det i Fig. 16 fremstillede Element indrettet saaledes, at enten Zinkpladen alene eller baade den og Kullet kan hæves op af Vædsken, forat undgaa, at Zinken fortæres, naar det ikke bruges. Ofte ere flere Elementer stillede sammen i en Kasse, og alle Polpladerne ophængte i samme Stativ, hvert Par i sin Beholder, saa at de kunne hæves op alle paa en Gang.

Leclanchés Element kan man lade staa uforandret, naar man har brugt det, idet Zinken ikke fortæres, naar Strømmen ikke er sluttet. Kun maa man altid sørge for, baade ved dette Element og ved andre, som henstaa i nogen Tid uden at benyttes, at der ikke er noget, som kan bringe ledende Forbindelse mellem de to Poler. Thi da vil baade Zinken og de fleste andre Dele af Elementet uden Nytte lide ved den Strøm, som fremkommer. Især ved smaa Elementer, hvor Kullet og Zinken staa tæt sammen, kan det let hænde, at de komme til at røre hinanden. Elementet er da uvirksomt, thi hele Strømmen vil gaa gjennem Berøringspunktet, og Stofferne ville hurtigt forbruges.

Naar Leclanchéelementerne i et elektrisk Ringeapperat (S. 94) nægte at gjøre Tjeneste, kan det ligge i, at Strømmen finder en anden Vej end gjennem Ledningstraaden og Klokken. Man maa da opsøge denne Ledningsfejl, der som oftest vil findes i Elementerne. I Reglen vil Fejlen dog ligge i, at et af Stofferne i Elementet er forbrugt. Vandet kan være fordampet, i hvilket Tilfælde man kan faa Apparatet

til at virke igjen blot ved at hælde Vand i Glassene. Disse maa ikke gjerne staa paa et tørt og varmt Sted (helst i en Kjælder). Efter længere Brug forbruges Salmiaksaltet. Er det Tilfældet, maa man løfte Polstængerne op af Glassene, udskylle dem, borthælde den gamle Vædske og hælde saa meget af en stærk Opløsning af Salmiaksalt i Glassene, at de ere halvt fulde, naar Polstængerne atter sættes ned. Endelig kan Elementet være brugt saa længe, at enten Zinken eller Brunstenen ere forbrugte. Ved Eftersynet ser man naturligvis let, om Zinkstangen er saa vidt fortæret, at den trænger til Fornyelse. Forbruget af Brunsten kan man derimod kun bedømme ved at prøve Elementets Virksomhed.

Forat undgaa at Zinken fortæres urimeligt hurtigt, maa den amalgameres, det vil sige bearbejdes saa længe paa sin Overflade med Kviksølv, til det yderste Lag er en Blanding af Zink og Kviksølv ɔ: et Amalgam. Herved opnaas omtrent det samme, som naar man anvender rent Zink, nemlig at Overfladen er ensartet.

Til Zinken er der i Reglen loddet en Kobberstrimmel, hvortil Poltraaden fastklemmes ved en Klemmeskrue. Man maa undgaa, at der skylles Vædske op som fugter Lodningsstedet, da det vil bevirke elektriske Strømninger, som fortære Zinken og let løsner Kobberstrimlen. Af den og andre Grunde skal man ikke fylde Glasset for nær til Randen. Hver Gang man skruer to Metaldele sammen, maa man sørge for, at det er to blanke Metalflader der røre hinanden, da Strømmen ellers vil møde unødig Modstand.

Til Ledningstraade anvender man Kobbertraad, som i Reglen ikke bør vælges synderlig tyk (f. Ex. $^1/_2$ Linie), da den tyndere er bøjeligere. Man maa helst anvende Traad beklædt med et tyndt isolerende Lag Kautschuk, som atter beskyttes ved en Overspinding med Bomuldstraad. Ved nøgne Traade har man ofte vanskeligt ved at undgaa, at Strømmen sluttes, ved at Traadene røre hinanden eller begge røre ved samme Metalgjenstand. Det isolerende Lag om Traaden afskrabes ved Enderne, hvor den forbindes med Elementets Pol eller med en anden Traad. Forat forbinde to Traade kan man bruge en Klemmeskrue som *a* eller *e* i Fig 188, eller man kan sno de blanke

Ender fast sammen. Ved Forbindelser, der skulle vare længe, maa man helst lodde Traadene sammen.

De galvaniske Elementer dannes af højst forskjellig Størrelse efter den Anvendelse, de skulle have. Naar man skal have en stærk Strøm, som skal virke i længere Tid, maa der et stort Element til, da der bliver et stort Forbrug af Stofferne. Der er dog ogsaa andre Ting som kunne blive bestemmende for Størrelsen. Styrken af den Strøm, som man faar ud af et galvanisk Element, beror paa to Ting: 1) den Kraft, som driver Elektriciteten ud (den *elektromotoriske Kraft*) 2) den *Modstand*, som Elektriciteten møder paa hele sin Vej. Jo større den første bliver, og jo mindre den sidste bliver, des stærkere Strøm kommer der ud.

Den elektromotoriske Kraft er lig med Spændingsforskjellen mellem de to Poler, før de forbindes, og er altsaa udtrykt ved et vist Antal Volt (S. 429). Strømmen møder Modstand dels i Elementets Vædsker, dels i Ledningstraadene og i det Apparat, hvor man benytter Strømmen. Modstanden er udtrykt ved et vist Antal Ohm. Efter Ohms Lov (S. 429) kan man forud beregne det Antal Ampere, som Strømmen bliver stærk, idet Loven udsiger at *Antallet af Ampere er lig Antallet af Volt divideret med Antallet af Ohm.* Det følger heraf, at man har to Midler til at forstærke Strømmen; det ene er at gjøre Spændingen stor, det andet at gjøre Modstanden lille. Hvilke af disse det især kommer an paa, beror paa det Apparats Beskaffenhed, hvori man skal bruge Strømmen. Hvis Apparatet øver en stor Modstand (f. Ex. en elektrisk Lampe), da kan det ikke nytte at lægge ensidig Vægt paa at gjøre Modstanden lille i Elementet og Ledningstraaden thi den hele Modstand bliver dog ved at være stor. Derimod maa man sørge for, at gjøre Spændingen stor. Dette kan imidlertid ikke ske ved et enkelt Element; men saa sætter man flere Elementer sammen til et galvanisk Batteri eller Kjæde, idet man som i Fig. 223 forbinder den positive Pol i det ene med den negative Pol i det næste Led i Kjæden. Hvert Led, som tilføjes, lægger sin Spænding

til den, som i Forvejen findes. Det kaldes at sammensætte Elementerne i Række (jvfr. S. 378) eller paa Spænding. Herved gjør man ganske vist Modstanden større, thi Strømmen skal gjennemløbe det ene Element efter det andet. Men dette faar en underordnet Betydning, da Modstanden dog er stor i Forvejen.

Hvis det Apparat, hvor Strømmen skal virke, kun gjør ringe Modstand (dette indtræffer ofte ved Anvendelse af Strømmens kemiske Virkninger), og det gjælder om der at frembringe den stærkest mulige Strøm, kan det ikke nytte at danne en Kjæde af mange Led; ganske vist forøges derved Spændingen; men Modstanden bliver næsten i samme Forhold større, saa at man paa lidt nær opnaar det samme ved ét eller to Elementer som ved et helt Batteri. Man nøjes

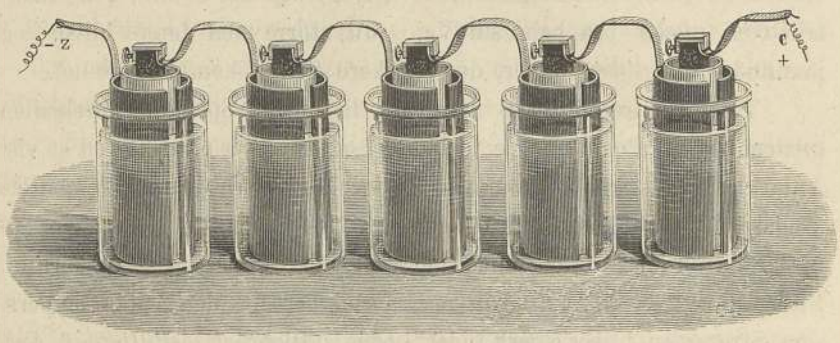


Fig. 223. Galvanisk Batteri.

derfor med et eller to Led i Kjæden; men i disse og i Ledningstraaden gjælder det om at gjøre Modstanden saa lille som mulig. Det er i Vædsken, som Elektriciteten maa gjennemløbe for at naa ud til de to Polplader, at den især møder Modstand. Jo større Pladerne ere, og jo nærmere de staa ved hinanden, des mindre Modstand øver det mellemliggende Vædskelag. Det gjælder derfor om ved en saadan Lejlighed at have store Elementer. Da disse af praktiske Grunde ikke kunne blive alt for store, maa man sætte flere Elementer sammen saaledes, at de gjøre samme Tjeneste som ét stort Element. Dette kan ske, ved at man løsner Forbindelserne mellem Elementerne i det Fig. 223 fremstillede Batteri, og drejer hvert Element 90°, saa at Zinkpolerne alle vise til

venstre for Rækken, Kulpolerne alle til højre. Man tager derpaa to nøgne Kobbertraade af samme Længde som Batteriet og benytter den ene til at forbinde alle Zinkpolerne indbyrdes, medens den anden forbinder Kulpolerne. Forbinder man derpaa to hvilkesomhelst Punkter af de to Kobbertraade ved en Ledningstraad, ville Strømmene fra alle Elementer samles i den. Disse virke som ét stort Element. Man siger, at de ere sammensatte sideordenet (S. 379) eller paa Kvantitet.

For at kontrollere det elektriske Apparats Virksomhed, maa man kunne maale Strømmens Styrke. Vi have set at det kan ske ved at lade den udfælde Kobber, som derpaa vejes. Dette er dog i Reglen ikke noget hensigtssvarende Middel. Man foretrækker et Apparat i Lighed med den S. 31 omtalte Multiplikator, hvor Strømmen drejer en Magnetnaal hen over en inddelt og med Tal forsynet Skive. Det i Praxis brugte Apparat udføres dog adskilligt grovere end Multiplikatoren. Tallene afsættes saaledes, at hvert af dem angiver det Antal Ampere, Strømmen maa være stærk for at drive Naalen op dertil. Apparatet kaldes et Galvanometer eller *Amperemeter* (forkortet Ammeter). Det bestaar i Almindelighed af en let bevægelig Magnetnaal, som holdes i Stilling af en fin Spiralfjeder. Naalen kan svinge inden i en Ramme, som er omviklet med isoleret Kobbertraad, hvis Ender ere fæstede til to Klemmeskruer som *k* eller *i* i Fig. 188. Naar Apparatet skal bruges, »indskydes« det i Ledningen, hvilket vil sige, at man fastskruer en af Poltraadene i den ene Klemmeskrue og fortsætter Ledningen fra den anden. Det er ligegyldigt, hvor i Ledningen Ammeteret indskydes; Strømmen er den samme overalt i en udelt Ledning.

Foruden Strømmens Styrke vil Ammetret ogsaa angive dens Retning, der er forskjellig, eftersom Naalen bevæger sig til den ene eller til den anden Side. Da man maa antage, at der gaar en Dobbeltstrøm overalt, hvor Elektriciteten er i Bevægelse, idet den positive gaar den ene Vej og den negative den modsatte, er man bleven enig om at kalde den Retning, hvori den positive Elektricitet gaar, for Strømmens Retning.

Eftersom Elementet indrettes, er den elektromotoriske Kraft og (især) Modstanden i Vædskerne forskjellig. For at give en Forestilling

om, hvad de kunne beløbe sig til, skulle vi meddele Resultaterne af nogle Maalinger, man har foretaget.

