

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*

O.F.OLDEN

ELEKTRICITETEN

OG DENS ANVENDELSE

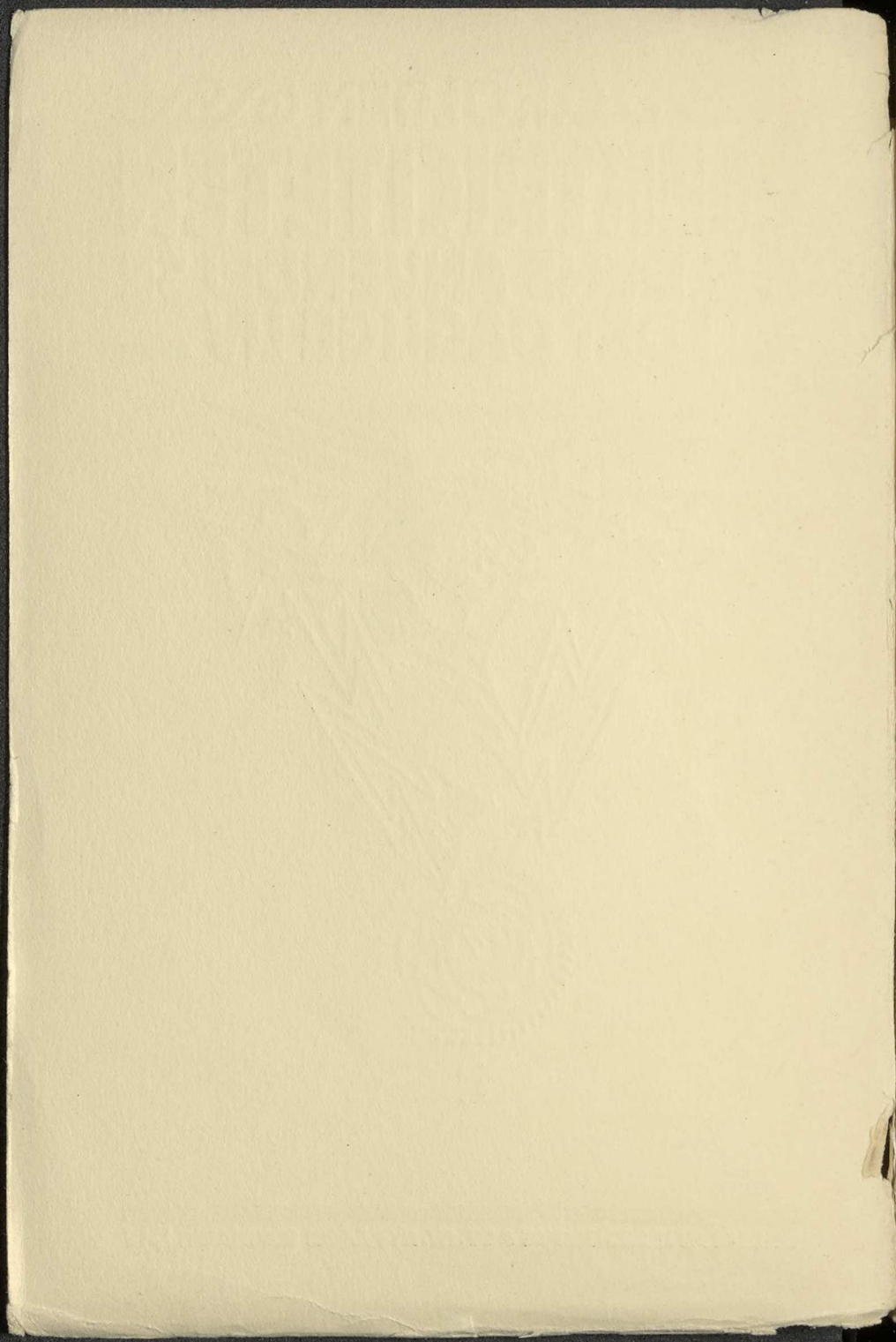
— I DET DAGLIGE LIV —



AM

FORLAGT AV H. ASCHENOU & CO. (W. NYGAARD) KRISTIANIA 1915

537- 621.30 gl





HJEMMETS UNIVERSITET

POPULÆR-VIDENSKABELIG BIBLIOTEK

UTGIT UNDER MEDVIRKNING AV
DEN NORSKE BIBLIOTEKSFORENING
OG MED STØTTE AV
UNIVERSITETETS JUBILÆUMSFOND

VED

ARNE ARNESEN OG H. H. GRAN
BIBLIOTEKAR PROFESSOR



FORLAGT AV H. ASCHEHOUG & CO.
(W. NYGAARD) :: KRISTIANIA 1915

O. F. OLDEN



ELEKTRICITETEN

OG DENS ANVENDELSE
I DET DAGLIGE LIV



FORLAGT AV H. ASCHEHOUG & CO.
(W. NYGAARD :: KRISTIANIA 1915)

DET MALLINGSKE BOGTRYKKERI

FØRSTE KAPITEL

DE SMAA BEGYNDELSER

DEN aller første begyndelse til menneskenes kjendskap til de elektriske foreteelser vet man intet om.

Men den er ialfald knyttet til *rav*. Ravets græske navn *elektron* er stammen for de ord som i alle sprog betegner den vidunderlige naturkraft som vi efterhvert, har lært at beherske.

Det var kanskje en dame som gned et ravsmykke, forat det rigtig skulde faa sin fulde glans, og saa la hun merke til at det trak til sig haar, straa og andre lette ting. Det var kanskje mange som hver for sig gjorde den samme opdagelse. Kjendt blev det ialfald. Og det er heldigvis blit nedskrevet av *Thales fra Milet* — græsk filosof omkring 600 aar f. Kr. — og dermed bevaret under alle kulturhistoriske katastrofer, saa den senere tid har sluppet at gjøre *den* opdagelse ialfald.

Som aarsak til den nye egenskap tænkte man sig nærmest en slags «*besjæling*» av ravet.

At andre stoffer har samme egenskap, ser det ikke ut til at grækerne har visst om, endda adskillige ting i naturen — harpiks, svovel, store plantefrø o. a. — let blir elektriske ved at gnides. Og Europas andre folk har heller ikke paa det primitive kulturtrin gjort nogen slik opdagelse.

Det blev virkelig Thales fra Milet's skrift som gav anledning til — i renæssansens tid — at ravets egen-

skap som «straarøver» (som det heter paa persisk) blev studeret.

Dronning Elisabeths livlæge *William Gilbert* (f. 1540) fandt at det var en hel del stoffer som ved at gnides fik ravets tiltrækningskraft — *elektrisk kraft* som han kaldte den. Alle slike stoffer kaldte han *elektriske*, og de som ikke fik den, kaldte han *uelektriske*. Men alle faste stoffer, baade de som hørte til den ene og den anden av disse to grupper, blev tiltrukket av de elektriserte. De stoffer som han undersøkte, laget han i form av en almindelig kompasnaal, dreibar paa en fin spids. Saasnart et elektriseret legeme holdtes bort til, blev naalen tiltrukket. Ogsaa væsker blev paavirket, men ikke luft, flammer eller glødende legemer.

Men forsøkene gaar ikke alltid like glat — sier *Gilbert*. I solskin og tør luft, slik som det er i London med nord- eller østenvind, gaar det meget bedre end i fugtig luft med søndens- eller vestenvind. Aander man paa det elektriserte legeme eller skvættes der vand eller spiritus paa det, saa svækkes den elektriske tilstand eller forsvinder helt. Men olje generer ikke.

Gilbert mente at det var noget som gik ut av legemet ved elektriseringen. Hans berømte bok «*De magnete*» satte mange naturforskere i bevægelse, men ikke mange var saa dygtige som *Gilbert* i at eksperimentere.

Den berømte borgermester i Magdeburg *Otto v. Guericke* (1602—86) — han med de magdeburgske halvkuler — eksperimenterte ogsaa, og naar han tok fat paa noget, var der ikke noget knusleri. Han laget en maskin til elektriseringen. Den store svovelkulen (fig. 1) laget han ved at fylde en glaskule med smeltet svovel og derpaa slaa glasset istykker. Med denne kulen gjorde han nogen merkelige opdagelser. At den tiltrak et dun, var jo ikke rart, men naar dunet hadde berørt kulen, blev det frastøtt igjen, ja det kunde holdes svævende i luften over kulen. Kom han i nærheten av dunet, fór det hen til ham, helst til næsen, og naar det hadde rørt ved den, blev det atter tiltrukket av kulen, og dette kunde gjentages mange ganger.

Han hængte en alenlang tør traad op paa en pæl, og naar han holdt kulen hen til dens øvre ende, kunde den nedre trække til sig lette ting, aldeles som om traaden var elektriseret. Den elektriske kraft kunde altsaa forplante sig.

Men det aller rareste syntes han var, at naar han gned kulen i et mørkt rum, saa lyste det omkring



Fig. 1. Otto v. Guericke's elektrisermaskin (til høire). En svovelkule kan dreies om en aksel og gnedes ved at lægge haanden mot den. — Til venstre holdes svovelkulen paa en stang og dreies rundt. Et par elektriske dun holdes svævende omkring den bestandig med samme side mot kulen.

haanden, et svakt og urolig, men dog tydelig lys. Og det knitret av det. Ja kulen gav altid lyd fra sig naar den var elektriseret. La han øret til, kunde han høre en sagte støi og knitren.

En gang tok han kulen og dreiet den rundt om dunet, og da begyndte dunet at dreie sig rundt sig selv, slik at det bestandig vendte den samme siden til kulen. Straks fik han en idé: Kanske jordens og himmellegemernes dreininger skyldes elektriske kræfter.

v. Guericke's forsøk er beskrevet i hans bok «Experimenta nova», og den fik stor betydning. Ved at

læse den optok englænderen *Boyle*, foruten forsøkene over luftarter, ogsaa forsøkene over elektriciteten, og han fandt at tiltrækningen mellem de elektriserte legemer og de andre er *gjensidig*. Naar det elektriserte legeme var det lettest bevægelige, fór dette hen til det uelektriske, istedenfor omvendt.

Aar 1700 lykkedes det en anden englænder *Wall* at elektrisere rav saa sterkt at der sprang en gnist over paa hans finger, og dette fulgtes av et knald omtrent som naar et kulstykke i ovnen springer istykker. Han sammenlignet det med *lyn og torden*.

Stephan Gray (1670—1736) brukte til sine gnidningsforsøk et glaserør, $2\frac{1}{2}$ fot langt, 2 tommer vidt og indsnævret paa midten. For at holde støv ute satte han korkpropper i røret, og da blev korken elektrisk, tiltrods for at kork hørte med til Gilberts uelektriske stoffer. Saa stak han en træpinde i korken og satte en elfenbenskule paa den anden ende av pinden. Kulen blev elektrisk naar glasset blev gnidd. Han tok træpinden væk og satte en metaltraad fra korken til kulen; det samme gjentok sig. Paa den maate ledet han elektriciteten 26 fot gjennom en metaltraad som hang ned fra en balkon.

For at faa endda længere ledning tok han en hampesnor, og fæstet den ene enden til korken og den anden til elfenbenskulen. Men snoren var saa lang at han maatte fæste den paa midten ved en traad som gik op til en spiker. Han gned glaserøret og prøvet elfenbenskulen, men nei: elektriciteten kom ikke frem til kulen, den var forsvundet underveis.

Straks efter var han paa besøk hos sin ven presten *Wheeler* og vilde vise ham sine forsøk. *Wheeler* foreslog at de skulde fæste hampesnoren ved tynde silketraader, og nu gik det selv med en snor som var 765 fot lang. Men saa gik en av silketraadene av, og de tok en liten messingtraad i stedet. Nu gik det ikke. Væk var elektriciteten. *Gray* og *Wheeler* spekulerte. Det var greit at der var forskjel paa hampesnorens, silketraadens og messingtraadens evne til at lede elektriciteten. Den første ledet bra, den anden ledet ikke, men den tredje

maatte lede svært godt, for elektriciteten forlot jo hampe-
snoren for at gaa over i messingtraaden.

Ved at fortsætte sine undersøkelser fandt Gray at
nogen stoffer var *gode ledere* (senere kaldt *konduktorer*),
og andre var *slette ledere* (senere kaldt *isolatorer*). Og
tilslut viste det sig at hans slette ledere var de samme
som Gilberts elektriske stoffer.

At det menneskelige legeme var en leder, fandt han
ved det forsøk som er gjengit paa fig. 2. Om han

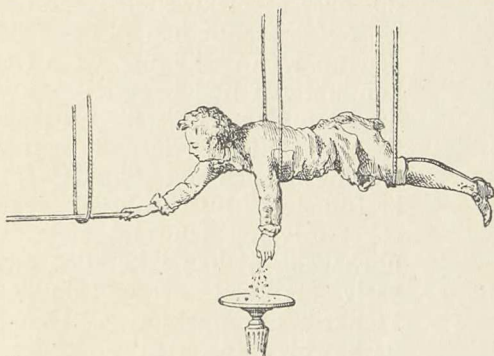


Fig. 2. Gutten henger i snorer flettet av haar. Med høire haand rører han ved en
gnidd glasstang. Den venstre tiltrækker da smaa papirbeter o. l.

satte gutten paa en harpijskake istedenfor at hänge
ham op i snorer, gik forsøket like glat.

v. Guerickes frastøtningsforsøk blev eftergjort av
franskmanden *Dufay* (1698—1739) med et guldblاد
svævende over en gnidd glasstang. Saa gned han en
lakstang, som ogsaa blev elektrisk, og ventet at den
ogsaa skulde støte guldbladet væk. Men tvertimot:
guldbladet blev kraftig trukket til lakstangen. Dette
var jo merkelig, men *Dufay* fandt snart aarsaken: *der*
er to slags elektricitet, glaselektricitet og lakelektricitet;
ulike slags tiltrækker hinanden, like slags frastøter
hinanden.

Omtrent paa denne tid blev de første ordentlige elektrisermaskiner konstrueret. De hadde glaskuler (istedenfor svovelkuler) og blev dreiet hurtig rundt ved snoroverføring. Elektriciteten førtes hen til et metallegeme, konduktoren. Senere fandt man paa at gni glasset (som tilslut fik form av en skive) med skindtøi istedenfor med haanden, og sørge for at rivetøiet blev avledet til jorden.

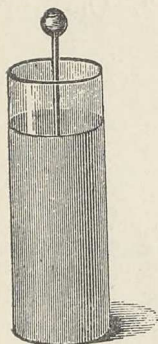


Fig. 3.

I *Leiden* i Holland var der i 1745 en professor *Musschenbroek* som ærgret sig over at elektriciteten forsvandt saa let, og saa fandt han paa at ville samle den op i en flaske med vand (leder fra konduktoren ned i vandet). En dag var hans ven *Cunæus* tilstede, og denne holdt flasken. Tilfældigvis rørte han ved tilledningstraaden og fik da et meget kraftig støt. *Musschenbroek* gjentok forsøket selv, og fandt at støtet var saa ubehagelig at han ikke vilde gjenta det «selv om han derved skulde vinde Frankrikes kongekrone». Den samme flaske blev forresten opfundet av en dekan v. *Kleist* i Pommern, men den kaldes almindelig *Leidener*-flasken. I sin nuværende form er den klædt indvendig og utvendig med tinfole (men uten vand); en metalstang med bøiler eller kjede fører til det indre belæg.

En fattig boktrykkerlærling i Amerika skulde bli en av dem som satte de tydeligste merker i den videre utvikling av elektricitetslæren. Det var *Benjamin Franklin* (1706—90). Gjennem en engelsk kjøbmand *Collinson* fikk han fat paa de elektriske apparater som blev mest brukt i Europa, og gjorde en række forsøk som han beskrev i breve til *Collinson*, der lot dem oplæse i *Royal Society*. Han gjorde sig snart op sin egen mening om elektriciteten. Han forkastet de to sorter og tænkte sig i stedet at alle legemer har en normal mængde elektricitet som ikke merkes. Hvis saa et legeme faar forlitet eller formeget av den, viser det sig

elektrisk, og det paa to forskellige vis. Et overskud betegnet han med $+$ og et underskud med $-$ ($\div$). Derved fik han tydelig frem at de tilsyneladende to



Fig 4. Franklin med dragen.

slags elektricitet kan ophæve hinanden. Et legeme med *overskud* og et med *underskud* maa tiltrække hinanden; to med overskud frastøte hinanden; likesaa to med underskud. I et uheldig øieblik satte han glaselektriciteten op som den egentlige, den var elektriciteten. Naar lak blev elektrisk, var det fordi det mistet endel

av denne, glaselektriciteten. I overensstemmelse hermed er *glaselektriciteten* kaldt *positiv* og *lakelektriciteten negativ*. Nu er vi kommet til den anskuelse at det er lakelektriciteten som er elektriciteten, og glas blir elektrisk ved at miste av denne slags. Dette volder nu i overgangstiden adskillig forstyrrelse.

Mest berømt er vel Franklin blit for sin opfindelse av lynavlederen. Han hadde lagt merke til at elektriciteten let strømmer ut av spidser, og det bragte ham til at ræsonnere som saa: Hvis tordenskyer virkelig er elektriske, maa det kunne gaa an at skjerme hus mot lynnedslag ved at sætte op en spids paa taket og derfra lede en metaltraad ned i fugtig jord. «Den elektriske ild» maatte da kunne ledes væk før skyen kom saa nær at der blev fare for nedslag.

Forsøk paa at faa rede paa om tordenskyer var elektriske, blev samtidig gjort av flere. Franklin gjorde det paa den maaten at han satte op en drage av silketoi med en metalspids. Til denne fæstet han en hampesnor, til den en nøkkel og til den igjen en sterk silkesnor som han holdt i. Naar hampesnoren var blit fugtig av regnet, kunde han trække lange gnister av nøkkelen.

Luigi Galvani (1737—98) var professor i anatomi i Bologna. Om det var ham eller hans hustru som først gjorde den iagttagelse som fik saa vidtrækkende følger, er det ingen som vet. Allerede samtiden mente at der «stod kvinder bak», og hun blev besunget i en sonet i den anledning.

Hvad der blev set av en av egteparret Galvani, er imidlertid vigtigere end *hvem* der først saa det. Galvani hadde hængt op et par froskeben med et vedhængende stykke av rygmarven i en kobberhake paa balkongitteret, der var av jern. Et litet vindstøt slængte froskebenets nedre ende hen paa gitteret, og da rykket det til i det. Det gjentok sig, og likedan om Galvani med vilje førte benet hen til gitteret.

At en frisk muskel trækker sig sammen for elektrisk paavirkning, visste han jo godt, men hvor kom elektriciteten fra? Det maatte være — mente han — en

slags *dyrisk elektricitet*. I mange aar gjorde han nu en hel del forsøk med froskeben og elektricitet. (I hans store verk om disse forsøk fortælles en anden foranledning til dem end den som her er meddelt, men som ansees for at være den *første*.)

Han mente at det var muskelens ydre — negative

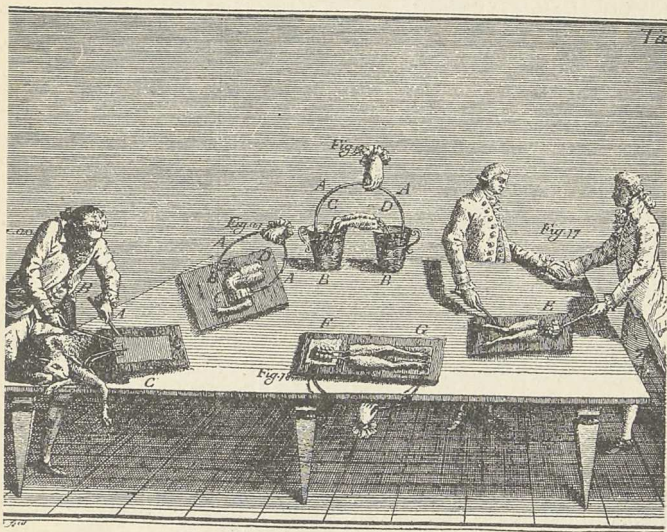


Fig. 5. Nogen av Galvanis forsøk med frosk. Like foran ligger benene paa en jernplate, rygmarven paa et tinfoleblad; en haand bringer forbindelse ved en metalstang. Til høire to mænd som holder hinanden i haanden. Med de frie hænder berører de ben og rygmarv ved hjælp av jernpinder. Længst tilbage er benene og rygmarven i hver sin vandskaal. En metalbøile skaffer forbindelse mellem væskeerne.

— elektricitet som gik langs metalbuen (se figuren) og forenet sig med dens indre — positive — elektricitet, der gik langs nerven til metallet.

Hans landsmand *Allessandro Volta* (1745—1827) professor i fysik i Como, tok Galvanis forsøk fra den rent fysiske side. Han bet merke i at forsøkene lykkedes bedst naar der var to metaller med i spillet. Han gjorde saa en hel del forsøk med sanseorganerne. Han la et litet stykke tinfole paa tungespidsen og en

sølvmynt længer ind paa tungen. Satte han saa forbindelse mellem de to metaller, kjendte han ingen muskelrykning, men en syrlig smak paa tungespidsen. Byttet han om de to metaller, kjendte han en bitter, lutagtig smak paa tungespidsen.

Han la et zinkblad paa øieeplet og tok en sølvske i munden. Naar han forbandt de to metaller med en zinkstrimmel, saa han et lysglimt med det øiet.

Hvad kunde aarsaken være?

Det maatte være selve berøringen mellem to metaller og væsken i legemet som ladet det ene (eller begge) med elektricitet, og denne utladedes gjennom metalforbindelsen. At det ikke var dyrisk elektricitet som var aarsaken, fik han godtgjort ved at erstatte sin tunge med et fugtig papir. Han la en zinkplate og en kobberplate paa dette, og naar de blev forbundet, skedde der en lignende

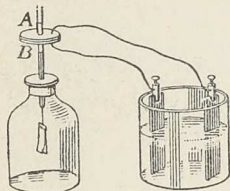


Fig. 6. Voltas kondensations-elektroskop. Inde i flasken er to guldblade fastet til en metalstang. A og B er metalplater ferniseret paa den side som vender mot hinanden.

overgang av elektricitet som ved de organiske legemer.

Det lykkedes ham at konstruere et fint litet maaleapparat — som endnu benyttes — det saakaldte *kondensations-elektroskop* (om den elektriske kondensation se næste kapitel). Holdt han en stav som var sammenloddet av et stykke zink og et stykke kobber, hen til den underste plate og la fingeren paa den øverste, og derefter fjernet baade det sammenloddede metalstykke og den øvre plate, spriket guldbladene. Var kobberstykket nærmest platen, viste bladene lakelektricitet, var zinkstykket nærmest, viste bladene glaselektricitet. Lakelektriciteten gik altsaa fra zink til kobber, der var en kraft som skjøv elektricitet fra det ene til det andet metal, en *elektromotorisk kraft* som han kaldte det.

Utslaget mellem bladene blev altid det samme med de samme metaller, enten stykkerne var store eller smaa, ja ogsaa om berøringsflaterne var store eller smaa. Men utslagene var forskjellige for forskjellige metaller, mindst mellem kobber og sølv (sølv lakelektrisk).

Satte han kraften mellem disse lik 1, var den mellem jern og sølv 3, mellem tin og sølv 6, mellem zink og sølv 12. Saa fandt han den eiendommelighed at mellem kobber og jern var den 2 ($= 3 \div 1$), mellem tin og kobber 5 ($= 6 \div 1$), mellem zink og tin 6 ($= 12 \div 2$), o. s. v., slik at alle metallerne lot sig ordne i en række fra zink til sølv, zinken mest glaselektrisk, og sattes flere metaller efter hverandre, blev den elektromotoriske kraft mellem det første og sidste lik summen av de elektromotoriske kræfter paa hvert berøringssted (naar man tar hensyn til kraftens *retning*). Gjordes det sidste stykke av samme metal som det første, blev altsaa den elektromotoriske kraft lik 0 (nul), da den sidste kraft jo var modsat de andres sum. Om man laget en ring av forskjellige metaller, blev der altsaa ingen stadig transport av elektricitet.

Forsøket med de to metalplater paa fugtig papir bragte ham imidlertid til at finde en stadig virkende elektricitetskilde. Han tok nogen plater av kobber (eller bedre: sølv), like mange plater av tin (bedre: zink) og nogen plater av pap, lær eller andet porøst stof som kunde opta og fastholde megen fugtighed. Disse ordnet han nu slik: først et par metalplater, saa en fugtig plate, derpaa et nyt par metalplater i *samme orden* som det første par, saa fugtig plate igjen, o. s. v., saa det hele utgjorde en stabel (eller søile). Papplaterne skulde helst fugtes med en saltopløsning. Holdt han haanden i vandet og berørte den øverste plate med en metalstang, fik han et kraftig støt.

Dette var som en Leidenerflaske der efter hver utladning *ladet sig selv igjen*.

Han gav apparatet ogsaa en anden form, som er den gjængse til denne dag. I et bægerglas sattes en zinkplate og en kobber- eller sølvplate i en saltop-

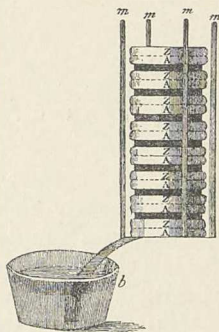


Fig. 7. *Volta's søile*. A betyder sølv, Z zink; til den nederste plate er loddet en metalstrimmel som naar ned i vand.

løsning eller en syre (se fig. 6 tilhøre). En række av slike «galvaniske elementer» med motsatte metaller forbundne danner et batteri med flerdoblet elektromotorisk kraft.

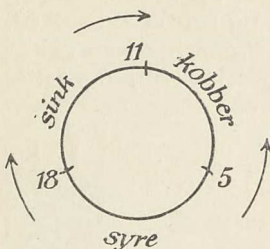


Fig. 8.

Senere fandt Volta at der ogsaa mellem metaller og væsker er en elektromotorisk kraft, og at denne følger andre love end den mellem metallerne alene. Mellem zink og svovelsyre er den — i Voltas maal, 18 og fører lakelektricitet til zinken. Mellem kobber og svovelsyre er den — i samme retning — 5. Danner vi nu en ring (se figuren), faar vi to kræfter som

driver negativ elektricitet med urviserne: $18 + 11 = 29$ og en kraft motsat: 5, ialt med urviserne 24, og nu føres elektriciteten stadig rundt.

Summen av de elektromotoriske kræfter i en ring med en kemisk virkende væske er altsaa ikke $= 0$ som i en ring av bare metaller.

I Kjøbenhavn holdt professor H. C. Ørsted forelæsninger over fysik og viste bl. a. Voltas forsøk. Saa la tilhørerne merke til at en magnetnaal svinget ut fra sin sedvanlige stilling naar en ledningstraad fra Voltas apparat kom i nærheten.

Ørsted undersøkte dette nærmere ved kraftigere apparater i nærvær av vidner, og fandt at virkningen gik gjennom alt mulig. Om der var vand, harpiks, metal, sten eller hvadsomhelst mellem traaden og magneten, var ganske likegyldig. Ellers fandt han følgende betingelser:



Hans Christian Ørsted, f. 1777 † 1851.
1806 professor i fysik ved Kjøbenhavns universitet.

Naar traaden ligger over eller under naalens svingeplan og i den magnetiske meridians retning, blir der altid utslag — men oversiden og undersiden gir motsat retning. Holdes traaden paa tvers av den magnetiske meridian, blir der intet utslag. Heller ikke hvis den ligger netop i svingeplanet ut til siden for magneten; da søker naalens ender, polerne, bare at duppe ned eller op. Sættes traaden lodret like ut for magneten, blir der atter utslag.

I almindelighet bestemmes utslagets retning ved den saakaldte høirehaandsregel: *Lægger man høire haand langs ledningen mot den negative elektricitets bevægelse* (paa fig. 9 angir som sedvanlig pilene den positive strømrøtning) og med den hule haand vendt mot magneten, vil nordenden svinge ut til tommelfingersiden. En kompasnaal som traaden føresslik omkring, kaldes et *galvanometer*; det blir følsommere ved at traaden føres flere ganger rundt.

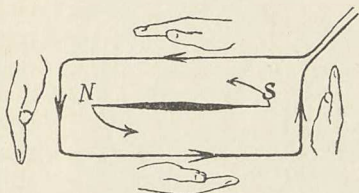


Fig. 9.

Denne opdagelse av *elektromagnetismen* hadde vældig indflydelse, den danner sammen med Galvanis og Voltas opdagelse av den *elektriske strøm* en av grundpillerne i den moderne elektricitetslæres bygning. Den tredje grundpille dannes av opdagelsen av den *elektromagnetiske induktion*. Den skyldes *Michael Faraday* (1791—1867). Han var søn av en fattig grovsmed og kom i bokbinderlære. Han læste naturvidenskap og fikk anledning til at høre paa Davys forelæsnings i fysik. Da det lykkedes ham at bli dennes forelæsningsassistent, fikk han følge ham paa hans store foredragsreise i Europa. Han blev snart en vigtig hjælper ved alle videnskabelige undersøkelser, og da han blev direktør for Royal Institution, blev hans videnskabelige produktion vældig. Hans sidste notisbok slutter med § 16041. Blandt de ting han bestemte sig for at prøve, var at omsætte

magnetisme til elektricitet. Den 29de august 1831 lykkedes det. Hans egen beskrivelse lyder slik: «Jeg har en jernring $\frac{7}{8}$ " tyk, 6" i ytre diameter. Jeg viklet mange vindinger av kobbertraad om jernringen. Halvdelen av viklingen var adskilt med traad og tøy (kattun); der var 3 traadstykker hvert paa 24 fot, og de kunde forbindes til en længde eller brukes særskilt. Denne side av ringen kalder jeg A. Den anden side B var omviklet med 2 traader paa tilsammen 60 fots længde. Vindingen gik i samme retning i A og B. Jeg samlet traadene B til én traad og forbandt deres ender med

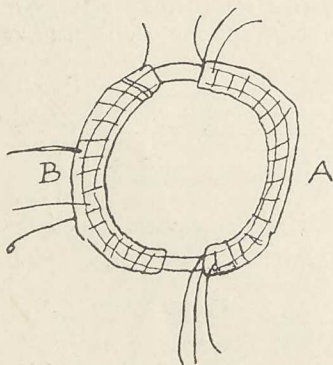


Fig. 10. Faradays egen tegning til induktionsforsøket.

en kobbertraad som gik tæt hen over en magnetnaal. Derpaa sluttet jeg en elektrisk strøm fra et batteri gjennom én av traadene A. Øieblikkelig slog magnetnaalen ut, svinget frem og tilbake, men kom snart til ro i sin oprindelige stilling. Avbrøt jeg strømmen, gjorde naalen atter et utslag.»

Den strøm som saaledes blev indført i B ved at strømmen i A blev sluttet eller brutt, kaldes *induceret*

strøm. Dens retning naar strømmen i A — den *primære* strøm — brytes, er motsat av retningen ved *slutning* av denne strøm. Den opstaar ogsaa bare ved *forandringer* av strømmen i A.

Et av Faradays andre betydelige arbeider var at finde lovene for den elektriske strøms *kemiske* virkninger. De var allerede iagttat før. To englændere som prøvet Voltas søile straks efter at den var opfundet, la en metaltraad fra søilens nedre ende — sølvet — til en vanddraape som laa paa toppen av den øverste zinkplate. Strømmen gik, og der kom smaa luftbobler i draapen; den ene syntes at lugte at det var vandstof (rent vandstof er forresten lugtfrit). For at faa nær-

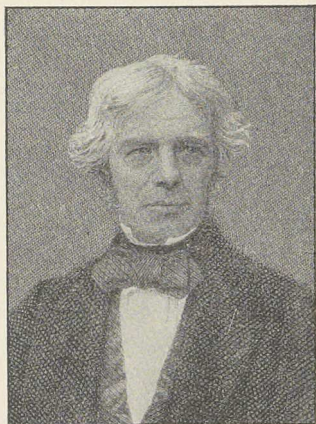
mere rede paa dette tok de saa en messingtraad fra hver av søilens ender og førte de to traadender gjennem proppen paa en hvælvet flaske fyldt med vand. Ganske rigtig: der samlet sig vandstof oppe ved flaskens bund, og den ene messingtraaden viste sig at bli angrepet som om den blev oksyderet av surstof. Den elektriske strøm kunde altsaa spalte vandet i sine to bestanddele.

Faraday fandt at den mængde av et bestemt stof (f. eks. vandstof) som utskilles, vokser i samme forhold som (er proportional med) den elektricitetsmængde som samtidig gaar igjennem. Elektriciteten er altsaa nøie knyttet til stoffet, transporteres med det.

Men en bestemt elektricitetsmængde følger ikke samme mængde av alle stoffer. 8 gram surstof transporterer ikke mere elektricitet end 1 gram vandstof. Av kobber trænges 31,6 gram til at transportere den samme elektricitetsmængde, o. s. v. Nu er det saa at 8 gram surstof forbinder sig kemisk netop med 1

gram vandstof eller 31,6 gram kobber, og disse talene er de som kemikerne kalder *stoffenes forbindelsesvegter*. En bestemt elektricitetsmængde er saaledes knyttet til kemisk «samhørende» eller «jevngode» (ækvivalente) vegter av de forskjellige stoffer.