	Elektrom. Kr.	Modstand.
Bunsens Element	1,8 Volt	$^1/_4$ Ohm
Daniells —	1,0 —	2,8 —
Lechanchés —	1,5 —	
Kromsyre —	2,0 —	

Da det ikke sjælden er af Vigtighed at kunne tilvejebringe en bestemt Styrke af Strømmen, maa man have et Apparat, hvorved man vilkaarligt kan forandre Strømmens Styrke (en Rheostat). Man indretter Batteriet saaledes, at det vil give en stærkere Strøm end den, man ønsker, og forøger derpaa Modstanden mod Strømmen, indtil denne har naaet den ønskede Styrke. I Reglen forøger man Modstanden ved at indskyde tynde Metaltraade af forskjellig Længde i Ledningen; men det kan ogsaa ske ved selve Elementet, idet man formindsker Vædskemængden mellem Pladerne.

Exempler. Man kan bringe en Glødelampe, hvis Traad gjør en Modstand paa 30 Ohm, og som kræver en Strøm paa 2 Ampere, til at lyse ved et Batteri paa 46 Bunsens Elementer stillede i Række. Den elektromotoriske Kraft i Batteriet er nemlig (se ovenstaaende Tabel) $46 \times 1{,}8 =$ c. 83 Volt, og den hele Modstand i Lampe og Batteri er $30 + 46 \times {}^1/_4 =$ c. 42 Ohm. Efter Ohms Lov bliver Strømmen derfor $\frac{83}{42} =$ c. 2 Ampere. Herved kan der opnaaes omtrent 20 Normallyses Lysstyrke. Der vil forbruges over 20 Kvint Zink i Timen. Stiller man de 46 Elementer sideordnet sammen og bruger dem til at udskille Kobber med i et Bad, hvor Modstanden er $^1/_{200}$ Ohm, vil man faa en Strøm omtrent paa 100 Ampere, og der vil altsaa udskilles omtrent $^1/_4$ Pund Kobber i Timen. Der vil forbruges omtrent ligesaa meget Zink i Elementerne.

5.

Den elektriske Akkumulator.

Vandets Spaltning i Ilt og Brint. Den galvaniske Polarisation. Groves Gasbatteri. Plantés Akkumulator. Kabaths og Faure-Sellon-Volckmars Akkumulatorer. Jul. Thomsens Polarisationsbatteri.

Det galvaniske Element bestaar, som vi have set, af et Kar med Vædske, hvori der er anbragt to Stænger eller Plader af *forskjelligt* Stof. Da hele Virkningen beror paa Beskaffenheden af Overfladen kan man faa et galvanisk Element, selv om Pladerne ere af samme Stof, naar man sørger for at gjøre Overfladerne forskjellige.

Det i Fig. 224 fremstillede Apparat er indrettet til at vise den elektriske Strøms Evne til at spalte Vand i sine Bestanddele Ilt og Brint. Det bestaar af et Glas A, hvis Bund er dannet af en Prop. Igjennem den er der ført to Metaltraade, som foroven bære to lodret staaende Platinplader. Forneden bære de to Klemmeskruer f og f'. Karret er fyldt med Vand, hvortil er sat $^1/_{10}$ Vægtdel af stærk Svovlsyre. Over Platinpladerne anbringes der to Glasklokker h og o bestemte til at optage de Luftbobler, som stige op fra Platinpladerne, naar Strømmen sendes igjennem; Klokkerne fylder man i Forvejen med Vand, som efterhaanden drives ud af de opstigende Luftarter. Brinten fylder dobbelt saa meget som Ilten.

Fastskruer man den positive Poltraad fra et galvanisk Batteri ved Skruen f' og den negative ved f, vil Strømmen gjennemløbe Vandet mellem de to Platinplader. Idet den adskiller dette, vil den afsætte Ilt paa Pladen til højre og Brint paa den til venstre. Man maa bruge Platinplader, da uædelt Metal vilde angribes af Ilten, saa at man ingen Luft vilde faa udviklet i Klokken o. Den først udviklede Luft hænger ved Platinet, saa at de to Plader overtrækkes den ene med en Ilthinde, den anden med en Brinthinde. Strømmen bevirker altsaa, at de to Plader faa en *forskjellig Overflade*. Overensstemmende med det ovenfor sagte viser det sig ogsaa, at Karret A med de to Platinplader *for en Tid er bleven til et galvanisk Element*. Man siger, at Pladerne ere polariserede, Virkningen deraf

kaldes den galvaniske *Polarisation*. Fjerner man nemlig Poltraadene fra *f* og *f'* og forbinder dem med en Ledningstraad vil der i denne gaa en Strøm (den kaldes sekundær, fordi den først fremkommer, naar Batteriets Strøm — den primære — har virket), idet den Plade, som modtog positiv Elektricitet fra den primære Strøm, nu kan give positiv Elektricitet fra sig til Dannelsen af den sekundære. Men herved forbruges Brint- og Ilthinderne paa Metallet, og da disse Hinder ere meget tynde, ophører den sekundære Strøm snart.

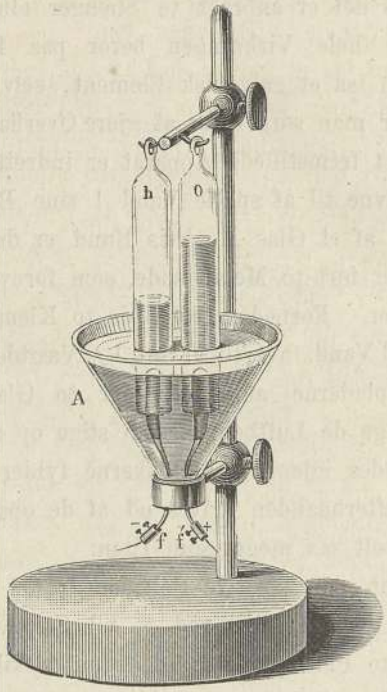


Fig. 224. Apparat til Vandets Spaltning i Ilt og Brint.

Hvis Platinpladerne blive gjorte saa lange, at de naa op til det øverste af Klokkerne og af den Grund foroven ere omgivne af den i Klokkerne opsamlede Ilt og Brint, kan man faa en Strøm, som varer længere, idet der nu er et større Forraad af Luftarterne til Brug. Et saadant Apparat (Groves Gaselement) er en elektrisk Akkumulator; thi ved at den primære Strøm i nogen Tid gjennemløber Apparatet og derved skaber et Forraad af Ilt og Brint, bliver

Apparatet i Stand til i nogen Tid derefter at frembringe en elektrisk Strøm.

Det er dog ikke nogen meget virksom Akkumulator, man faar paa den Maade bl. a. af den Grund, at Luftforraadet ikke kan blive meget stort. For at holde en Strøm paa 1 Ampere i Gang, maatte man bruge omtrent $^1/_2$ Pot Brint i Timen. Den S. 52 omtalte Plantés Akkumulator har Blyplader i Steden for Platinplader. Sender man Strømmen igjennem den, vil man ikke se noget til Ilten, da den gaar i kemisk Forbindelse med den Blyplade, der modtager positiv Elektricitet fra den primære Strøm. Naar denne har virket i nogen Tid, vil Ilten være trængt ind til en vis Dybde i Blypladen, som viser sig bedækket med et Lag af Blyilte. Vender man nu Strømmen, vil Ilten afsætte sig paa den Plade, der før modtog Brint og bearbejdede den paa samme Maade som den første. Brinten, som afsætter sig paa den Plade, der før blev iltet, vil berøve det ovennævnte Lag af Blyilte noget af dets Ilt, dog ikke saaledes, at Laget igjen bliver til Bly, men til et iltfattigere Blyilte.

Bearbejdes Pladerne paa den Maade ved en Strøm, som gaar uafladelig men vexelvis i modsatte Retninger i Løbet af flere Dage, ere Blypladerne tilstrækkeligt gjennemarbejdede til at gjøre Tjeneste i en Akkumulator. Naar man nemlig efter den Tid sender en Strøm igjennem fra den ene Plade til den anden, vil Vandet vel adskilles i Ilt og Brint; men man ser ikke noget til disse Luftarter, thi det Lag af Blyilte, som bedækker Pladerne, *er i Stand til at optage store Mængder af dem.* Virkningen af den primære Strøm er den, at gjøre den ene Plade rigere, den anden fattigere paa Ilt. Saa længe denne Forskjel ikke er udjævnet, kan Akkumulatoren afgive Elektricitet. Men efterhaanden som denne forbruges, vil Forskjellen udjævnes, thi den sekundære Strøm gaar modsat den primæres Retning og vil derfor afsætte Ilt, hvor den primære gav Brint, og omvendt.

Ved at lade en Akkumulator opnaar man til en Tid at gjøre et galvanisk Element ud af et Kar med to Blyplader i fortyndet Svovlsyre. Det er et kraftigt Element med en Spænding ved Polerne, der omtrent er 2 Volt og en ringe Modstand i Vædsken mellem Pladerne, da disse kunne gjøres meget store og lægges nær

ved hinanden (jvfr. S. 462). Men man kan dog opnaa samme Virkning ved almindelige galvaniske Elementer, og de have det Fortrin, at de besidde Kraften selv, medens Akkumulatoren maa laane den fra en anden Elektricitetskilde. Naar man desuagtet har arbejdet saa ivrig paa at udvikle og forbedre Akkumulatoren, er det, fordi den er et galvanisk Element, som ikke forbruger det kostbare Zink. Akkumulatoren forbruger Ilt og Brint, men det er stadig den samme Mængde, den forbruger, hver Gang den lades paa ny; og *til sin*

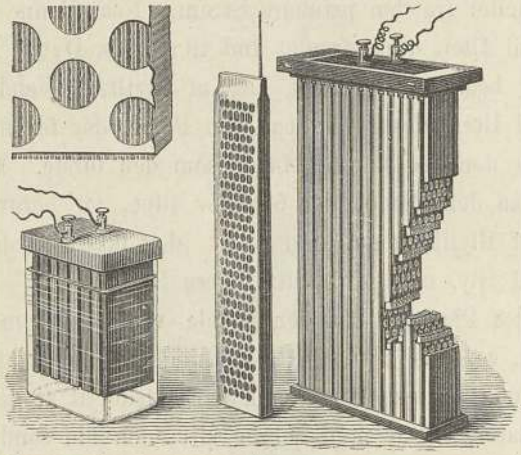


Fig. 225. De Kabaths Akkumulator. Øverst til venstre sees et Brudstykke af en Blyplade. Den er dannet ved at stable bølgeformigt bøjede Baand af Bly sammen. For at holde sammen paa denne Stabel er den paa hver Side omgiven af en solidere Blyplade, der er giennemhullet for at tillade, at Vædsken strømmer igjennem. Midtvejs sees en hel Plade og længst tilhøjre en Samling af Plader bestemt til at nedsættes i et firkantet Kar for saaledes at danne en færdig Akkumulator. En saadan sees forneden til venstre (omtr. $^1/_{24}$ virkelig Størrelse).

Ladning kan den bruge den billige Elektricitet fra en Dynamo, der drives af en Dampmaskine.

Vi have ved forskjellige Lejligheder i det foregaaende omtalt Anvendelser, man har gjort af Akkumulatoren, men tillige antydet, at man ikke endnu fuldt tør stole paa dens Anvendelighed i Praxis. Hovedvanskeligheden ligger vistnok deri, at Blypladerne ved Brugen angribes saa stærkt, at Dele af dem smuldre hen. De løsrevne Dele kunne paa sine Steder udfylde Mellemrummet mellem Pladerne og

derved gjøre Akkumulatoren uvirksom, idet Strømmen søger derigjennem i Steden for igjennem Ledningstraadene. Paa Grund af denne Ulæmpe har man opgivet at rulle Pladerne op (Fig. 36), idet man i Reglen, som Figur 225 viser, i Steden for stiller en hel Række op ved Siden af hinanden i et firkantet Kar. Man kan da lettere fjærne, hvad der samler sig mellem Pladerne.

De Kabaths Akkumulator er en Forbedring af Plantés, idet den kan optage en meget stor Ladning med forholdsvis smaa Blyplader. Dette er opnaaet ved at indrette Pladen saaledes, at den frembyder en meget stor Overflade for den primære Strøms Paavirkning. Pladen er nemlig saa at sige porøs, idet den er dannet af mange Lag af sammenlagte Blystrimler.

Faures Akkumulator forbedret af Sellon og Volckmar dannes af kvadratiske Blyplader, der støbes i Ristform, saa at hver Plade er gjennemhullet med en Mængde kvadratiske Huller. Disse udfyldes, før Pladerne sættes ned i Karret, med Blyilter, som altsaa ere tilstede i Akkumulatoren, før den bearbejdes af Strømmen.

En enkelt Kabaths Akkumulator siges at kunne give en Strøm paa 16 Ampere i 9 Timer, naar den er fuldt ladet og vejer 70 Pund. Et Batteri af 130 Akkumulatorer stillede dels i Række, dels sideordnede, ville herefter kunne bringe 50 Lamper til at lyse hver med over 15 Normallyses Styrke i 9 Timer. Da hver Akkumulator vejer omtr. 70 Pund, vil det hele Batteri veje henved 10000 Pund. Dette bliver en Vægt af 200 Pund pr. Lampe eller 13 Pund pr. Normallys. De 130 Akkumulatorer ville bedække en Gulvflade af omtrent 300 Kvadratfod.

Prof. Jul. Thomsen har allerede i 1864 benyttet Polarisationen af Platinplader. Han dannede et Apparat, der bestaar af to Truge, som afdeles i Celler ligesom Trugapparatet S. 27. Skillevæggene dannes af tynde Platinplader. Til Apparatet hører en Strømfordeler, fra hvilken der føres Traade til alle Pladerne, og hvorigjennem Cellerne lades, den ene efter den anden, fra et eller to galvaniske Elementer, der saaledes sammen med »Polarisationsbatteriet« kunne erstatte et sædvanligt Batteri, som optager en mange Gange større Plads.

VI.

Elektriciteten og Livsvirksomheden.

Elektriciteten i det dyriske Legeme. Elektriske Fiske. Elektrisering paa Isolerskammel. Elektrisering ved Strømmen fra et galvanisk Batteri, Induktionsrullen eller magnetoelektrisk Maskine. Strømmens Virkninger paa Muskler og Nerver. Elektriske Apparater til Brug for Læger. Elektrisk Bad. Heste styrede ved den elektriske Strøm.

Elektriciteten indtager en vigtig Plads blandt de Naturkræfter, som Livet benytter sig af, for at faa Legemets forskjellige Organer til at udføre deres Funktioner. Man vil maaske næppe finde et Organ i det dyriske Legeme, hvor man ikke kan paavise elektrisk Virksomhed, om man end langt fra altid kan se, hvad der opnaas ved denne Virksomhed. Det er især den tyske Fysiolog DU BOIS REYMOND, der i den nyere Tid har undersøgt disse Forhold. I Reglen skal der fine Instrumenter til for at paavise den elektriske Virksomhed i det dyriske Legeme. Men hos nogle Dyr som den elektriske Aal og den elektriske Rok ytrer Elektriciteten sig meget tydeligt, og det formaalstjenlige for Dyret ved at besidde Evnen til at udvikle denne Kraft ligger ogsaa meget tydeligt for. Dyret er nemlig i Stand til at give stærke elektriske Stød, der virke dræbende paa mindre og lammende eller i det mindste smertebringende paa større Dyr og Mennesker, saa at Elektriciteten er et kraftigt Vaaben baade til Angreb og Forsvar.

Elektricitet, som tilføres et Menneskes Legeme ude fra, har ofte stor Virkning paa dette. Man kan »elektriseres« paa forskjellige Maader, der have hver sin Virkning. Legemet kan »lades« med Elektricitet, ved at man rører med Haanden ved Konduktoren (S. 59) i en Elektrisermaskine, hvis Skive drejes rundt. Da det menneske-

lige Legeme imidlertid er en god Leder, vil Elektriciteten strømme bort ned i Jorden, hvis Legemet ikke isoleres. Man har derfor indrettet Isolerskamlen, en Skammel, som hviler paa Glasfødder, og hvorpaa den, der skal elektriseres, stiger op. At Legemet belægges med hvilende Elektricitet, mærkes paa, at Haarene begynde at rejse sig. Hvert Haar bliver nemlig elektrisk, hvorfor det frastøder og selv frastødes af Nabohaarene. Et blødt Haar kan derfor rejse sig, saa det stritter ud til alle Sider fra Hovedet. Fra ethvert Sted af Legemet kan der springe Gnister over paa gode Ledere, som nærmes dertil. De Virkninger, man mærker af at *lades med hvilende Elektricitet*, indskrænke sig hovedsagelig til den, der hidrører fra, at Haarene rejse sig.

En anden og langt virksommere Maade at elektrisere paa bestaar i at *sende en elektrisk Strøm gjennem Legemet* eller Dele af dette. Legemet hører vel til de gode Ledere, forsaavidt som stærk Elektricitet i umærkelig kort Tid breder sig ud derover. Men sammenlignet med Metallerne gjør det stor Modstand mod den elektriske Strøm. Slutter man Strømmen fra et galvanisk Batteri ved at røre med den ene Haand ved Batteriets negative Pol og den anden ved den positive Pol, gaar der vel en Strøm, men den er i Henhold til Ohms Lov (S. 461) meget svag, idet Modstanden i Legemet er mellem 2000 og 4000 Ohm stor. Er Batteriet en Voltasøjle (S. 26) paa 50—100 Sæt Plader, mærker man, idet man slutter Forbindelsen mellem Polerne, et svagt Stød eller Ryk i hver af de rørende Fingre*). Medens Fingrene hvile paa Polpladerne, mærkes derimod intet, skjønt Strømmen stadig gaar. Det er saaledes ikke den Tilstand, hvori Strømmen sætter Organerne, man mærker; men det er den pludselige *Overgang* fra den strømløse Tilstand til den ved Strømmen tilvejebragte, man mærker. Derfor mærker man ogsaa paany et Stød, naar man bryder Forbindelsen mellem Polerne ved at fjerne den ene Finger. Jo brattere Overgangen er, desto stærkere bliver Virkningen.

*) For at lette Elektricitetens Overgang til Legemets Vædsker, væder man den rørende Finger med Saltvand eller Vand med lidt Syre.

Det kan ikke undre, at den jævne Strøm i Reglen kun har ringe Virkning, da den er svag paa Grund af den store Modstand. Er imidlertid den elektromotoriske Kraft (S. 461) meget stor, vil ogsaa den jævne Strøm have en følelig Virkning; men denne bliver da let af en saadan Natur, at den bliver farlig. Duchenne vilde forsøge Virkningen af en jævn men stærk Strøm paa et Menneske, der led af Ansigtslamhed. Saa snart Strømmen blev sluttet, raabte den syge, at han saa Værelset i Brand, hvorefter han blev blind for bestandig.

Den fysiologiske Virkning, som foraarsages ved, at en elektrisk Strøm kommer eller forsvinder i Legemet, har faaet megen Anvendelse i Lægekunsten. Man kan opnaa en meget stærk Virkning af denne Art ved at lade en Leydnerflaske (S. 18) fra en Elektrisermaskine og derpaa udlade dens Elektricitet gjennem Legemet ved Berøring med Hænderne. En stærk Ladning vil fremkalde en hæftig Smærte i Brystet. Det er dog i Reglen den hyppige Gjentagelse af en mindre voldsom Virkning, der faar Betydning som Helbredelsesmiddel.

Hvis man med Hænderne fatter to Stykker Metal, der ere forbundne med Polerne i et Batteri ved Ledningstraade, og der i den ene af disse er indskudt et Apparat, en Strømafbryder, som med meget korte Mellemrum afbryder og atter slutter Strømmen ved at sættes i Bevægelse, vil man mærke en Zitren i Hænderne, idet man faar et Stød, hver Gang Strømmen sluttes eller afbrydes. Ved det Apparat, som kaldes en Strømvender eller Kommutator, kan man indrette det saaledes, at der til hvert af de ovennævnte Metalstykker vexelvis sendes positiv og negativ Elektricitet fra Batteriet, saa at Strømmen uafladeligt skifter Retning i Legemet eller rettere: Strømmen i den ene Retning forsvinder for øjeblikkeligt at afløses af Strøm i modsat Retning. Da Springet herved bliver større, end naar Strømmen simpelthen afbrydes, bliver ogsaa Virkningen stærkere ved Anvendelse af Kommutator end ved Strømafbryder.

Som før nævnt, maa der et Batteri af mange galvaniske Elementer til for at give denne Virkning. De vexlende Strømme, som høre til, kan man imidlertid faa ved et langt mindre Apparat. Det er allerede S. 48 og 50 omtalt, at en *Ruhmkorffs Induktionsrulle*

af ringe Størrelse forsynet med en Wagnersk Hammer er i Stand til at frembringe meget følelige Virkninger. Til at frembringe de kortvarige men, saa længe de vare, stærke Strømstød i den ydre Traad behøves kun Strømmen fra et enkelt eller et Par galvaniske Elementer i den indre Traad.

Magnetoelektriske Vexelstrømmaskiner som Clarkes (S. 34) kunne indrettes til at give kortvarige stærke Strømstød af tilstrækkeligt kraftig fysiologisk Virkning. Da de sættes i Virksomhed, alene ved at man drejer rundt paa Maskinens Haandtag, er Apparatet simplere, forsaavidt som man ikke behøver noget galvanisk Element; men hvis den, som skal bruge Apparatet, ikke har en Haand tilovers til Udførelse af Drejningen, maa han have en Assistent. Af den og andre Grunde foretrækkes ofte Ruhmkorffs Rulle, som holdes i Virksomhed alene ved det galvaniske Element.

Den fysiologiske Virkning af den elektriske Strøm bestaar i at vække Nerve- og Muskelsystemet til Virksomhed. Strømmen fremkalder derfor let uvilkaarlige Bevægelser som krampagtig Bøjning af Armene og Sammenknugning af Hænderne. Som bekjendt kan Strømmen ogsaa bringe Musklerne i et nylig dræbt Dyr til at bevæge Lemmerne. Behandler man et virksomt Organ med Elektricitet i længere Tid, kan det tilsidst blive lammet, saa at Elektriciteten af den Grund skal kunne bruges som krampestillende Middel. Følenerverne blive paavirkede der, hvor Strømmen ledes til eller fra Legemet. Man føler det som en prikkende Fornemmelse, der ved stærke Strømme gaa over til en stikkende eller brændende Smerte; denne mildnes, naar man lader Elektriciteten gaa over til Legemet gjennem en vaad Svamp, medens den er højst ubehagelig, hvis der bruges en tør Gjenstand dertil, f. Ex. en Børste eller Pensel af Metaltraade.

Hvis den ene Pols Elektricitet føres til det lukkede Øjelaag, det andet til Nakken, vil Strømmen fremkalde Lysvirkninger, der bestaa i, at man tror at se dels Glimt, dels Kredse og Ringe med forskjellige Farver. Ved at fylde den ene Øregang med Vand og deri indføre den ene Pol, medens den anden tages i Haanden, kan man frembringe Lydfornemmelser ved Strømmen. Forsøg over Elektrici-

tetens Indvirkning paa Syns- og Hørenerverne ere ledsagede af meget ubehagelige Virkninger, og kunne let blive farlige, hvorfor man kun kan advare mod, at saadanne udføres af andre end dem, der ere fuldt fortrolige baade med det elektriske Apparat og med de Erfaringer, man alt har gjort om Elektricitetens Indvirkning paa Organerne.