Denne lovmæssighet er av den største betydning for vor forstaaelse av elektricitetens natur.



Michael Faraday, f. 1791, bokbinderlærling. Blev 1813 Davys forelæningsassistent, 1825 direktør for Royal Institution. † 1867. Hans fysiske opdagelser er næsten ikke til at tælle.

ANDET KAPITEL

HVAD ER ELEKTRICITETEN?

VI driver vore arbeidsmaskiner med elektricitet. Vi oplyser vore hjem med elektricitet. Vi koker kanske vor mat med elektricitet. Vi betaler for elektricitet. Vi haandterer vore lamper, vore kokeapparater, vore motorer med en sikkerhet som om vi kastet en ball i veiret uten tvil om at den vil komme ned igjen.

Hvad er saa dette mystiske væsen, denne villige — og billige — tjener som vi har slikt herredømme over? Dette som knapt noget menneske har set eller hørt, men kanske nok følt noget til i form av støt under uheldige forhold.

Elektricitet er først og fremst et navn, navn paa noget som paa forskjellig vis har git sig tilkjende, men som har søkt at skjule sit egentlige væsen. Ytringsformerne er greie nok, de kan vi iagtta med vore sanser, og nogen av dem har vi fortalt om i det foregaaende kapitel. Men om aarsakerne til dem har meningerne været delte.

Vi har set at man kunde tænke sig *to* slags, som gjensidig tiltrak hinanden, men frastøtte den ensnævnte, og at man likesaa godt kunde tænke sig *én* slags, som der snart kunde bli formeget av, snart forlitet av. Ja man kunde endog la være at bekymre sig om selve elektriciteten og bare fæste opmerksomheten ved at rummet omkring en gnidd glasstang faar den egenskap

at lette gjenstande tiltrækkes eller at rummet omkring en ledning fra et «galvanisk» batteri blir særlig «passabelt» for magneter. Det var *denne* forestilling som ledet *Faraday* under hans undersøkelser, og som hans efterfølger *Maxwell* utformet i de fineste matematiske sætninger.

I den senere tid er man kommet tilbake til *Franklins* tanke om *en* sort elektrisitet, men det kjedelige er at det er den positive (glaselektriciteten) som er «avskaffet». Alle elektriske og magnetiske foretelser lar sig forklare ved den nye teori, de fleste meget lettere end ved de ældre teorier. Men der vil kanskje være mange av læserne som tænker klarest ved at beholde den ældre — dualistiske — opfatning. I denne bok vil vi imidlertid i størst mulig utstrækning benytte den moderne — monistiske — forestilling.

At der slik skiftes opfatning saa ofte, vil kanskje nogen synes er et sørgelig tegn. Men naturvidenskapene beskjeftiger sig først og fremst med kjendsgjeringerne — erfaringerne — beskriver dem, fortæller hvad der *er skedd* under de og de omstændigheter, og altsaa ogsaa hvad der *vil ske* under de *samme omstændigheter*. Saa søker man at gjøre sig op en forestilling om hvad det er for aarsak som ligger bakenfor foretelserne, for at kunne *forutsi* hvad der vil ske ogsaa under *andre* omstændigheter. Faradays opdagelse av induktionen var ingen tilfældig iagttagelse, men resultatet av et ræsonnement; det var naturens svar paa et spørsmål han hadde stillet den. Skulde naturens svar nogengang bli negtende, der hvor man efter sit ræsonnement har ventet ja, maa forutsættningerne ha været gale. Ellers holder man paa de opfatninger som gjør det lettest at tænke videre. Og nu er den moderne opfatning av elektriciteten som *en* sort den som yder os den bedste hjælp for tanken.

Vi maa først minde om hvordan man tænker sig alle (materielle) stoffer sammensat.

Tar vi et stykke *granit*, vil vi allerede med det blotte øie se at det bestaar av forskjellige mineraler. Knuser vi

det, vil vi tilslut finde tre slags korn, *feldspatkorn*, *kvartskorn* og *glimmerkorn*, men ikke længer nogen granitkorn.

Tar vi derimot et stykke *marmor* og knuser det, vil alle kornene bestandig være like. Graniten er sammensat, marmoret er ensartet, ialfald saa lang  knusningen kan dele det op.

Tar vi nogen koksaltkrystaller og knuser dem, vil ogsaa alle kornene være like. Men ved forskjellige kemikalier kan vi ut av en portion koksalt faa *to* nye stoffer: en gasart, *klor*, ildelugtende og giftig, og et metal, *natrium*, s lvhvitt, let, uholdbart. Der maa da ha været en *mindste* del koksalt som ikke kunde gaa istykker uten at delene blev ulike. Disse *mindstede*le kalder vi *molekyler*, og de nye *ulike* smaadele kalder vi *atomer*. Et koksaltmolekyl kan da *simplest* tænkes at bestaa av *et* atom klор, *Cl*, og et atom natrium, *Na*, og koksalt maa kunne skrives *NaCl*.

Et molekyl *vand* tænker man sig *simplest* sammensat av *et* atom *surstof* (*O*) og *to* atomer *vandstof* (*H*), saa man skriver H_2O for vand. Surstofatomet tænkes altsaa at ha evnen til at forbinde sig med *to* vandstofatomer; man sier det er *tov rdig*.

I almindelig vandstofgas tænker man sig at *to* og *to* atomer er knyttet sammen til et molekyl (H_2), og at disse bevæger sig med stor fart mellem hver  andre, kolliderer med hinanden og st ter mot væggene saa de kastes tilbake. Dette stadige «bombardement» av væggene er det som opfattes som «tryk» mot disse. I hver cm^3 av alle gasarter antar man at der er like mange molekyler. Forholdet mellem vektene av $1\ cm^3$ blir da forholdet mellem molekylernes vekt (Avo gadro's regel). Farten av molekylerne økes ved opvarmning (hvis det rum hvori de er indesluttet ikke gøres større, vet vi nemlig at trykket økes). Ved 0° og 1 atmosfæres tryk løper f. eks. et surstofmolekyl gjennemsnitlig med en fart av $461\ m$ pr. sekund og tilb kel gger ca. $0,0001\ mm$ mellem hvert støt. Et vandstofmolekyl løper 4 ganger saa fort.

Vegten av et enkelt molekyl eller atom kunde man længe ikke gjøre sig nogen sikker forestilling om; men

man kunde ved Avogadros regel finde *forholdet* mellem de forskjellige. Satte man vandstofatomets vekt lik 1 — man veiet saa at si de andre med vandstofatomer som lodder — maate vandstofmolekylet veie 2, surstoffatomet 16, surstoffmolekylet 32, natriumatomet 23, kloratomet 35,5, kobberatomet 63,2, vandmolekylet $2 + 16 = 18$ o. s. v.

2 gram vandstof, 32 gram surstof, 18 gram vand o. s. v. kalder man et *grammolekyl* av disse stoffer.

Kunde man nu finde hvor mange molekyler der var i et grammolekyl av et stof, fandt man det jo samtidig for *alle* stoffer. I de senere aar har man ad flere forskjellige veier fundet dette tal, det er omtrent

620 000 000 000 000 000 000 000.

Et vandstofmolekyl blir da 2 gram divideret med dette tal og et vandstofatom 1 gram divideret med det samme tal eller

0,000 000 000 000 000 000 000 001 61 gram.

Det er ikke meget.

Skal vi regne mere med slike store og smaa tal, blir denne skrivemaaten altfor tungvint. Enten faar vi friske op vore gamle kjendinger *billionen* (1 mill. millioner), *trillionen* (1 mill. billioner) og *kvadrillionen* (1 mill. trillioner) eller finde en lettere maate at skrive nullene paa. Man skriver almindelig:

$1000 = 10^3$, læs *10 i tredje*, $1\,000\,000 = 10^6$, $4\,000\,000 = 4 \cdot 10^6$ (hvor prikken betyr ganger, $\times$), $9\,270\,000 = 9,27 \cdot 10^6$ o. s. v. Vort første tal blir da $62 \cdot 10^{22}$ eller $6,2 \cdot 10^{23}$.

Likesaa: $0,001 = 10^{-3}$, læs *10 i minus tredje*. $0,000001 = 10^{-6}$, $0,000027 = 27 \cdot 10^{-6}$, sidste siffers plads bestemmer det lille tal øverst oppe (eksponenten). Vegten av vandstoffet blir da

$1,61 \cdot 10^{-24}$ eller $161 \cdot 10^{-26}$.

Av *Faradays* undersøkelser saa vi at en bestemt elektricitetsmengde altid ledsaget kemisk jevn gode vegter av de forskjellige stoffer. Har et vandstofatom en bestemt «ladning» med sig, maa et surstoffatom kunne ta en dobbelt saa stor «ladning» av den motsatte sort (et atom surstof var jevngodt med to atomer

vandstof), et atom kobber tar to ladninger av samme sort som vandstoffet. Brukes vandstoffets ladning som maal, viser det sig at alle andre atomer eller atomgrupper transporterer *en, to, tre* eller i høiden *fire* slike ladninger, av samme eller motsat sort.

Men da maa vi næsten sikkert anta at der findes visse *mindstede*le ogsaa av elektriciteten, *elektricitetsatomer*.

Disse kalder man *elektroner*, og ethvert atom — eller atomgruppe — kan knytte til sig et ekstra antal av disse eller miste et bestemt antal. Disse atomer eller atomgrupper med overskud eller underskud av elektroner kaldes *ioner*. De kan ogsaa løsnest fuldstændig fra materien og fare ut i verden paa egen haand (se katodestraaler i kapitlet Elektrisk lys), og her har man nappet dem, faat rede paa deres ladning og masse og hastighet. Man har fundet at deres masse — virkelig eller tilsyneladende — er ca. $\frac{1}{1700}$ av vandstofatomets eller $0,9 \cdot 10^{-27}$ gram, og de kan naa en hastighet som lysets: 300 000 km i sekundet ($3 \cdot 10^{10}$ cm pr. sek.).

Elektronerne frastøter hinanden — da de alle er samme slags elektricitet, lakelektricitet, eller *negativ*. For at faa litt begrep om størrelsen kan vi tænke os et sandkorn av 1 mm diameter. Sandkornet er omtrent like mange ganger større end elektronet som jorden er større end sandkornet.

Skal man anta at nogen atomer kan *miste* elektroner (og det er jo nødvendig at tro fordi der tilsyneladende er *to* slags elektricitet), saa maa alle atomer *ha* nogen elektroner. Man antar at der omkring hvert atom kredser et større eller mindre antal elektroner omtrent som planeterne om solen. De maa da holdes paa plads av en eller anden slags tiltrækningskraft i atomets kjerne. Her kan man si at der findes *positiv* elektricitet. Den er forvist til atomkjernen, men vi behøver ikke at spekulere over dens væsen. Alle *elektriske* fænomener kan forklares ved elektronerne. Kjernen har mest interesse for kemikerne.

Sammenligningen med solsystemet letter os forstaaelsen av elektronernes bevægelser omkring kjernen. Der er rigtignok *en* forskjel: *kloderne tiltrækker* hverandre, men

elektronerne frastøter hverandre, men tiltrækkes av kjernen. Med passende fart, avstand og antal kan der naturligvis være stabil likevegt i dette system som i solsystemet.

Sæt nu at der ind i vort solsystem kom en vældig komet av masse omtrent som en av planeterne, selv av de mindste. Dens bane vilde bli sterkt forandret naar den kom i nærheten av solen. Vi har eksempler paa at kometer som er kommet ute fra rummet, har faat slik baneforandring at de senere er blit periodiske gjester. Men denne tænkte *store* komet vilde ogsaa virke paa solen og planeterne, trække paa dem, saa de til sine tider kom adskillig ut av sine baner. Men efter en stunds forløp — nogen omløb — vilde der nok kunne bli en ny likevegt med en klode mer end før — kometen. Om en av vore planeter forsvandt, vilde det nok volde stor forstyrrelse men der kunde nok indstille sig en ny likevegt med nye baner for alle kloderne.

Kommer et elektron ekstra ind til en atomkjerne vil alle de tidligere elektroners baner forandres mere eller mindre, og vi faar et nyt banesystem. Man har forsøkt at finde betingelserne for stabilitet for et bestemt antal elektroner, dels ved beregning og dels ved at eftergjøre det med magneter.

Hvert atom kan kun miste — eller opta — et bestemt litet antal elektroner; det er muligens slike som har videre baner end de andre (sammenlign de ytre planeter), mens de indre ikke forandres stort.

Vi skal saa se hvordan de enkelte elektriske forsøk kan forklares ved denne teori.

Naar en glasstang ved gnidning blir «positiv» elektrisk, maa det være fordi endel elektroner er revet løs og gaat over paa skindet som der grides med. At dette virkelig blir negativ elektrisk, har man længe visst. En lakstang optar derimot elektroner fra gnidetøiet.

De elektronefattige atomer paa glasstangens overflate vil søke at forsyne sig fra de nærmeste omgivelser. Om luften let lar elektroner passere, vil stangen forsyne sig fra luften. Det er det som sker ved «vestenvind i

London» naar luften er fugtig. Men er luften tør, faar stangen ikke noget derfra. Er der saa nogen papirbeter

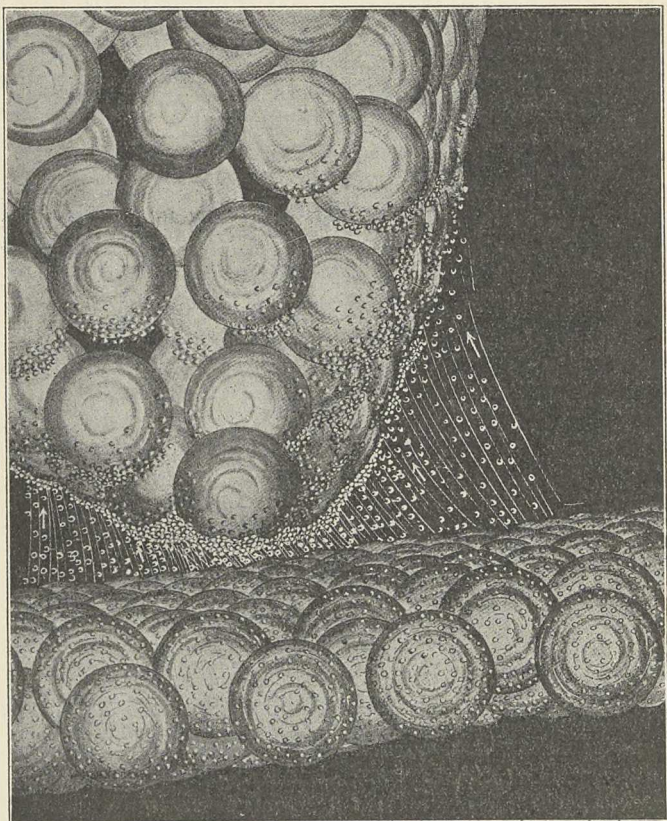


Fig. 11. Slik gaar det antagelig til naar vi gnir et stykke rav. Den øverste figur er den ypperste fineste spids av et stykke rav. Den blir gnidd med et stykke yderst tynd silke (nederste figur). Elektroner flyr over fra silken til ravet. De store kuler forestiller atomerne. Størrelsesforholdene er naturligvis ikke rigtige.

i nærheten, vil elektroner trækkes hen i retning mot stangen, og da der skal en uhyre kraft til at løsne dem fra atomkjernerne, trækkes likesaagodt hele atomerne med; papirbeten flyr hen til glasset, og glasset forsyner

sig. Men det faar ikke nok. Der er fremdeles underskud. Og nu har papiret — eller dunet — ogsaa underskud. Og dermed skilles de og farer fra hverandre. Men nu er kanske dunet i nærheten av en menneskekrop, og der er et stort forraad av elektroner. Det søker at forsyne sig. Men da berget ikke vil komme til Muhammed, gaar Muhammed til berget. Tiltrækningen er gjensidig. Dunet farer hen til nærmeste punkt — næsen — forsyner sig med de manglende elektroner — og kanske litt til ogsaa — og kan nu igjen tiltrækkes av glasstangen.

Mellem de enkelte elektronefattige atomer paa glassets overflate maa der jo bli en viss frastøtning — en *spænding*. Denne spænding maa være større jo flere elektroner der er fjernet. Men ikke det absolute antal, for en stor overflate maa jo taale at miste flere end en liten flate uten at spændingen blir større. Antallet av forsvundne — eller for lakkets vedkommende optagne — elektroner pr. flateenhet (cm^2 f. eks.) maa være bestemmende for spændingens størrelse. Man kan sammenligne spændinger ved at fæste et eller to smaa pendler paa legemet — laget av hyldemarv eller papir ophængt i silketraad. Jo større spænding des mere vil de sprike ut fra vertikalen. Voltas elektroskop med guldbladene (nu brukes mest aluminiumsblade) virker ganske paa samme maate.

Fig. 12 forestiller et meget viktig forsøk. A har et underskud av elektroner (positivt ladet som det fra gammel tid sies). De fattige atomer paa A søker at forsyne sig. Er nu B av et materiale som let lar elektronerne passere — er en *leder* — kan det hende at draget paa elektroner nærmest A er saa sterkt at

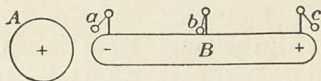


Fig. 12.

det her blir et overskud. Et helt lager av elektroner er stillet op færdig til at sendes over til A saasnt der slaas «bro» — en ledning — mellem A og B. Men elektronerne paa den kant av B som er litt lenger borte, søker atter at forsyne sig for at erstatte tapet,

røver elektroner fra sine naboer tilhøire, og slik gaar «rovett» videre og videre til det gaar ut over den del av B som er længst fra A. Der blir da et underskud. De tre pendler paa B viser den forskjellige spænding.

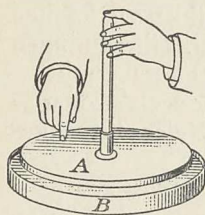


Fig. 13. En elektrofor.

Sætter vi nu fingeren eller noget andet ledende paa B, kan rovet foregaa videre helt til jorden. Men her er reservoiret saa stort, at det ikke merkes om der forsvinder nogen elektroner. Tar vi fingeren væk, staar B tilbage med sit lager av elektroner (er negativt ladet), et lager som er særlig let realisabelt saa længe A staar paa plads, mindre let hvis denne «kunde» fjernes. Fører vi B med sit elektronelager hen til et tredje legeme, vil det der avgi sit overskud og kunne flyttes uelektrisk tilbake. Takket være A's nærhet kan den atter forsyne sig av jordens vældige forraad og transportere det hen til det tredje legeme o. s. v. Har vi altsaa først skaffet os en liten ladning paa A — et underskud av elektroner — kan vi ved ganske enkle haandgrep skaffe os hvilkesomhelst elektricitetsmængder paa en opsamler, ialfald saa meget som denne kan lagre. Man sier at man har elektriseret B (transportøren) ved influens.

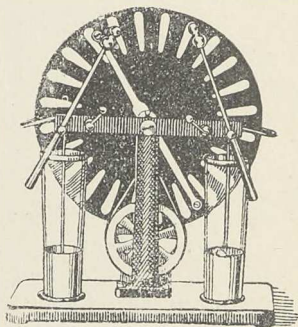


Fig. 14. Wimshursts maskin.

En simpel «maskin» til at gjøre dette er tegnet i fig. 13. Nederst er en plate av et eller andet slags isolerende materiale, lak, kautschuk, ebonit etc. Ovenpaa er en metalplate som paa undersiden er isoleret med shellakfernis. Den er fæstet til et isoleret haandtak. Denne er transportøren (A); den underste plate (B) lades ved gnidning (piskning med katteskind er bedst); den svarer til A i forrige forsøk. Haandteringen er akkurat som foran omtalt.

De saakaldte «influenmaskiner», fig. 14, som er de almindeligste elektrisermaskiner, er grundet paa dette princip. De «lades» et eller andet sted først, derefter fører de de to slags elektricitet til hver sin opsamler, egentlig: trækker elektroner fra den ene konduktor og skyver dem til den anden.

Den elektriske *kondensation* eller fortætning som utnyttes i Voltas spændingsmaaler — elektroskopet —

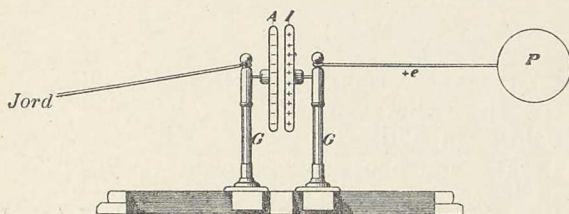


Fig. 15. Kondensator.

og i Leidener-flasken, lar sig ogsaa let forklare ved elektronerne.

I er en metalplate som er fæstet til en isolerende fot G og staar i forbindelse med en stadig virkende elektricitetskilde som er fattig paa elektroner og derved ogsaa selv blir det. Et pendel skulde der være paa den for at vise spændingen. Sættes saa metalplaten A, der er forbundet med jorden, nær hen til I, vil der trækkes elektroner fra jorden over paa A. Det «usynlige» pendel paa I paavirkes da baade av underskuddet paa I og overskuddet paa den nærstaaende A og falder betydelig sammen. Spændingen paa I synker ved nærheten av de ekstraladede atomer paa A. Da kan P hente nye forsyninger av elektroner fra I, til spændingen blir saa stor som før. Fjerner vi nu A med sit overskud, vil I staa tilbage med et underskud der er langt større end før, spændingen er øket, pendelet spriker mer.

Leidener-flasken, se fig. 3, er ogsaa en kondensator. Det indre metalbelæg svarer til platen I, det ytre til

A. «Ladningen» foregaar som ovenfor omtalt og som det først hændte i Leiden.

Paa Voltas elektroskop (se fig. 6 forr. kap.) er I den undre plate som bærer guldbladdpendelet paa stangen i flasken. Den øvre plate svarer til A, som enten kan sættes i forbindelse med jorden (som meddelt i teksten) eller med en anden elektricitetskilde (som i figuren den anden elementplate). Naar den fjernes, blir sprikningen større.

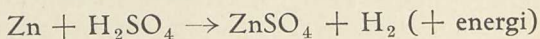
La os saa se paa den elektriske strøm, den «galvaniske» elektricitet som Volta av høflighet mot Galvani kaldte sin opdagelse.

Vi saa at om han dannet en ring av bare metaller, fik han ingen strøm, elektronerne kom ikke i fart. Om ringen bestod av zink, tin og sølv, saa forsynte zinken tinnnet med elektroner, tinnnet forsynte sølvet, men sølvet kunde ikke forsyne zinken igjen; tvertimot: det forsynte sig ogsaa fra zinken. Nogen «ringgang» av elektronerne kom ikke istand. Og hvorfor skulde det ogsaa ske; ingen av metallerne undergik nogen forandring.

Anderledes naar vi har en væske som fortyndet svovelsyre.

Saasnart zinken sættes ned i syren, begynder den at opløses; der utskilles vandstof, og om vi efterat al zinken var løst op, dampet væk vandet, vilde vi faa tilbake et stof som indeholder zinken og noget av svovelsyrens bestanddele: *svovelsur zink*. Opløsningen foregaar under sterk *varmeutvikling*. Vi faar altsaa varme, som er en form for energi, og den nye kombination: vandstof + svovelsur zink maa være energifattigere end den oprindelige kombination: zink + svovelsyre.

Med kemikernes tegnsprog skrives et molekyl svovelsyre H_2SO_4 , d. v. s. to atomer *vandstof* (H), et atom *svovel* (S) og 4 atomer *surstof* (O), zink betegnes ved Zn. Hele begivenheten skrives da:



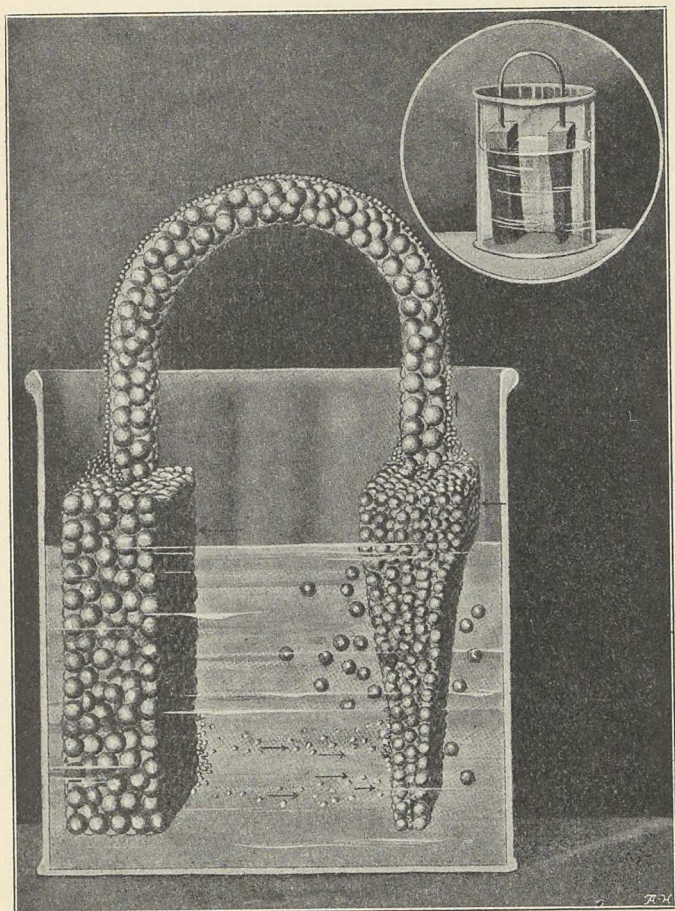


Fig. 16. Hvad der foregaar indeni et element af kobber og zink i fortyndet svovelsyre. Syren æter op zinken saa zinkatomer kommer ut i væsken (tildels som dele av zinksulfatmolekyler). Elektronerne (de smaa kulene) bevæger sig som pilene gennem væsken og metalledningen.

og det er denne energi som driver saa mange elektroner over paa den zink som endnu maatte være uopløst, at den ogsaa kan forsyne kobberet med et hvilket som helst kvantum om zinken og kobberet for

bindes. Pilene i fig. 16 hvor elektronerne er optegnet, gaar i disses bevægelsesretning. De sedvanlige pilretninger er i den saakaldte «positive» strøms retning altsaa motsat; de vil bli brukt, for den gamle betegnelse er ikke saa let at avskaffe, den er halsstarrig som «kjærringa mot straumen».

Naar der gaar en elektrisk strøm, d. v. s. naar elektronerne er i bevægelse i en ledning, maa vi ikke opfatte det som at det er de samme elektroner som stadig flyr den hele bane. Gaar strømmen i metaller, altsaa elektronerne mellom atomer, løper de fra det ene til det andet, snart fanges et frit elektron ind i atomernes hvirvel, snart slynges der et ut, rent som «tredje mand i vinden», men retningen er bestandig den samme.

Dannes strømmen av frie elektroner, er forholdet noget likt bevægelsen i en luftstrøm. Om en luftmasse er i bevægelse i en bestemt retning, saa flyr derfor ikke alle molekylene denne vei. Som i luft i ro bevæger de sig i alle mulige retninger mellom kollisjoner, men *gjennemsnittsfarten* er større i bevægelsens retning end i alle retninger. Likedan med elektronerne, de bevæger sig fremdeles i alle retninger, men mere i en end i de andre.

Der staar endnu tilbake et meget viktig punkt som vi i al stilhet har sprunget over. Hvordan kan et elektrisk legeme virke paa et andet som er langt unda, ialfald ikke i berøring med det første? Er det en fjernvirkning, eller er der en skjult sammenheng gjennem rummet? Ganske det samme problem gjælder forresten kloderne i verdensrummet, i det hele al materie. Begge problemer maa løses paa samme maate, og det er kanskje lettest at forstaa forholdet naar vi tar den haandgripelige materie. Hvordan kan jorden saa at si vite om maanens eksistens og «trække» paa den? Eller, for at ta noget nærmere: Naar vi klipper stilken av paa et eple, hvorfor falder det ned? Kunde det ikke like saa godt fare tilveirs? eller vandre utover? Om nogen av de sidste muligheter indtraf, vilde vi bli yderst forbløffet. Men det er fordi vi ikke er vant

til det, for i grunden er jo ikke det mere mystisk end det som stadig sker. Vi sier, at «jorden trækker eplet ned», men der er atter mysteriet.

Vi vil prøve at uttrykke det saa: Rummet, hvor eplet befinder sig, maa likesom være *opstripet* i retning ovenfra ned og normalt kun fremkommelig den vei. Skal vi faa eplet til at gaa i en anden retning, maa vi ved en kraft sørge for opstripning i andre retninger.

Disse tænkte striper kalder vi *kraftlinjer*. Omkring jorden maa disse være lodret paa overflaten, rettet ind mot centrum. Selv det store verdensrum tænker vi os ikke tomt, men opfyldt av et slags stof, som vi kalder *æteren*, og som ogsaa fylder rummet mellem alle materielle legemers atomer. Det er æteren som er blit opstripet ved selve jordmateriens tilværelse. Det er saa langt fra at vi vil tænke os æteren som næsten intet, at vi tvertimot vil opfatte den som det fasteste som eksisterer. Istedenfor at tænke os vor klode svævende gjennom et tomt rum vil vi tænke os den indeni en vældig *blok* som fylder det hele rum. Naar vi allikevel ikke merker noget videre til æterens eksistens, er det fordi den er fuldkommen elastisk. Likesaa stor motstand som den øver paa forsiden av en klode i fart, like saa stor skyvning øver den paa baksiden.

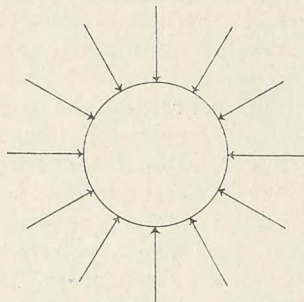


Fig. 17. Kraftlinjer rundt jorden. Et materielt legeme som er frit, vil bevæge sig i pilenes retning.

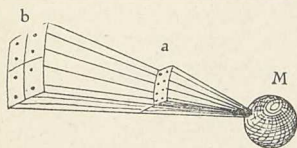


Fig. 18. Kraftlinjernes forskjellige tæthet i forskjellig afstand.

Alt stof — al materie — fremkalder ved sin tilværelse kraftlinjer omkring sig i æteren, omtrent som om vi slog et kraftig slag paa en isblok, vilde den slaa sprækker til alle kanter som radier ut fra det punkt hvor slaget traf. De vilde være tættest indved

slaget. Tænker vi os nu et stof som bare kunde komme frem gennem slike sprækker, f. eks. vand, vilde passagen for en bestemt vandmasse være lettere nær ved centret end længer ut, fordi der blev flere sprækker i det rum som vandmassen fyldte. Antallet av sprækker vil være et maal for kraftens størrelse.

Det er let at se efter hvilken lov kraften vil forandre sig med avstanden. M i fig. 18 er en materieklump, som striper op rummet omkring sig. Skjærer vi ut av æterblokken omkring den et pyramideformet stykke og tar bort igjen den ene side av dette paa den ytre halvdel, vil vi se kraftlinjerne som prikker i de to rektangel-lignende endeflater, like mange i hver. Men da flaten b ligger dobbelt saa langt fra centrum som a , er b 4 ganger større end a . Gjennem hver cm^2 av b gaar der altsaa bare $\frac{1}{4}$ saa mange kraftlinjer, som gjennem hver cm^2 av a . *Kraften forandrer sig omvendt som kvadratet av avstanden.*

Det er den lov som Newton fandt. Den samme lov har Coulomb fundet ved forsøk med elektrisitet.

Det kan vises simpelt paa følgende maate: A er en elektriseret kule. B er et elektrisk pendel elektriseret som A. Det vil derfor frastøtes, og vinkelen det svinger ut, tjener som maal for frastøtningen (nøiagtig vinkelenstangens).

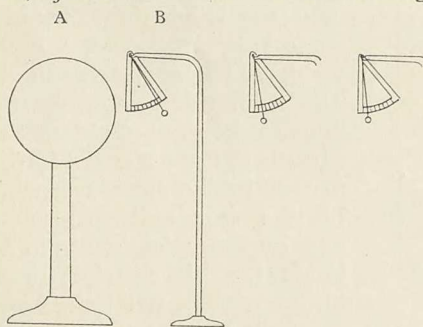


Fig. 19.

gynder man med B langt ute og flytter den indover, vil vinkelen vokse, og ved at maale den findes loven for kraftens forandring.

Vi kan nu anvende akkurat det samme ræsonnement for en sam-

ling av elektroner, f. eks. en messingkule ladet ved hjælp av en gnidd lakstang. Rummet omkring den blir hverken mer eller mindre passabelt for ren materie

end før. Men det er opstripet med passage for *elektroner* som vil slynges *utover*; heri ligger en væsentlig forskjel fra materien. Ellers blir alt likt.

Omkring en kule med *underskud* av elektroner vil kraften være rettet indover (elektronerne trækkes jo da til), og fig. 17 kan da tjene som billede.

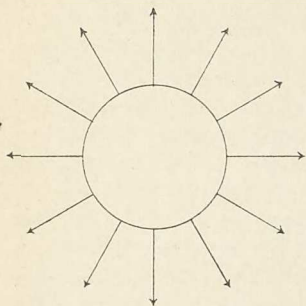


Fig 20. Kraftlinjer omkring en negativ elektrisk kule.

Omkring *to motsat* elektriserte kuler blir kraftlinjerne som paa fig. 21 til venstre. Om *to ens* elektriserte kuler blir kraftlinjerne som i figuren tilhøire. Det rum hvor kraftlinjer findes, kaldes et *kraftfelt*. Studiet

av disse kraftfelter var Faraday til stor hjælp til at finde mange av de vigtige love, først og fremst induktionsloven.

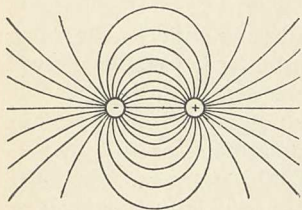
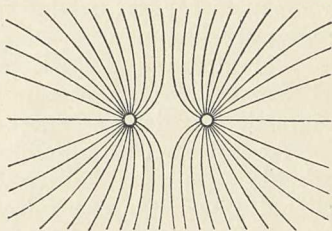


Fig. 21. Kraftlinjer om to motsat elektriske kuler.



Kraftlinjer omkring to ens elektriske kuler.

TREDJE KAPITEL

DE MANGE NAVNE

VOLT og *Watt*, *Ampère* og *Coulomb* (læs angpær, kulong) svirrer om ørene paa nogen hver i denne elektricitetens tidsalder. Men hvad er alt dette? Navnene knytter sig ikke til kjendte begreper. Det eneste av dem som skulde begynde at fæste sig, maatte være *watt*, for det betaler vi for naar elektricitetsverkets regninger kommer.

For at faa noget tak paa disse mange navne, maa vi først skaffe os et fundament *utenfor* elektricitetens omraade, og det er begreperne *arbeide* og *energi*.

At løfte et kilogramlod en meter ret op er et arbeide som man kalder *1 kilogrammeter* (1 kgm) — eller 1000 grammeter eller 100 000 gramcm. At løfte 70 kg 3 m op er 210 kgm o. s. v. Om veien ikke er lodret, men f. eks. gaar langs et skraaplan, blir arbeidet det samme, saasandt hævnningen er den samme. Man trenger mindre kraft, men maa la den virke gjennem en længere vei. Arbeidet er altid lik *kraften* $\times$ *veien i kraftens retning*. At flytte et legeme horisontalt kræver intet arbeide, naar vi bortser fra friktionen.

Vi skal ta nogen simple forhold i jordens kraftfelt. Det vi lærer derav, lar sig da simpelt overføre paa det elektriske kraftfelt. La os ta en *rambukk*. Den kan ha et lod som veier 300 kg, som kan løftes til en høide av 5 m. At løfte det op vil kræve et arbeide paa

1500 kgm. Egentlig skal det brukes til at ramme ned en pæl; men sæt at vi hængte i den anden tauende et lod paa næsten 300 kg, saa vilde det første lod kunne løfte dette op 5 m, mens det selv faldt ned. Var der ingen friktion eller motstand i luften, vilde der kunne løftes nøiagtig 300 kg, naar vi bare gav et litet puf. Det lod vi først hadde strævet med at løfte op, kan altsaa utføre det arbeide at løfte et like tungt lod til samme høide, altsaa 1500 kgm. Vi sier da at vi hadde skaffet loddet en *arbeidsevne* paa 1500 kgm eller med et fremmed ord, som vi stadig vil bruke: en *stillingsenergi* eller *potentiel energi* av denne størrelse.

Sæt at vi avbrøt denne bevægelse naar det første lod var faldt 1 m og det andet steget 1 m. Lod nr. 1 har aabenbart *mistet* noget av sin energi, for nu har det bare 4 m igjen at kunne falde; den potentielle energi er nu bare 1200 kgm. Men lod nr. 2, som er løftet 1 m, har sikkert *faat* en energi paa 300 kgm. Den *samlede mængde* er altsaa *den samme*. Og hvor vi end tænker os bevægelsen stanset for at betraktes av os, er dette altid tilfældet. Energien gaar ikke tapt.

Naar loddet paa rambukken brukes til at ramme ned pæler, slipper vi det løs, det faar fart, og takket være denne *fart* er det istand til at drive pælen ned. Et legeme i bevægelse har altid *arbeidsevne*, energi, men den er naturligvis litt anderledes end den første slags. Den kaldes *levende kraft* eller *kinetisk energi*.

Det fortælles om en mand som skulde sætte nye staaletænger under langslæden sin, men ikke hadde noget redskap til at bore huller med, at han satte stængerne op mot uthusvæggen, tok sin Krag-Jørgensen-rifle og *skjot* huller i dem. Hvis det er sandt, saa ut-

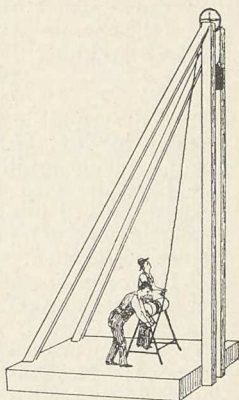


Fig. 22. Rambukk.

førte kulen ved sin voldsomme fart det arbeide han ellers maatte ha utført ved boringen.

Den levende kraft er naturligvis større, jo større masse det er som er i fart — likefrem proportional hermed. Hvad *hastigheten* har at si, skal vi se at faa rede paa ved at studere en *fri* bevægelse i jordens kraftfelt.

Naar et hvilken som helst legeme falder frit i lufttomt rum, har man fundet at det tilbakelægger følgende veilængder:

1 1 sekund	4,91 m,	altsaa i 1ste sekund	4,91 m,
≈ 2 sekunder	19,64 ≈	≈ 2det —	14,73 ≈
≈ 3 —	44,19 ≈	≈ 3dje —	24,55 ≈
≈ 4 —	78,56 ≈	≈ 4de —	34,37 ≈

Med avrundede tal 5, 20, 45, 80 — 5, 15, 25, 35. I første sekund har det *gjennemsnittlig* en hastighet av 5 m, i andet sekund gjennemsnittlig 15 m, o. s. v. Da maa hastigheten — der begynde med at være 0 — være 10 ved *utløpet* av 1ste sekund, 20 ved utløpet av 2det o. s. v., den *vokser* med 10 m (nøiagtig 9,82 m) pr. sekund. Denne faste hastighetstilvekst kaldes *acceleration*.

Hvor stor energi kan nu et legeme ha faat ved at tyngden slik har ført det nedover? Sæt at legemet veier 1 kg, d. v. s. jordens drag paa det er en kraft paa 1 kg. I første sekund har denne kraft virket gjennom en veilængde paa ca. 5 m, det utførte arbeide er 5 kgm. Hastigheten er blit 10 m pr. sek. I løpet av 2 sekunder har kraften virket i ca. 20 m, arbeidet er 20 kgm, hastigheten er blit 20 m pr. sek. I 3 sekunder: 45 m vei, arbeidet 45 kgm, hastigheten 30 m pr. sek. I 4 sekunder: arbeidet 80 kgm, hastigheten 40 m pr. sek.

Hastigheten vokser ikke paa langt nær saa hurtig som det utførte arbeide. Hvis nu arbeidet er omsat til bevægelsesenergi — levende kraft som legemet har faat — maa denne vokse meget hurtigere end hastigheten. Mens hastigheten er vokset i forholdet 10 : 20 : 30 : 40 (1 : 2 : 3 : 4), er energien vokset i forholdet 5 : 20 : 45 : 80 eller 1 : 4 : 9 : 16, d. v. s. som *kvadratet* av hastigheten.

Hvordan gaar det nu med et legeme i fart, og som utfører et arbeide? Rambukkloddet stanser naar det har drevet pælen et stykke; riflekulerne hadde ikke rar fart da de hadde gaat igjennem staaletængerne. Den kinetiske energi avtar og avtar like meget som mængden av det arbeide legemet utfører, likesom den vokste under det frie fald paa grund av det arbeide som det mottok fra tyngden.

Slynger vi et legeme ret tilveirs, begynner det med en betydelig kinetisk energi. Farten mindsker efterhvert, den kinetiske energi avtar, og naar det naar sit høieste

punkt, er denne lik 0. Om vi opfanget det paa en plate deroppe, vilde vi kunne bruke denne dets stilling til at faa et arbeide utført — løfte et andet legeme. Det har altsaa faat en potentiel energi, efterhvert som den kinetiske avtok. Tilsammen har der altid været den samme energimængde.

Disse love om energiens bevarelse er av grundlæggende betydning i alt naturstudium.

I det eksempel vi ovenfor har tat om frit fald, vil vi se, om den tilvekst i energi som legemet fik, var den samme i alle sekunder. I 1ste sekund var den 5 kgm, i 2det sekund var den vokset fra 5 til 20, altsaa 15 kgm, 3dje sekund fra 20 til 45, altsaa 25 kgm, o. s. v., altsaa stadig tiltagende. For os mennesker i dette korte, travle livsløp har tiden saa stor værdi at man har fundet at lægge særlig vegt paa den arbeidsmængde eller energi man faar i tidsenheten, man kalder den *effekt*. For lang tid siden, da maskin-effekt gjennom dampmaskinen blev en salgbar artikel, fastsatte man en *hestekraft* som enhet. En hestekraft (HK) maalt med svære engelske bryggerhester, sterkt drevet, er fastsat til 75 kgm pr. sekund. 1 hestekrafttime (HKt) er da et arbeide paa 270000 kgm, o. s. v.

Det vi nu har set om energiforhold i jordens kraft-felt, vil vi uttrykke i slike almindelige sætninger at det kan anvendes andetsteds:

Naar en bevægelse foregaar frit i kraftlinjers retning, økes den kinetiske energi, mens den potentielle avtar, begge likesaa meget som det arbeide feltets kræfter utfører.

Under bevægelse lodret paa kraftlinjers retning utføres intet arbeide, og den potentielle og kinetiske energi forblir uforandret.

Fremtvinges en bevægelse mot kraftlinjers retning, økes den potentielle energi, mens den kinetiske avtar, begge like meget som det arbeide der utføres mot feltets kræfter.

Kraftfeltet omkring jorden er temmelig konstant, d. v. s. kraften forandrer sig ikke stort i størrelse eller retning fra sted til sted. Omkring en elektriseret kule

faar vi naturligvis ganske smaa og meget variable kraftfelter. Vi skal derfor se litt paa jordens kraftfelt i større omfang.

Kommer vi op til en høide av 6—7000 km (jordens radius er 6370 km), blir jordens tiltrækning paa et hvert legeme bare fjerdedelen av hvad den er ved jordens overflate. Et kg-lod *veiet i en fjærvegt* vil synes at veie 250 gram, skjønt det naturligvis indeholder den samme stofmængde — materiemængde — som før. Vi maa derfor indføre en ny kraftenhet istedenfor kg. Man har valgt en ganske liten kraft, nemlig den som kan skaffe materiemængden — *massen* — i et gram-lod en hastighetstilvekst paa 1 cm pr. sekund; den kaldes en *dyn*. Da jordens drag paa et gram-lod ved jordens overflate skaffer dette en acceleration paa 981 cm, blir dette drag lik 981 dyn. 1 dyn blir da omvendt lik jordens drag (ved overflaten) paa massen i 1,02 mg.

Som arbeidsenhet har man valgt 1 dyncm og kaldt den *1 erg*. Da 1 kg kraft er 981 000 dyn og 1 m er 100 cm, blir 1 kgm = 98 100 000 erg. Da denne enhet er svært liten, bruker man almindelig 10 000 000 erg og kalder den *1 joule* (læs: dsjul). 1 kgm blir altsaa 9,81 joule eller 1 joule = 0,102 kgm.

Som effektenhet har man valgt 1 joule pr. sekund, og det er netop vor kjære *watt* (*w*). Mellem 1 watt og 1 HK blir der da den sammenhæng at

$$1 \text{ HK} = 736 \text{ watt} = 0,736 \text{ kilowatt (kw)}$$

eller omvendt $1 \text{ kw} = 1,36 \text{ HK}$.

Faar man i en hel time stadig en effekt av 1 kw, blir dette 3 600 000 joule = 367 000 kgm.

100 watt døgnet rundt blir 881 000 kgm, o. s. v.

La os beregne hvor stor effekt vi faar ved at vand rinder ut over et fossestup. La vandmængden være 7 m^3 i sekundet og faldhøiden 20 m. Jordens drag paa 7 m^3 vand er 7000 kg; denne kraft virker under et fald paa 20 m, og arbeidet pr. sekund blir 140 000 kgm, antal *HK* blir $140\,000 : 75 = 1866$, og antal *kw* = $1866 : 1,36 = 1374$.

Vi kunde ogsaa regne: Jordens drag er $7000 \times 982\,000$ dyn, det virker gjennom 2000 cm, arbeidet blir 13748×10^9 erg = 1374800 joule, men det blir en effekt av 1374,8 kw.

Naar vi taler om at *kjøre elektricitet*, saa er det ikke ganske rigtig. Vi betaler f. eks. 4 øre for en kilowatt-time (kwt), men det er altsaa 4 øre for 367 000 kgm energi. Betaler vi 20 kr aaret for en hektowatt (=100 w) med ret til at bruke den uavladelig, blir det altsaa $881\,000 \text{ kgm} \times 365 = \text{ca. } 321\,600\,000$ kgm for 20 kr; atter en energimængde.

Vi betaler — som ret er — altid for en viss mængde energi. Men det er jo ikke sikkert at alle energiformer er like værdifulde. Vi har før nævnt at den *tid* hvori vi faar det bestemte kvantum, kan ha meget at si. Men endda er der andre omstændigheder som spiller ind.

Ved rambukken vilde det jo bli det samme arbeide at løfte 300 kg 5 m som at løfte 100 kg 15 m op eller 750 kg 2 m op. Men dette samme energikvantum vilde ikke sikkert være os like nyttig under alle forhold. Om pælen som skulde rammes ned, var 8 m lang, hjalp det jo litet om et 750 kg-lod stod i 2 m høide, eller endog et 200 kg-lod i 5 m høide. Vi maatte mindst op i litt over 8 m høide, og først over denne kunde det kanske være hip som hap om det var et større eller mindre lod i større eller mindre høide.

Eller ved vandfaldet: De 1374 kw maatte likesaa godt kunne skaffes ved $3,5 \text{ m}^3$ vandføring og 40 m høide eller ved 14 m^3 vandføring og 10 m høide.

Noget lignende finder sted ved elektriciteten: Ogsaa den elektriske energi kan faaes under større eller mindre *spænding*, som paa sæt og vis maa svare til forskjellige høider — nivaauer — i jordens kraftfelt.

I jordens kraftfelt vil horisontale flater — eller rigtigere kuleflater — med 1 m mellemrum fortælle at der skal et arbeide paa 1 kgm til for at flytte en materiek lump paa 1 kg fra den ene til den anden av disse *nivaaflater*, som vi vil kalde dem. At flytte en klump paa 10 kg mellem de samme vil kræve 10 kgm,

o. s. v. Kommer vi ut i 6370 km avstand fra jordens overflate, kræves der bare $\frac{1}{4}$ kgm for at løfte det samme kg-lod 1 m op. Hvis vi her vil ha nivaaflater som svarer til 1 kgm arbeide for et kg-lod, maa der være 4 m mellem dem. I en avstand av 12740 km vilde der være 9 m mellem dem o. s. v.

Disse flater, der ligger tettere inde ved jorden end lenger ute, svarer altsaa til en *forskjellig potentiel energi* paa de forskjellige flater, altsammen henført til en *bestemt masse*mængde, f. eks. 1 kg. Nummererer vi disse flater utover fra jordens overflate, vil der for at føre 100 kg masse fra flate 3 til flate 10 kræves et arbeide paa $[(10 \div 3) \times 100]$ kgm = 700 kgm. Arbeidet findes ved at multiplisere massen med denne forskjel i potentiel energi som masse-enheten har.

Omkring en kule ladet med elektricitet (overskud av elektroner) har vi jo et kraftfelt av lignende art som jordens. Slipper vi et elektron løs i dette felt, farer det utover, vil vi ha det indover, maa vi utføre et arbeide, men til gjengjæld faar det en stadig større potentiel energi. At flytte 100 elektroner kræver 100 ganger saa meget arbeide, o. s. v. Flytter vi elektronerne rundt saa avstanden holdes uforandret, altsaa paa en kuleflate, vil der intet arbeide kræves til det. Nivaaflaterne er ogsaa her kuleflater med samme centrum

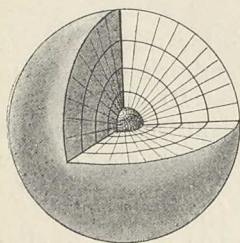


Fig. 22. Nivaaflater omkring en elektriseret kule.

som den elektriske kules. I fig. 22 er tegnet op nogen nivaaflater i rummet — æterblokken —. Da den potentielle energi er mindst længst ute, skulde nummereringen begynde saa langt ute at kraften ikke var merkbar der. Hvad nr. vi saa vilde komme til inde ved kulens overflate, vilde avhænge av kulens ladning; avstanden mellem de enkelte nivaaflater vilde ogsaa avhænge herav. Vi

kan altsaa faa en mængde forskjellige elektriske felter.

Likesaa litt som man bruker et enkelt atom til masse-enhet, likesaa litt bruker man et enkelt elektron

som praktisk elektrisitetshet. Begge har man jo først nylig faat nærmere rede paa. Som elektrisitetshet har man tildels benyttet en som er saa stor at to av den slags i en afstand av 1 cm frastøter hinanden med en kraft av 1 dyn. Denne mængde vil vi ikke kalde en «klump» elektroner som vi har gjort med materien, for elektronerne søker jo at fare fra hverandre. Vi vil heller kalde den et «regiment» elektroner. Et slikt regiment bestaar av ca. 3 milliarder ($3 \cdot 10^9$) elektroner. Hyppigst bruker man en endda større mængde, en hel «armé», som bestaar av nøiagtig 3 milliarder regimenter. Denne mængde kalder man en coulomb. Nu vil vi vælge vore nivaafaters afstand slik at arbeidet med at flytte en coulomb fra en flate til den næste netop er lik 1 joule. Den forandring som coulomb'ens potentielle energi da undergaar, kalder vi en volt (potentialforskjel). At flytte 50 coulomb fra flate 8 til flate 11 blir da $[(11 \div 8) \times 50]$ joule = 150 joule. Arbeidet blir elektrisitmængden $\times$ potentialforskjellen.

Sæt at vi har en stikkontakt i væggen og at elektrisitetsverket altid holder en potentialforskjel — spænding — paa 220 volt. Hvad vil det si? Jo, det ene av de to rør som «støpselen» skal sættes ind i, lades stadig op med elektroner, og saapas sterkt at kræfterne i feltet mellem de to rør vil utføre et arbeide paa 220 joule, naar en armé paa 1 coulomb passerer over en «bro» der slaas over (ledningen).

La os bruke stikkontakten til en metaltraadlampe paa 30 normallys. For at gi dette lys trænger den erfaringsmæssig ca. 30 watt. Arbeidet pr. sek. er altsaa bare 30 joule, men da kan der i sekundet ikke passere saa meget som 1 coulomb, men bare $\frac{30}{220} = 0,136$ coulomb. Dette er ca 1,2 trillioner elektroner.

Naar der gaar en coulomb pr. sekund gjennom et hvilket som helst tversnit av en ledning, sier man at der er en strømstyrke paa 1 ampère. I eksemplet ovenfor er saaledes strømstyrken 0,136 amp.

Mellem de navne vi hittil har lært, er der altsaa nu saadan sammenheng:

1 volt $\times$ 1 coulomb = 1 joule.

1 watt = 1 joule pr. sekund.

1 ampère = 1 coulomb pr. sekund.

1 volt $\times$ 1 ampère = 1 joule pr. sekund = 1 watt.

Endnu er der et navn som maa læres.

De forskjellige ledninger slipper ikke elektronerne like let igjennem. Istedetfor en 30-lys lampe kunde vi ha sat en 50-lys lampe, og der vilde gaat en strømstyrke paa 0,227 amp., d. v. s. der vilde faret vel 2 trillioner elektroner pr. sekund gjennem ledningen mellem «polerne» paa stikkontakten. Den sidste lampe danner en «bredere bro» for arméens passage end den første.

Man kan enten uttrykke dette ved at si at *lednings-
evnen* i sidste tilfælde er *større* end i første, eller ved at si at *motstanden* i sidste tilfælde er *mindre* end i første. Man sier almindelig det sidste.

At en tykkere ledning danner en «bredere bro» for elektronerne, er selvsagt, og man har da ogsaa fundet at motstanden er omvendt proportional med tversnittet. At en *lang* ledning forlænger passagetiden og saaledes gjør antallet av elektroner pr. sekund mindre, er ogsaa rimelig (dette ræsonnement er forøvrig ikke helt eksakt), og man har fundet at motstanden er proportional med længden.

Men ogsaa selve broens materiale har betydning, naar vi erindrer hvordan vi maatte tænke os elektronernes passage i metaller. De faar ikke passere frit, det er likesom brobyggerne selv — atomerne — blir staaende paa broen og skal hjelpe til med passagen. Og nogen av disse atomerne er svære til at fange og atter slippe elektronerne ind i og ut av sine hvirvler, mens andre bryr sig mindre om dem. De første metaller sinker bevægelsen, har større motstand. Det er gjennemgaaende metaller som let opløses (i syrer), som zink, jern o. a., der har stor motstand, mens slike som vanskelig gaar over til opløselige forbindelser, som sølv, kobber o. a., har liten motstand. Vi skal senere se at den større eller mindre tilbøielighet til at gaa over i opløselige forbindelser henger sammen med større eller mindre lethet i at forandre elektronetal om hvert atom.

Man har fastsat som *motstands-enhet* den *motstand* som er i en traad der slipper 1 ampère igjennem hvert tversnit ved en potentialforskjel av 1 volt mellem enderne. Den kaldes 1 ohm.

Er potentialforskjellen mellem enderne 1 volt og strømstyrken bare $\frac{1}{5}$ ampère, maa motstanden være 5 ohm.

I almindelighet finder man strømstyrken (som vi vil kalde I) ved at dividere potentialforskjellen (V) med motstanden (R), altsaa:

$$I = \frac{V}{R}$$

eller $V = RI$

og $R = \frac{V}{I}$

I vort første eksempel med lampen var strømstyrken bare 0,136 amp., endda potentialforskjellen var 220 volt. Da maa motstanden ha været $\frac{220}{0,136}$ ohm = ca. 1600 ohm.

For at faa begrep om hvor stor 1 ohm er, kan erindres at en kobbertraad paa ca. 60 m længde og 1 mm² tversnit har en motstand paa 1 ohm.

Har man bruk for store motstande, bruker man ofte forskjellige legeringer, f. eks. 60 % kobber og 40 % nikkel («konstantan») eller 84 % kobber, 4 % nikkel og 12 % mangan («manganin»), eller 54 % kobber, 26 % nikkel og 20 % zink («nikkelin»).

Navnene i elektricitetslæren er mange, og da de alle er tat efter navnene paa berømte naturforskere, blir de litet konkrete. Enheterne er imidlertid valgt slik at al regning blir meget let. Kun overgangen fra joule til kgm er uttrykt ved et ugreit tal, men denne overgang ligger forøvrig utenfor elektricitetslærens omraade.

FJERDE KAPITEL

ELEKTRICITETEN I KJØKKENET

PAA verdensutstillingen i Chicago i 1893 vakte et elektrisk kjøkken uhyre opsigt. Det var utstillet av det tyske firma «Elektra». Rundt omkring i al verdens aviser gik der meddelelser om dette kjøkken. Man behøvde bare at dreie paa en knap, saa begyndte opvarmningen, og den kunde reguleres ved nye dreininger paa den samme knap, og ophørte fuldstændig ved den sidste dreining. Kokekarrene stod der blanke og skinnende, og var like fine efter bruken som før. Ingen kulrøk eller gaslugt i kjøkkenet, alt var rent.

Mangen husmors øine lyste ved tanken paa et slikt kjøkken. Men — saa var det prisen. Dyrt var det at skaffe sig, det fik endda gaa an — men ogsaa driften var dyr. Haabet svandt.

Men nu, efter vel 20 aars forløp, er det elektriske kjøkken ikke lenger nogen utstillingskuriositet. I adskillige hjem, ikke mindst i vort land, foregaar al kokning elektrisk, og der er ikke lenger nogen økonomisk hindring for at dette skulde bli det almindelige. Om 20 aar herefter er kanske kul eller gaskjøkkenet kuriositeten.

Den elektriske strøm kan altsaa levere varme.

Enhver ledning som den gaar igjennem, opvarmes, det opdager man meget snart. Det kommer av at elektronerne under passage mellem atomerne, hvor de

fanges ind i disses hvirvler, sinkes i farten og avgir endel av sin kinetiske energi, og det ytrer sig *utad* som en anden energiform, varme.

Varme kan naturlivis ogsaa maales i kgm eller joule, men den maales fra tidligere tid med et særskilt varmemaal, nemlig *den varmemængde som skal til for at opvarme 1 kg vand 1°*. Denne varmemængde kaldes en *kalori*. Joule fandt gennem mange aars samvittighetsfulde undersøkelser at 1 kalori er jevn god med 427 kgm eller med 4186 joule. Omvendt blir 1000 joule = 0,24 kalorier, 1 kwsek. altsaa ogsaa 0,24 kal. og

$$1 \text{ kilowatttime} = 860 \text{ kalorier}$$

$$\text{eller omvendt } 1 \text{ kalori} = 1,16 \text{ watttime.}$$

Skal vi varme op 1 liter vand fra værelsetemperatur, ca 15°, til kokepunktet, 100°, d. v. s. hævetemperaturen 85°, kræves dertil 85 kalorier. Dette svarer da paa det nærmeste til $\frac{1}{10}$ kwt eller 1 hektowatttime.

Vi faar altsaa den simple sammenhæng at 1 hwt kan koke op 1 liter vand. 300 watt vil altsaa koke op 3 l vand paa en time eller 1 l paa 20 min. 1 kw vil koke op en liter paa 6 min. Da hele 98 % av energien kan nyttiggjøres, trænger denne beregning ingen korrektion.

Skal den elektriske energi brukes direkte til kokning, maa man altsaa enten ha en høi effekt, eller ogsaa maa man bruke lang tid. Dette sidste kan være ubekvent med almindelige kokekar. Men man kan imidlertid «magasinere» varme (f. eks. i vand), og da kan kokningen selv med lav effekt gaa forholdsvis hurtig.

Saa kommer prisen. Elektrisk energi sælges efter en mængde forskjellige tariffer. Elektricitetsverker som drives med *damp*, kan regne at faa et bestemt antal kilowatttimer for hvert ton kul de bruker. Og den elektriske energi kan da sælges efter en bestemt pris pr. kwt. En dampmaskin kan bare yde en viss effekt (HK), saa der er grænser for hvor mange kw der *samtidig* kan ydes. Men har man flere maskiner, kan man bare sætte igang et passende antal for at levere den effekt der forlanges. Dampverker sælger derfor

energien efter kwt-pris uten nogen maksimumsgrænse for effekten. Da blir regnestykkerne svært greie og sammenligningen med andre varmekilder lar sig nogenlunde let gjennomføre.

Brænder man 1 kg koks, frigjøres der en varmemængde av ca. 7000 kalorier, men ikke al denne varme lar sig nyttiggjøre. Ved meget økonomiske centralvarmeanlæg (lavtryksvarmtvand eller lavtryksdamp) regner man at man nyttiggjør ca 4500 kalorier. Hvor meget man faar nyttiggjort i en almindelig komfyr, lar sig ikke sikkert beregne, men er ialfald *meget* mindre.

Brænder man 1 m³ gas av vekt ca. 0,45 kg, faar man ca 5000 kalorier, som imidlertid heller ikke fuldstændig utnyttes.

Med en kokspris av 45 kr. pr. ton vil 1000 kalorier utnyttet i centralvarmeanlæg koste 1 øre pr. 1000 kalorier, men til kokning i komfyr adskillig mere.

En gaspris av 10 øre pr. m³ vilde gi 2 øre for 1000 kalorier. Utnyttelsen av gassens varme avhænger i høi grad av pasningen. Der anføres undertiden at opkokningen av 1 l vand med gas faktisk koster 0,5 øre, og dette vilde svare til en pris av 5,8 øre pr. 1000 kalorier. Dette er nu ganske vist adskillig sløseri, men selv med den mulighet viser det sig at gassen i stor utstrækning har vundet indgang og avløst kokningen paa almindelig komfyr, takket være de mange fordele den har.

Den *elektriske energi* leveret fra dampverker har været leveret til priser omkring en penny (7,5 øre) pr. kwt, altsaa endda dyrere. Men selv med den pris fandt enkelte at fordelene ved den elektriske kokning var saa store at det var forsvarlig at bruke den.

For vand-elektricitetsverkerne har stillingen været noget anderledes.

Der er effekten sterkt begrænset gjennom vandføringen, og priserne er da blit fastsat herefter. Betalingen fastsættes for en viss maksimumseffekt, men hvor længe man bruker den, har været av mindre betydning; vandet løper allikevel gjennom turbinrørene og driver maskinerne. En aarspris av 200 kr. pr. kw

vil saaledes gi en yderst forskjellig pris pr. joule eller pr. kalori efter den tid man bruker den. Brukes den bare til lys gjennemsnitlig 6 timer pr. døgn i det halve aar (ca 1000 timer), blir det 20 øre pr. kwt. Brukes den derimot aaret rundt, 8760 timer, blir prisen bare 2,28 øre pr. kwt, for 1000 kalorier 2,65 øre, og opkokningen av en liter vand (literkokningen som vi kort kunde kalde den) vilde koste 0,228 øre, d. v. s. mindre end det man oftest regner med for gas. Hvis vi bruker strøm til lys de 1000 timer og har ret til at bruke den uavladelig, vil de resterende ca. 7700 kwt faaes fuldstændig gratis. En saadan anvendelse av den elektriske energi er imidlertid ikke forutsat i elektricitetsverkernes tariffer, og skulde den bli almindelig, turde disse trænge revision.

Et par andre tariffer vil belyse prisspørsmålet yderligere.

En pris av 100 kr. pr. HK til teknisk bruk med normal brukstid 3000 timer pr. aar vil gi 136 kr. for 3000 kwt, altsaa 4,5 øre pr. kwt eller 5,27 øre for 1000 kalorier, og hvis ogsaa denne kunde brukes aaret rundt for samme pris, vilde kwt-prisen komme ned i 1,55 øre eller 1,8 øre for 1000 kalorier.

Hermed er man kommet ned i priser som ligger under selv den *teoretiske* gaspris regnet efter 5000 kalorier pr. m³.

En pris av 4 øre pr. kwt i den tid av døgnet og aaret da lyset litet brukes, og en høiere tarif i «lystiden» viser sig at svare nogenlunde til den effektive gaspris (ligger dog vistnok noget over).

Enkelte elektricitetsverker sælger i sommermaanederne energi efter en *maanedspris* av 5 kr. pr. kw. Benyttes denne alle maanedens 720 timer, blir prisen pr. kwt ca. 0,7 øre og for 1000 kalorier ca. 0,8 øre, og med den pris kan ingen anden varmekilde konkurrere.

Den elektriske energi kan altsaa paa sine steder og til sine tider fuldstændig konkurrere med andre varmekilder i pris. Naar saa hertil kommer at vi faar den elektriske energi fra vore egne fossefald, mens

koksen og gassen direkte eller indirekte importeres, blir den elektriske kokning, kanske ogsaa opvarmning, ikke bare indenfor mulighetens grænser, men nærmer sig til at bli en forpligtelse set fra et nationaløkonomisk synspunkt.

Vi skal saa se paa de forskjellige maater som kokningen kan ordnes paa. Man kan enten lægge de ledninger som skal opvarmes — «varmeelementerne» — ind i bunden av kokekarrene, eller man kan ha særskilte varmelegemer som opvarmer metal, vand eller damp, der saa videre opheter kokekarrene, der da enten kan være almindelige eller av speciel konstruktion. I stekovner indlægges varmelementerne i bunden og under toppen.

Man kan inddele dem i 4 hovedgrupper:

A. Direkte opvarmede kar.

B. Komfyrer med høi effekt.

C. — — — lav — og magasinering av varmen.

D. — — — uten magasinering.

Gruppe A er den som tidligst er brukt. De økonomiserer godt med varmen og er derfor ikke kostbare i drift. De er ikke netop billige i anskaffelse, som kokekar betragtet, men da de jo kan erstatte den største del av en komfyr (alt undtagen stekovnen), kan man faktisk faa alle de direkte opvarmede kar man behøver + stekovnen for mindre end komfyrene. De er i nogen grad fortrængt av komfyrene, vel fordi kokningen ved disse mere ligner den sedvanlige, men de fortjener til-

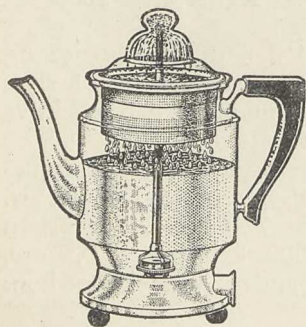


Fig. 23. Kaffetrugter.

dels en bedre skjæbne. Enkelte av dem, som kaffekokere, eggkokere, brødristerere o. a., har sin naturlige plass paa

selve frokostbordet, hvor de saa langt fra skjæmmer, at de tvert om maa regnes med blandt «bordets glæder».



Fig. 24. Brødrister.