Fig. 226 viser et transportabelt Induktionsapparat til Brug for Læger med de tilhørende Hjælpeinstrumenter, alt indesluttet i en Trækasse. Længst til højre ses et Batteri af to galvaniske Elementer, til venstre for disse ere to Induktionsruller anbragte. Hver Induktionsrulle bestaar af en Jærnstang, udenom hvilken der er viklet først en tykkere isoleret Kobbertraad, den »indvendige«, hvori Batteriets Strøm cirkulerer, og derpaa en tyndere ligeledes isoleret Traad, den »udvendige«, hvorfra de af Lægen benyttede Strømstød udgaa (S. 47). Tænkes

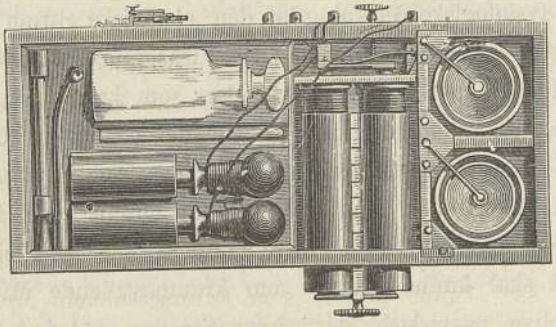


Fig. 226. Transportabelt Induktionsapparat til Brug for Læger (omtr. $^1/_5$ virkel. Størr.).

den udvendige Traad fjærnet, da bliver der tilbage en Mekanisme, som er den selv samme, vi have beskrevet S. 94 i den elekriske Klokke, naar bortsees fra den Metalstilk, som bærer den lille Metalkugle eller Hammer, der slaar paa Klokken. Strømmen fra Batteriet i den indvendige Traad vil derfor uafladelig afbrydes og atter sluttes, og dette fremkalder hver Gang et Strømstød i den udvendige Traad. Det vippende Jærnstykke, som foraarsager Afbrydelserne, sees for oven i Figuren ud for Enderne af Rullerne.

Induktionsrullernes udvendige Traad fortsættes med to bøjelige Traade, som føre til to cylindriske Haandtag af Messing, der sees at

fylde omtrent Fjerdedelen af Kassen forneden til venstre. Den der skal elektriseres, fatter med en Haand om hvert af disse Haandtag, hvorved hans Legeme modtager ethvert Strømstød, der udgaar fra den udvendige Traad i Induktionsrullerne. De to Ruller ere omgivne hver af sit Metalhylster; Hylstrene kunne trækkes mere eller mindre ud, og deres Stilling mærkes ved en Maalestok, der ligger mellem dem. Herved kan Strømstødenes Styrke modereres, til de næsten helt ophøre. Ere Hylstrene skudte helt ind, da har den indvendige Strøms Evne til at frembringe Induktionsstrømme (dens *inducerende* Virkning) to Kredsløb at virke i: det ene er den udvendige Traad, hvis Ender ere forbundne ved dens Legeme, som fatter Haandtagene, det andet er Metalhylsteret. Da Modstanden mod Elektricitetens Strømning i dette er mangfoldige Gange mindre end i det første, bliver Strømmene deri stærke (jfr. Strømmene i Jærnringen i Grammes Maskine S. 356), og det har til Følge, at Hylsteret sluger næsten hele den inducerende Virksomhed, saa at Stødene i den udvendige Traad blive svage. Efterhaanden som Hylstrene trækkes længere ud, frigjøres bestandig større Dele af Rullen for den svækkende Virkning, saa at Stødene efterhaanden forstærkes.

Længst tilvenstre i Figuren sees to Apparater, som kunne anbringes paa Enderne af Ledningstraadene i Steden for de før nævnte Haandtage. De ere bestemte til at anbringes paa forskjellige Steder af Legemet, naar enkelte Dele af dette skulle behandles (lokal Elektrisering). Det ene af dem ender med en Svamp. Begge Apparater ere forsynede med isolerende Haandtag. Endnu sees anbragt i Kassen en Flaske til den Vædske, der bruges i Elementerne.

Som tidligere omtalt, vil den, der modtager kraftige og hyppige Strømstød fra en Induktionsrulle, tvinges til at udføre uvilkaarlige Bevægelser. Hænderne knuges om de Metalcylindre, man har fat paa, saa at man ikke kan slippe dem, selv om man ønsker det for at blive fri for den ubehagelige Fornemmelse. Til at befri sig for den har man imidlertid et andet meget simpelt Middel: Man fører Hænderne sammen, til Metalcylindrene røre hinanden; naar det sker, vil Elektriciteten udelukkende søge gjennem Røringspunktet; Legemet

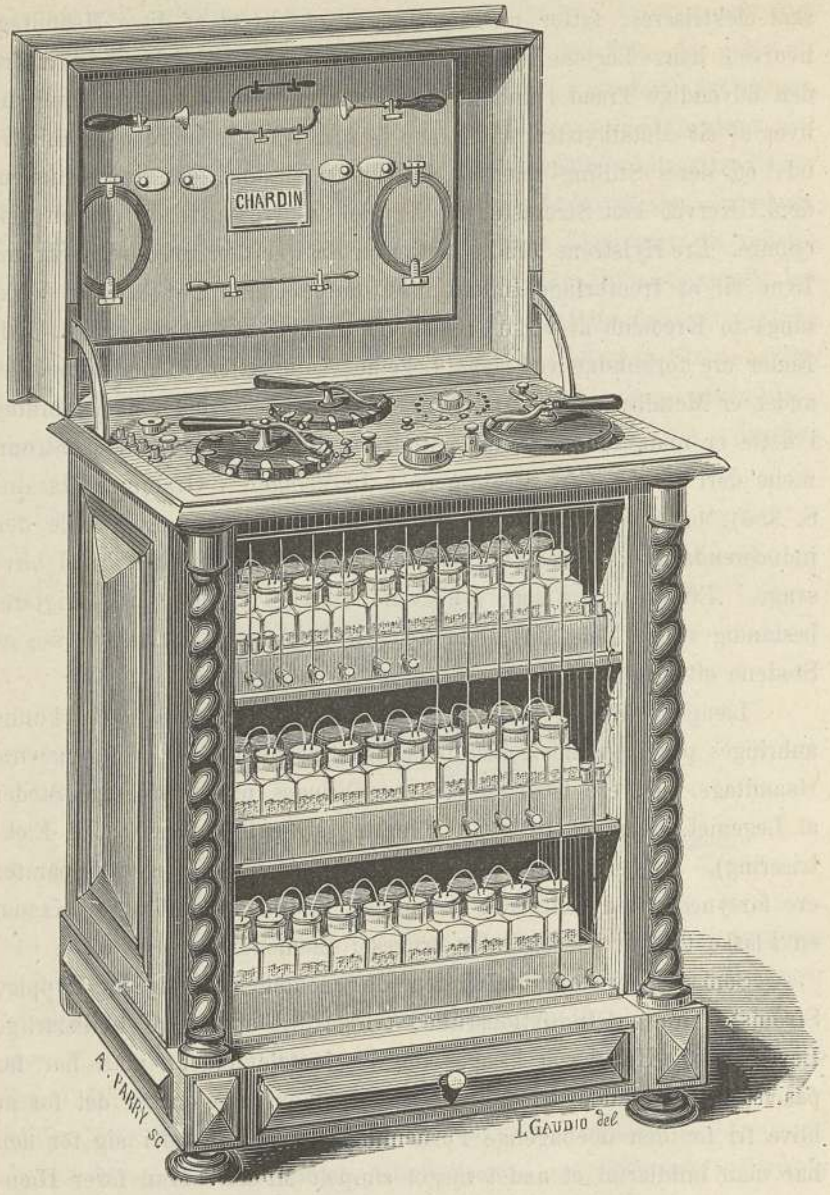


Fig. 227. Skab med elektriske Apparater til Brug for Læger (efter Tidsskriftet La lumière électrique).

bliver saaledes fri, og i samme Øjeblik kan man slippe Taget om Metalcylindrene.

Fig 227 viser et Skab, som indeholder de for en Læge nødvendige Apparater til den elektriske Behandling af Patienter. Det største Rum optages af et stort Antal galvaniske Elementer; Poltraadene fra disse ere førte op til Pladen over Skabrummet. Her ere de førte sammen til Metalstykker, der ere ordnede i Kredse; en bevægelig Strømslutter kan bevæge sig hen over disse Metalstykker; derved kan man efter Omstændighederne tage faa eller mange Elementer i Brug, indskyde disse i Række eller sideordnet, og afbryde eller slutte Strømmen i det Apparat, hvori den virker. Et Galvanometer viser Strømmens Styrke og Retning, og der findes Klemmeskruer til at fæste Traadene, der føre Strømmen hen, hvor den skal bruges. I Laaget findes anbragt forskjellige Apparater, der høre til Strømmens lægevidenskabelige Anvendelse.

Man har indrettet elektriske Badekure, hvor der ledes en elektrisk Strøm fra Vandet gjennem den badendes Legeme. Dette kan ske, naar Legemet hindres i at røre Karret ved at hvile paa en Kautscukplade; Elektricitetskildens ene Pol sættes i Forbindelse med en Plade i Vandet, der gjøres salt for at lede Strømmen, medens den anden fører til et Metalhaandtag, som den badende fatter.

Den Omstændighed, at Fornemmelsen ved Elektriseringen er saa forskjellig fra andre Fornemmelser, og at man føler sig bemestret af den paa Grund af de uvilkaarlige Bevægelser, som Strømmen tvinger Musklerne til at udføre, gjør, at mange faa Rædsel for den. Den fysiske Virkning er den samme paa Dyr som paa Mennesker, men den virker endnu mere overraskende og forfærdende paa Dyrene. Man har forsøgt at bruge den elektriske Strøm for at faa Magt over ustyrlige Heste, og efter Sigende skal ingen Hest kunne modstaa. Langs ad Tømmens Liner lader man løbe en Ledningstraad, der udgaar fra en lille magnetoelektrisk Maskine, som staar ved Siden af Kusken. Ved at dreje paa dens Haandtag, kan Kusken, hvad Øjeblik han vil, sende en Strøm gjennem Hestens Hoved.

TILLÆG.

Magnetismen.

Jærn, Staal og nogle andre Stoffer kunne blive magnetiske, det vil sige, faa Evnen til at tiltrække visse Stoffer. Undersøger man, hvilke Stoffer der kunne tiltrækkes, finder man, at det er de samme som dem, der kunne blive magnetiske. Man kan gjøre et Legeme magnetisk blot ved at nærme det til en Magnet. Staal maa stryges paa sin Overflade med en Magnet for at blive stærkt magnetisk; dets Magnetisme bevares længe. Jærn kan blive stærkere magnetisk end Staal; men dets Magnetisme forsvinder for største Delen, saa snart Aarsagen til, at det blev magnetisk, hører op med at virke.

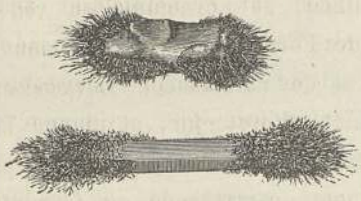


Fig. 228.

For at undersøge, hvor en Magnets Magnetisme har sit Sæde, dypper man den ned i Jærnfilspaan. Derved finder man, at Magnetismen ikke findes ligelig fordelt over hele Magnetens Overflade; thi nogle Steder hænge Filspaanene ved i tykke Duske, andre Steder hænger intet ved (Fig. 228). De Steder, hvor Magnetismen paa den Maade viser sig stærkest, kaldes Magnetens Poler. En Magnet har altid i det mindste to Poler.

Anbringes en Magnet med to Poler paa en Spids (Fig. 229) eller hænger man den op i en Traad saaledes, at den kan dreje sig frit i et vandret Plan, vil den dreje sig hen i en bestemt Retning, med den ene Ende, Nordenden pegende omtrent i Nord, medens den anden, Sydenden, altsaa peger omtrent mod Syd (Kompasset). Hver Magnet faar saaledes sin Nordpol og sin Sydpol. Holder man to Nordpoler hen i Nærheden af hinanden, ville de frastøde hinanden; det samme vil ske med to Sydpoler, medens en Sydpol og en Nordpol ville tiltrække hinanden. Dette kan man vise, ved at mærke Polerne i to Magneter med synlige Mærker, hænge den ene op som i Fig. 229 og derpaa med Haanden nærme den anden dertil; man vil se Enden af den bevægelige Naal flygte for den første, hvis

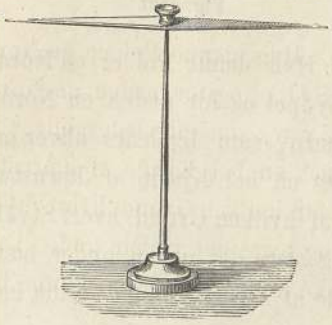


Fig. 229.

de to Poler, der føres sammen, ere af samme Art, hvorimod den stiler hen imod den anden, hvis de ere af modsat Art. Heraf udledes følgende Sætning: *Ensartede Magnetpoler frastøde, uensartede tiltrække hinanden.*

Hvis to Magneters Nordpoler lægges sammen, ville de virke som én, stærkere Pol. Lægges en Sydpol og en Nordpol sammen, ville de to kunne ophæve hinanden. Dette kan man vise ved at hænge et Stykke Jærn op ved Sydpolen S af en Magnet (Fig. 230) og derpaa skyde en anden Magnet med sin Nordpol N frem efter hen over den første Magnet. Naar N kommer i Nærheden af S, vil Jærnstykket falde fra den første Magnet.

Naar et Stykke Jærn eller andet magnetisk Stof kommer i Nærheden af en Magnetpol, vil det, som før sagt, selv blive til en Magnet. Nærmest ved Polen faar Jærnet en Sydpol, hvis Magnetens Pol er en Nordpol, og en Nordpol, hvis Magnetens Pol er en Sydpol. Dette er Grunden til, at en Magnet kan tiltrække netop de samme Ting, som selv kunne blive magnetiske, idet den først gjør dem til Magneter og derefter tiltrækker dem. I Fig. 231 bærer Magnetens

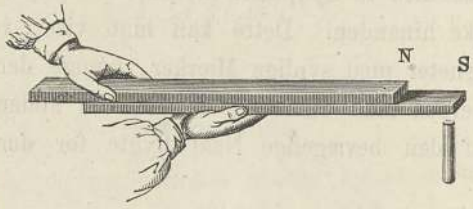


Fig. 230.

ene Pol et Jærnstykke. Hvis denne Pol er en Nordpol, vil Jærnet altsaa foroven have en Sydpol og for neden en Nordpol. Det kan derfor bære et nyt Stykke Jærn, som ligeledes bliver magnetisk. Paa den Maade kan der dannes en hel Kjæde af Jærnstykker, som hvert for sig blive magnetiske, af hvilken Grund hvert Stykke kan bæres af det oven over hængende og bære det neden under hængende. Paa samme Maade dannes de Duske af Filspaan, som kunne hænge ved en Magnet.

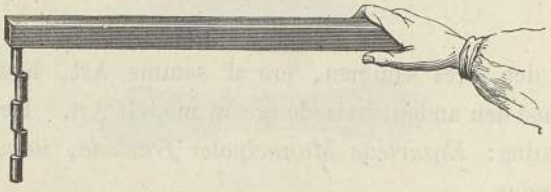


Fig. 231.

Nærmer man to Magnetstænger til hinanden fra modsatte Sider, saa at de komme til at ligge i Forlængelse af hinanden, vil Magnetismen forstærkes i begge Stænger, hvis de Poler, der føres mod hinanden, ere af modsat Art, medens Magnetismen vil svækkes, hvis Polerne ere af samme Art. Er den ene Stang en oprindeligt umagnetisk Jærnstang, vil den blive magnetisk ved at nærmes til den

anden. Det er altsaa i Virkeligheden to Magneter, man fører sammen, og to Magneter, hvor de Poler, der føres mod hinanden, ere af modsat Art. En Magnet bliver derfor forstærket, ved at man nærmer Jærn til dens Poler.

Den ombøjede Magnet, Hesteskomagneten (S. 34), bliver i Almindelighed forsynet med et »Anker«, naar den ikke bruges. Ankeret er et Stykke Jærn, der lægges over som en Bro fra den ene Pol til den anden (S. 62). Det vil hindre Magnetismen i med Tiden at tabe sig, idet de to Poler i Ankeret fastholde Polerne i Magneten. Naar man skal have en stor Staalmagnet, kan det blive vanskeligt at faa den gjennemmagnetiseret. Man sammensætter den derfor ofte, som det ses i Fig. 22, 24 og 115, af flere Plader eller Stænger, som magnetiseres hver for sig og derpaa sammenføjes.

Enheder for Maal og Vægt.

Længde.

1 Kilometer = 1000 Meter = 0,13276 danske Mil.

1 Meter = 10 Decimeter = 100 Centimeter = 1000 Millimeter = 3,18620 danske Fod.

1 Millimeter = 0,4588 Linie (Duodecimalmaal).

Rumfang.

1 Liter = 1 Kubikdecim. = 1000 Kubikcentim. = 0,032346 Kubikfod = omtr. $1^1/_{30}$ Pot.

1 Liter rent Vand ved 4° Cels. og i lufttomt Rum vejer 1 Kilogram.

Vægt.

1 Kilogram = 1000 Gram = 2 danske Pund = 200 Kvint.

1 Gram = 10 Decigram = 100 Centigram = 1000 Milligram = $^1/_5$ Kvint.

Literatur, der har været benyttet ved Bogens Udarbejdelse: Du Moncel: Le telephone, samme: Le microphone, samme: L'éclairage électrique, Guillemin: Le monde physique, Parville: L'électricité, Schwartze: Telephon, samme: Die Motoren der elektr. Maschinen, Zacharias: Die elektr. Leitungen, Urbanitzky: Das elektr. Licht, samme: Die elektr. Beleuchtungsanlagen, Glaser de Cew: Magnetelektr. und dynamoelektr. Maschinen, Waechter: Die Anwend. der Elektr. für militär. Zwecke, Krämer: Die elektr. Eisenbahnen, Hauck: Die galvan. Batterien, Japing: Die elektr. Kraftübertragung, samme: Die Elektrolyse, Beringer: Krit. Vergleichung der elektr. Kraftübertragung mit den gebräuchlichsten mechan. Uebertrag., Lewandowski: Die Elektrotechnik in der Heilkunde, Tidsskrifterne: Elektrotechn. Zeitschrift, La lumière électrique og Nature (engelsk).

Rettelser.

S. 45, Lin. 3 f. o.: Fig. 28, læs: Fig. 29.
- 347, — 3 — og for — og.
- 354, — 2 f. n.: Traadene — Traaden.
- 432, — 7 f. o.: Lys, da kan, læs: Lys kan.
- 458, — 10 f. n.: fordi dette ingen Syre indeholder, læs: fordi der ingen Syre findes.

Indholdsfortegnelse.

I. ELEKTRICITETEN I NATUREN.

Side

Elektriciteten i Naturen ..... 1.
Lynet og dets Natur. Franklins o. a. Forsøg derover. Lynafledereren. Tordenen. Lynets Virkninger. Kuglelyn. St. Elmsild. Nordlyset, dets Theori efter Edlund og Lemstrøms Forsøg over det.

II. ELEKTRICITETENS FREMBRINGELSE OG VIGTIGSTE EGENSKABER.

1. Stillestaaende Elektricitet .... 14.
Gilbert opdager Elektriciteten som en almindelig Naturkraft. Det elektriske Lys. Legemernes Ledningsevne. Dufays Opdagelse af de to Slags Elektricitet. Leydnerflasken. Elektrisermaskiner.

2. Strømmende Elektricitet ..... 24.
Det galvaniske Element. Voltasøjlen. Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen. Faradays Opdagelse af Induktionen. Magnetoelektriske Maskiner. Clarkes Maskine. Alliancemaskinen. Wildes Maskine. Dynamoelektriske Maskiner. Siemens og Grammes Maskiner. — Ruhmkorffs Induktionsrulle. — Den elektriske Strøms kemiske Virkning. Akkumulatorer. — Den elektriske Strøms Varmevirkning. Thermoelektriske Batterier. — Oversigt.

III. BEVÆGKRAFT VED ELEKTRICITET.

1. Telegrafen ..... 61.
Elektromagneten. — Brevduen. Pnevmatisk Post. Optisk Telegraf, Polybs, Æneas og Chappes Systemer. Den optiske Telegraf tilsøs. — Elektrisk Telegraf. Naaletelegraf. Morses System. Jordplader. Skivetelegraf. Trykketelegraf. Pantelegraf. Undulator. La Cours System.

Side

Tonehjulet. Søkabler. Luft- og Jordledninger. Telegrafens Anvendelser. Ringeapparater. Lydtelegraf. — Selvvirkende Telegrafer. Bloksystemer. Anvendelse i Meteorologien.

2. Tidsmaaling ved Elektricitet ..... 100.
Elektriske Ure. — Smaatidsmaaling. Wheatstones, le Boulengés og Siemens Smaatidsmaalere. Maaling af Projektilers Hastighed. Sandseindtryks Forplantningshastighed. Explosioners Hastighed. Bestemmelse af to Steders Længdeforskjel. Elektricitetens Hastighed i Ledninger.

3. Telefoni ..... 108.
Lydens Hastighed. Raaberen. Talerøret. Aerofonen. Fonografen. Traadtelefonen. Telefoni ved den elektriske Strøm.

4. Den elektriske Telefon ..... 115.
Den elektriske Lydbølgestrøm. Bells Telefon bringes til at tale ved en saadan Strøm. — Frembringelse af Bølgestrømmen. Reis's Musiktelefon. Edisons Kultelefon afsender og Bells Telefon modtager de elektriske Bølger. — Bells Telefon baade som Afsender og Modtager. — Oversigt.

5. Mikrofon og Fotofon ..... 128.
Forstærkelse af Lyden. Hughes Mikrofon. Forsøg med Mikrofonen. — Bells Fotofon. Radiofoni.

6. Telefonens praktiske Anvendelse. — Telefonering uden galvanisk Element ..... 136.
Bell Telefonens Historie. Telefonens Regulering. Flad Telefon. Siemens, Gowers, Aders og Grays Telefoner. Telefontavlen. Kjøbenhavns By- og Hustelegraf. Den første Centralstation i Paris.

7. Telefonens praktiske Anvendelse. — Telefonering med galvanisk Element ..... 147.
Telefonen i Telegrafiens Tjeneste. Telefoneringens Betydning. — Bells og Grays Vædsketelefoner. Blakes, Hopkins og Aders Kultelefoner. Telefontavlen. Talens Art. Samtale mellem tre.

8. Telefonens praktiske Anvendelse. — Offenlige Telefonanstalter ..... 156.
Paris's Telefonvæsen. — Kjøbenhavns Telefonselskab. Operationsbordet. Maaden, hvorpaa to Abonnenter sættes i Forbindelse med hinanden. Bytelegrafien. Samtalestationer. — Mangler ved Telefonen. Hemmelig Telefonering. Afstande, paa hvilke der kan telefoneres. Telefonledninger og Lynnedslag. Telefonens Udbredelse.