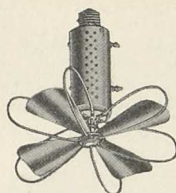


Fig. 25. Vifte, sættes ind i en alm. lampeholder.

Slike apparater leveres baade av utenlandsk og av norsk fabrikat. De maa absolut ikke opvarmes tomme, og der er forskjellige sikringer for at hindre det.

Den mest benyttede elektriske varmekilde er vel «kokeplaten». De leveres fra norsk fabrik med strøm-

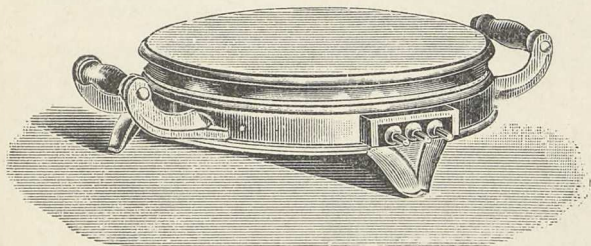


Fig. 26. Kokeplate.

forbruk 300—1400 watt til priser fra 16—50 kroner. Man maa iagttå at kokekarrene dækker platen, da den ellers vil overhetes.

En anden form med glødende varmelegemer — traadspiral — liggende frit og med blank metalplate under, varmer meget hurtig op (fig. 27).

B. Komfyrer med høi effekt kan bare anvendes hvor man kan faa billig energi efter maaler («spildkraft»), ikke over 4 øre pr. kwt. De fleste har varmeelementerne anbragt som i «kokeplaten» ovenfor; den amerikanske, som er tegnet i fig. 29, har glødende,

fritliggende varmespiraler mellem ildfaste lerribber. De har alle regulerbar strøm (som regel i 3 «trin») for hvert kokested og for stekovnens over- og undervarme.

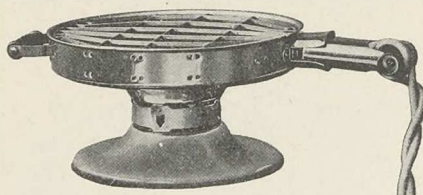


Fig. 27. Koke- og stekeapparat med glødende varmelegemer.

De første bør ha helt plane kokekar, men dette er mindre nødvendig for de sidste. Heller ikke behøver kokekarret at dække over hele spiralen — for farens skyld —, men til

gjengæld blir da let energiforbruget noget større.

Som energiforbruk regner man ca. 1 kwt pr. individ pr. døgn, og det vil være nogenlunde ens for alle

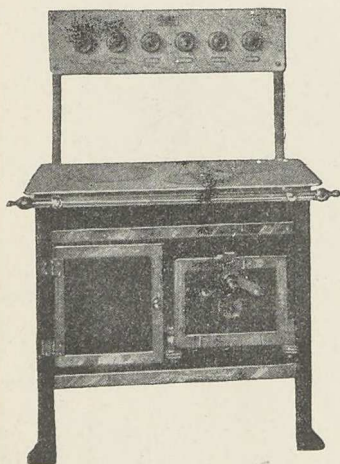


Fig. 28. Norsk komfyr. 3 kokeplater, stek-ovn og varmeskap, maks. 5200 w. Kr. 370.

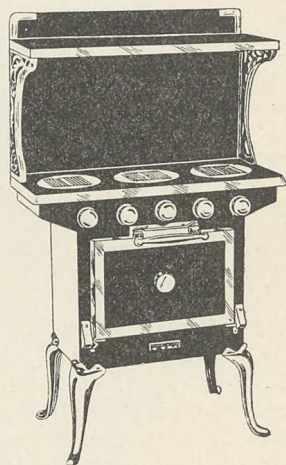


Fig. 29. Amerikansk komfyr. 3 kokeplater, stekovn, maks. 4400 w. Kr. 275.

av høieffektstypen. Men den kan økonomiseres mere eller mindre godt. Det skal være lykkes at komme ned i 0,6 kwt pr. individ pr. døgn — ialfald for den

norske komfyrer vedkommende. Den er forøvrig temmelig nøiagtig av samme model som de «Elektra» utstillet i Chicago i 1893.

C. Komfyrer med magasinering av varmen. Disse har store fordele set fra vandlekticitetsverkernes standpunkt og byder ogsaa mange kjøkkentekniske goder. Den mest kjendte av denne type er Saxegaards vand-

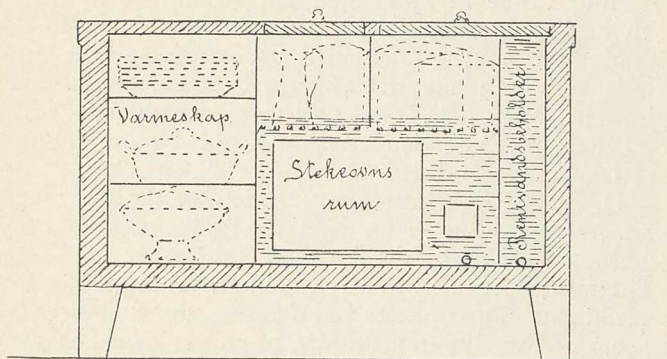


Fig. 30. Saxegaards vandkomfyr.

komfyr, som fig. 30 gir et snit av. En stor vandmængde holdes stadig opvarmet til kokepunktet. Sætter man saa en kasserolle med den mat som skal kokes, ned i dette vand paa en rist, vil den hurtig opvarmes til 80 à 90° ; den store vandmængde blir nok litt avkjølet, men ikke mange grader. Ved denne temperatur kan «kokningen» foregaa, d. v. s. den omdannelse av føde-midlerne som vi pleier at la foregaa ved 100° , foregaa ogsaa, omend noget langsommere, ved 90° eller endog lavere. Da temperaturen ikke kommer over 100° , kan maten ikke svies. Alle slags kokekar kan brukes. Ved siden er en beholder for rent vand, der fyldes hver kveld og vil være kokende om morgenen. Det brukes i løpet av dagen uten efterfyldning for ikke at avkjøle komfyren. Stekeovnen bygges ind i komfyren og holdes derved altid opvarmet til 100° og behøver derfor ikke saa stor varme for at naa den

til stekningen nødvendige temperatur; strømmen slaaes da over fra vandbeholderen. Den store vandmængde som holdes paa en saavidt høi temperatur døgnet rundt, vil altid avgi noget varme til omgivelserne. Brukes svært rikelig strøm, vil vandet kunne komme i kok, og ved at lede dampen ind i en «radiator» — hvorfra den fortættet atter vender tilbage — vil der kunne avgives adskillig varme til kjøkkenet. Til stekning uten stekeovn brukes en almindelig plate som fig. 26 ell. 27.

Med en anden magasineringskomfyr med en jernklods som den ene del av varmemagasinet (vand utgjør den anden del) er der nylig eksperimenteret (Sælid & Pettersen). Ved den vil man ha disponibel en højere temperatur end 100° .

D. Blandt kokeindretninger med lav effekt og uten varmemagasinerings — og som da nødvendigvis koker langsomt — er det saakaldte sparekjøkken fra fabrikken «Therma»; det bestaar av en række kar, vel isoleret, stillet over hinanden og ophetes ved damp. Langt fuldkommnere er en amerikansk automatkoker, populært kaldt *den elektriske kokke* (fig. 31). I bunden er en liten beholder for vand der opvarmes til kokning. Dampene stiger op i et smalt rum langs yttervæggene. Inde i damprummet er en tynd elastisk plate, der gir efter for trykket aldeles som æsken i et aneroidbarometer. Hvis damptrykket blir høiere end det der svarer til ca 115° , virker denne plate paa kontakterne saa strømmen brytes. Synker trykket under det der svarer til ca 106° , gaar den tilbake, og strømmen sluttet igjen. Dermed brukes der ikke mere strøm end absolut nødvendig. Kokekarrene — av bestemt tilpasset form — staar ovenpaa hinanden.

Da ogsaa her, som i vandkomfyren — temperaturen er saa lav at maten ikke svies, behøves intet pas. «Tørkokning» kan utføres i begge; derved beholdes endel av matens aroma, der ellers gaar væk.

Alle elektriske kokeapparater kan sættes i forbindelse med ure, der ligner vækkerure, og som slutter strømmen paa «avtalt» klokkeslæt. Særlig nyttig er dette for «den elektriske kokke», som koker saa langsomt. Man kan gjøre maten færdig paa et beleilig

tidspunkt, stille uret paa det klokkeslæt den bør begynde at koke — enten nu dette er midt paa natten eller engang om dagen — og overlade den til sin skjæbne.

Der findes ogsaa komfyrer som staar mellem disse typer. Istedenfor at *magasinere* varmen kan man lægge vegten paa at *isolere* den, noget i likhet med høikasseprincippet. Isolationen maa naturligvis være ildfast og kassen indvendig klædt f. eks. med aluminium. Slike kan da gjøres ganske enkle og kan lages med eller uten stekeovn. De bør da forbindes med ure der baade slutter og bryter strømmen paa avtalte klokkeslæt. En amerikansk av denne art er «Copeman»s.

En anden anvendelse av elektriciteten som varmekilde er til stadig vandvarmning. Det kan atter gjøres enten ved lav effekt i lang tid eller høi effekt i kort tid. Oftest brukes det første, da man i de fleste huse har anledning til at benytte lysstrømmen til det om natten og ogsaa en stor del

av dagen, hvis den da ikke brukes til kokning. Naar vi erindrer at «literkokning» og hektowatt-time svarer til hinanden, vil vi med 3 hw i løpet av en nat (10 timer, kunne opvarme 30 l til kokepunktet. Beholderne kan enten tilknyttes vandleidingen eller fylles for haand.

Har huset centralopvarmning, bør varmtvandsstillberedningen ordnes i forbindelse med elektrisk opvarmning i sommertiden og til at hæve temperaturen om vinteren. Fig. 33 forestiller et slikt arrangement. I en vandbeholder paa 150 l er en spiral, hvor der cirkulerer varmt vand fra centralopvarmningsanlægget. I midten er en elektrisk varmekolbe med to sæt viklinger, en paa 400 watt for 110 volt (l) og en paa 1000 w for 220 volt (h). Husets lysledning har den første spæn-

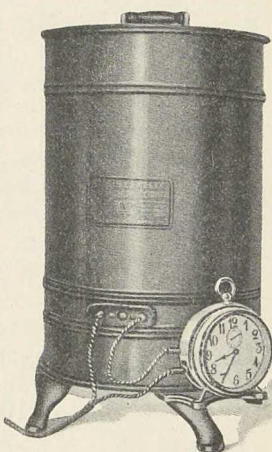


Fig. 31. «Den elektriske kokke».

ding, mens der kan kjøpes «spildkraft» efter maaler med den anden spænding. Til høire er en stikkontakt for

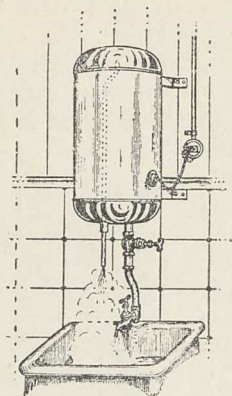


Fig. 32. Varmtvandsbeholder.
Kr. 50—100

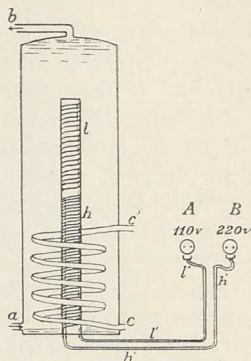


Fig. 33. Tilberedning af varmt vand elektrisk og i forbindelse med centralopvarmning.

110 volt (lysledningen) og en for 220 volt. Sættes l' i A, gaar 400 w gratis til vandet. Sættes h' i B, faaes 1000 w mot timebetaling. Sættes h' i A, blir strømstyrken det halve mot før og wattforbruket en fjerdedel (produktet av strømstyrke og spænding), altsaa 250 w. Om l' blev sat i B, vilde der faaes 1600 w, men det vilde ødelægge; det kan undgaaes ved at gjøre l' saa kort at den ikke rækker hen til B. Man kan da faa følgende kombinationer: 250 watt (h' i A), 400 w (l' i A), begge gratis, 1000 w (h' i B), 1400 w (l' i A og h' i B). 1400 w gir pr. time ca. 1200 kal., og de 150 l skulde da varmes op ca. 8°

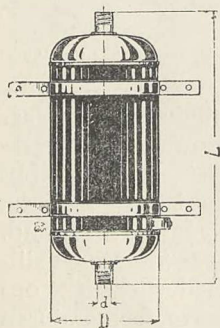


Fig. 34. Cirkulationsapparat.
5000 w. 135 kr.

pr. time, hvis isolationen er meget god.

Raader man over stor effekt, som tilfældet ofte vil være paa landet ved egne gaardsverker eller bygde-

verker eller paa hoteller, er det praktisk at la vandet varmes op efterhvert som man tapper det. Nøier man sig med en temperatur av ca. 55° , vil opvarmningen av en liter fra ca. 12° kræve $\frac{1}{2}$ hwt. Har man da 6 kw, vil man pr. time faa 120 l eller 2 l i minuttet. Har man da en liten portion opvarmet, vil man videre stadig kunne tappe det nævnte kvantum; tapningen og strømslutningen bør foregaa i *ett* haandgrep, likesaa stængningen og strømbrytningen.

Nogen norm for hvordan man bør indrette sig med elektricitet til opvarmning av mat og vand, kan ikke opstilles. Tarifferne er forskjellige, og kundernes økonomiske forhold og adgangen til arbejdshjælp varierer endda mere.

Nogen retfærdig sammenligning mellem de forskellige typer lar sig heller ikke gennemføre helt, da nøiagtig kontrollerte forsøk ikke er utført. Uten al forbindtlighe anføres allikevel nedenfor nogen beregninger for en familie paa 8 personer, med 180 kr. pr. kw-aar for lys, 136 kr. pr. kw-aar for teknisk bruk samt dobbelttarif: 4 øre og 20 øre pr. kw. Ikke centralopvarmning.

1. Saxegaards vandkomfyr type II:

Anskaffelse	500 kr. + steke-	
plate	30 kr.	<u>530.00 kr.</u>
Drift: Lys — der ogsaa utnyttes		
i komfyren	72.00 kr.	
Ekstra 900 w, tekn. bruk	122.40 «	
Vippemaalere, leie	3.00 «	<u>197.40 kr.</u>

Hermed faaes varmt vand og opvarmning av et mindre kjøkken.

2. Norsk komfyr, fig. 28.

Anskaffelse	370.00 kr.	
Varmtvandsbeholder	100.00 «	<u>470.00 kr.</u>

3. Amerikansk komfyr (ikke varmeskap), fig. 29.

Anskaffelse	275.00 kr.	
Varmtvandsbeholder	100.00 «	<u>375.00 kr.</u>

Drift for begge disse:

Lys	72.00 kr.	
8 × 365 kwt à 0,04 kr.	116.80 »	
Tillæg for endel paa høitarif ca.	15.00 »	
Leie av vippe og dobbelttarif=		
maaler	24.00 »	<u>227.80 kr.</u>

4. «Den elektriske kokke».

Anskaffelse (med ur)	182.00 kr.	
Stekeovn og stekeplate	140.00 «	
Varmtvandsbeholder	100.00 «	<u>422.00 kr.</u>

Her er iberegnet kokekar.

Drift: Kokningen *kan* foregaa med den ledige lysstrøm.

For sammenligningens skyld kan vi allikevel tænke os *al* den ledige lysstrøm brukt til vandvarmning og der abonneres da paa 250 w ekstra til kokning. Stekeovnen med 1800 w vil *antagelig* bli brukt med fuld varme gjennemsnitlig 1 time om dagen.

Vi faar da

650 w	117.00 kr.	
1800 » × 365 à 0.04	26.28 »	
Leie av maalere	24.00 »	<u>167.28 kr.</u>

Her er *alle* typer regnet rundelig. Saxegaards type 10 er tilstrækkelig for 10 personer for samme pris i anskaffelse og drift.

I eks. 2 og 3 skal forbruket kunne komme ned til 0,6 kwt pr. individ pr. døgn.

I eks. 4 er 400 w tilstrækkelig til kokning og en rimelig mængde varmt vand.

En mindre familie skulde kunne greie sig med 250 w til lys, kokning og adskillig vandvarmning, men ikke til stekning.

Videre maa erindres at der i alle ovennævnte eksempler er regnet med lyset, som man allikevel har. Utgifterne til kokning og vandvarmning blir derfor at reducere med 75 kr. (72 + leie av vippemaalere 3) og blir da henholdsvis 122 kr., 152 kr. og 92 kr.

Leien av dobbelttarifmaalere, op til 21 kr. pr. aar, er en slem utgift; den svarer omtrent til en pris paa 250 watt.

Av meget stor betydning vil det derfor være om en og samme vippemaal kunde brukes for to tarifer; en saadan er netop patenteret.

Elektrisk energi til almindelig opvarmning er særlig praktisk vaar og høst og kan da ske med ledig lysstrøm. Smaa transportable ovner kan faaes til priser ned til 30 kr. Til opvarmning aaret rundt maa man anvende magasinering, helst i klæbersten. Med streng økonomi vil prisen paa mange steder — under de nuværende høie kulpriser — ikke væsentlig overstige opvarmning med ovner.

Til opvarmning av kirker har elektrisk energi vist sig heldig i enhver henseende. Varmelegemerne anbringes under bænkene. Et saadant anlæg er utført i Petrus kirke i Kristiania.

Ogsaa i gulvtepper og sengetepper kan indlægges elektriske varmeelementer.

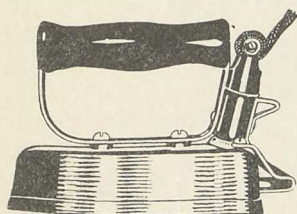


Fig. 36. Elektrisk strykejern.

Til en mængde huslige gjøremaal utenom kokningen finder elektriciteten anvendelse. Allerførst til *strykning*. Næst efter de elektriske lamper pleier strykejernet at komme i hus. Under samme kategori kan ogsaa nævnes elektriske *loddebolter* og *limkokere*. Desuten til *støvsugere*, *vaskemaskiner*, drift av forskjellige *kjøkkenmaskiner* fra en fælles motor samt til forskjellige toiletartikler som *kroftangvarmere*, *haartørre* etc.

At *suge støvet* væk er naturligvis den eneste helt tilfredsstillende maate at fjerne det paa. Det kan gjøres



Fig. 35. Elektrisk ovn.

ved en turbin som sætter luften inde i maskinen i en slik sterk bevægelse at den med stor kraft suges ind gennem en aapning i enden av en rørledning, som kan flyttes rundt. Elektromotoren egner sig fortrinlig til drift av slike turbiner.

Den maskinmæssige vask har ikke hat let for at vinde indpas blandt vore konservative



Fig. 37. Elektrisk støvsugning.

husmødres arbeidsmetoder, tildels vel fordi maskinerne ikke har gjort godt nok arbejde. Selv om de gjorde det, vilde allikevel — saalænge de maatte drives med haandkraft - vindingen gaa op i spindingen. Noget anderledes er det blit efterat elektromotoren har overtat maskindriften. Av stor vigtighet er det at bevægelsen av tøiet foregaar i to retninger, og der er opfundet forskjellige sindrige indretninger til det. Med disse er det ikke tvil om at der spares

arbeide uten forøket slitage paa tøiet, og den dag tør ikke være fjern da vaskningen foregaar paa den letvinte maate som fig. 38 fremstiller. Efter at være vasket paa denne maate vrides det i den elektriske vridemaskin, som altid følger med vaskemaskinen. Saa kan det rulles i en almindelig maskinrulle drevet med motor (enten av form som fig. 39, eller som de sedvanlige smaa med faste valser; de greier sig med $\frac{1}{2}$ HK).

En række husholdningsapparater drevet med motor

sees paa fig. 40. En særdeles praktisk — men ikke netop billig udvekslingsmekanisme er vist i fig. 39.



Fig. 38. Elektrisk vaskemaskin.

Motoren og removerføringen er indelukket i kassen, og kan ved et enkelt haandgrip kobles til og fra. Paa høire side er der overføring til kjøtkvern (eller

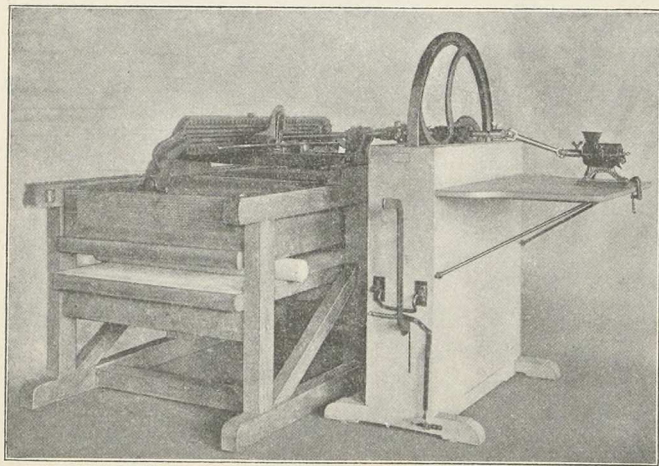


Fig. 39. Klæsrulle og kjøtkvern drevet med elektromotor.

andre redskaper). Den kan brukes til hvilken som helst akselhøide.

Elektricitetens anvendelse i huset er blitt stadig større, og endnu er der sikkert store muligheter. For at disse helt skal kunne utnyttes, trænges *samarbeide* mellem elektricitetsverkerne og deres kunder. Den tid kunde komme, da en ikke uvæsentlig del av mange verkens energi vilde bli anvendt i husene til lys, kokning, varme og motordrift, og dermed vilde omsætningen av elektrisk energi økes meget sterkt.

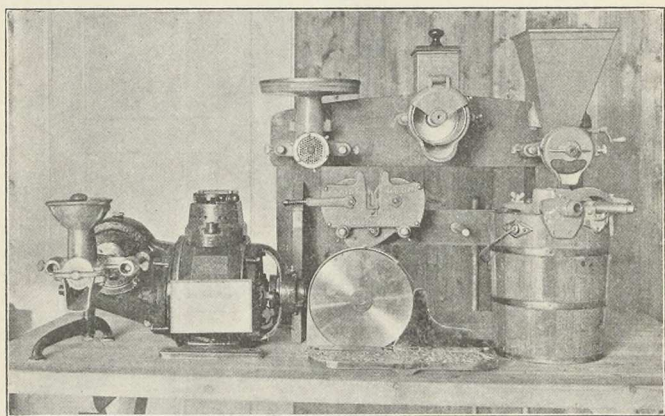


Fig. 40. Kjøkkenredskaper drevet med motor. Jubileumsutstillingens mønsterbruk.

FEMTE KAPITEL

DET ELEKTRISKE LYS

KAN elektriciteten skaffe varme, kan den ogsaa skaffe lys. Vi vet nemlig at naar et legeme opvarmes tilstrækkelig sterkt, vil det begynde at lyse, først rødt, senere med et hvitere og intensere lys.

I virkeligheten er anvendelsen til lys meget ældre end anvendelsen til mørk varme. At den elektriske strøm kan ophete en tynd traad til glødning har vel været kjendt omtrent saa længe som strømmen selv, men det varte længe før dette kom til praktisk anvendelse.

Kappes en strømførende ledningstraad over, kan strømmen fortsætte at gaa naar enderne ikke er for langt fra hverandre. Det mellemliggende luftrum lyser. Allerede Davy eksperimenterte med dette i 1821. Han forbandt to kulstaver med polerne fra et sterkt galvanisk batteri, lot kulstavene berøre hverandre og førte dem saa litt ifra. Spidsen blev glødende, og der gik en flammeligende lysstrøm mellem dem. Var forbindelseslinjen mellem spidserne vandret, buet lysstrømmen sig litt opad, derav navnet «*lysbue*».

Den negative pol kaldes *katoden*, den positive pol *anoden*. Fra katoden slynges elektronerne ut, kolliderer med luftens molekyler og bringer dem til at lyse. Idet de rammer anoden, avgir de en stor del av sin energi, og denne ophetes derfor saa sterkt (4200°) at den delvis fordamper og derfor uthules.

For publikum blev belyset første gang ført frem ved førsteopførelsen av Meyerbeers «Profeten» i Paris. Da leverte Foucault strøm til «den opgaende sol» fra et batteri av Bunsens elementer.

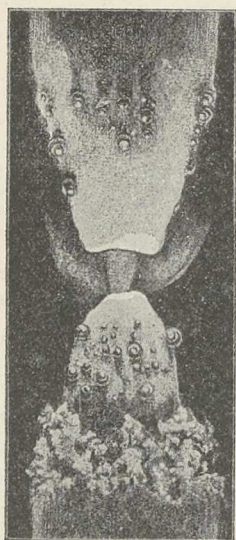


Fig. 41. Elektrisk lysbue. Øverst den positive pol som bombarderes av elektronerne og derfor ophettes sterkest og uthules ved fordampning.

Buelamperne utvikledes samtidig. Der hadde man en særegen vanskelighet at overvinde. Kullene forbrændte, og dermed blev avstanden mellem spidserne saa stor at strømmen ikke lenger kunde gaa, lampen sluknet.

Man maatte da bringe kulstykkerne sammen igjen for derefter at fjerne dem passende. Dette kunde jo ikke gjøres for haand; man maatte finde en automatisk avstandsregulator, og det lykkedes gjennom forskjellige ordninger med magneter. I fig. 43 er tegnet en av de

elektricitetsmængder gjennom maskiner — istedenfor gjennom kemisk virkende elementer — at der kunde bli tale om nogen almindeligere bruk av elektrisk lys, og det blev glødelampen som paa grund av sin prisbillighet blev almindelig utbredt.

Det skyldes først og fremst Edisons opfindertalent at den elektriske glødelampe vandt frem til publikum. Han prøvet en hel del med glødelegemer og blev staaende ved kultraad fremstillet av forkullede bambusfibre. For at de ikke skulde brændes op maatte de indesluttet i et lufttømt rum, en liten glaspære som luften kunde pumpes ut av.

Edison hadde glødelampen færdig i 1880. Aaret efter saaes den paa Pariserutstillingen, i 1882 anla han en station for 2000 glødelamper, og dermed var det elektriske belysningssspørsmål løst.

mange maater hvorpaa det kan gøres. Kommer kullene for langt fra hinanden, blir det vanskelig for elektronerne at komme den vei; strømmen gjennom R_2 blir derfor forholdsvis sterkere end før. Magneten S trækkes opover og stangen ab , som er dreibar om c , fører kullene nærmere hinanden igjen.

I lange tider var Edisons kultraadlampe den eneraadende glødelampe. Og det var konkurransen med gasen som fremtvang nye glødelamper.

Da *Auer von Welsbach* i Wien hadde opfunnet det glødenet som med engang skapte 5 à 6 ganger saa stor lysstyrke som før med samme gasforbruk, fik denne en voldsom utbredelse fra midten av 90-arene. Det gav et hvitere og billigere lys end kultraadlamperne. Det Auerske glødenet bestaar som bekjendt av bomuldsgarn dyppet i sterke opløs-



T. A. Edison, født 1847, begyndte som avisgut. I 1883 tjente han paa telegrafopfinnelser 40000 dollars. Glødelampen opfandt han 1880. Fonografen, kinematografen, en ny akkumulator, den magnetiske jernmalmsseparasjon er nogen av hans viktigste opfinnelser.



1882

1902

1922

Det elektriske lys' seier over petroleumslyset. (Edison og petroleumskongerne.)

ninger av thoriumsalte og cersalte (der blev i den anledning ren skjærpefeber overalt hvor slike stoffer fandtes, bl. a. i Norge). Naar nettet brændes, brænder bomulden op mens saltene gaar over til oksyder, der ved den sterke ophetning utsender et intenst lys.

Det var netop disse oksyder som gav professor Nernst idéen til at konstruere en elektrisk glødelampe

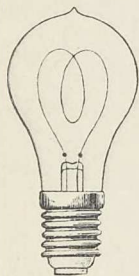


Fig. 42.
Glødelampe med kultraad.

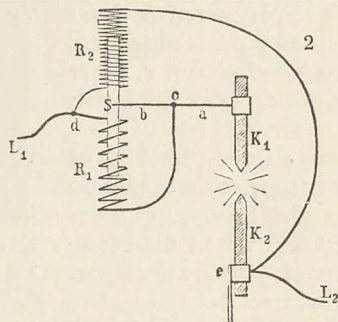


Fig. 43. Buelampe. Elektronene kommer fra L_2 og kan gaa to veier, baade gjennom lysbuen mellem K_2 og K_1 og gjennom R_2 til d, hvor grenene atter møtes.

med et metaloksyd som glødelegeme. Men oksyderne ledet ikke strømmen uten i glødende tilstand, og de maatte derfor først opvarmes. Dette opnaaddes ved at omgi glødelegemet med en liten metaltraad som strømmen gik igjennem; men naar glødelegemet blev varmt, kobledes metaltraaden ut av strømkredsen. Derfor tok det litt tid før Nernst-lampen begyndte at lyse. Disse lamper behøver ikke noget lufttomt rum for glødelegemet. Nernst-lampen betegnet et stort fremskridt. Mens kultraadlampen brukte ca. 3,5 watt pr. normalt lys, brukte Nernst-lampen bare 1,8 w. Endnu brukes disse lamper i lysbilledapparater, hvor de er lettere at betjene end buelamperne, og da lyskilden kan gjøres «plan», faar man skarpe bilder.

Endnu var ikke det elektriske lys egentlig ovenpaa. Man grep da tilbake til Edisons første idé: at bruke tungtsmeltelige metaller (f. eks. platina), og det blev atter Auer von Welsbach der fremstillet den første

brukbare metaltraadlampe av metallet wolfram. Straks efter bragte Siemens-Schuckert en lampe med *tantal*-traad i handelen. Auerselskapet kalder sin lampe «*Osr*am», men senere fabrikeres en mængde lamper under forskjellige navne (Wotan, Osmin o. a.). Disse lamper bruker bare 1—1,1 w pr. n.l.

Ser man paa en gammel lampe — en: ten det er en kultraads eller metaltraads — finder man at glaspæren er ganske sterkt *sværtet*. Det kommer av at der løsrives fine partikler av kullet eller metallet, og det desto mere jo høiere temperaturen er. Man kunde gi baade kultraadlampen og metaltraadlampen større lysstyrke ved at ophete sterkere, men da gaar det ut over varigheten. Imidlertid har man fundet at «forstøvningen» av traadene for en stor del skyldes at de hanger i lufttomt rum. Ved at føre ind en gas som ikke virker kemisk paa traaden, kan levetiden holdes lang selv ved langt høiere temperatur. Den eneste gas som der kan bli tale om, er igrunden kvælstof; derfor pumper man denne ind i pærene og opnaar derved at faa lamper som ikke bruker stort mere end $\frac{1}{2}$ watt pr. normallys. Disse nye $\frac{1}{2}$ wattlamper gaar nu i handelen under navn av «*Nitra*»lamper og «*Azo*»lamper, efter de engelske og franske navne paa kvæstof (nitrogene og azote); lamperne fabrikeres forresten i Tyskland. En anden tysk lampe er «Wotan type G».

Paa grund av sit intense lys er de ubehagelige for øiet og bør derfor faa lyset sterkt fordelt. Bedst vil de egne sig til «indirekte belysning», d. v. s. slik at man placerer lamperne nær taket og lar det kastes op: over og atter reflekteres fra den hvite takflate. Halv: wattlamper for lave spændinger brukes paa automobiler som lyskastere.

Til store lyskastere — som krigsskibenes søkelys — brukes stadig buelamper, da der ingen kunstig lyskilde findes som kan skaffe et saa intenst lys. Lyskilden sættes i brændpunktet for et hulspeil.

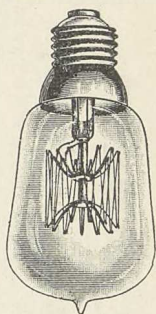


Fig. 44.
Metaltraadlampe.

Ogsaa buelamperne har fulgt med i lysteknikkens utvikling. Dels har man søkt at gi kullene en anden stilling: begge rettet paa skraa nedad, og saa «blåse» lysbuen nedad ved hjælp av magneter, dels har man impregneret kullene med forskjellige salte (f. eks. av strontium); derved er baade farven blit behageligere — rødlig — og lysvirkningen forhøiet.



Fig. 45.
Geisslers rør.

Lamper av væsentlig forskjellig art er de hvor lysningen beror paa elektricitetens ledning gjennom fortyndede gasser. Fra først kjender man disse fænomener fra de saakaldte *geisslerske* rør.

Geissler (1814—79) var oprindelig en tysk glasblåser og instrumentmaker. Han konstruerte efter opdrag av en professor den første kviksølvluftpumpe. Ved denne pumpe kunde man opnaa en langt sterkere luftfortynding end tidligere. Pumpet man nu luften ut av lange glastrør, hvor der var indsmeltet platinatraader i begge ender, og forbåndt disse med polerne paa en elektrisk maskin, fremkom der en meget vakker lysning i røret. Farven var forskjellig efter den gas som var indesluttet i røret, men lysningen fulgte hele røret gjennom alle dets bugtninger selv om det var flere meter langt.

Det varte dog længe før denne lysning fik nogen praktisk anvendelse. Ved elektricitetens gjennomgang vil nemlig luften opvarmes og trykket økes. Derved forandres lysforholdene, og rørene kan ikke brukes længere tid ad gangen uten at der kan skapes en trykregulering.