9. Specielle Anvendelser af Telefon og Mikrofon ..... 165.
Telefonen som Spion. Dykkeres Anvendelse af Telefonen. Telefonen i Japan. Overførelse af Musik og Sang. Den elektriske Udstilling og Operamusiken i Paris. Den syngende Kondensator.

10. Telefonen i videnskabelige Undersøgelser ..... 172.
Telefonens Følsomhed. Anvendelse i Lydundersøgelser. Avdiometer.

Side

Induktionsvægten og dens Anvendelse til Søgning efter Projektiler i Skudsaar. — Reis's Modtagertelefon. Thompsons Telefon.

11. Maskinkraft. — Kraftmaskiner ..... 178.
Kraftmaskinens Opgave. Arbejdsmaskiner. Kraftflytning ved mekaniske Midler og ved Elektricitet. Dampkraftens Betydning. — Vind- og Vandkraft. Turbinen. Bevægelse frembragt ved Varme og Elektricitet. Dampmaskinen. Brotherhood's Dampmaskine. Gaskraftmaskinen. Prisen paa Arbejde, leveret af forskjellige Kraftmaskiner.

12. Den elektriske Kraftmaskine..... 190.
Bourbouzes, Fromonts og Jacobis Kraftmaskiner. Deprez's og Bürgins Motorer. Sammenligning mellem Maskiner, der frembringe Elektricitet ved Bevægkraft og de elektriske Kraftmaskiner. Grammes dynamoelektriske Maskine som Kraftmaskine. Paccinottis Maskine.

13. Den elektriske Kraftmaskines Anvendelse. — Det galvaniske Element er Kraftkilden..... 200.
Smaa Arbejdsmaskiners Drift. Elektrisk Baadfart. Luftballon med elektrisk Drivkraft. Edison's elektriske Pen. Forskjellige Anvendelser.

14. Den elektriske Kraftmaskines Anvendelse. — Kraftflytning 206.
Vandkraften. Dens Anvendelse i Bjergværksdriften. Kraftflytning ved mekaniske Midler. Jærntraadstov, Vand- og Lufttryk. Kraftflytning ved Elektricitet og ved Varme. — Sammenligning mellem de forskjellige Kraftflyttere. Grænsen for Kraftflytningen. Akkumulatorerne som Kraftflyttere.

15. Praktisk Anvendelse af elektrisk Kraftflytning..... 214.
Kraftflytninger paa de elektriske Udstillinger i Paris, München og Wien. Vandkraften som Erstatning for Kul. — Armstrongs og Siemens Kraftflytninger. Den elektriske Hammer. Kraftflytning i Landbruget. Pløjning ved Elektricitet i Sermaize. — Kraftspredning ved Elektricitet og Vandtryk. Ventilation ved elektrisk Kraftflytning.

16. Praktisk Anvendelse af elektrisk Kraftflytning. Elektriske Jærnbaner..... 226.
Dampjærnbaner. Den døde Vægt. Damp-Akkumulator. Jærntovsbaner. Elektrisk Jærnbanedrift. Skinnerne bruges som Ledninger. Den første elektriske Jærnbane. Lichterfeldebanen. Siemens elektriske Bane i Paris 1881. Fare for elektriske Stød fra Skinnerne. Luftledninger. Banen Portrush-Bush Mills i Irland. Luftbaner. Akkumulatorer til Vogndrift. — Farten paa en elektrisk Bane. Kraftforbruget retter sig efter Kraftbehovet. Vognens Indretning. Bremsning ved mekaniske Midler og ved Elektricitet. Fuldførte Baneanlæg. Den elektriske Jærnbane ved Udstillingen i Wien 1883.

17. Praktisk Anvendelse af elektrisk Kraftflytning. Forskjellige elektriske Transportmidler..... 239.
Tricykle, Ballon og Omnibus, drevne ved Elektricitet. Baadfart ved Akkumulatorer. Elektrisk Elevator. Elektriske Hejseværker. Elektri-

Side

citetens Anvendelse i Blegeriet Breuil en Auge. Elektrisk Grubebane i Hohenzollern Gruben ved Beuthen.

18. Forskjellige Anvendelser af den elektriske Bevægkraft .... 248.
Tilbageblik paa de hidtil omtalte Anvendelser. Elektriciteten som regulerende Kraft. Maaleapparater. Særlige Anvendelser: Avtomatisk Udførelse af Musikstykker, Carpentiers Melograf, Edisons Sorteremaskine, elektrisk Melsigte.

19. Elektriske og magnetiske Kraftfelter ..... 255.
Sammenligning mellem de almindelige Bevægkræfter og Bevægkraft ved Elektricitet eller Magnetisme. Aktion og Reaktion. Ætheren. Kraftfeltet. Kraftlinier i en Magnets og en elektrisk Strøms Felt. Virkninger af Kraften i det magnetiske Felt. Det magnetiske Felt i Grammes Maskine. — Kraftfelt omkring et Legeme, som udfører Svingninger i Luft eller Vand. Bjerknes's og Schiøtz's Forsøg over de saakaldte hydroelektriske og hydromagnetiske Fænomener.

IV. VARME OG LYS VED ELEKTRICITET.

1. Varme og elektrisk Ledningsmodstand..... 264.
Varmens Rang mellem Naturkræfterne. Elektricitetens Omdannelse til Varme. Ledningsmodstand. Ledningsmodstandens Afhængighed af Traadens Beskaffenhed. Frembringelse af høje Varmegrader ved Traade af Platin og Kul.

2. Den elektriske Lysbue ..... 268.
Aabningsgnisten. Lysbuen mellem Stænger af Metal. Aarsagerne til Flammedannelsen. Lysbuen mellem Kulstænger. Stængernes Svind.

3. Kul ..... 274.
Kullets Forekomst. Kunstigt fremstillet Kul. Kullets Egenskaber og de derpaa grundede elektriske Anvendelser. Tilvejebringelse af en tynd Kultraad; Edisons, Swans, Maxims og Crutos Fremgangsmaader. — Kulstænger til den elektriske Lysbue. Retortkul. Kunstigt fremstillet Kul; Jacquelains, Carrés, Gauduins og Napolis Fremgangsmaader. Forkobring og Fornikling af Stængernes Overflader.

4. Lyset og dets Frembringelse..... 283.
Lys frembragt ved Ophedning af Legemerne. Lys fra kolde Legemer. De forskjellige Legemers Evne til at lyse ved Ophedning. Lysstraalens Forhold, naar den træffer et Legemes Overflade. Sammensat Lys. Hvidt Lys. — Frembringelse af Lys ved Forbrænding. Flammens Bygning. Siemens Regenerativbrænder. Clamonds Gasglødelampe. — Skyggedannelse. Gjenstandenes Belysning ved kunstigt Lys og ved Dagslyset.

5. Lysmaaling..... 291.
Lysstyrken udtrykt ved Tal. Belysningen i forskjellige Afstande fra

Side

Lyskilden. Lysmaalere. Normallys. Sammenligning mellem Lys af forskjellig Farve. Lysgiverens Klarhed.

6. Lamper og Lys ..... 297.
Oldtidens Lysmidler. Olielampen og Kjærten. Belysningsgas. Mangler ved Flammebelysningen. Afhjælpning af disse ved det elektriske Lys. Den forskjellige Anvendelse af det elektriske Glødelys og Buelyset.

7. Den elektriske Glødelampe ..... 302.
Glødning af en Metaltraad ved den elektriske Strøm. Edisons Platintraadslampe. Traaden i en Glødelampe maa befinde sig i et lufttomt Rum. Glødelamper med Platintraad til Brug for Læger. — Glødelampens Forfærdigelse. Edisons, Swans og Maxims Fremgangsmaader. Diehls Glødelampe. Glødelampens Lysstyrke. Varmen, som udgaar fra Glødelampen.

8. Den elektriske Buelampe ..... 314.
Den elektriske Lysbue lyser ikke lige stærkt i alle Retninger, naar Strømmen er ensrettet. Anvendelsen af Vexelstrømme. Haandregulatorlampen. Parallele Kulstænger. Den selvvirkende Regulatorlampe.

9. Den elektriske Buelampe. — Regulatorlampe for ensrettet Strøm, kun én Lampe i Strømløbet ..... 317.
Foucaults Lampe. Lysbuen holdes i uforandret Højde. Lampens Anvendelse i Projektionsapparater. Jaspars Lampe. Sedlaczeck og Wikulills Lampe. Dennes Anvendelse som Jærnbanelampe.

10. Den elektriske Buelampe. — Flere Regulatorlamper i samme Strømløb ..... 327.
Lampens Tænding. Uregelmæssighed i Lyset. Afpasning af Buens Længde. To Lamper i samme Strømløb forstyrre hinanden. — Differentiallamper. Jürgensens og Siemens Differentiallamper.

11. Den elektriske Buelampe. — Lamper med mekanisk Regulering ..... 334.
Kulstængerne bevæge sig paa lignende Maade som Stearinlyset i en Vognlygte. Clerc og Bureaus Lampe (lampe soleil) giver ikke rent Buelys. Solignacs og Rapieffs Lamper med rent Buelys.

12. Den elektriske Buelampe. — Buelamper uden Regulering; den elektriske Kjærte ..... 340.
Jablochkoffs Kjærte og dennes Anbringelse i Lampen. Kjærten kræver Vexelstrømme for at brænde. Wildes og Jamins Kjærter. Sammenligning mellem Lamper med elektromagnetisk Regulering og Lamper med fast Buelængde.

13. Kontaktlamper ..... 345.
Kontaktlampen er en Overgangsform mellem Buelampen og Glødelampen. Varleys, Reyniers og Ducretets Lamper. Kontaktlampens Anvendelighed.

14. Lysmaskiner. — Maskiner, der give Vexelstrøm ..... 348.
Det magnetiske Felt i Maskinerne frembringes ved Staalmagneter eller

Side

ved Elektromagneter. Magneto- og dynamoelektriske Maskiner. Alliancemaskinen. Méritens Maskine. Armaturen. Grammes Vexelstrømmaskine med fast Armatur. Siemens Vexelstrømmaskine uden Jærn i Armaturen. Kæmpemaskiner.

15. Lysmaskiner. — Maskiner med jævn ensrettet Strøm..... 356.
Armaturen i Grammes Dynamo. Kontakten. Elektriske Strømme i Jærnkærnen og dermed følgende Opvarmning og Arbejdsspild. Grammes Lysmaskine. Lorenz-Jürgensens, Siemens og Edisons Dynamomaskiner. Dynamoens Forbindelse med Kraftmaskinen.

16. Sammenligning mellem de forskjellige Maskiner til Frembringelse af Elektricitet ..... 364.
Vexelstrømmaskiner og Maskiner med jævn Strøm. Maskiner med Staalmagneter og Elektromagneter. Mangler ved Dynamomaskinen og Forsøgene paa at afhjælpe disse. Akkumulatorens Anvendelse til Regulering af Dynamoens Strøm.

17. Elektriske Ledninger ..... 369.
Lysledninger maa i Reglen være dobbelte. Ledningernes Tykkelse. Ledningsmetallet. Isolationen. Forskrifter for Ledningers Anbringelse. Forbindelser. Klemmeskruer. — Strømslutteren. Sikring mod overstærke Strømme. Forbrugsmaaler. Ulykkestilfælde ved Berøring med Ledningsdele.

18. Den elektriske Strøms Fordeling til flere Lamper. — Lysets Deling..... 375.
Den samlede Lysmængde formindskes ved Lysets Deling. Delingen kan foregaa enten i Maskinen, i Lampen eller i Ledningen. Lamperne kunne anbringes enten i Række eller sideordnet.