Dette er først nylig skedd ved en engländer *Moore*, og efter ham kaldes lyset i den teknisk anvendelige form for *Moorelys*. Det egner sig udmerket til belysning av butikvinduer og forsamlingsaler, hvor man kan la lysrørene følge de arkitektoniske linjer.

En anden «gas»lampe er *kviksølvbuelampen*. Naar strømmen gaar gjennom kviksølvdampe, vil ogsaa disse begynde at lyse, og da med et intenst, grønlig, men

spøkelsesagtig lys. Dette lys egner sig derfor ikke til belysning av beboelsesværelser eller butikker. Da det er særdeles rikt paa fotografisk virksomme straalr, brukes det i reproduktionsteknikken; ogsaa i meget store fabriklokaler kan det brukes. Selve lampen bestaar av et lufttomt glastrør med indsmeltede poltraader og litt kviksølv. Helder røret slik at kviksølvet rinder til den anden pol, kan strømmen passere gjennom kviksølvet; dette opvarmes og fordamper delvis. Om nu røret reises op, kan strømmen passere gjennom dampen. Strømforbruget i forhold til lysstyrken er meget litet, nemlig bare 0,3 w pr. nl.

Endnu bedre kan lampen gjøres ved at gi den stor strømstyrke, men derved blir ophetningen for sterk og trykket for stort for glasset. Bruker man imidlertid *kvarts* istedenfor glas, faar man vægger som kan taale en langt høiere temperatur. I denne kvartslampe kan man faa over 3000 nl. ved ca. 3,5 ampere og 220 volt, altsaa ikke stort mer end ca. $\frac{1}{4}$ w pr. nl.

Endelig skal vi beskrive lysforeteelser som vel ingen betydning har i belysningsøiemed, men som i teoretisk henseende og ogsaa paa det praktiske livs omraade har faat overmaade stor betydning, nemlig *katodestraaler* og *røntgenstraalr*. Har vi et Geisslersk utladningsrør og efterhvert pumper mere luft ut av det, vil lyset forandre sig. Først vil den sterkeste lysning findes midt inde i rørets akse. Ved mindre lufttryk, 1–3 mm kviksølvhøide, vil et fiolet lys fylde hele rørets bredde, og ved endnu mindre tryk vil lyset vise sig opdelt i lag og ikke ganske række hen til den

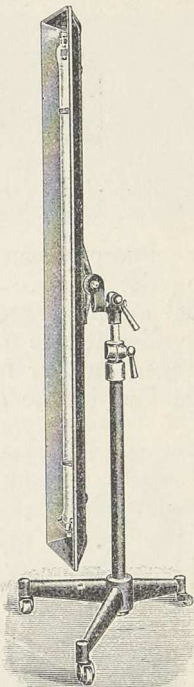


Fig. 46.
Kviksølvdamplampe. Det lange glastrør indeholder kviksølvdampe som strømmer men gaar gjennom.

negative pol. Der er et litet mørkt mellemrum (Faradays mørkerum). Selve den negative pol — katoden — er omgitt av et blaalig lys, som ogsaa ved nærmere betragtning viser sig lagdelt (se fig. 47).

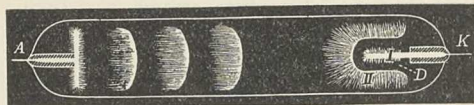


Fig. 47. I første, II andet katodeskikt. D Hittorffs mørkerum. Fra II til lysningen ved anoden er Faradays mørkerum.

Pumper man endda mere luft ut, avtar lysningen, og det positive lys forsvinder fuldstændig. Men den del av *glasvæggen* som staar ret overfor katoden, begynder at lyse med et grønlig lys. Dette maa da skyldes nogen straalers fra katoden; selv er de usynlige, men de kan bringe glasset til at lyse. Man sier at glasset *fluorescerer*. Ogsaa forskjellige mineraler som sættes ind i røret, kan bringes til lignende lysning. (Fluorescens kalder man det fænomen at nogen stoffer kan udsende bestemte lysstraalers ved at træffes av andre straalers.)

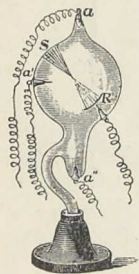


Fig. 48. Katodestraaler. K er katoden formet som hulspeil; anoden kan være a, a' eller a''.

Katodestraalernes vei er lodret ut fra katodens overflate. Gjør man derfor denne hul, som et hulspeil, samles straalernes i centrum av den kule som hulspeilet er et skal av, og det viser sig at være aldeles likegyldig hvor den anden pol — anoden — er; a, a' og a'' paa fig. 48 er like gode. Sætter man en metalplate i veien for straalernes, dannes der en skygge paa glasset bak den. De gaar altsaa ikke gjennom metal, skyggens form skaffer netop beviset for deres retlinjede gang (fig. 49).

Den som fremfor andre har studeret disse ting, er englænderen *Sir William Crookes*. Han syntes katodestraalernes opførte sig som om der var noget som blev slynget ut fra katoden. For rigtig at faa rede paa det

satte han et litet hjul iveien for dem (fig. 50). Hjulet gik som en vindmølle. Der var altsaa noget slags stof i katodestraalerne. Han kaldte det «straalende materie».

En anden englænder, *J. J. Thomson* foreslog at kalde det *korpuskler*, *smaalegemer*. Hvad var dette for stof? Man fandt at straalene avbøiedes fra sin rette bane baade av magneter og av sterke elektriske ladninger, som blev anbragt paa siderne av dem. Altsaa maatte der være noget elektrisk ved dem. De var

ladet med elektricitet, og det med den negative sort, som man før uttrykte sig. Derav lykkedes det at finde deres hastighet og forholdet mellem deres ladning og masse. Det viste sig at de enten maatte være meget smaa, eller at deres ladning maatte være meget stor. Tilslut gik de fleste forskere med paa at det var *selve elektriciteten* som fór gjennom røret som *smaalegemer*. Det var *J. J. Thomson* som hadde fremsat den teori at elektriciteten virkelig er «atomistisk», d. v. s. sammensat av *smaadele*. Men det syntes de fleste lærde, særlig paa Europas fastland, var en altfor «grov» tanke. Saa var det en tredje englænder, *Johnstone Stoney*, som fandt paa at kalde Thomsons korpuskler for *elektroner*, og dette navn er det som har slaat igjenem, og som vi har brukt i hele denne bok.

Senere har man skaffet sig alt det kjendskap til dem som vi allerede har benyttet os av.

Men hvor kommer al denne negative elektricitet, alle disse elektroner fra? Etsteds maa der bli mangel paa dem. Røret selv eller luften indeni viser sig ikke

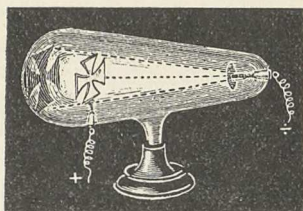


Fig. 49. Skygge ved katodestraaler.

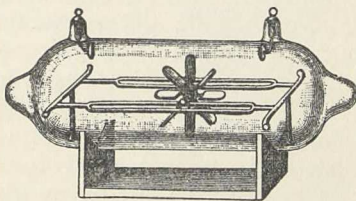


Fig. 50. En liten «mølle» gaar rundt ved bombardement av katodestraaler.

ladet med nogenslags elektricitet. Altsaa maa ogsaa underskuddet findes indenfor rørets væggen. Der maa være nogen atomer eller molekyler som har for faa, og de maa da slynges den *motsatte* vei, men der kommer de ikke frem, hvis der ikke sættes huller, kanaler i selve katodeplaten. Et slikt arrangement er tegnet i fig. 51, hvor den gjennembrutte gitterplate er katode. Katodestraalerne gaar nedad og sees ikke. Lysstriperne opover er *kanalstraaler*. De dannes da av elektronefattige atomer der altsaa *kan* sees. For al lysning i luft spiller kanske slike en betydelig rolle.

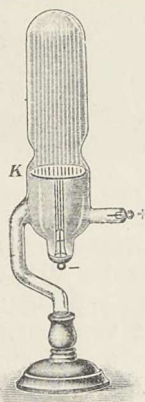


Fig. 51.
Kanalstraaler.

En vakker dag lykkedes det at paa- vise at katodestraalerne allikevel kunde gaa gjennem ganske tynde metalplater — særlig av lette metaller. Men da kunde man lokke dem ut av røret ved at sætte et litet «vindu» av aluminium i deres vei. Nu kom de ut i luften, men kunde ikke gaa langt. Men ogsaa her fik de fluorescerende stoffer til at lyse. Det mest benyttede av disse er

bariumplatincyannur, som man stryker paa plater.

Saa hændte det merkelige at en ung videnskapsmand, *Röntgen*, en dag merket at en slik plate lyste tiltrods for at «Crookes»røret var dækket med sort tøy. Satte han en fotografisk plate der og fremkaldte den, blev den sværtet. Disse nye straalet var ikke bare tilstede i rummet midt foran katoden, de gik ut til alle kanter fra den del av glasset som katodestraalerne bombarderte. De viste sig at kunne gaa gjennem trø, papir, hud, kjøt og omtrent alle organiske stoffer, men litet gjennem metaller og metalsalte. Derfor kaster knoklerne skygge (de bestaar for en stor del av kalksalte) paa en fluorescensplate. Likesaa paa en fotografisk plate.

Efterat man har faat tilstrækkelig kraftige apparater, kan skyggebillederne bli saa gode at man ikke altid behøver at fotografere. Man «gjennemlyser» personerne.

Røntgenstrålerne har som bekjendt faat en uhyre stor betydning særlig ved behandlingen av benbrud, indtrængte fremmedlegemer (kuler, granatsplinter o. s. v.), men ogsaa ved behandlingen av indre=medicinske syk=

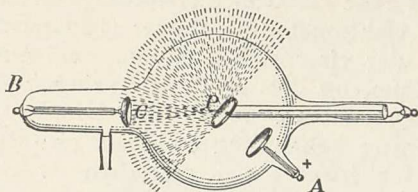


Fig. 52. Røntgenrør. A anode, C katode; herfra falder katodestraalerne paa P, der saa udsender røntgenstråler til alle sider.

domme. En begyndende tuberkulose vil kunne gi sig tilkjende ogsaa paa et røntgenbillede. Desuten har de virkninger paa huden. Det har forresten ogsaa almindelig elektrisk bue=lys, og den bekjendte Finsenske metode til behandling av lupus bestaar i bru=ken av buelyset.

Men hvad er nu røntgenstrå=lerne? Er ogsaa de «straalende ma=terie»? Nei, man er paa det rene med at de bare er *bølger*, skjælv=ninger i æteren, noget i likhet med lyset. Det lys som vi kan opfatte med vort øie, har «bølgelængder» paa 400 til 760 milliontedels milli=meter (0,0004—0,00076 mm); man skriver undertiden 0,001 mm 1 μ (my) og 0,000001 mm 1 $\mu\mu$ (my=my). Røntgenstrålerne har bølgelængder paa mellem 0,03 $\mu\mu$ og 0,15 $\mu\mu$; d. v. s. paa 1 mm længde gaar der fra 7 til 33 millioner bølger. Om vi sammenligner lysbølgerne med lange Atlanterhavs=bølger, blir røntgenbølgerne bare som blæst i et glas vand. Og disse fine bølger passerer gennem æteren mellem materiens atomer uten at generes av disse, mens det er altfor trangt for de almindelige lysbølger.

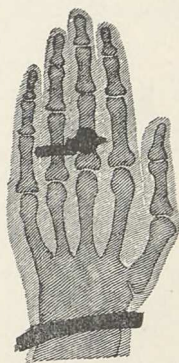


Fig. 53. Røntgenbillede av venstre haand.

(Om bølger se nærmere kap. 11).

En særegen interesse har katodestraaler, kanalstraaler og røntgenstraaler faat ved opdagelsen av de «radioaktive» straal. De straal som disse utsender, er nemlig dels rene elektroner (i likhet med katodestralerne) dels elektronefattige atomer (i likhet med kanalstraalerne), der viser sig at kunne omdannes til elementet helium, og dels er de ætersvingninger i likhet med røntgenstraalerne.

En nærmere behandling av disse problemer ligger imidlertid for langt ute i periferien av denne boks omraade.

SJETTE KAPITEL

ELEKTRICITET OG MATERIE

VI har allerede i første kapitel set den første sammenhæng mellem elektriciteten og materien saameget at der blev noget fundament for elektroneteorien. Vi skal nu se at komme et stykke længer i *elektrokemien*. Det simpleste forsøk, vandspaltningen, foretages oftest i et apparat som fig. 54. Istedenfor messingtraad, som angripes av surstoffet, bør man inde i væsken ha platinaplater eller kulstaver (retortkul, buelampekul).

Rent vand spaltes meget langsomt, og er det kemisk rent, slet ikke. Men sættes der til litt av en syre, en base (som almindelig lut eller kalkvand) eller et salt (koksalt, soda, alun, jernvitriol, blaasten, helvedessten etc.), gaar strømmen meget lettere igjennem. Tilsætningen maa sikkert ha noget at si. Men hvad? Gjør den bare vandet til en bedre leder? Syrerne og luten synes ved første øiekast ikke at ha nogen anden opgave. Men bruker vi nogen av de to sidste kemikalier, vil vi se at den saakaldte negative pol (der

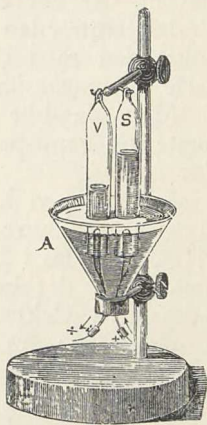


Fig. 54. Vandspaltningsapparat. V betegner vandstof, S surstof. Den positive strøm gaar som pilene.

hvor vandstoffet dannedes) belægges med *kobber* eller *sølv* (henholdsvis). Saltene selv er blitt spaltet. Ja selv om vi intet vand har, kan denne spaltning foregaa. Smelter vi litt klormagnesium (heller karnallit, som smelter lettere) i et kridtpipehode, stikker en jerntraad ned gjennom piperøret, et stykke retortkul ned i smelte-



Fig. 55. Faradays tegning til navnene.

massen, der bør beskyttes med et kullag over, og forbinder jerntraaden med den negative pol av et batteri, kultraaden med den positive, vil der dannes en liten perle av *magnesium* paa jerntraaden.

Men da blir saltenes spaltning det viktigste og første og vandspaltningen bare andenrangs, en *sekundær proces*.

Selv naar vi har vand med litt svovelsyre, tænker vi os at spaltningen foregaar slik: svovelsyremolekylet H_2SO_4 spaltes i 2 H-atomer, hvert med et elektron for litet, siden det gaar til den pol som fra strømkilden lades med elektroner. Atomgruppen SO_4 har tat de to elektroner fra H-atomerne og skyves hen til den anden pol, som tar elektronerne fra den. Men da kan de ikke eksistere og tar saa to vandstofatomer fra et eller andet vandmolekyl (H_2O) like ved polplaten. Da er SO_4 tilfredsstillet, *mættet* sier man ofte, men det enslige surstofatom har ikke andet at gjøre end at slaa sig sammen med en lidelsesfælle fra et naboatom og som *molekyl* stige op over den urolige hvirvel. De to fattige vandstofatomer, som vi før har sagt gik til den negative pol, fik hvert sit manglende elektron og

slog sig ogsaa sammen to og to til molekyler og steg tilveirs.

Faraday kaldte hele processen for *elektrolyse*, det stof som spaltedes, *elektrolyt*, tilledningen kaldte han *elektroder*, det sted hvor den negative elektricitet gaar ind, *katode*, det hvor den gaar ut, *anode*, de stoffer som vandrer mellem polerne, kaldte han *ioner*, det som gaar til katoden, *kation*, det som gaar til anoden, *anion*.

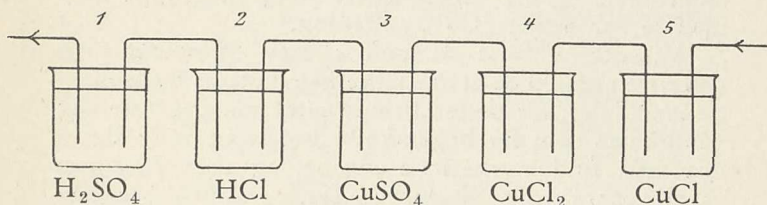


Fig. 56. Elektronebevægelsen er motsat pilene.

Sætter vi en række spaltningsskaber — *celler* som de ofte kaldes — efter hverandre, slik at den samme strøm maa gaa gennem dem alle, kan vi let finde de forskjellige stoffers forhold til samme elektricitetsportion. Stoffene kan være som i fig. 56: svovelsyre, saltsyre, kobbersulfat (blaa sten), kobberklorid, kobberklorid (begge de sidste indeholder kobber og klor, det næstsidste forholdsvis dobbelt saa meget klor som det sidste). I de 5 skaber dannes der ved elektroderne, regnet fra venstre: vandstof-surstof, vandstof-klor, kobber-surstof, kobber-klor og kobber-klor.

Av vandstof dannes der i samme tid like meget i nr. 1 og 2, av surstof like meget i nr. 1 og 3, av kobber like meget i 3 og 4 (men i nr. 5 dobbelt saa meget), av klor like meget i 4 og 5.

Naar undtages kobberet, fører altsaa alle stoffer samme elektricitetsmængde hvilken kemisk forbindelse de end hører hjemme i; kobberet kan skifte, idet det i nr. 5 transporterer — i forhold til sin vegt — halvparten saa meget som ellers.

Mellem vegtene er der følgende sammenhæng: Er der utskilt 2 mg vandstof, er der samtidig utskilt

16 mg surstof, 63,2 mg kobber (i nr. 5 126,4 mg) og 71 gr Cl, men disse tal er for kemikerne *jevngode*. Og man tvinges da til den slutning at der er knyttet bestemte elektricitetsmængder til hvert atom, nogen har enkelt ladning, andre dobbelt eller tredobbelt og nogen faa firedobbelt. Et vandstofatom med et manglende elektron skrives H^+ (vandstof-ion), et kobberatom som mangler to, skrives Cu^{++} (kobber-ion), et kloratom med et for meget skrives Cl^- , en gruppe SO_4 med to for meget SO_4^{--} , sulfat-ion.

Var det nu først da polene blev forbundet med den ytre strømkilde at atomerne begyndte at bytte elektroner? Eller var dette allerede gjort saa det bare var vandringer som nu begyndte? Strømmen viser sig at gaa med fuld styrke med engang, og det tyder paa at alt var færdig til opbrud før. Desuten har man fundet ved endel metoder som tjener til at bestemme de relative molekyltal i en opløsning, at der i de stoffer som leder rigtig godt, ser ut som der er mange flere molekyler end der burde være. I tynd saltsyre f. eks. dobbelt saa mange, i tynd svovelsyre næsten 3 ganger saa mange o. s. v. Alt dette tyder paa at molekylerne allerede er spaltet før strømgjennemgangen, nogen atomer (eller atomgrupper) med overskud, andre med underskud av elektroner. Selve væsken vil ikke vise sig ladet for det, for der er like stort overskud som underskud. Hvis opløsningen er sterk, vil ikke alle molekylerne være spaltet, men flere og flere jo tyndere den er. En tynd opløsning leder da *forholdsvis* bedre end en sterk, og en bestemt styrke leder allerbedst i absolut forstand.

Hvad er det da som sker naar vi lægger en koksaltskrystal ned i vand. Den er av form nøiagtig som en terning, og man tænker sig nu at atomerne er lagret som i fig. 57 hvor ● kan betyde klor, ○ natrium. Naar den nu lægges i vand, vet vi den løses op, den blir mindre og mindre, tilslut er den væk. Men det er ikke *et par* av et natriumatom og et kloratom som vandrer om mellem vandmolekylerne. Nei, de er skilt, kloratomet med et elektron for meget, natriumatomet

med et for litet. Nogen ganger kolliderer de nok og slaar sig sammen for en stund hver med det normale antal elektroner. Er der faa av dem i vandmassen, kan det bli længe mellem hver gang dette sker, og næsten alle par er samtidig skilt. Men er der mange av dem, blir der adskillige som til enhver tid er knyttet sammen to og to med normalt elektronet.

Om vi legger en sukkerbete i vand, løses ogsaa den op, men det sker uten nogen saadan spaltning. Sukkervand leder ikke den elektriske strøm. Det er bare metallernes salte samt syrer og baser som leder strømmen og i oppløsning er spaltet (*dissocieret*). Det er den berømte svenske forsker *Arrhenius* som har utformet disse teorier.

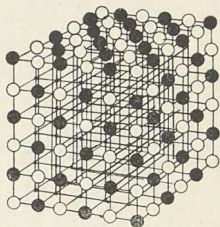


Fig. 57. Atomernes ordning i en koksaltkrystal.

Vi saa at katodeplaterne kunde belægges med metal, kobber, sølv etc. Vil man skaffe sig et slikt belæg paa en gjenstand, behøver man bare at skaffe en oppløsning av et salt av vedkommende metal, neddyppe gjenstanden i oppløsningen og forbinde den med den negative pol av et batteri. Den positive pol av batteriet forbindes med et legeme som ogsaa nedsænkes i oppløsningen; det maa enten være av et stof som ikke angripes eller ogsaa — og det er det bedste — maa det være av samme metal som det der utfældes paa katoden. Forat belæggene skal bli jevne og pene og hefte godt, maa gjenstandene være omhyggelig rensed — særlig for fett —, og strømstyrken maa ikke være for stor i forhold til flaten.

Til *forkobring* brukes en mættet oppløsning av kobbersulfat. Strømstyrken kan gaa op til 3 ampère pr. kvadratdecimeter katodeflate.

Til *forsølvning* brukes en oppløsning som man faar i rigtig forhold ved i 1 l vand at oppløse 12 g cyanokaliumpotassium (yderst giftig) og sætte til 46 g kaliumsølvcyanid. Strømstyrke 0,5 ampère pr. dm².

Til *fornikling* brukes et bad som pr. l indeholder

70 g nikkeloksydulammoniak, 25 g ammoniumsulfat og 5 g citronsyre. Strømstyrke 0,5 til 0,7 amp. pr. dm^2 og spændingen mellem nikkelbadets poler (strømmens indtræden og utræden) maa være 4 volt.

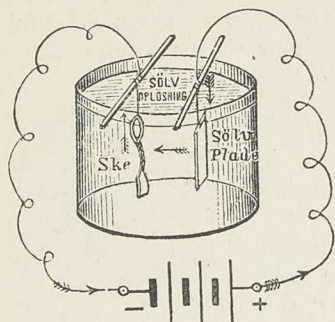


Fig. 58. Forsølvning.

Til forstaalning bruges et bad som pr. liter indeholder 150 g jernvitriol og 125 g magnesiumsulfat. I badet hænges ned smaa poser med magnesia alba. Strømstyrken bare 0,1 amp. pr. dm^2 .

Imidlertid kan man ogsaa skaffe sig metalbe-
læg idet man selv skaffer
tilveie baade det element

som leverer strømmen og elektrolyten i molekylære dimensioner.

Har vi zinkpulver paa en kobberplate og fugter det med vand, saa dannes der en liten Volta-søile mellem hvert pulverkorn og kobberplaten. Er der nu ogsaa et pulver av et nikkelsalt eller sølvsalt i den samme fugtighed, vil disse løses op, d. v. s. der vil dannes nikkelioner eller sølvioner, der vil gaa til kobberplaten og danne et nikkel- eller sølvbe-
læg der. Det hele for-
niklings- eller forsølvningspulver kan altsaa lages av zinkpulver (bedre magnesiumpulver), nikkelsulfat eller sølvnitrat (helvedessten) og helst litt salmiak, der danner den saltopløsning der i saa høi grad øker effektiviteten av Voltas søile. Litt av pulveret heldes paa platen,

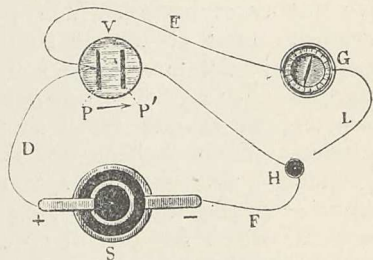


Fig. 59. Polarisationsforsøk. Pilen er mot elektronebevægelsen.

fugtes med vand og gnides. Til 12 g magnesium svarer 170 g helvedessten eller 140 g krystalliseret nikkel-sulfat eller 125 g kobbersulfat.

Det simple kobber-zink-syre-element har den ulempe at det meget hurtig taper sig. Naar platerne tages ut, vil det paany være kraftig. Dette forklares ved et fænomen man kalder *polarisation*, og som man kan faa rede paa ved følgende arrangement: S (fig. 59) er et strøm-givende element, V er et vandspaltningsapparat, G er et litet galvanometer (se s. 95). H er en liten kviksølvkop hvor de forskjellige ledningstraaders ender kan stikkes ned og dermed forbindes. Først holdes traaden L væk fra koppen, saa man bare faar den nedre strømkreds, hvor elektronerne gaar mot urviserne og der utskilles surstof paa P, vandstof paa P'. Tar man F ut av koppen mens L stikkes nedi, blir den øvre strømkreds sluttet, og det viser sig paa galvanometret at der gaar en strøm, hvor ogsaa elektronerne gaar med urviserne, altsaa i vandspaltningsapparatet motsat den forrige. Det er dette apparat som nu optræder som *strømkilde*. Aarsaken maa være at de to plater har forskjellig gasbelæg, saa vi kan si at vi har et element: *surstof-syre-vandstof*. Strømmen varer bare ganske kort, for nu dannes der surstof der hvor vandstoffet var, og omvendt. Denne *motstrøm* kalder vi *polarisationen*, og vi kan ikke tvinge en strøm gjennom en elektrolyt uten at der er kraft nok til at overvinde motstrømmen. Polarisationen er forskjellig for forskjellige elektrolyter og er gjerne et par volt. For at spalte vand med tilsætning av syre el. lign. maa vi derfor raade over større elektromotorisk kraft; et enkelt element er ikke nok; sammenlign den lave rambukk.

Denne polarisation virker ogsaa i et almindelig element. Der gaar jo strøm i væsken, og derfor spaltes syren slik at der dannes vandstof ved kobberplaten og surstof ved zinkplaten. Men disse gasbelæg søker at drive strøm den motsatte vei, og elementet avtar i styrke.

Skal vi faa et varigere element, maa vi faa væk disse gasserne, først og fremst vandstoffet. Man omgir

derfor den saakaldte positive pol, kobberet eller kullet, med et oksydationsmiddel, d. v. s. et stof som kan brænde op vandstoffet. I det almindelige *tørelement* bruges brunsten. Tørelementerne, som er særdeles bekvemme, har kulstav i midten og en zinkcylinder ytterst. De er at betragte som ændringer av Leclanches elementer, der som væske mellem dem havde en *salmiakopløsning*. Fyldmassen i elementerne holdes forøvrig hemmelig.

Det gaar ogsaa an at *utnytte* polarisationen. Det er gjort i *akkumulatoren*. Det er let at se hvordan et vandspaltningsapparat kan bli til en akkumulator, opsamler. Vandspaltningsapparatet kunde bare levere strøm kort tid, fordi de opsamlede gasmængder var smaa. Skal vi faa den til at gaa i længere tid, maa vi enten magasinere gasserne, men de er voluminøse, eller man lar dem indvirke paa stoffer som let kan avgi dem igjen.

Mest benyttet — ialfald endnu — er *blyakkumulatoren*. I sin simpleste form bestaar den av 2 blyplater i fortyndet svovelsyre. Ledes en strøm igjennem (paa fig. gaar pilene som sedvanlig mot elektronebevægelsen), vil surstoffet ved plate a, anoden, angripe blyet, og forat virkningen skal bli saa stor som mulig, lar man platen faa en hel del med fremstaaende ribber. Vandstoffet ved k, katoden, har ingen kemisk virkning, det meste undviger. Tar man saa strømkilden bort og forbinder a og k med en ledning, vil strømmen gaa den omvendte vei i svovelsyren. Der kommer surstof til k, der angripes, og vandstof

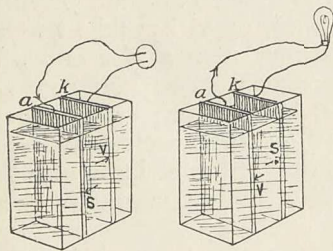


Fig 60.
Ladning og utladning av akkumulator.
V betyder vandstof, S surstof.

til a, hvorved den første virkning — under ladningen — for en del ophæves. Efter en stunds forløp er platerne like, strømmen ophører, akkumulatoren er utladet. Jo flere ganger dette gjentages, desto dypere ind i metallet kommer virkningen. De akkumulatore man kjøper, er

behandlet — «formeret» — længe. Plate k gir man store huller og fylder dem med blyoksyd, der under ladningen omdannes til bly.

Den elektricitetsmængde som utlades, kan aldrig bli større end den der passerte under ladningen, og dens spænding er litt mindre end den som behøvedes under ladningen.

Blyakkumulatoren er tung og egner sig derfor ikke som transportabel elektricitetskilde. I de senere aar har det lykket Edison at konstruere en ny. Den har to metaller, *jern* og *nikkel*, væsken er 21 % kalilut. Anodeplaterne er laget av tynde rør av gjennomhullet jernblik, fylt med *nikkelhydroksyd*, NiO_2H_2 . Katodeplaterne bestaar av tynde staalblikplater med firkantede huller — vinduer. I hullerne sættes smaa æsker av tyndt staal, fylt med en briketteret masse av fint pulveriseret *jernoksyd* og *kvikselvoksyd*.

Under ladningen oksyderes anodens NiO_2H_2 til NiO_3H_3 , mens katodens jernoksyd gaar over til jern. Under utladningen gaar begge plater over til den oprindelige tilstand.

Edisonakkumulatoren gir ikke saa høi spænding som blyakkumulatoren: 1,23 volt mot 1,95. Men den magasinerer en energimængde paa 20—25 watt-timer pr. kg vekt, mens blyakkumulatoren kun magasinerer 5,5 wt. pr. kg.

Særlig til vognndrift har derfor Edisonakkumulatoren

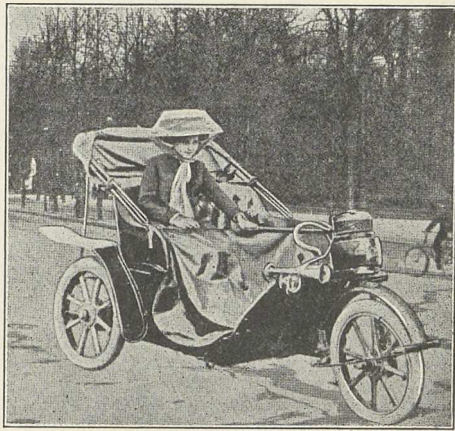


Fig. 61. Elektromobil.

store fordele, og i Amerika er *elektromobilen* blit meget anvendt. Ogsaa i Europas storbyer brukes den, da den jo ikke forpuster luften som bensinbilen.

I vort land, som har saa mange elektricitetsverker ogsaa utover landet, turde elektromobilen ha meget for sig. Ladningen maa foregaa med *likestrøm*, men man kan simpelt anbringe en liten kviksolvstrømretter ved vekselstrømsanlæg.

Akkumulatorer brukes i stor utstrækning paa *undervandsbaater*. Under deres fart under vandet er elektromotoren den eneste som kan brukes, og den drives fra et akkumulatorbatteri. Elektricitetsverker bruker ogsaa akkumulatorer til utjevning av forbruket. I den tid da forbruket er litet, lades akkumulatorerne for igjen at utlades naar forbruket er stort. For likestrømsverker spiller disse en betydelig rolle.

Bare til blyakkumulatorer brukes aarlig 70 000 ton bly, og omsætningen dreier sig om 53 millioner kroner.

Naar et enkelt element eller en enkelt akkumulator ikke kan skaffe tilveie den strøm som behøves, sætter man sammen flere til et *batteri*. Det kan ske paa to maater: Enten kan man forbinde den negative pol paa

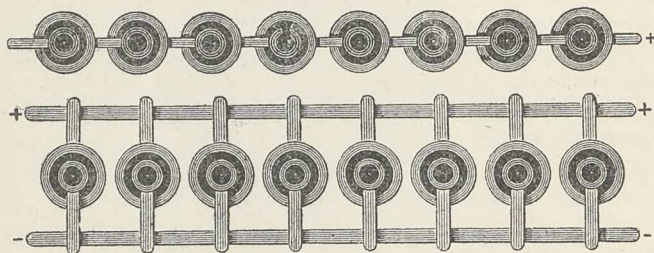


Fig. 62. Kobling av elementer.
De øverste elementer staar i række (serie). De nederste elementer staar ved siden av hinanden (parallelt).

det ene med den positive pol paa det andet (*række, serie*), eller man kan forbinde alle negative for sig og alle positive for sig (*parallelt*).

I det første tilfælde vil elektronerne som drives fra

ytterste til inderste plate i elementet til høire, føres videre av den elektromotoriske kraft i element nr. 2, atter videre i nr. 3 osv. Spændingen mellem de to ytterpoler i batteriet blir da 8 ganger saa stor som i et enkelt element.