19. Anvendelser af det elektriske Glødelys ..... 381.
Transportable og faststaaende Lysgivere. Gaslysets og Glødelysets Anvendelighed. Glødelampen i Beboelsesrum. Glødelyset i dekorative Øjemed. Elektrisk belyste Interieurs paa Udstillingen i Wien. Elektrisk oplyste Theatre. Glødelyset i Industrien. Gassens Anvendelse i Gaskraftmaskiner til Frembringelse af elektrisk Lys.

20. Anvendelser af det elektriske Glødelys. — Edisons Centralanlæg i Newyork ..... 390.
Anlægets Udstrækning. Centralstationen. Strømmens Regulering. Ledningerne. Forbrugsmaalere.

21. Særlige Anvendelser af det elektriske Glødelys ..... 395.
Belysning af Jærnbanevogne og Kahytter i Dampskibe. Farefri Belysning i Grubegange og Krudttaarne. Transportabel Glødelampe. Glødelampens Anvendelse ved Dykkerarbejde.

22. Anvendelser af det elektriske Buelys..... 399.
Natarbejde under aaben Himmel. Lysets Anvendelse ved Udvidelse af Havres Havn. Belysning af Havres Havn i Flodtiden om Natten. An-

Side

vendelse i Industrien og i Theatre. Buelyset paa den elektriske Udstilling i Wien. Det elektriske Lys paa Bryggeriet Gamle Carlsberg. Gadebelysning.

23. Anvendelser af det elektriske Buelys. — Elektriske Fyr.... 407.
Fresnels Linseapparat. Blinkfyr og fast Fyr. Dobbeltfyret paa Cap la Hève. Fyret paa Øen Razza. Skyernes Belysning.

24. Anvendelser af det elektriske Buelys. — Belysning af fjærne Gjenstande og Signalgivning om Natten..... 413.
Projektør med elektrisk Lampe. Projektørens Anvendelse paa Krigsskibe under Bekæmpelsen af Opstanden i Herzegowina og ved Franskmændenes Expedition mod Tunis. Jærnbanelampen. Anvendelse i Søfarten. Lysets Anvendelse paa Krigsskibe mod Torpedoangreb.

25. Særlige Anvendelser af det elektriske Buelys..... 422.
Buelyset som Erstatning for Sollyset ved Fremstilling af forstørrede Billeder. Fotografering ved elektrisk Lys. Elektriske Ateliers. Elektrisk Plantekultur.

26. Økonomien ved det elektriske Lys. Elektriske Enheder.... 426.
Beregning af Dampmaskinens Økonomi. Det størst mulige Udbytte fra elektriske Maskiner. Vandstrømmen i en Vandledning er afhængig af Tryk og Modstand. Den elektriske Strøm er afhængig af Spænding og Modstand. De elektriske Enheder. Ohms og Joules Love. Forsøg over Udbyttet fra Glødelamper. Lysstyrken pr. Hestekraft fra de forskjellige Slags elektriske Lamper. Omkostninger ved det elektriske Lys.

27. Anvendelser af elektrisk Glødning..... 433.
Tænding af Lys og Gasblus ved den elektriske Strøm. Den elektriske Gnist. Tænding af Miner ved Lunte. Minesprængning i Felten ved elektrisk Gnist. Fæstningsminers og Søminers Tænding ved glødende Platintraad. Kontaktminer og Sigteminer. Elektrisk Affyring af Kanoner. Anvendelse af elektrisk Glødning i Kirurgien. — Siemens Anvendelse af den elektriske Lysbues Varme i Metallurgien.

V. KEMISKE PROCESSER OG ELEKTRICITET.

1. Udfælding af Metal ved den elektriske Strøm..... 441.
Opløsning og kemisk Forbindelse. Indvinding af Metaller ved den elektriske Strøm. Regler for Udfælding af Kobber, Jærn, Guld og Sølv. Metalbadet. Forgyldning, Forsølvning og Fornikling. Kobberklædning af Gjenstande, der ikke ere af Metal.

2. Galvanoplastik..... 447
Elektrisk Støbning og Støbning ved Varmen. Flade og hule Støbeformer. Lenoirs og Plantés Fremgangsmaader. Clichéer. Frimærketrykning.

Side

3. Galvaniske Elementer ..... 451.
To forskjellige Metaller i en ledende Vædske røre hinanden. Galvanisk Element med én Vædske. Konstante galvaniske Elementer med to Vædsker. Elementer med én Væsdske, hvortil der er sat et iltholdigt Stof.

4. Det galvaniske Elements Brug, Strømmens Styrke ..... 459.
Elementets Behandling. Polernes indbyrdes Isolation. Tilsynet med Lechanchéelementet. Zinkens Amalgamering. Ledningsforbindelser. — Strømmens Styrke. Ohms Lov. Elementerne sammenssættes i Række eller sideordnet. Strømstyrkemaalere. Rheostat.

5. Den elektriske Akkumulator ..... 465.
Vandets Spaltning i Ilt og Brint. Den galvaniske Polarisation. Groves Gasbatteri. Plantés Akkumulator. Kabaths og Faure-Sellon-Volckmars Akkumulatorer. Jul. Thomsens Polarisationsbatteri.

VI. ELEKTRICITETEN OG LIVSVIRKSOMHEDEN.

Elektriciteten og Livsvirksomheden ..... 470.
Elektriciteten i det dyriske Legeme. Elektriske Fiske. Elektrisering paa Isolerskammel. Elektrisering ved Strømmen fra et galvanisk Batteri, Induktionsrullen eller magnetoelektrisk Maskine. Strømmens Virkninger paa Muskler og Nerver. Elektriske Apparater til Brug for Læger. Elektrisk Bad. Heste styrede ved den elektriske Strøm.

TILLÆG.

Magnetismen ..... 478.

Enheder for Maal og Vægt ..... 481.

Sagfortegnelse.

Ader, elektromagn. Telefon S. 141; Kultelefon 151.
Afbrydning af Strømmen 26.
Affyring af Kanoner ved elektr. Strøm 438.
Akkumulator 52, 242; — som Regulator 53, 367; Damp— 227.
Aktion og Reaktion 256.
Alden, Luxograf 424.
Alliancemaskinen 35, 350.
Amalgamering 460.
Ammeter se Amperemeter.
Ampère, Elektromagnetismen 30.
Ampere 429; —meter 463.
Anker 61, 481.
Anode 443.
Antænding ved Elektr. 434.
Arago, Elektromagneten 30.
Arbejdsevne 207.
Arbejdsmaskiner 179.
Armatur 356, 363.
Armstrong, Dampelektrisermaskine 22.
Armstrong, Kraftflytning 219.
Avdiometer 173.
Ayrton og Perry, Forsøg med Akkumulatoren 52.

Baad, elektrisk, 201, 241.
Bad, elektrisk, 477.
Ballonfart, elektr., 203, 240.
Barometeroptegner 97.
Batteri 19, 28, 461.
Bell, Fotofon 132; Telefon 117, 122, 124, 137.
Belysningsgas S. 299, 301.
Beringer, Kraftflytning 212.
Berøringselektricitet 58.
Bevægkraft ved Elektricitet 184, Anvendelse af — 248.
Bikromatelement 28, 457.
Bjerknes og Schiøtz, hydroelektr. og hydromagn. Forsøg 261.
Blake, Transmitter, Kultelefon 150.
Blinkfyr 409.
Bloksystemer 96.
Boulengé, Smaatidsmaaler 103.
Bourbouze, elektr. Motor 191.
Bremsning, elektr., 237.
Brevduen 63.
Brotherhood, Dampmaskine 44, 187, 363.
Brünntheatrets Belysning 384.
Buelampe 300, Anvendelse af — i Krigen 316, 416, 419; ved Arbejder under aaben Himmel 399; — i Theatre 404; Mangler ved — 327; se Regulatorl.
Bunsen, galvanisk Element 456.
Bürgin, elektr. Motor 195.

Cap la Hève, Fyr paa, 411.
Carcellampen 295.
Carpentier, Melograf 250.
Carré, Elektrisermaskine 22.
Centralstation for elektr. Lys 390, for Telefonering 157.
Chappe, optisk Telegraf 66.
Clamond, thermoelektrisk Søjle 57.
Clarke, magnetoelektr. Maskine 34.
Clerc og Bureau, lampe soleil 334.

Clichéer S. 450.
Cruikshank, Trugapparat 27.
Cruto, Kultraad 278.

Dalibard, Lynets elektr. Natur 2.
Dampmaskinen 44, 184, 363.
Daniell, galvanisk Element 454.
Davy, Lysbuen 270, 317, Sikkerhedslampe 397.
Deling af det elektriske Lys 329, 344, 376.
Deprez, elektr. Motor 194; elektr. Hammer 220, Kraftflytning 212, 217.
Diehl, Glødelampe 311.
Dolgorouki, Dampmaskine 363.
Differentiallampen 331.
Ducretet, Kontaktlampe 346.
Dufay, Opdagelse af to Slags Elektricitet 17.
Dynamo se dynamoelektr. Maskine.
Dynamoelektrisk Maskine 37, 350, 64, 447.

Edison, Dynamo 43, 362; elektr. Pen 204; Fonograf 111; Kultelefon 121; Glødelampe 276, 306; Sortermaskine 251.
Edlund, Nordlystheori 10.
Efterbilleder 383.
Elektrisermaskinen 22, 436.
Elektroder 26.
Elektrolyse 441.
Elektromagneten 30, 61.
Elektromagnetismen 30.
Elektrometer 22, 428.
Elektromotorisk Kraft 33, 429, 461.
Element, galvanisk — 24, 451; galvanoplastisk — 448, 453; Gas— 466.
Elevator, elektr. — 244.
Energi lig Virkeevne eller Arbejdsevne.
Enheder, elektr. — 266, 426, — for Længder, Rum og Vægt 481.
Explosion 107, 187.

Faraday, Opdagelse af Induktionen 32, 47 Anm.
Faure, Akkumulator 52, 469.
Felt, Kraft— 257; magnestisk — 258, 349, 358.
Fonografen S. 111.
Forbrugsmaaler 392, 429.
Forgyldning 444.
Forsølvning 444.
Fornikling 444.
Forplantningshastighed, Elektricitetens — 107, Explosioners — 107, Lydens — 109, Lysets — 109, Nerveindtryks — 106.
Forstørrelse ved elektr. Lys 64, 423.
Fotofon 132.
Fotografering ved elektr. Lys 424.
Foucault, Lysmaaler 293; Regulatorlampe 318; —ske Strømme 357.
Franklin, Metalspidsens Egenskaber 2; Lynets Natur 2; Lynaflederen 6.
Frastødning, elektr. — 17; magnetisk — 479; — af svingende Legemer 261.
Frembringelse af Elektricitet, Oversigt over — 58.
Fresnel, Polyzonallinse 407.
Fyr, elektr. 407, elektr. Lampe til — 315.
Fysiologisk Virkning af Strømmen 48, 470.

Galvani, Opdagelse af Elektricitet ved Berøring 25.
Galvaniske Elementer 24, 451; konstante — 455; Behandling af — 459; Maskinkraft ved — 200.
Galvanisme lig Berøringselektricitet.
Galvanometer 463.
Galvanoplastik 447.
Gaskraftmaskine 187, 387.
Gilbert, Opdagelse af Elektriciteten som almindelig Naturkraft 15.
Glødelampen 300; Forfærdigelse af — 276, 306; Varighed af — 311; Anvendelser af — 381, 390, 395; Fortrin ved — 389; — med Platintraad 304.
Glødning ved elektr. Strøm 45, 50, 302.
Gnidningselektricitet 58, Anvendelser af — 254, 434, 436.
Gnist, elektr. — 1, 16, 47, 434, Aabnings— 268.
Gram 481.