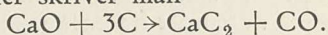
I andet tilfælde vil elektronerne fra de indre plater i alle elementer drives til den nedre forbindelsesskinne, men nogen videreføring fra element til element vil ikke finde sted. Spændingen i et saadant batteri blir altsaa ikke større end i et enkelt element. Men den *mængde* elektroner som er opmarsjert, er naturligvis 8 ganger saa stort som i et enkelt element.

Vi kan sammenligne de elektromotoriske kræfters forskyvning av elektronerne i disse to tilfælde med en flok mennesker som vil fylde vand op i et bassæng fra en lavere elv ved at lange vandbøtter. Skal man naa en stor høide, langes der fra mand til mand høiere og høiere op (elementerne i række). Er ikke høiden større end at hver mand kan række direkte frem, staar alle ved siden av hverandre; vandet kommer ikke høiere end om der var en mand alene, men *mængden* som magasineres, er større. At elementerne leverer strøm, vil svare til at vandet fra bassængerne rinder ned og herunder utfører et arbeide. Det sidste arrangement vil være bedst naar store vandmængder forbrukes — store, vide ledninger — (elektrisk: liten motstand). Det første arrangement vil være bedst hvis vi har bruk for stort tryk (elektrisk: stor motstand som maa overvindes).

Alt dette har været elektrokemiske processer i *oplosninger*. Men de foregaar jo ogsaa i *smeltede* stoffer, og da den høiere temperatur som her hersker, fremkalder større aktivitet — atomerne er i livligere bevægelse — saa kan vi vente særlige forhold her. Man kan naturligvis anvende den elektriske varme til ophetningen. Den elektrokemiske ovn er opfundet av *Moissan* og bestaar væsentlig av en ildfast utføring av rummet omkring en elektrisk lysbue. I dette rum blev

nu for det første temperaturen umaatelig høi, og desuten løp der jo elektroner gjennom det. Her maatte der kunne foregaa kemiske processer som før var ukjendte.

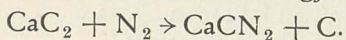
Blandt de mange processer som man nu prøvet, var ogsaa den at ta surstoffet fra almindelig brændt kalk for at faa ut det metal, *kalcium* (Ca), som findes i den. Surstoffet tar man gjerne bort med *kul*, processen kaldes *reduktion*. Man blandet altsaa kalk og kul og anbragte det inde i rummet, strømmen blev sat paa, og da man efter en tids forløp aapnet ovnen, var der vistnok ikke lenger hverken kalk eller kul, men der var heller ikke noget metal. Bare en graa masse. Men naar der kom vand paa den, bruste der ut en gas. Kemikerne kjendte den: det var *acetylen*, ildelugtende, men brændbar med et overmaade intenst lys. Acetylen indeholder vandstof og kulstof (C_2H_2); vandstoffet kom naturligvis fra vandet, og kulstoffet maatte komme fra den graa masse. Det som blev igjen, var almindelig læsket kalk. Der maatte altsaa være baade kulstof og kalcium i det nye stof. Det fik navnet *kalciumkarbid*, CaC_2 . Med kemiske formler skriver man



Det sidste stof, kuloksyd, er en brændbar gas der kunde brukes til motordrift.

Der opstod snart en vældig industri der hvor der var let adgang til elektrisk kraft, ogsaa i Norge. Men acetylenen gik ikke nogen let seiersgang over jorden. Den er yderst eksplosiv, og den nye utvikling av gas og elektrisk lys skapte sterk konkurranse med den som belysningsmiddel. Acetylenflammens uhyre høie temperatur blev ogsaa utnyttet f. eks. til at skjære metaller. Brænder man acetylen i rent surstof, blir det saa varmt at en metalplate som flammen rettes imot, smelter like under den, og føres nu flammen henover platen, «skjærer» den en smeltefure bortover. Men allikevel: der blev overproduktion av karbid. Ved sammenslutning og begrænsning av produktionen red karbidindustrien krisen over, og takket være nye anvendelser av den er den nu igjen meget blomstrende.

Det nye er særlig at karbiden ved at ophettes i kvælstof til høi temperatur, $1100-1200^{\circ}\text{C}$, optar kvælstof, samtidig som den mister endel kul. Det nye stof kaldes cyanamid og er et værdifuldt gjødningsstof:



Handelsproduktet indeholder ca. 20 % kvælstof, 12 % kulstof og 60 % kalk. I Norge findes flere karbid-

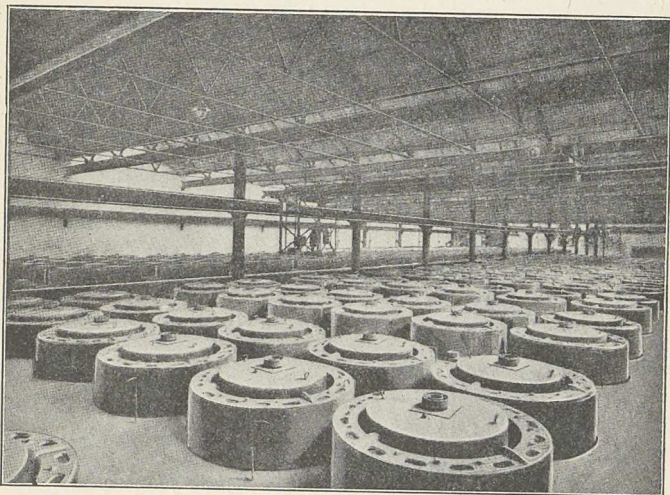
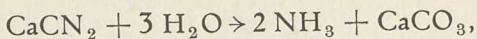


Fig. 63. Cyanamidovner, Odda; der er ia't 604 ovner. Karbiden fyldes i, strøm ledes gennem massen ved kuleelektroder, og der føres ind kvælstof. Saasnart temperaturen stiger noget ved elektroderne, kommer processen igang ($\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{CaCN}_2 + \text{C}$) under sterk varmeutvikling. Til 450 kg karbid behøves ca. 30 timer.

og cyanamidfabrikker, de største i Odda, Hardanger. Kvælstoffet skaffer man sig av luften, der væsentlig bestaar av kvælstof og surstof. Denne avkjøles til den blir flytende, ca. $\div 190^{\circ}\text{C}$, og derefter lar man kvælstoffet, som er det flygtigste, fordampe hen til det rum hvor cyanamiden skal dannes. Surstoffet utnyttes f. t. ikke, men slippes ut i luften. Det er ikke smaa kvælstofmængder som behøves. I fabrikkene i Odda er der 4 ældre maskiner som hver leverer 375 m^3 kvælstof pr.

time, og 4 nye som hver leverer 700 m³. Men saa produceres der da ogsaa aarlig ca. 80 000 ton cyanamid av 85 000 ton karbid. Til disse fabrikker brukes ca. 130 000 hestekræfter.

Av cyanamiden kan man ogsaa faa ammoniak (NH₃) ved at behandle den med vand,



og denne kan atter sammen med svovelsyre gi svovelsur ammoniak, ogsaa et værdifuldt gjødningsstof. Av ammoniakken kan man ogsaa fremstille salpetersyre.

Moissans ovn bragte ogsaa andre karbider frem. Naar kvarts (kiseloksyd) behandles paa lignende maate som kalken i den elektriske ovn, forbinder kisel sig med kul til siliciumkarbid (SiC), som utmerker sig ved at være næsten like haardt som diamant. I det store er det først fabrikeret i Amerika og bragt i handelen under navnet *karborundum*, der brukes til slipesten etc. I den sidste tid er et slikt anlæg i drift ogsaa i Norge, nemlig *Arendals smelteverk*, der foruten karborundum ogsaa lager *durubit*, et mineral som findes i naturen.

Av andre «ovnsprødukter» kan nævnes *ferrosilicium*, en forbindelse av jern og kisel, og som brukes som tilsætning til staal. Her i Norge fabrikeres det ved Strengereid pr. Arendal.

Den elektrokemiske bedrift i vort land som har virket mest eventyrlig, er imidlertid sikkert den *Birke-land-Eydeske* fremstilling av gjødningsstoffer av luften, eventyrlig fordi det hørtes saa himmelstormende ut at ville bruke noget saa flygtig som luften til at frugtbargjøre jorden. Metoden er som bekjendt blit til som et forsøk paa at løse *kvælstofproblemet*, det problem som ogsaa søkes løst gjennom cyanamidens og forskjellige andre stoffers fremstilling.

Kvælstofproblemet?

Alt liv er knyttet til cellernes protoplasma, hvis viktigste bestanddel er eggehvitestoffer. Disse indeholder bl. a. kvælstof og kan ikke fremstilles i dyrenes organisme — ialfald er det ikke sikkert paavist; derimot kan planterne fabrikere eggehvitestoffer av for-

skjellige kvælstoffholdige raaemner, nogen kan gjøre det av selve luften, men de fleste kun av forskjellige forbindelser, dels de som findes i naturlig gjødning, dels av forskjellige salte, ammoniumsalte og salpetersure salte. Den naturlige gjødning strækker ikke til, og jordens naturlige lager av kvælstofsalte, nemlig salpeterleierne i Chile, utgjør en begrænset mængde.

At luftens kvælstof og surstoff under indflydelse av en elektrisk gnist kan gi *kvælstofoksyd* (NO), der igjen let gir *kvælstofdioksyd* (NO_2) og *salpetersyre* (HNO_3), er paavist for over 100 aar siden av *Ca vendish*.

Det første forsøk paa praktisk utnyttelse av dette blev gjort av et amerikansk selskap omkring aarhundredskiftet. Det anla fabrikker ved Niagara, men efter at etpar millioner dollars var destilleret væk, blev foretagendet opgit.

Da var det at en tilfældig iagttagelse satte professor *Kr. Birkeland* paa den tanke som senere førtes ut i livet i den *Birkeland-Eydeske* ovn. Det er ogsaa en lysbueovn som *Moissan's*, men lysbuen blæses ut til en stor skive ved kraftige magneter. I lysbuen er der jo elektroner i fart og desuten kvælstof og surstoffatomer med unormalt elektronetal paa grund av kollisionerne med elektronerne — luften er *ioniseret*.

Likesom en fast elektrisk strøm kan bevæge en let dreibar magnet, kan en fast magnet bevæge en let forskyvbar strømbane. Mellem elektroderne i lysbuen er der en særlig let bevægelig strømbane: ioniseret luft og elektroner. Sættes en kraftig hestekomagnet med polerne paa hver side av lysbuen, vil denne spredes ut i planet lodret forbindelseslinjen mellem polerne, op eller ned efter strømretningen. Med hurtig strømvexling vil vi se baade den øvre og nedre del samtidig. (Se nærmere kapitlet om elektricitet og magnetisme.) Lysbuen anbringes i et trangt ildfast rum. Se nærmere fig. 66, side 87.

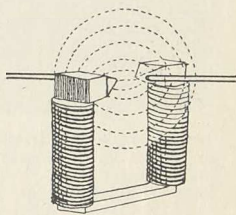


Fig. 64. Birkeland-Eydes flammeovn, skematisk.

En anden anvendelse av salpetersyren er at la den virke paa et fosforsurt salt, f. eks. mineralet *apatit*. Der dannes da en blanding av salpetersur kalk og et i vand opløselig fosfat. Denne blanding indeholder da 3 værdifulde gjødningsemner, nemlig kvælstof, fosfor og kalcium. Med ammoniak dannes salpetersur ammoniak, NH_4NO_3 , der har en overmaade høi kvælstofgehalt, nemlig 35 %.

Under den store krig har man hat et kvælstof-

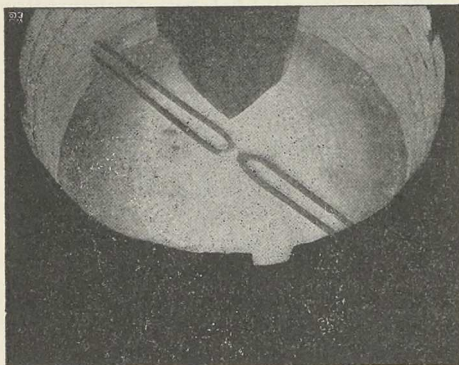


Fig. 65. Birkelands lysbueskive; skiven har en tykkelse av 40 mm og en diameter av 1,4 m. De to dobbeltlinjer er elektroderne, kobberrør som der cirkulerer vand gjennem, forat de ikke skal brænde op. Den sorte treskant ovenil er polstykkerne av elektromagneten.

problem av anden art. Til sprængstoffer anvendes om trent udelukkende energirike kvælstofforbindelser, der fremstilles ved salpetersyre eller salpetersure salte. Man sier at for at føre krig behøves 3 ting: penger, penger, penger. Men i den moderne krig kan man

vist ombytte mindst én av de to ting med salpetersyre.

Hvordan *dette* kvælstofproblem er løst i de forskjellige krigførende lande, foreligger der endnu ikke meddelelser om.

Nær elektrokemien staar *elektrometallurgien*, d. v. s. fremstillingen og raffineringen av metallerne av deres ertser.

Blandt dens grener er fremstillingen av *aluminium*. Aluminium er det mest utbredte metal paa jorden. Al vor blaalere er væsentlig kiselsurt aluminium, og det mineral som er mor til leren, feldspaten, indeholder det selvsagt ogsaa. Men aluminium lar sig ikke fremstille

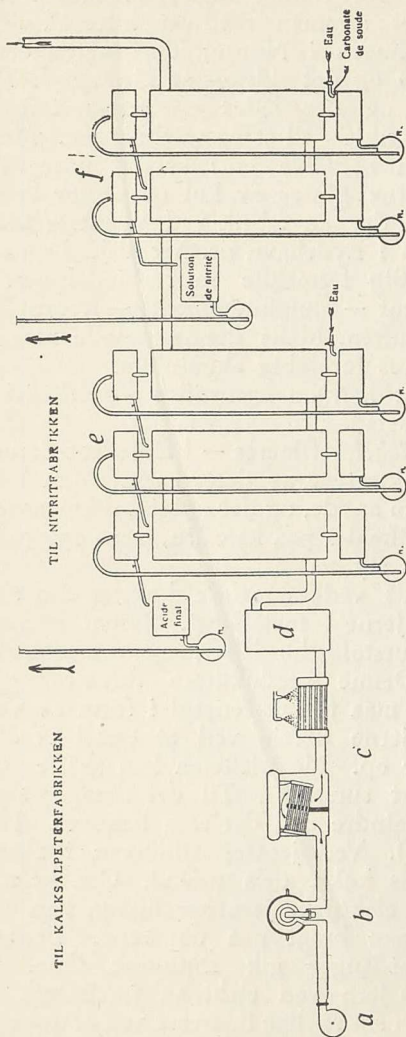


Fig. 66. Gjennem a blæses luften ind i flammeovnen b, hvor ca. 2 1/2% omdannes til NO, derefter gennem køleapparatet c. I d, hvor temperaturen er lavere, optar NO surstof og gaar over til NO₂. Denne gas opløses i vand i absorptionstaarnene e; derved dannes mest salpetersyre (HNO₃). Denne kan saa føres til kalkstien, hvor der dannes *Norgesalpeter*. Endelig gas som ikke opsuges i vand, føres til absorptionstaarnene f, hvor der er sodaopløsning. Der dannes da NaNO₂, *natrinitrit*, der har stor anvendelse i farvestofindustrien. Den tynde salpetersyre man faar i taarnene e, kan ogsaa koncentreres, og blir da næsten fuldkommen ren.

av disse, ialfald ikke endnu paa teknisk lønnende maate. Raaemnet for fremstillingen av aluminium er væsentlig oksydet sammen med et mineral, *kryolit*. Ingen av disse findes i Norge; det første derimot f. eks. i Frankrike og det sidste paa Grønland. Begge smeltes sammen, og der ledes en strøm igjennem; strømmen brukes tildels til selve smeltningen. Metallet utskilles ved den negative pol; surstof gaar til den positive, der gjerne gjøres av kul og derfor brænder op. I Norge er der en fabrik ved Vennesla pr. Kristiansand S og en i Eydehavn pr. Arendal. Den sidste fabrik skal egentlig fremstille en forbindelse av aluminium og kvælstof — aluminiumnitrid — hvortil kvælstoffet tages fra luften. Mens denne metode uteksperimenteres, fabrikeres foreløbig aluminium.

Ogsaa metallet *natrium* fremstilles ad elektrisk vei, i Norge i Fredrikstad.

Kobber og *nikkel* raffineres — befries for forurenninger — ved elektrolyse av deres salte. Man bruker det urene metal som anode, og der opløses like meget av denne som der utfældes paa katoden, mens opløsningen holder sig av ens styrke.

For vort lands vedkommende knytter den største interesse sig til jernets metallurgi. Jernet fremstilles gjerne av sine surstofforbindelser, og surstoffet maa derfor fjernes. Denne «reduktion» foretages gjerne med kul, og der maa tilføres energi i form av varme. Denne skaffes gjerne tilveie ved at endel av de tilsatte kul brænder op. Elektriciteten kan skaffe varme, men ikke ta bort surstoffet. Til det trænges absolut kul, men meget mindre end det som behøves til hele processen (ca. $\frac{1}{3}$). Ved jernfremstillingen i almindelighet brukes dels koks, dels trækul. Om koks kan brukes ved den elektriske jernfremstilling, kan neppe endnu sies at være bragt paa det rene. Et anlæg med koks i Hardanger gik rigtignok ikke. Ved *Ulefoss* fremstilles jern ved elektrisk smeltning. Anlægget har desuten sin særlige interesse ved at det er den første bedrift i landet som foretar forædlingen fuldkommen: helt fra malmen til det færdige industriprodukt.

Staa fremstilling av gammelt jern eller rujern foregaar ved Stavanger elektrostaalverk. Elektrostaal staar paa høide med det bedste som kan leveres av staal og egner sig derfor særlig til verktøi.

Hvis den elektriske jernmalmforædling skulde slaa igjennem, vil nye muligheter aapne sig for vort land.

SYVENDE KAPITEL

ELEKTRICITET OG MAGNETISME, TELEGRAFEN

DET var Ørsteds undersøkelser som skapte den sammenheng mellom de to naturkræfter som mange forskere anet maatte findes i en eller anden form.

De første magnetiske fænomener knytter sig som bekjendt til jernet, endnu nøiere end de elektriske til ravet. Nogen jernertser har den egenskap at de trækker til sig smaa jernstykker, og ved at stryke en staa- eller jernstang med en slik naturlig «magnet», som den kaldtes, blev egenskapen overført til stangen, til staalet *varig*, men til jernet bare *midlertidig* — *temporært*.

De to ender av den nye stavmagnet viser sig at være motsatte i visse henseender. Hænges den frit bevægelig om en lodret akse, vil den ene enden — bestandig den samme — peke omtrent mot nord, den anden mot syd. To stavmagneter frastøter hinanden med sine ensbenævnte «poler», tiltrækker med de uensbenævnte. Knækkes en magnet over, faar man ikke derfor skilt de to slags poler; hvert av stykkerne har fremdeles to poler. Her er en stor forskjel fra de to slags elektricitet, de kunde jo skilles. De to slags magnetpoler lar sig ikke skille. De hører sammen som «retten og vrangen» av en og samme ting.

Man tænkte sig da at alle magnetens mindste dele, selve molekylerne, var magnetiske, med nordpol i den

ene ende og sydpol i den anden. Det almindelige jerns enkelte molekyler har ogsaa slike molekyler, men de ligger hult til bult, og magnetiseringen bestaar da bare i at «rette» dem, vende dem samme vei. Det

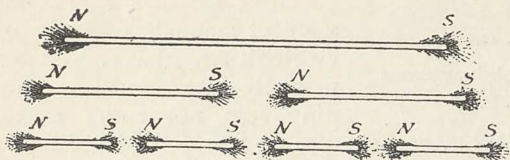


Fig. 67. En magnet knækkes over flere ganger. Hvert stykke er altid en fuldstændig magnet med baade nordpol og sydpol.

stemmer med at der viser sig at være «grænse» for magnetiseringen. Man kan ikke komme lenger end til at rette *alle* molekylmagnetene. Forskjellen mellem jern og staal skulde da ligge i at staalets molekylmagneter ikke senere vender tilbage til den kaotiske tilstand, hvad jernets gjør straks magnetiseringsmagneten fjernes.

Lægger vi en magnet i jernfilspen, eller endda bedre, lægger vi den under en glasplate og drysser jernfilspen forsigtig ovenpaa, vil sponen ordne sig i rækker, og de fortæller os derved hvad retning den «magnetiske kraft» overalt har. Omkring en magnet hersker et «kraftfelt», og det kan vi saa at si faa «optegnet» ved hjælp av jernspon. Og de maa ogsaa gi os besked om kraftens størrelse, ialfald saa meget at vi maa kunne si at der hvor sponen ligger tættest, er kraften størst. Kraftlinjernes antal er os ogsaa her maal for kraftens størrelse.

Tænker vi os at vi følger kraftlinjerne ind i magneten et stykke, vil vi kunne gjøre os en forestilling om molekylmagneternes retning (fig. 69). Magnetiseringen maa da sies at være stærkest i midten og svakere langs kanterne.

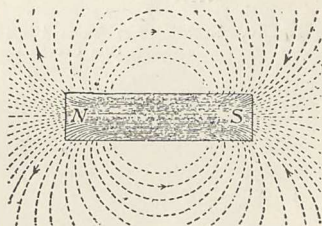


Fig. 68. Kraftlinjer omkring en magnet.

Lægges et stykke bløtt jern i kraftfeltet under glasplaten, vil jernsponerne fortælle os at kraftlinjerne for-
andres, samles i jernstykket langt
tættere end i luften (fig. 70).



Fig. 69. Molekylmagneternes
retning.

Efter Ørstedes forsøk maa der
være et magnetisk felt omkring en
elektrisk strømbane. Ved hjælp av
magnetnaaler fandt han den ret-
ning som nordenden av en mag-

net vilde bevæge sig paa de forskjellige sider av strøms-
banen. Et sammenhengende billede av kraftfeltet vil
vi faa ved at sende en sterk strøm gjennom en ledning,
som vi fører tvers igjennem en papplate som vi strør
jernspon paa. Billedet vil gi kraftlinjerne som paa
fig. 71. Fig. 72 gir et fotografisk billede av feltet

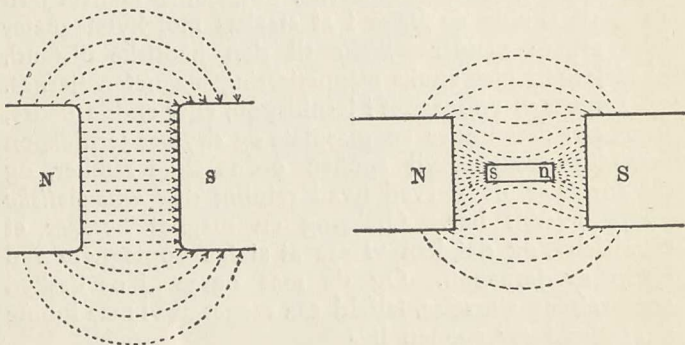


Fig. 70. Kraftlinjernes forløp i luft og i jern; de koncentrerer sig i jernet,
som derved ogsaa magnetiseres.

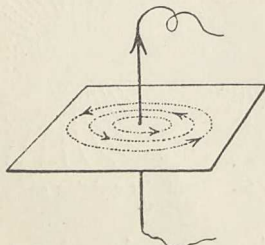


Fig. 71. Magnetiske kraftlinjer om-
kring en ret strømbane. Pilen i
strømbanen gaar mot elektronernes
retning.

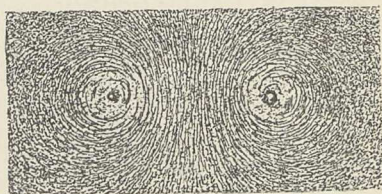


Fig. 72. Slik ordner jernsponen sig paa en
papplate som der gaar en strømbane opigjen-
nem paa den ene side og ned paa den
anden side.

omkring en lodret cirkelbane, hvis ene halvdel ligger over platen og anden halvdel under.

En let regel for at huske kraftlinjernes retning har man i *Maxwells korketrækkerregel*. Skruer man en almindelig høiregjænget skrue frem mot elektronebevægelsen, sker skruens dreining i de magnetiske kraftlinjers retning.

Den magnetiske kraft gaar altsaa hverken langs strømbanen eller ret ut ind fra den. Tænker vi os et stykke av rummet omkring strømbanen — litt av æterblokken — som et stykke træ med strømbanen langs marven, vil de magnetiske kraftlinjer gaa som aarringene.

Ogsaa i det magnetiske kraftfelt vil vi naturligvis tænke os nivaaflater lodret paa kraftlinjerne. Omkring den rette strømbane vil da disse gaa langs radiene — marvstraaerne i veden. La os tænke os to punkter, *a* og *b* paa en og samme av de ytre «aarringer», og *c* og *d* paa en av de indre, slik at *b* og *c* ligger paa samme radius, *a* og *d* paa en anden. Bevæger vi en magnet (vi vil helst

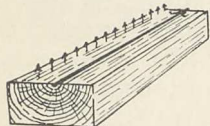


Fig. 74.

tænke os en enkelt magnetpol, selv om den ikke kan skaffes til veie) fra *a* til *b* gaar den av sig selv — vi faar arbeidet utført, fra *b* til *c* langs nivaaflaten hverken kræver arbeide eller skaffer os arbeide, fra *c* til *d* gaar vi mot kraften og vi maa utføre et arbeide. Det blir like stort som det vi fik da vi gik fra *a* til *b*, fordi vi kommer tilbake til den samme nivaaflate. Fra *d* til *a* som fra *b* til *c*. Alt i alt skaffer denne «ringgang» os hverken stræv eller utbytte, ganske likedan som i jordens kraftfelt eller i det elektriske. Men vi kan gaa fra *a* og tilbake til *a* ved at gaa rundt strømbanen, og da gaar vi hele tiden med kraften og faar følgelig utført et arbeide. For hver gang vi gaar rundt, faar vi det samme arbeide utført. Heri er der en stor forskjell mellem dette kraftfelt og alle andre, og det tyder paa at dette felt maa ha andre aarsaker end det materielle eller elektriske felt.

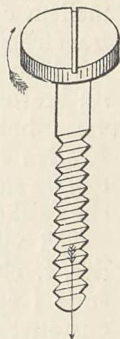


Fig. 75. Maxwells korketrækker.

Enten «omcirklingen» om strømbanen foregaar nær ved eller langt ute, blir det samme, for vi passerer alltid det samme antal nivaaflater. Men dette gir os besked om kraftens forandring med avstanden. Arbeidet mellem *a* og *b* var det samme som mellem *c* og *d*. Ligger *a* dobbelt saa langt fra strømbanen som *d*, er veien *ab* dobbelt saa lang som *cd*. Men da arbeidet altid er lik kraften $\times$ veien, maa kraften ute ved *ab* være halvparten av kraften inde ved *cd*: *Kraften er omvendt proportional med avstanden fra strømbanen*. Denne lov fandt de franske fysikere *Biot* og *Savart* ved eksperiment.

Vi vil saa tænke os en ringformet leder, f. eks. fra et element som i fig. 75. Inde i centrum faar vi et kraftfelt som er ensrettet over et mindre stykke og ogsaa av ens styrke. Fæster vi en liten magnetnaal i centrum paa en spids, vil denne paa virkes av et lignende magnetfelt som det den pleier at

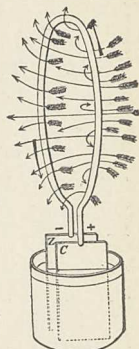


Fig. 75. Magnetiske kraftlinjer om en ringformet strømleder.

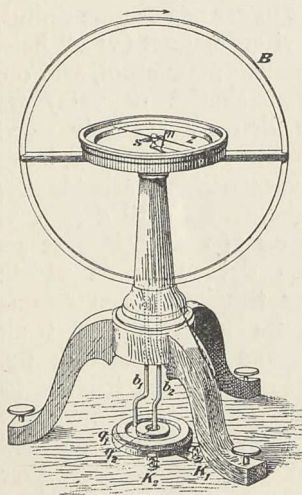


Fig. 76. Tangensbusole. NS er en liten magnet med en lang viser (z) paa tvers. Strømmen føres ind og ut ved K1 og K2.

være i, nemlig jordens magnetiske felt, og som er årsaken til at den altid peker omtrent mot nord. Jordmagnetismens felt kan vi ikke bli kvit, men vort kunstige felt kan vi skaffe os naar vi vil, og vi kan dreie paa det. Sættes ringens plan omtrent øst—vest med kobberet i vest, vil vort felt faa samme retning som jordmagnetismens. Dreier vi helt om, vil det virke motsat, avsvække det. Sætter vi ringens plan i den magnetiske meridian, med kobberet i syd, vil vort felt staa paa tvers av jordmagnetismens, og naalens nordende vil svinge vest. Er begge felter like

sterke, vil avbøiningen bli 45° , er jordmagnetismens felt det svakeste, vil avbøiningen bli mindre, er strømbanens [felt det sterkeste, vil avbøiningen bli større,

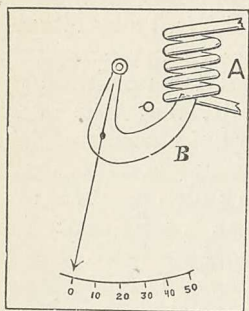


Fig. 77. Strømmåler. Jo sterkere strøm der gaar i A, desto lenger trækkes jernstykket B ind i spiralen, og viseren flytter sig til høire.

men kan naturligvis aldrig bli over 90° . Denne sammenligning, som let kan foretages («ringbanen» alene med magneten, men uten strømkilde, kaldes en *tangensbusssole*), gir sammenhængen mellem elektrisk strøm og magnetisk kraft. Det magnetiske felt blir sterkere, jo flere elektroner der hvert sekund passerer hvert tversnit av ledningen; det er proportionalt med strømstyrken. I virkeligheten har man bestemt enheten for strømstyrke ved dens magnetiske virkning.

Lægger vi flere slike ringer ved siden av hinanden, vil virkningen økes. Man kan gjøre det simpelt ved at vikle den samme ledningstraad flere ganger rundt; strømmen vil da gaa ens i alle, og virkningen vil økes i forhold til viklingernes antal. Man kan ogsaa avsvække jordmagnetismens virkning ved at bruke to magnetnaaler omtrent like sterke og motsat rettet. De forbindes saa den ene blir over den anden, og slik at strømbanen som nu gjøres temmelig flat og lav, faar sit høyeste parti i høide mellem de to naaler; derved virker den ens paa begge, mens jordmagnetismen virker motsat og derfor er næsten borte. Et slikt apparat — *galvanometer* — er overmaade følsomt og brukes til at paavise svake strømme. Et andet strømmålerapparat er vist i fig. 77.

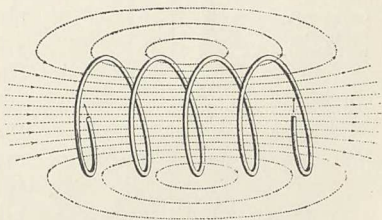
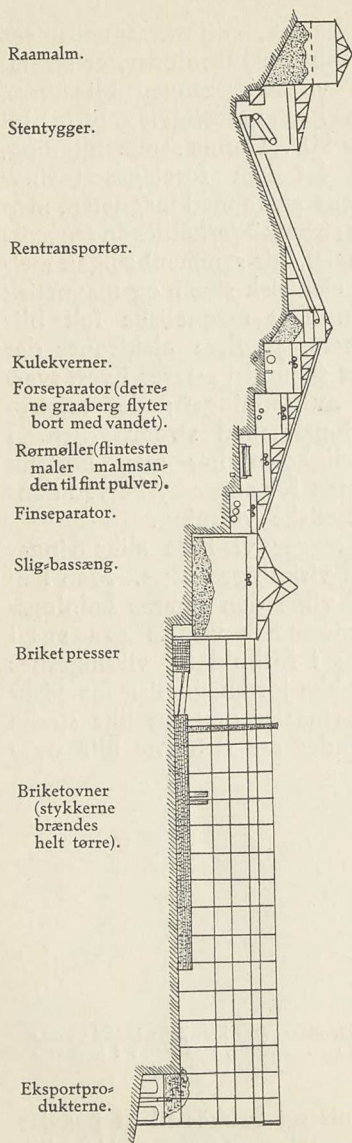


Fig. 78. Magnetiske kraftlinjer indeni og omkring en strømbane, som ligger i flere viklinger (solenoid).



Magnetfeltet omkring et større antal strømviklinger (se fig. 78) vil ligne feltet omkring en magnet. *Solenoidet* vil altsaa kunne erstatte en magnet. Hvor den vil faa nordende og sydende, kan bestemmes efter højrehaandsregelen. Men man kan ogsaa skaffe sig en anden regel som vil fremgaa af figuren: Ser man mot enden av et solenoid, og den positive strøm (motsat elektronerne) gaar med urviserne, har man syddenden nærmest. Hænges et slikt solenoid op saa det har let for at dreie sig, stiller det sig i den magnetiske meridian aldeles som en almindelig magnet.

Lægger vi nu et stykke bløtt jern indeni, vil kraftlinjerne koncentrerer der, jernstykket vil ogsaa magnetiseres, og vi faar i alt et sterkere magnetfelt end før. Jernkjernen med strømviklingerne omkring kaldes en *elektromagnet*. Som andre magneter kan de løfte jernstykker, og de kan gives former enten som staver eller hestesko eller hvad somhelst. Fremfor andre magneter har de den fordel at kunne magnetiseres eller avmagnetiseres i et øieblik. Store elektromag-

Fig. 79. A/S «Sydvarangers» separeringsverk.

neter brukes tildels i heisekraner for jerngjenstande. Særlig er de praktiske i støperier til at transportere jern og staalblokker som endnu er glødende og vanskelig kan haandteres. Kranens magnet føres hen over blokken, suger den til sig og flytter den med sig. Ved

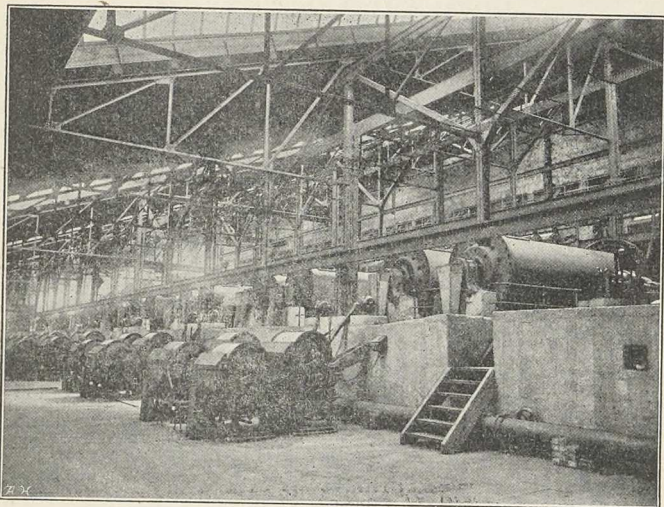


Fig. 80. Separeringsverk. — Rørmøller øverst, finseparatorer nederst.

at svække magnetiseringsstrømmen blir taket mindre kraftig, og den slipper blokken der man vil.

Ogsaa *jernertserne* er magnetiserbare og tiltrækkes av magneter. Dette har først *Edison* søkt at utnytte til at koncentrere fattig jernmalm. Malmen finknuses og føres i en strøm forbi kraftige elektromagneter. Jernet trækkes da til, mens bergarten fortsætter. Ved en skilleveg kan man faa dem i hvert sit rum. Skarpt skille er der jo ikke, der vil altid følge litt bergarten. *Edisons malmseparator*, som i det store først blev brukt i Dunderlandsdalen i Norge, viste sig ikke at arbeide økonomisk. Andre separatorer har vist sig bedre. Det største anlæg i verden av denne art er

A/S Sydvarangers ved Kirkenes, hvor malmproduktionen dreier sig om 600 000 ton pr. aar.

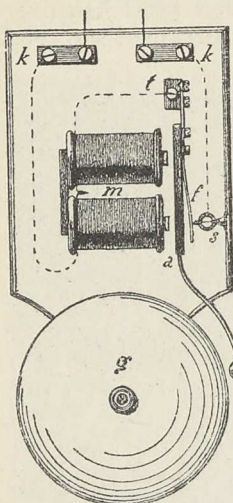


Fig. 81. Ringeapparat. Strømmen kan komme ind ved *k* (til venstre), gaar gjennom elektromagneten *m*, videre gjennom *t*, fjæren *f*, skruen *s* og ut gjennom *k* (til høire).

Ved at bryte og slutte strømmen om en elektromagnet vil et jernstykke foran den — ankeret — fare frem og tilbake. Hvem der først fandt paa at dette kunde brukes til at banke paa en klokke, er ikke godt at vite; men det *elektriske ringeapparat* er en meget familiær indretning. Dets virkemaate fremgaar av fig. 81. Fjæren *f* er fæstet til hammeren og ankeret for elektromagnetene. Naar strømmen gaar, trækkes ankeret til, og fjæren fjernes fra skruen *s* saa strømmen brytes, ankeret slippes, strømmen sluttet igjen osv. Man sørger for at ledningen et eller andet sted er brutt, men let kan sluttet. Traadenderne er fæstet til to metalfjærer, der kan bringes til at berøre hinanden ved et tryk paa en «knap». Hvis man fra flere steder vil sætte ringeapparatet igang, kan man ordne sig som

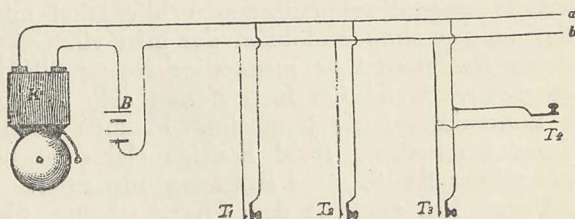


Fig. 82. Opstilling av flere trykknapper for samme klokke. Strømmen kan sluttet ved hvilken som helst av kontakterne *T*₁, *T*₂, *T*₃ eller *T*₄.

i fig. 82. Alle trykknappene er sat «paralelt» i forhold til hovedledningene. Hvis apparatet ikke fungerer, kan man bestemme feilkildens plass paa ledningen ved paa forskjellige steder at legge et knivblad mellom traad-

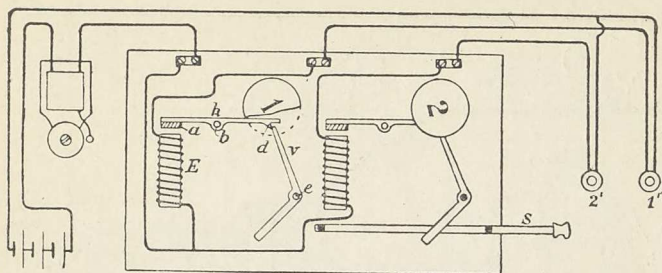


Fig. 83. Nummertavle. Sluttes strømmen ved tryk paa 1', blir ankeret a tiltrukket. Vegtstangen h, der er dreibar om b, løftes derved ved d slik at haken glir forbi armen v som bærer nummerplaten ①; denne falder derfor ned. Den kan bringes paa plads ved at skyve paa stangen s.

dene slik at isolationen gjennemskjæres og der blir forbindelse mellem metallerne.

Men er der mange trykknapper, kan «piken» — eller hvis det er rigtig fint «tjeneren» — ikke vite hvor der ringes fra, og det vil være litet praktisk at fly til alle knappene og spørge om det var her det ringte. Man kan imidlertid anbringe en *nummertavle* indrettet slik, at der for hver knap falder ned et bestemt nummer. Indretningen sees av fig. 83. Ogsaa alle disse er sat «paralet».

Gjennem elektromagnetismen maa det ogsaa gaa an at sende signaler over store avstande. Ja, man maatte næsten kunne skrive. Ialfald maatte man jo efter behag faa en pen løftet op fra eller sat ned paa papiret. Mange «krøl» kunde den vistnok ikke gjøre, men den maatte kunne skrive streker og prikker, og derav kunde man ogsaa lage bokstaver. Det er det som gjøres ved den *elektriske telegraf* — fjernskriver. De mænd som har git os telegrafen i dens nuværende form, er mange. Den første er Sir Fr. Ronalds. Tegnsystemet er opfundet av amerikaneren Morse. En av de som har gjort mest for at utvikle den, er englænderen *Wheatstone*. Morse's skriveapparat er fremstillet i fig. 88. Magnetiseringen av M M foregaar ved at strømmen sluttes paa avsenderstasjonen. Dette sker ved en «nok»



Fig. 84. Telegrammet sendes. De sorte traader fører i øieblikket strøm, de som er tegnet med dobbeltlinjer ikke.

kel», en liten vegtstang av metal som med sin akse er forbundet med den ene traadende. Den ene ende kan bringes til at berøre en knot som den anden traadende staar i forbindelse med. Istedenfor to traader hele veien mellem de to stationer kan man nøie sig med en, naar man leder den ene traads ende ned i jorden paa begge stationer.

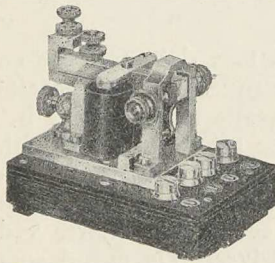


Fig. 85. «Sounder»; den har Morse-apparatets elektriske dele, men ingen papirstrimmel. Telegrammet kan bare «avhøres», ikke nedskrives automatisk.

En øvet telegrafist kan nøie sig med at høre ankerets klappen og skrive efter det. Man kan da sløife selve skriveapparatet, som kræver adskillig strøm og istedet gjøre klappingen tydelig. Et slikt apparat kaldes en «sounder». Paa grund av telegraflinjens uhyre længde blir motstanden stor, og der skal megen energi til for at drive skriveapparat eller «sounder». Man kan da la linjestrømmen bryte og

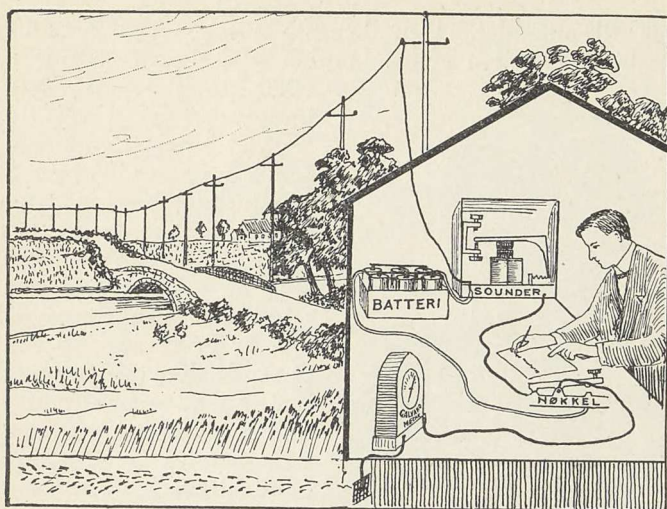


Fig. 86. Telegrammet mottages. Strømførende og strømlede ledninger som i fig. 84.

slutte strømmen i en lokal strømkreds, hvor Morse-apparatet eller sounderen er indskutt. Apparatet kaldes et *relæ*, og selv meget svake strømme kan bevæge tungen i et saadant. Blir linjerne rigtig lange, kan det endda bli for svak strøm. Man skyter da ind et «overdragningsrelæ». Strømmen i første linjestykke brukes da til at slutte og bryte en strøm i andet linjestykke, der «fødes» fra en strømkilde i denne del. Her i Norge brukes et saadant overdragningsrelæ i Arendal, hvor kablerne gaar ut til England, Tyskland og Danmark; derved kan der telegraferes direkte fra Kristia-

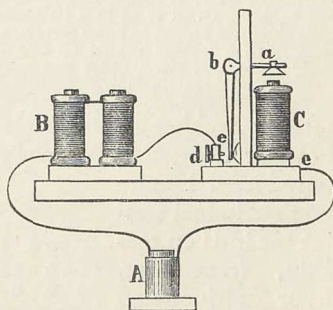


Fig. 87. Relæ. Strømmen fra avsenderstationen kommer til elektromagneten C. Selv en meget svak strøm kan tiltrække ankeret a, derved slaar tungen e over fra sin «hvilekontakt» til skruen d, og strømmen fra elementet A sluttet. B er magneten i et Morse's skriveapparat eller «sounder», som derved begynder at virke.

nia til utlandet. Den længste direkte drevne telegraflinje i verden er fra London til Teheran i Persien, 6000 km med 5 overdrag underveis.

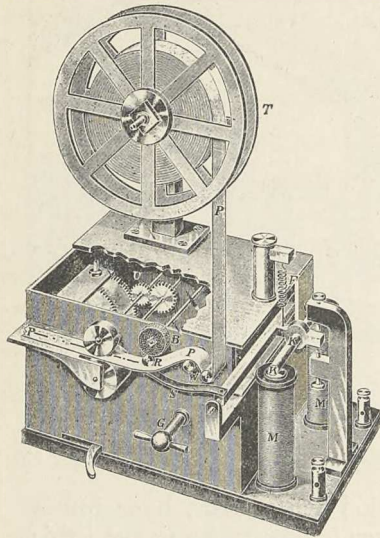


Fig. 88. Telegrafskriveapparat. Papirstrimmelen PPP er oprullet paa hjulet T; det kan drives af et urverk som trækkes ved nøkkelen G. R er en liten let bevægelig skive som berører en porøs farvevalse B. Fjæren S trykker papiret op mod R naar jernstykket KK trækkes ned mot magneten MM.

Det antal telegraftegn som kan sendes for haand, er naturligvis begrænset, og det varte ikke længe før korrespondansen blev saa stor at man *maatte* øke telegraferingshurtigheden. Det er opnaadd dels ved at sende flere telegrammer samtidig ad samme linje og dels ved automatiske absenderapparater. Den flerdobbelte telegrafering opnaaes ved at anvende forskellige strømstyrker og hantagerapparater — eller rettere deres relæer — avpasset for disse forskellige. Av absenderapparaterne er Wheatstones mest utbredt. Først gennemhuller man en papirstrimmel, der er gjort isolerende ved olje,

med to rækker huller, dels ret overfor hinanden : der betyder ., og dels paa skraa overfor hinanden : der betyder —. Denne papirstrimmel sættes saa ind i en maskin, *transmitter*, hvor strimmelen passerer et hjul med tænder, slik at tænderne blir

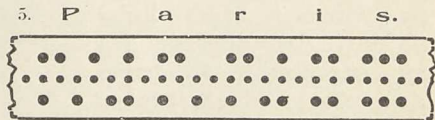


Fig. 89. Wheatstone-papirstrimmel, : betyder ., : betyder —.

liggende udækket naar et hul passerer. To smaa staa stænger er anbragt slik at de kan komme igjennem disse huller og ved sin berøring med hjultænderne

slutte strømmen. Gjennem de to slags hularrangement blir strømslutningen forskjellig, og der kommer to slags tegn til mottagerapparatet. Dette kan foregaa omtrent 10 ganger saa hurtig som en almindelig telegrafist kan præstere det.

Til automatisk nedskrivning av telegrammerne anvendes tildels andre apparater end Morse's, saaledes den saakaldte «*Siphon recorder*».

Den har en liten let bevægelig ramme omviklet av ledningstraad og indstillet slik at den vil svinge til den ene eller anden side om strømmen skifter retning. Dens bevægelser overføres saa paa et litet hævertformet glastrør, som der

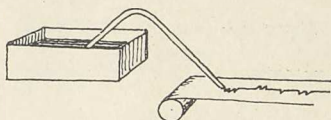


Fig. 90. Siphon recorder.

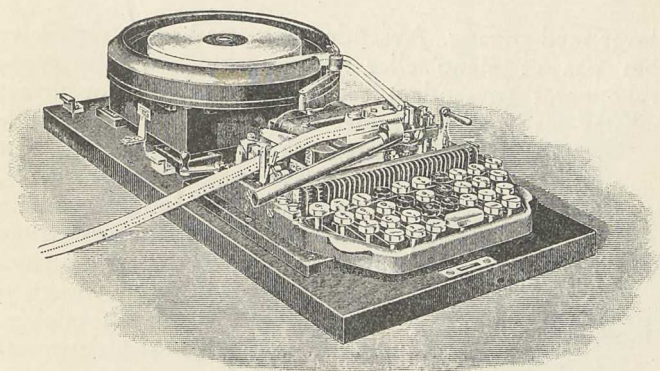


Fig. 91. Marrays typetelegrafapparat.

flyter farvet væske gjennem. Like under dennes fri ende føres en papirstrimmel uten at berøre røret, men saa nær at der slynges litt farve ned paa papiret paa grund av at blækbeholderen staar i forbindelse med den ene pol av et batteri. Paa papirstrimmelen vil der da tegne sig en linje med avvikelser til begge sider. Hvis der ved avsenderstationen blir sendt strøm av forskjellig retning for prik og strek, vil av

vigelsen paa papirstrimmelen ogsaa svare til prik og strek.

Der findes ogsaa apparater som man kan faa telegrammet nedskrevet med almindelige skrivemaskinboks

Specimen of writing. done on Gray's new Telautograph *Specimen of writing done on Gray's new Telautograph*

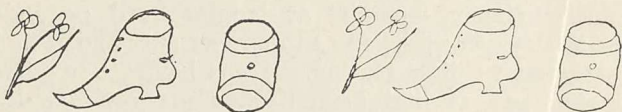


Fig. 92. Telautografens original og kopi.

staver med engang. Avsenderapparatet har da tangenter som paa et piano eller skrivemaskin. Et slikt typestrykapparat (avsender) sees paa fig. 91. For hvert bokstav slaaes et sæt

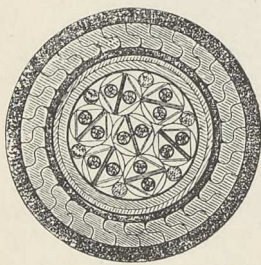


Fig. 93. Telegraf- og telefonkabel (tersnit) lagt 1906 i Simplon-tunnelen.

huller i en papirstrimmel kombineret paa forskellig vis, omtrent som prikkene paa dominobrikker. Naar strimmelen sendes gennem «transmitteren», sluttes forskellige strømretninger, hvorved bestemte perforeringsstempler trykkes gennem en strimmel paa mottagerstationen. Denne papirstrimmel sættes saa ind i en skrivemaskin, og man faar telegrammerne med almindelige typer.

Endelig kan nævnes *telautografen*, som man kan overføre skrifttegn med nøiagtig som de skrives. Den arbejder ikke hurtigt og kræver dobbeltledning.

Skal telegrafledninger passere vand, maa de nedlægges i kabler. Allerede ved korte kabler merket man vanskeligheder, idet de store metalmasser i dem har saa stor kapacitet, at de likesom ikke let nok

lystrer de svake strømimpulser, som tegnene repræsenterer.

Ikke desto mindre er det lykkes at telegrafere under de store verdenshave. Lægningen av de første kabler var uhyre vanskelig og beretningerne herom lyder rent som en spændende roman. England eier kabler som omspænder hele jorden, og det har været av stor betydning under krigen.

Vi har set at en række strømviklinger opførte sig utad som en magnet. Tar vi et mindre antal viklinger gjælder dette fremdeles, og det maa tilslut gjælde selv med en enkelt cirkelformet leder. Længden blir rigtignok nærmest nul, men den har da sin nordende og sydende — eller rettere: *nordside* og *sydside*. Nordsiden er den hvor den positive strøm sees at gaa mot urviseren. Sætter vi nu to slike strømbaner ved siden av hinanden med strømmen i samme retning, vil de altsaa vende uens benævnte polsider til hinanden og bør *tiltrække hinanden*.

Ampère som kort efter Ørstedes opdagelse av elektromagnetismen, undersøkte disse forhold, fandt at det forholdt sig saa. Strømbanerne behøver ikke at være cirkelformede. Ampère hængte f. eks. op en let bevægelig ramme som der kunde sendes strøm gennem. Hvis strømmen i en lodret strømbane gaar ens med den nærmeste rammeside, vil rammen tiltrækkes, men den vil frastøtes, hvis den gaar motsat. Da de to magnetiske kraftfelter, som de to strømbaner danner, vil være ens rettet, naar strømmen gaar parallelt, og dette blir mest fuldkomment, naar banerne falder saa nær hinanden som mulig, kan vi kort utrykke tiltrækningen slik: *strømbanerne søker at faa*

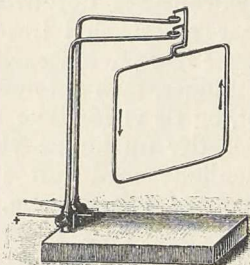


Fig. 94. En av Ampères bevægelige rammer ophængt i kviksølvkopper som strømmen fører til og fra. Holdes en anden lodret strømleder i nærheten, vil rammen dreie sig.

sine magnetiske kraftfelter ens rettet. Om vi bare har én strømbane i et magnetfelt frembragt av en almindelig magnet gjælder dette fremdeles.

Hvorav kommer dette? Er det en ny egenskap ved den elektriske strøm, eller kan vi forklare os det ut fra vort tidligere kjendskap til elektronerne?

La os tænke os to metaltraader, hvor der ingen strøm gaar. Alle atomerne har sine elektroner hvirv-lende rundt sig i alle mulige retninger. Der er elektroner i begge traadene, og elektroner frastøter hverandre. Naar vi ikke merker nogen slik frastøtning mellem de to traader, maa det hænge sammen med elektronernes uordnede bevægelse. Men hvis der nu gaar en strøm i traadene, saa vil det si at elektronerne faar en bevægelse i én retning fremfor de andre retninger, men det nedsætter den frastøtning som vi ventet, og da vi før ikke merket nogensomhelst frastøtning, maa der nu kunne ytre sig en tiltrækning. La os sammenligne med luft i ro og i bevægelse. Naar luft kommer i bevægelse, vil det si at molekylerne faar større fart i én retning end i andre. Men da molekylerne ikke derfor faar større gjennemsnittsfart, vil det si at farten i andre retninger — saaledes ogsaa ut til siderne, blir mindre end før. Nu var det molekylernes bevægelse som fremkaldte trykket paa væggene, og dette maa bli mindre nu end før, da luften som helhet var i ro. Det vet man ogsaa finder sted, og jo fortere luften strømmer, desto mindre blir trykket mot rørvæggene; hvor ledningen er rigtig trang og farten derfor stor, er trykket allermindst.

Noget lignende med elektronerne. Naar de kommer i fart, nedsættes den frastøtning som allerede før var = 0, og der viser sig en tiltrækning.

Løper elektronerne motsat i de to traader, blir der frastøtning, og den ene søker at dreie den anden indtil bevægelsen blir ens.

Om kun den ene traad fører strøm, d. v. s. har elektronerne i ordnet bevægelse, maa dette ha indflydelse paa elektronerne i den anden ledning. Det var dette som Faraday opdaget ved induktionen, og som vi skal betrakte nærmere i næste kapitel.

Men nu kan vi ogsaa begynde at ane, hvordan det hænger sammen med jernets magnetisering ved elektrisk strøm. Alle atomer har sine elektronehvirvler, d.v.s. sine smaa lukkede strømbaner. Den store strømbane omkring jernkjernen søger ogsaa at rette de smaa elektronebaner i atomet saa de falder i plan med den store strømbane. Hvis disse let gir efter, vil vi derved faa en overmaade stor mængde med strømbaner, som alle er ens rettet og derfor øker magnetfeltets styrke.



Fig 95. Elektronebaner i magnetiseret og umagnetiseret jern.

Forskjellen mellem bløtt jern og andre metaller kan da ligge i at elektronebanerne i jernatomerne lettere lar sig rette end andre atomers. I staal blir de efter retningen staaende i den nye stilling, men i bløtt jern falder de tilbage til kaos efterat den «rettende kraft» fra den ydre strømbane forsvinder.

Nogen «magnetisme» — et mystisk «noget» som man før tænkte sig som aarsak til den magnetiske kraft — behøver vi altsaa ikke. Den blir ogsaa «avskaffet», men vi beholder tilbage benævningerne «magnetisk kraft» og «magnetisering», som vi har benyttet i det foregaaende.

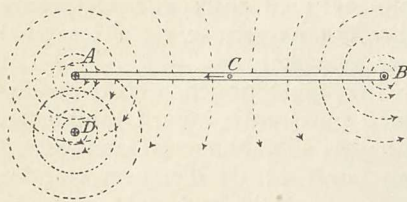


Fig. 96.

Tiltrækningen og frastøtningen av strømbaner, d.v.s. av den materie som elektronerne er knyttet til, kalder man *elektrodynamisk kraft*. Vi skal bestemme dens retning i forhold til de to andre: den elektromotoriske og den magnetiske.

AB forestiller et horisontalt snit i Ampères ramme (fig. 94) set ovenfra, den er dreibar om C. Ved A gaar den positive strøm ned gjennom papirets plan. De magnetiske kraftlinjer forløper som paa fig. 71. D er tversnittet av en fast strømbane, hvor ogsaa strøm-

men gaar ned, altsaa er ensrettet med *A*. Magnetiske kraftlinjer cirkler omkring den. Nu vet vi at de to vil tiltrækkes. Ved *A* har vi altsaa nu tre kræfter: Den *elektromotoriske* som skyver elektronerne, rettet *nedover* (med den sedvanlige betegnelse *mot* elektronebevægelsen), den *magnetiske*, frembragt av strømmen i *D*, rettet *mot* høire og den *elektrodynamiske*, rettet fremover.

Tænker vi nu atter paa vort vedtræ, ser vi at denne nye kraft er rettet «ut, ind» fra strømbanen, langs vedens marvstraaler, altsaa lodret paa begge de to andre. For at bestemme deres positive retning tænker vi os at vi sætter venstre haands pekefinger i den positive strøms retning (nedad), vender tommelfingeren i den magnetiske krafts retning (ikke sit eget felts, men det fremmede felts), her til høire — og bøier langfingeren tilbage i ret vinkel med de andre — her horisontalt *mot* os — dette vil være den elektrodynamiske, den materiebævegende krafts retning.

Her er vi ogsaa ved grænsen av en forstaaelse av den almindelige gravitation, tiltrækningen mellem al materie. Har vi to atomer med *ensrettede* elektronebaner, bør jo disse tiltrække hverandre, og det samme gjælder større samlinger av slike.

Professor *Bjerknes* har gjort nogen meget bemerkelsesverdige forsøk med pulserende kuler i vand (man kan tænke paa gummiballer, som klemmes sammen og slippes ut igjen). Han fandt at de tiltrak hverandre naar de pulserte ens, men frastøtte hverandre naar de pulserte motsat.

Vi skal ikke gaa nærmere ind paa disse ting, men bare antyde den sammenheng, der kan være mellem tilsyneladende forskjellige foreteelser. Det er endnu langt igjen før alle fænomener er lagt ind under et fælles synspunkt, men fremskridtene har i de senere aar været overmaade store.

OTTENDE KAPITEL

DEN ELEKTRISKE INDUKTION TELEFONEN

DET lykkedes Faraday at skape strøm, eller rettere: elektromotorisk kraft i en opviklet strømbane ved at bryte eller slutte strømmen i en nærliggende strømførende ledning, der kaldes den *primære*, mens den hvor den nye strøm opstaar, kaldes den *sekundære*. Særlig kraftig var virkningen naar der var en jernkjerne indeni.

Dette lar sig forklare ved at elektroner som pludselig sættes i fart ved at strømmen sluttet, søger at føre atomer avsted, men da disse er temmelig fast bundet, vil det bare bli et ryk som slynger atomernes lette elektroner *baklængs*, omtrent som naar en vogn vi sitter i pludselig rykkes frem; vi farer *bakover*. Naar saa elektronebevægelsen i den primære ledning er blit konstant, kommer elektronerne i den sekundære ledning relativt til ro, d. v. s. holder sig til sine respektive atomer uten at fly fra det ene til det andet i en bestemt retning. Naar vognen er kommet i fart, vil passagererne tilsyneladende være i ro. Hvis endelig strømmen i primærledningen brytes, d. v. s. elektronerne kommer relativt til ro, faar elektronerne i den sekundære ledning et ryk fremover (sammenlign naar vognen stanser).

At virkningen blir saa meget sterkere ved jernkjernen, kommer simpelthen av at vi da har at gjøre

med mange, mange flere strømbaner, nemlig alle atomernes elektronebaner. Virkningen av alle disse blir forresten den samme som om der gik en strømbane

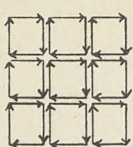


Fig. 97.

rundt jernet for hvert lag atomer. Tænker vi os for simpelhets skyld 4-kantede strømbaner rundt atomerne i et tversnit, vil alle de indre dele av banerne ophæve hverandre, saa der bare blir de ytre igjen. For hvert lag atomer langs jernkjernen har vi igrunden en ny vikling, og det er rimelig at det i høi grad forsterker virkningen sammenlignet med bare traadrullen.

Forholder det sig saa som vi her har tænkt os, behøves det ikke at strømmen i den primære kreds helt brytes av. Bare en forandring av strømstyrken, d. v. s. av elektronernes fart eller det antal som er i bevægelse, maa være nok. Faraday fandt at det forholdt sig saa. Strømstyrken i den sekundære strømkreds avhang av hvor stor og rask forandringen var i den primære. Forøvrig avhænger strømstyrken i den sekundære ledning ogsaa av dennes egen motstand, aldeles som ved andre strømme. Det som «vækkes» i den sekundære ledning ved forandringen i den primære, er derfor bare en bestemt *elektromotorisk kraft*. Hvor stor *strømmen* skal bli, avhænger av hvor let elektronerne har for at komme frem. Elektronerne gjøres kun «klar til sprang» ved forandringerne i primærledningen. Er sekundærledningen brutt, kommer de jo overhodet ikke frem, men den ene av ledningens ender «lades» med elektroner.

Vi vil tegne op elektronebevægelsen i en strømførende bane som piler av forskjellig længde efter den forskjellige fart, baade naar strømmen sluttes og naar den brytes. Det tar kanskje $\frac{1}{10000}$ sek. fra strømmen begynder og til den naar sin fulde styrke, men en tid

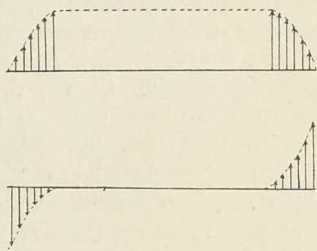


Fig. 98.

tar det ialfald. De tilhørende elektromotoriske kræfter i en sekundærledning med ensrettede viklinger vil vi ogsaa tegne op som piler av forskjellig længde. Rykket er tydeligvis kraftigst idet strømmen begynder fra intet; naar strømmen har naadd sin fulde styrke, er forandringen forbi, og dermed er den elektromotoriske kraft ogsaa ophørt. Naar strømmen brytes, stiger den elektromotoriske kraft og forsvinder pludselig, men den *strøm* som derved opstaar hvis sekundærledningen er lukket, kan endnu vare en kort stund.

Induktionen gjælder naturligvis ikke bare naboledninger; den gjør sig naturligvis ogsaa gjældende i primærledningen selv, hvis denne er viklet op. Man kalder den da for «*selvinduktion*», og den blir naturligvis stor naar viklingerne er mange. Idet strømmen sluttes, vil induktionen motvirke strømmen (se fig. 98) og saaledes sinke dens vekst til fuld størrelse. Naar strømmen avtar ved

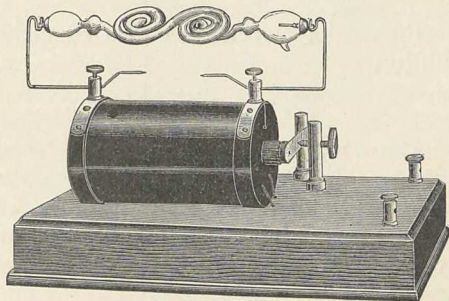


Fig. 99. Ruhmkorffs rulle.

brytningen, vil induktionen virke samme vei som den forsvindende strøm, og «brytningen» blir derfor en voldsommere forandring end «slutningen». Derav gnisten ved brytningen eller «aapningen» som man undertiden sier.

Vil man ikke ha nogen induktion, kan man vikle ledningen tilbake igjen, idet induktionen i den sidste halvdel da blir motsat den første.

Et apparat til at skaffe sig overmaade stor elektromotorisk kraft er *Ruhmkorffs* induktionsrulle. Inderst er en jernkerne sammensat av mange tynde jerntraader.

Utenom den ligger «primærrullen» med forholdsvis faa viklinger. Strømmen i denne kan brytes ved et lignende «fjær og hammer»-arrangement som i ringeapparatet. Utenom primærrullen ligger sekundærrullen med et meget stort antal viklinger. Enderne av denne er forbundet med de to kuler øverst oppe, og den ene av disse lades da stadig op med elektroner — snart den ene snart den anden. Spændingen mellem disse kan bli saa stor at man faar gnistlængder paa op til en meter. Disse apparater brukes ved røntgenfotografering o. a. st. hvor man har bruk for høie spændinger, men liten strømstyrke. Brukes ogsaa i den traadløse telegrafi.

En genial anvendelse av den elektromagnetiske induktion er

Telefonen.

Den maatte den berømte døvelærer *Graham Bell* løste problemet paa i 1875, fremgaar av fig. 100. Først den ene plate, f. eks. den til høire, ind mot staalmagneten, svarer det til en forsterkning av den elektronehvirvel som er aarsaken til platens magnetisering.

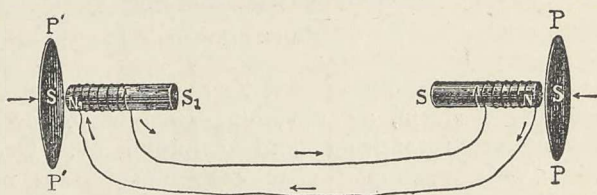


Fig. 100. Sempel telefon. NS og N_1S_1 er to staalmagneter omviklet med fin ledningstraad, PP og P'P' er to jernblikplater fæstet langs randen. De er sydmagnetiske i midten av den side som vender mot magneten. Om virke-maaten se teksten.

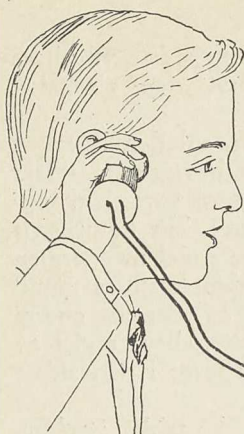
Elektronerne i spiralen om staalmagneten faar et ryk, saa der gaar en positiv strøm i retning som pilene. Derved blir stavmagneten paa den anden side forsterket (se pilenes retning), og platen P'P' trækkes til. Fjernes platen PP fra magneten, vil strømmen gaa

omvendt og P'P' vil støtes ifra. Den sidste vil altsaa bevæge sig i takt med den første, hvis dens elasticitet tillater den at gi efter hurtig nok.