Gramme, Dynamo S. 40, 356; elektrisk Motor 195; Vexelstrømmaskine 353.
Gray og Wehler, Legemernes Ledningsevne for Elektricitet 16.
Guericke, Otto v., Elektrisermaskinen 15.
Guldbad 444.

Hammer, elektrisk 220; Wagners elektromagnetiske — 50, 94, 474.
Havres Havn, Belysning af — 400, 401.
Hawkesbee, Elektrisermaskine 16.
Hestekraft 189.
Hesteskomagnet 34, 481.
Hjælpemaskine 37, 353, 355, 365.
Hovedledning 330, 388.
Hughes, Avdiometer 173; Induktionsvægt 175; Mikrofon 129; Trykketelegraf 80.

Incandescenslampe lig Glødelampe.
Indskyde 463.
Induktion 32, 173; — i Telefontraade 163.
Induktionsmaskiner se magneto- og dynamoelektr. Maskiner.
Induktionsrulle 46, 154, 168, 434, 436, 472.
Induktionsvægt 175.
Isolation 17, 370.
Isolerhoved 87.
Isolerskammel 471.

Jablochkoff, elektr. Kjærte 340, 364, 380.
Jakobi, elektr. Baad 242; Udfælding af Metal 442.
Jaspar, Regulatorlampe 322.
Jordmagnetisme 258.
Jordplader 74.
Jordstrømme 89.
Joules Lov 430.
Jürgensen, Differentiallampe 331; — og Lorenz Dynamo 43, 360.
Jærnbad 443.
Jærnbane, elektr. — 226, 247; —lampe 324, 416; —vogne oplyste 395.

de Kabath, Akkumulator S. 469.
Kabel, Sø— 86; Luft— 163.
Kaldeapparat ved Telefonering 142, 145.
Kathode 443.
Kemisk Virkning af Strømmen 51, 429, 441.
Kirurgien, Elektricitetens Anvendelse i — 176, 439.
Kjærte, elektrisk — 316, 340.
Kjæde, galvanisk — 28, 461.
Klarhed, Lysgiveres — 296.
Klaver, elektr. — 249.
Kleist, Leydnerflasken 18.
Klemmeskruer 372.
Kobberbad 442.
Kollektor 356.
Kommutator 72, 472.
Kondensator, syngende — 171.
Konduktor 59.
Kongres, elektr. — 97, 429.
Kontakt 356; —børster 358; —lampe 345; —mine 437; —vogn 230.
Kraftflytning 180, 208; elektr. — 199, 206, 212, 215, 235; — ved Akkumulator 214, 239; praktisk udført — 214, 246, 385.
Kraftmaskiner 178, 362; elektr. — 184, 190.
Kraftspredning 223.
Krater i en Kulstang til elektr. Lys 274, 314.
Kromsyreelement 457.
Kronograf se Smaatidsmaaler.
Kul 267, 271, 274, 304, 456; —stænger til elektr. Lys 279; —telefon 121, 150; —traad 276.
Kvantitet, Sammensætning af Elementer paa — 463.
Kæmpemaskiner 355, 390.

La Cour, Tonehjul 84, Smaatidsmaaler 103.
Ladning 53, 468.
Lampe soleil 327, 334.
Landbruget, Kraftflytning i — 221.
Lauritzen, Undulator 82.
Leclanché, galvanisk Element 458.
Ledere, gode og slette — for Elektr. 16.

Ledninger, elektr. S. 369, 390, 391, 460.
Ledningsmodstand 266, 429, 461; Glødelampens — 313, 430.
Lemstrøm, Nordlysets Natur 10.
Leydnerflasken 18, 52 Anm., 435, 472.
Livsvirksomheden, Elektriciteten i — 470.
Lokalbatteri 77 Anm.
Lokomobil 179.
Lorenz og Jürgensen, Dynamo 43, 360.
Luxograf 424.
Lyn 1; Virkninger af — 8; —afleder 5, 88, 165.
Lys, Frembringelse af — 283, 286; —maaling 291; —maskiner 348.
Lysbue 269, 314.
Lysstyrke, Glødelampens — 312; Kjærtens — 342; Kontaktlampens — 348; — ved 1 Hestekraft 432.
Lægevidenskaben, Elektriciteten i — 175, 439, 472.
Længdeforskjel, Maaling af — 107.

Maal og Vægt 481.
Maalinger 392, 430, 463.
Magnetisme 257, 478.
Magnetoelektriske Maskiner 33, 349, 352, 364, 436, 473.
Maxim, Glødelampe 278, 310, 430.
Melograf 251.
Méritens, Vexelstrømmaskine 350.
Metalindvinding ved Strømmen 441.
Meteorologien, Elektriciteten i — 97.
Metermaalet 481.
Mikrofon 129, 165.
Minetænding 435.
Morse, Telegraf 72.
Motor se Kraftmaskine.
Multiplikator 31.
Musikoverførelse ved Telefon 167.
Musschenbroek og Cunæus, Leydnerflasken 18.

Nerver, Indvirkning paa — af Elektricitet 48, 473.
Niagaravandfald 218.
Noé, Thermoelektr. Søjle 57.
Nordlyset 10.
Normalllys S. 295.
Nyttevirkning 217.

Ohms Lov 429, 461.
Ohm 429.
Oldtidens Kjendskab til Elektriciteten 14.
Olielampen 297.
Omkostninger, — ved Glødelyset 388, — ved Buelyset 432.
Omnibus, elektr. 240.
Operationsbord 160.
Opsamling af Elektricitet 18, 52, 467.

Paccinotti, elektr. Kraftmaskine 197.
Pen, elektr. 204.
Perry se Ayrton.
Pettenkofer, Glødelampen i Theatre 385.
Planté, Akkumulator 52, 467, 469; galvanoplastisk Støbeform 450.
Plantekultur ved Buelys 425.
Pletvarer 444.
Pnevmatisk Post 64.
Pol, elektrisk — 26; magnetisk — 478; —traade 26; —stænger 455.
Polarisation, elektrisk — 466; —sbatteri 469.
Polybius, optisk Telegraf 65.
Polyskop 305.
Polyzonallinse 408.
Potential se Spænding.
Projektil, Hastighed af et — 103, 105; Søgning efter — i et Saar 176.
Projektør 413.

Raaberen 110.
Radiofoni 135.
Ramsden, Elektrisermaskine 21.
Rapieff, Buelampe 338.
Regulatorlampe 317, 327.
Regulering af Strømstyrke 367, 380, 384, 390.
Reis, Musiktelefon 119, 178.
Relais 77 Anm.
Remskive 43.
Retortkul 129, 279, 456.
Reynier, Kontaktlampe 346.
Rheostat 235, 237, 464.
Richmann, atmosfærisk Elektricitet 4.

Ring, Grammes eller Paccinottis — S. 40, 356.
Ringning, elektr. — 94.
de Romas, Lynets Natur 2.
Rotunden 405.
Ruhmkorff, Induktionsrulle 46, 434, 436, 472.
Rumford, Lysmaaler 294.
van Rysselbergh, Barometeroptegner 98.
Række, Anbringelse af Lamper i — 378, Sammensætning af Elementer i — 463.

Samlelinse 378, 407.
Sautter og Lemonnier, Projektør 414.
Savoytheatrets Belysning 383.
Schjøtz se Bjerknes.
Sedlaczek og Wikulill, Regulatorlampe 324.
Seebeck, Opdagelse af Thermoelektriciteten 57.
Selen 132.
Shunt lig Sideledning.
Sideledning 330, 367, 385, 388.
Sideordnet, — Anbringelse af Lamper 379; — Sammensætning af Elementer 463.
Siemens, Wern., Differentiallampe 331; Dynamoelektr. Maskine 37, 43, 361; Enhed for Ledningsmodstand 266; elektr. Jærnbane 228, 238, 247; Projektør 414; Smaatidsmaaler 105; Telefon 139; Vexelstrømmaskine 354.
Siemens, Will., elektr. Jærnbane 232, elektr. Smeltedigel 439.
Signaler ved elektr. Lys 419.
Sigteminer 437.
Sikkerhedstraad 373, 387.
Sikkerhedslampe 397.
Skyernes Belysning ved elektr. Lys 412.
Skyggedannelse 289.
Slutning af en elektrisk Strøm 26.
Smaatidsmaalere 102.
Smeltedigel, elektr. — 439.
Soligac, Buelampe 337.
Sollampen 327, 334.
Sortermaskiner 251.
Spektralanalysen 50.
Sporvogn, elektr. — med Akkumulatorer S. 233.
Spænding 54, 364, 428, 429, 451; Sammensætning af Elementer paa — 462.
Steinheil, Jordplader 74.
St. Elms Ild 10.
Strøm, elektr. — 24; sekundær — 466; —slutter 373, 388; —styrke 328, 429, 461, i elektr. Lamper 431; —vender 418, 472; Svækkelse af — i det galvaniske Element 454.
Stød, elektr. — 48, 364.
Swan, Glødelampe 277, 310, 388.
Søjle, Voltas — 26, 471.
Sølvbad 444.

Talerør 110.
Telefon, Afsender— 125, 150; elektr. — 115; Kul— 121, 150; Musik— 119, 178; Traad— 114; Vædske— 149; —post 152; —selskaber 145, 156, 159; —strømmes Styrke 172; —tavle 143, 152; Anvendelser af — 136, 148, 165, 172; — i Japan 166; — i Telegraferingen 148; Lyden fra — 126, 156.
Telefoni 108, hemmelig — 164.
Telegraf, By— 145, 162; elektr. — 71; optisk — 65; Mangefold — 83; Naale— 72; Pan— 80; Skive— 77; Slange— 82; Trykke— 80; —ledninger 85; —nøgle 77; —selskab, store nordiske 89; Anvendelser af — 92.
Theaterbelysning 383.
Thermoelektricitet 57.
Thomsen, Jul., Polarisationsbatteri 469.
Tilbagetraad 71, 370.
Tiltrækning, elektr. — 17; magnetisk — 479; — af svingende Legemer 261.
Tonehjul 84.
Tonestrøm 84.
Torden 6.
Torpedo 421.
Transmitter 150.
Trouvé, elektr. Kraftmaskine 201; elektr. Baad 202; Polyskop 305.
Trugapparat 27.
Turbine 182.

Udbytte ved Glødelamper S. 430.
Udladning 18, 472.
Udstilling, elektr. i München 217; i Paris 52, 97, 166, 201, 203, 215, 229, 249, 253, 430; i Wien 205, 215, 238, 326, 382, 405.
Udvidelse ved Varmen 183.
Ulykkestilfælde ved Elektricitet 4, 370, 374.
Undulator 82.
Ur, elektr. 100.

Vandkraft 182, 207, 406.
Vands Adskillelse ved Strømmen 52, 452, 465.
Vandstandsmaaler, elektr. — 97.
Varme, — ved elektr. Strøm 54, 264, 303, 427, 431; —forbrug til Buelyset 426; —udvikling i Glødelampen 313; —udvikling i en Dynamo 357, 366.
Varley, Kontaktlampe S. 346.
Vexelstrøm, — i en elektrisk Lampe 315, 326, 339, 341; —maskine 34, 350, 364.
Vindkraft 181.
Virkeevne 55.
Volt 429.
Voltas Søjle 26, 471.

Wagner, elektromagnetisk Hammer 50, 94, 475.
Wall, elektrisk Gnist 2.
Wheatstone, Smaatidsmaaler, 102.
Wilde, magnetoelektr. Maskine 37; elektr. Kjærte 342.

Æneas, optisk Telegraf 65.

Ørsted, Opdagelse af Elektromagnetismen 29.