Naar vi snakker mot platen PP, vil den bevæges frem og tilbage, og platen P'P' vil bevæge sig i takt med den og sætte luften i svingninger som kan opfattes av vort øre. Dens svingninger blir naturligvis meget svakere end første plates. Bare endel av energien i de luftsvingninger som utgaar fra den talendes mund overføres paa platen. Bare endel av dennes energi omsættes til elektrisk energi, og atter bare endel av denne omsættes igjen til svingningsenergi i den sidste plate.

Det gjælder derfor at faa S' til at snakke *sterkere*. Det kan opnaaes ved at faa *sterkere forandringer* i den strøm som gaar gjennom ledningen, vel at merke uten at forandre perioden. Den strøm som denne telefon førte, skriver sig bare fra platens bevægelser, men der kan godt gaa en stadig strøm der fra et batteri, naar vi bare kan fremkalde forandringer i denne i takt med svingningen av S.

Strømstyrken kan forandres ved *motstanden*, og opgaven blir derfor at faa en eller anden motstand til at forandres i takt med svingningerne. Hvis ledningen etsteds dannes av kulstaver eller kulkorn som berører hverandre, vil motstanden paa berøringsstederne avhænge av trykket. Lægges derfor den plate der snakkes imot, slik indtil kulstaver eller kulkorn at trykket mellem dem paavirkes av platens bevægelser, vil motstanden i ledningen variere i takt med svingningerne av platen og meget sterkt. Den energi som skal sætte mottagerapparatets plate i svingninger, skriver sig nu ikke fra den første plates svingninger, men fra en strømkilde som kan gjøres saa kraftig man vil. Apparatet kaldes en *mikrofon*. Mottagertelefonen har ofte en hestekomagnet (ikke stavmagnet som fig. 102). For at øke variationerne i strømstyrken endda mer, og for at faa mindst mulig strømstyrke og dermed energitap i fjernledningerne indskyter man et induktionsapparat. Mikrofonen utgjør da endel av en *lokal strømkreds* som



ogsaa omfatter induktionsrullens primærvikling. Sekundærviklingen fortsætter i ledningen til den anden stations høretelefon. I fig. 101 og 102 er tegnet et meget forenklet skema av en telefonforbindelse. Hos os bruges hyppig en kombination av høre- og taleapparat (fig. 103).

Opringningen foregaar ved en liten vekselstrømsmaskin i apparatet og en klokke av passet for denne strøm. Den stang som klokken hænger paa, tjener samtidig til at bryte og slutte ringeapparatets strømkreds og mikrofonens.

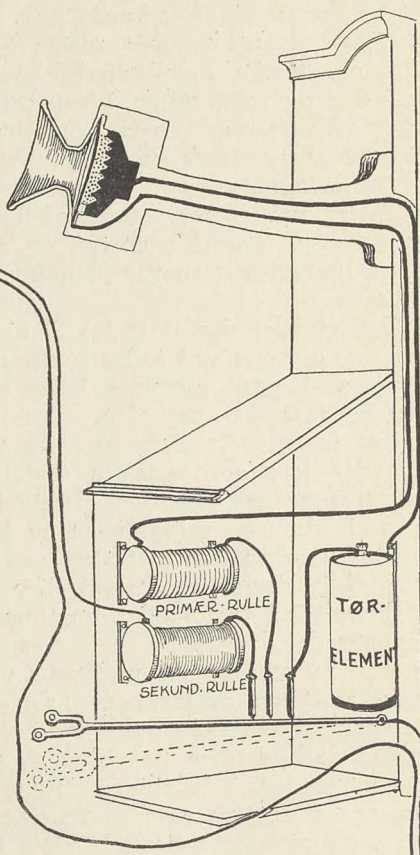


Fig. 101. Bak membranen, der kan være av kobber, ligger kulkorn, bak disse en kulcylinder. Primærviklinger og sekundærviklinger er tegnet paa hver sin snelde istedenfor at den ene skulde være indeni den anden. Her er intet ringeapparat tegnet. Stangen som telefonen skal hænge paa, bryter da alle ledninger.

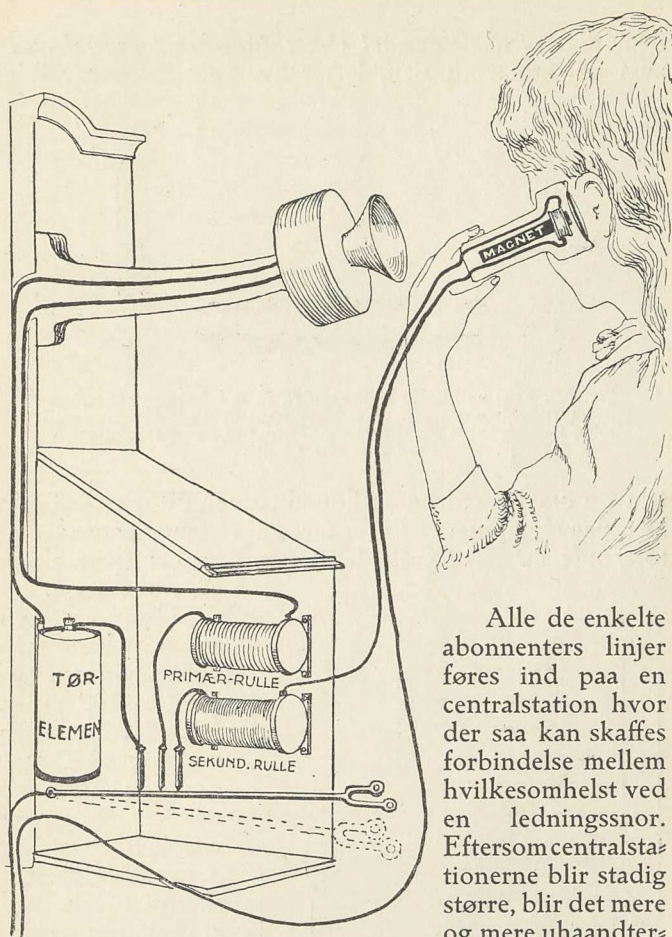


Fig. 102. Høretelefonen. Strømmen gjør magnetens styrke foranderlig, og platen, som maa være av jern, svinger frem og tilbake.

Alle de enkelte abonnenters linjer føres ind paa en centralstation hvor der saa kan skaffes forbindelse mellem hvilket som helst ved en ledningssnor. Eftersom centralstationerne blir stadig større, blir det mere og mere uhaandterlig at skulle foreta disse forbindelser, og man har derfor

forsøkt at skape sig automatiske centraler, en tanke der er like saa gammel som telefonen selv. Abonnenten maa ha et apparat som han kan vælge linje med. Fig. 104 gir skemaet av en linjevælger. Hver gang der trykkes paa knappen VPB, gaar der en strøm gjens

pulser gjennom den vert. mag. Sættes fingeren derefter i hul 5, og der dreies til stop, vil man faa 5 impulser gennem den roterende magnet. Sperrehaker hindrer magneten fra at løpe tilbake, før en særskilt utløsermagnet trækker hakerne væk. Dette sker naar hørerøret efter endt samtale hænges paa kroken igjen. Skal man ha flere end 100 abonnenter, maa man ha flere gruppevælgere, f. eks. for indtil 10000 abonnenter en som vælger det rette tusen, derefter en som vælger det rette hundrede og endelig en linjevælger som vælger tier og ener. Til hver 1ste gruppevælger skulde da komme 10 2den gruppevælgere, 100 linjevælgere, og hvis hver abonnent skulde ha en slik sats, blev det en vidtløftig historie. Om der til hver 1ste gruppevælger var en 2den gruppevælger og en linjevælger, og der var en slik sats for hver abonnent, maatte jo det kunne gi alle mulige kombinationer, selv om alle snakket paa en gang. Men selv om taletrængtheten er stor, kunde nu ikke godt dette foregaa bestandig. Det viser sig at av 100 abonnenter er det høist 10 som snakker samtidig, og av 2000 er det høist 5 % som snakker paa en gang. Men da kan man ikke behøve saa mange satser av vælgere. Nu blir imidlertid stadig nogen av disse vælgere «optat», og da maa man finde en indretning som kan skaffe abonnenten en «ledig» vælger, en tjenende aand som viser hen til den disponible tjener. Et slikt appa-

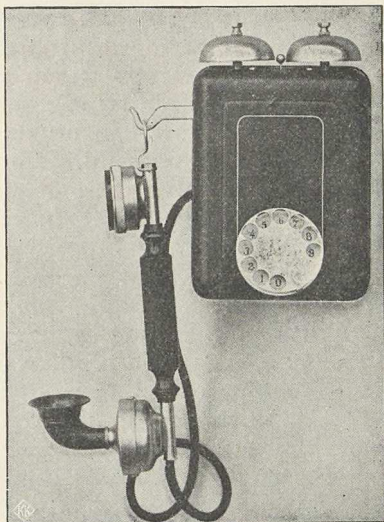


Fig. 105. Telefonapparat med fingerskive.

rat kaldes en «forvælger». Straks abonnenten løfter sit hørerør av, farer dens søkende arm henover kon-takterne for 1ste gruppevælgere, og allerede før abo-nenten har faat sat fingeren i det rette hul i skiven, har den fundet en ledig tjener — der sørges altid for at der er nok av dem. Saa snart det rette tusen er fundet av abonnenten, fører en forvælger straks til en ledig 2den gruppevælger o. s. v. Forvælgerne er smaa billige apparater, og det samlede antal gruppevælgere blir ved dette arrangement sterkt reduceret.

Automatiske centraler kan anlægges baade for smaa og store grupper. Hensigtsmæssige, driftssikre og i drift *billige* former kan brukes for den største by og den mindste landsgrænd. De er fordelagtige for alle undtagen de nuværende telefonistinder. Men man kan ordne sig med et halvautomatisk system som overgang.

Telefonen har kanskje hat en endda eventyrligere utvikling end telegrafan. Ikke minst i vort land med de store avstande er den blit en kjær overbringer av alvor og skjemt, av nyttig og unyttig tale. For Gra-ham Bell maatte det være et stolt øieblik iaar ved San Francisco-utstillingens aapning at kunne aapne en telefonlinje overland fra Atlanterhavet til Stillehavet.

NIENDE KAPITEL

KRAFTMASKINERNE

DEN kraftstation som leverer energi til den lampe hvis lys kan hænde falder over disse blade under læsningen, er kanske et litet hus borte i bækken hvor det gamle kvernhuset stod i gamle dage. Kan hænde er det en av de mægtige stationer hvor hundre-tusener hestekræfter bindes og tæmmes.

Det kan nu ogsaa være det samme.

En ting er fælles for dem alle: Det er noget i maskinerne som gaar rundt, og noget som staar stille. Og de to ting er metaltraadviklinger og magneter. Hvem der gaar og hvem der staar stille, er forskjellig, for det er ganske likegyldig.

Om vi fik se indeni en av «kraftskaperne», *generatorerne*, vilde vi vanskelig skjønne dem, hvis vi ikke først har faat lære litt om de almindelige principper.

Det er atter elektromagnetismen, særlig induktionen, som er den lille begyndelse. Vi har set at en strømbane og en magnet (som jo bare er en samling av strømbaner) kan bevæges i et magnetfelt, og vi har set at en forandring av elektronebevægelsen i en fast strømbane kan frembringe strøm i en anden ledning. Men ogsaa bevægelsen av en strømløs ledning (av selve ledningen altsaa) i nærheten av en strømførende bane (her iberegnet en almindelig magnet) maa frembringe strøm. Vi vil bestemme dens retning ved at betragte

fig. 96 igjen. Sæt at der ingen strøm gik i D. Saa bevæger vi A i retning henimot D. Derved gjør vi jo en forandring i det magnetfelt som omgir D, og elektronerne maa komme i bevægelse, men hvilken vei? Vi faar ikke sat dem i fart uten anstrengelse, for der er intetsomhelst i denne verden som naaes uten slit. At vi kommer D nærmere med A, vil jo for D være det samme som at vi gav elektronerne i A større fart i samme retning som før. Men det blir en *rekylvirkning* paa D's elektroner (se forrige kap.), som altsaa løper motsat. Det magnetfelt som *disses* bevægelse skaper, blir altsaa motsat vort gamle, og derfor er det anstrengelse at bevæge A.

Vi kan da skaffe os en venstrehaandsregel ogsaa til at bestemme strømretningen. Tommelfingeren, som altid, i magnetkraftens retning, pekefingeren i bevægelsens (*materiebevægelsens*) retning; langfingeren vil da peke i den elektromotoriske krafts retning (den sedvanlige positive).

De to venstrehaandsregler til at bestemme den elektrodynamiske (*materiebevægende krafts*) eller den elektromotoriske krafts retning, naar den ene er kjendt, kan da sammensættes til én: *Tommelfingeren i magnetkraftens retning, pekefingeren i den kjendtes (av de to andre) retning, langfingeren finder da den søktes.*

Det var atter Faraday som laget en simpel indretning til at lage strøm paa denne maate. Intet under at hans ven og efterfølger Tyndall kaldte ham den største eksperimentator som nogensinde har levet. Maskinen saa ut som paa fig. 106: en kobberskive dreibar mellem polerne paa en hestekomagnet, en slæpefjær mot skivens rand, fra fjæren til akselen kunde legges en ledning med et galvanometer. Naar skiven dreiedes, gik der strøm i ledningen, maskinen var en *generator*, strømskaper. Retningen passer med venstrehaandsregelen: tommelfingeren indover, pekefingeren opover, langfingeren til venstre, fra centrum utover. Elektronerne gaar naturligvis ikke bare langs en radius, men bevægelsen vil være kraftigst der.

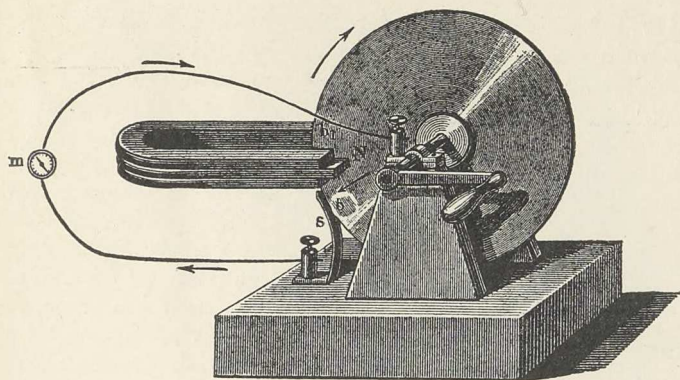


Fig. 106. Verdens første «generator».

Satte man en eller anden strømkilde ind i ledningen, begyndte skiven at gaa, den var en *motor*.

En generator og en motor er altsaa ikke forskjellige maskiner. Den ene og samme maskin sier baade: «gi mig fart, og jeg skal gi strøm» og: «gi mig strøm, og jeg skal gaa.»

Hvad skal vi nu gjøre for at forbedre Faradays maskin? Eller beskednere: Hvad har *andre* gjort for at skape de sidste aars kjæmpemaskiner?

For at faa en stor elektromotorisk kraft maa den bane hvor strømmen skal gaa, *vikles op*, vi kan ikke la os nøie med at la strømmen opstaa i en radius. Forøvrig maa det bibeholdes at de tre kræfter blir lodrette paa hverandre.

Det var det *Paccinotti* gjorde, da han i 1860 opfandt *ringankeret* (fig. 107), en cirkelformet jernring omviklet med en ledningstraad som løp tilbake i sig selv. I 1867 lykkedes det *Werner Siemens* at vise at man kunde benytte maskinens egen strøm til magnetiseringen av *feltmagneterne*, som de kaldes. Aaret efter konstruerte *Gramme* en maskin efter dette princip, efterat han før hadde konstruert maskiner med faste magneter.

I fig. 107 er en saadan maskins hoveddele anført.

De magnetiske kraftlinjer gaar hovedsagelig gennem jernringen. I de viklinger som befinder sig øverst og nederst, induceres ingen elektromotorisk kraft, for der

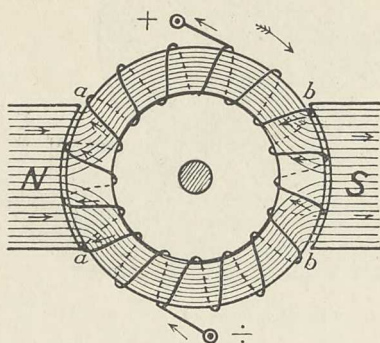


Fig. 107. Dynamomaskinen, forenklet.
N og S er enderne av en hesteskomagnet.

er magnetfeltet ensartet over et langt stykke. Like ut for magnetpolene er derimot forandringen stor. En vikleling paa den nedre side som passerer fra a til a, faar først kraftlinjerne mot sin bevægelse, derpaa med. Denne skiftning inducerer en elektromotorisk kraft. Bruker vi venstrehaandsregelen paa det stykke av viklingen som gaar

ut ind av papiret nærmest magneten, vil vi finde strømretningen: tommelfingeren til høire, pekefingeren op over, langfingeren indover. Paa den anden side, ved b b, blir den inducerte strøms retning motsat, og i hele viklelingssystemet blir der altsaa ingen strøm. Hvis vi imidlertid paa utsiden av ankeret lar der være et blankt parti paa ledningerne, uten at de blanke partiet dog berører hverandre, og legger to slæpefjærer paa de steder hvor der ingen induktion er (se fig.), vil baade venstre og høire halvdel av ringen skyve elektroner til $\div$ og trække elektroner fra $+$. Lægges en ytre ledning mellem disse, vil der gaa ensrettet strøm i denne.

At ta strømmen ut paa denne maate er imidlertid praktisk vanskelig. Gramme delte derfor sine ankerviklinger op i partier — *kveiler* som sjøfolk vilde kalde dem — og førte enderne av disse ind til blanke kobberskinner paa akselen, indbyrdes adskilt ved isolation. Hver skinne danner begyndelsen til en kveil og slutten av en anden, saa vi ogsaa her har en sammenhengende ledning fig. 108.

Hvis vi kappet ankerviklingen av og tok den ytre ledning ut fra enderne av den, vilde strømretningen

skifte to ganger for hver omdreining. Hver kveil vilde faa en retning naar den nærmet sig en nordpol, men motsat naar den nærmet sig en sydpol, overgangene vilde foregaa jevnt, saa strømmen i skiftingsøjeblikkene vilde være lik 0. Man fører enderne ind til hver sin *kontaktring* paa akselen, indbyrdes isolert.

For at faa mindre afstand mellem magnetpolene og dermed hurtigere forandring af magnetfeltet og altsaa ogsaa større inducert elektromotorisk kraft, kan man ha flere magnetpoler. Om man lar ankeret staa og magneterne bevæge sig, blir naturligvis det samme. Man maa selv sagt sørge for at viklingernes retning er slik at strømmen i alle kveilene er ens i samme øieblik (se fig. 110), altsaa motsat i de kveiler som staar foran sydpol og nordpol.

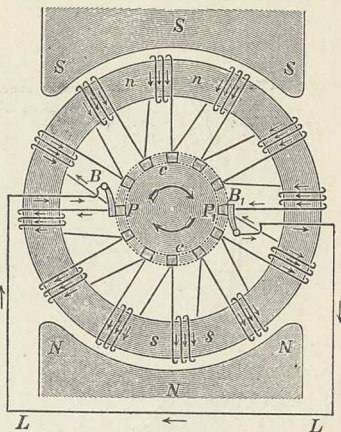


Fig. 108. Likestrømsdynamo.

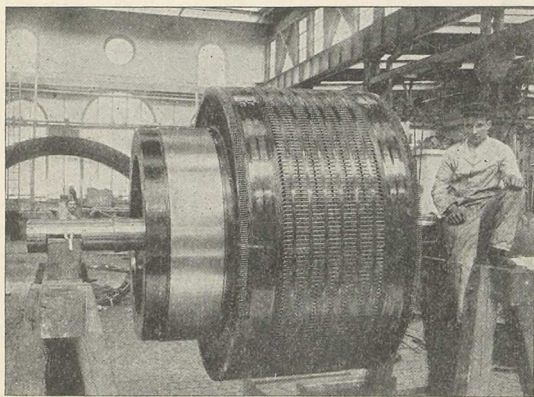


Fig. 109. Anker til en 600 hk. likestrømsdynamo.

Vekselstrømmen har en stor fordel fremfor likestrømmen deri at den let lar sig transformere, overføre til en anden spænding og strømstyrke.

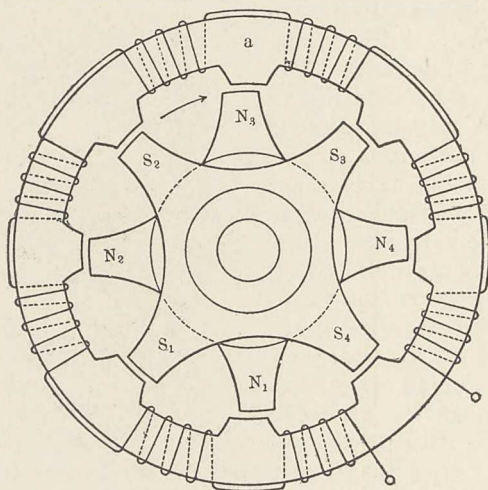


Fig. 110. 8-polet vekselstrømsmaskin med roterende magnetsystem.

Har vi en strøm som varierer i styrke og retning som pilene i fig 111 a, og lar denne løpe gjennom den ene side av en Faradays ring (fig. 10), vil der induc

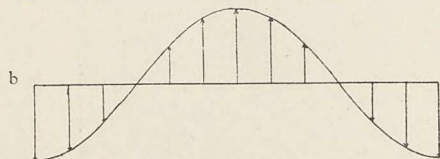
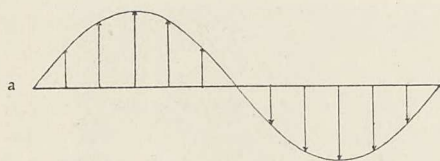


Fig. 111.

tallet av viklinger i de to sider av ringen bestemmer forholdet mellom spændingerne som paa Ruhmhoffs

enes side av en Faradays ring (fig. 10), vil der induceres en elektromotorisk kraft i den anden side. Denne vil være størst naar den primære strøm forandrer sig sterkest; dens variation med tiden er tegnet i fig. 111 b. Forholdet mellem an

rulle. Apparatet for spændingsforandring kaldes *transformator*.

Nu kan vi ikke ved en transformator faa øket spændingen med bibehold av strømstyrken, for da

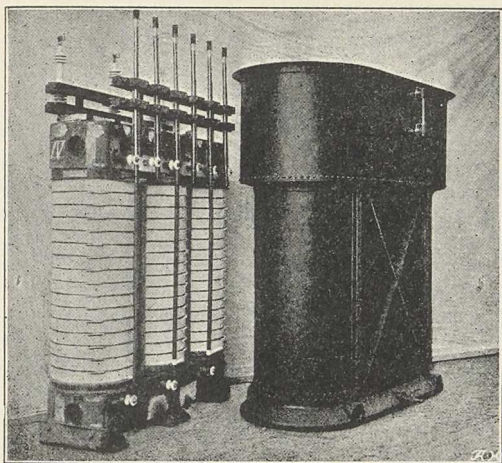


Fig. 112. Transformator (for trefaset strøm) til venstre. Den placeres i karret til højre omgitt av olje som isolation. Denne er beregnet for transformering fra 3000—20 000 volt eller omvendt.

vilde vi jo gratis faa øket strømmens effekt. I samme forhold som spændingen gaar op, gaar strømstyrken ned. Paa de lange ledninger gjælder det om at ha liten strømstyrke, fordi varmeutviklingen bare bestemmes av den. Vi husker at varmeutviklingen pr. sekund i kalorier var 0,24 kilowatt, men med de benævninger vi anvendte i slutten av kap. 3, er

$$\begin{aligned} 1 \text{ watt} &= 1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampère} \\ 1 \text{ volt} &= 1 \text{ ampère} \times 1 \text{ ohm} \end{aligned}$$

altsaa: $1 \text{ watt} = 1 \text{ ohm} \times 1 \text{ ampère} \times 1 \text{ ampère}$.

Strømstyrken indgaar endog med sit kvadrat.

Og for at miste saa litet energi som mulig i form av varme søker man at faa strømstyrken ned, men da

maa spændingen op. Man bruker her i landet nu op til 65 000 volt paa fjernledningen.

Naar strømmen skal brukes, maa den atter spændes ned ved en lignende transformator. Fjernledningen føres til den del av transformatoren som har de mange viklinger, og forbruksledningen tages fra den del som har de faa viklinger.

Vekselstrømmen har dog den ulempe at den ikke er saa god til motordrift som likestrømmen. En egen avart av vekselstrømme, de saakaldte *dreiestrømme*, er imidlertid fuldgode konkurrenter med likestrømmen

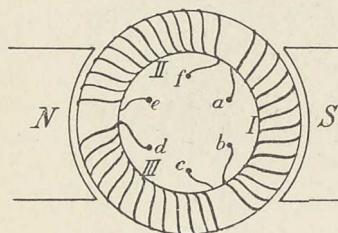


Fig. 113.

ogsaa til det bruk. De kaldes ogsaa *flerfasestrømme*, og da de mest — ja vi kan vist si eneste — benyttede av denne art er *tre-fasestrømmene*, skal vi beskrive nøiere hvordan de opstaar og brukes.

La os tænke os ankerets viklinger opdelt i tre «kveiler» og enderne forbundet med 3 ytre ledninger fra *ab cd ef*. I kveil nr. I vil der da induceres en vekslende elektromotorisk kraft som vi før har set. I den stilling den nu staar, netop idet den passerer en sydpol, vil denne ha sit maksimum i *en* retning. Senere vil den en stund være næsten nul, da kraftfeltet er konstant et stykke mellem polerne; derefter vil der atter bli inducert en elektromotorisk kraft, men av *motsat* retning, og den vil ha sit maksimum efter $\frac{1}{2}$ periode, naar nordpolen passerer. Den elektromotoriske kraft vil variere omtrent som paa fig. 114 a.

I kveil nr. II vil det samme hænde, men bare $\frac{1}{3}$ periode forsinket, og i kveil nr. III yderligere $\frac{1}{3}$ periode senere. Strømforløpet i disse vil da bli som i fig. 114 b og c.

I de ledninger som vi tar ut fra de 6 punkter, vil vi da faa strømme som varierer paa denne maate. Om vi forbinder *b* og *c*, *d* og *e*, *f* og *a* og tar en ytre ledning ut fra hver av disse fællespunkter, vil disse ledninger faa strøm fra to kveiler, og resultatet vil være at strømmen vil variere som en normal sinuskurve (fig. 111).

Første og sidste ende av kveilene forbindes da med kontaktringer, og herfra kan strømmen tages ut ved slæpefjærer.

Ved flere kveiler og flere magnetpoler kan man opnaa en hurtigere skiftning uten øket omdreinings-hastighet.

Magnetene maa her som ved alle vekselstrømsdynamoer magnetiseres ved *likestrøm*.

En slik maskin kan nu ogsaa brukes som motor, naar den faar strøm av den rette sort.

Man lar imidlertid gjerne motorerne bygge slik at strømmen føres til den faststaaende del for at undgaa alle slæpefjærer og kontaktringer.

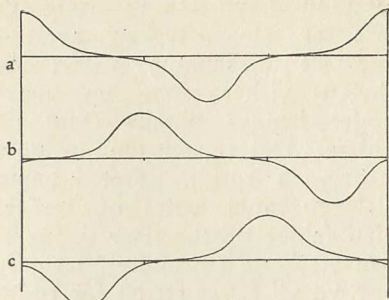


Fig. 114.

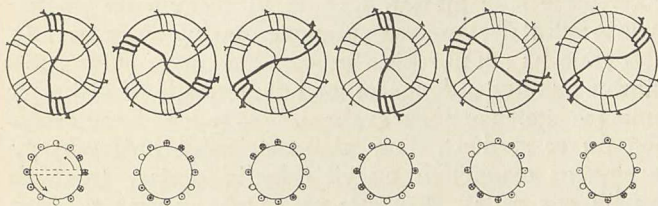


Fig. 115. Strømforhold i en trefasemotor under en omløpsperiode. Øverst den stillestående del, statoren, nederst den dreibare del, rotoren. Strømmens forskjellige styrke betegnes med forskjellig tykkelse paa streker, + og .

3 par kveiler, der ligger omkring en jernring, mottar strøm fra de 3 kveiler i en trefasegenerator som fig. 113. I første øieblik er f. eks. strøm-

men sterk i nr. I (tykke streker), i de to andre gaar den motsat, og hele jernringen virker som en magnet med nord-syd-retning høire—venstre. Efter $\frac{1}{6}$ periode er strømstyrken avtat i nr. I, mens den har sit maksimum i en av de andre. Jernringen virker som en magnet med nordenden noget længer tilbake (mot urviseren), og saaledes videre. Det er som om nordpolen og sydpolen vandrer jernringen rundt. Det kommer av at jernatomernes elektronebaner rettes op under den kraftigste strøm, men falder tilbake naar denne svækkes. Da stedet for den sterkeste strøm flytter sig rundt fra I til II til III o. s. v., vil ogsaa stedet for ordnede, rettede, elektronebaner flyttes rundt. Indenfor ringen er der et magnetfelt som roterer, et «dreiefelt».

Hvis der nu indenfor ringen befinner sig strøm-baner i form av stænger paralelle med aksen (lodret papiret), vil der i disse opstaa elektromotoriske kræfter, elektronerne faar ryk, kraftigst der hvor forandringen er kraftigst, i første tilfælde til høire og til venstre (de to kveiler II og III som ligger paa hver side, har motsat strømretning, der er netop strømskiftning paa disse steder). Den kveil som staar nederst til høire, har strømmen paa indsiden rettet utover og *tiltagende* (se næste stadium); derfor faar elektronerne i staven paa rotorens høire side et ryk som svarer til motsat strømretning, indover. Staven paa venstre side motsat. Lægger vi forbindelse mellem disse to slik at der dannes en «ramme», en lukket strømbane, vil denne ha sin nordside øverst. De andre staver, forbundne paa lignende maate med diagonalen, vil virke paa samme maate, men noget svakere. Den ramme hvor strømmen nu er sterkest, faar altsaa sit magnetfelt *paatvers* av ringens magnetfelt og vil følgelig dreies, forat de kan bli ens rettet. Korteste vei er mot urviseren. Men samtidig flytter ogsaa den ytre rings magnetpoler samme vei og fortsætter altsaa tiltrækningen.

I den roterende del av motoren induceres der altsaa strømme, og derfor kaldes ofte motoren for en *induktionsmotor*.

Denne slags motorer har ingen dele som er særlig

utsat for slitage og derfor meget varige. Desuten gaar de med særdeles konstant fart. Rotoren kan nemlig ikke løpe for fort, da vilde dens magnetpoler løpe forbi statorens, og den vilde holdes igjen. Synderlig forsinket kan den heller ikke bli, for naar dens magnetfelt blir meget forskjellig fra statorens, økes tiltrækningen. Om den har meget eller litet at trække, gaar den omtrent like fort (men bruker naturligvis mer energi, naar den er sterkt belastet). Den forsinkelse

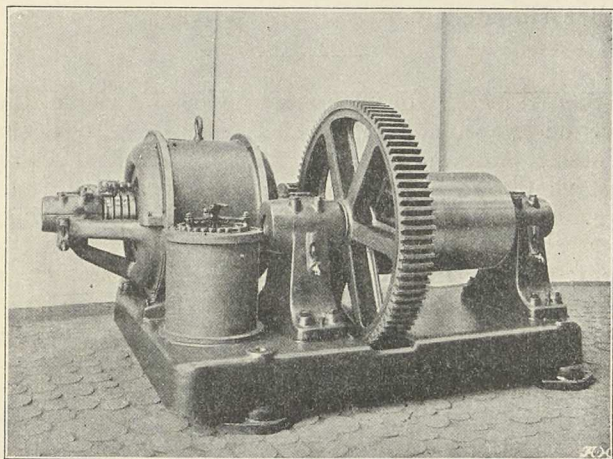


Fig. 116. Asynkron 3-fasemotor med igangsætningsmotstand (foran til venstre) og tandhjulsutveksling.

den lider, virker tilbake paa tilledningen og skaper forsinkelse her; dette kalder man «*faseforskyvningen*», og den maa ikke bli for stor; særlig maa den gjøres liten for store motorer, da det ellers kunde virke helt tilbake paa kraftstationens maskiner. Blir forsinkelsen for stor, stanser motoren.

Av 3-fasemaskiner, baade generatorer og motorer, er der et stort antal typer, men princippet er ens for dem alle.

De allerfleste elektricitetsverker som skal ha fjernledning, anlægges for trefaset strøm. Man kan nemlig

ogsaa faa *almindelig* vekselstrøm fra dem, for mellem to og to av de ytre ledninger hersker der samme elektromotoriske forhold som mellem polerne paa en almindelig vekselstrømsmaskin.

Har nogen av kunderne bruk for likestrøm, kan den skaffes tilveie ved en saakaldt *roterende omformer*, som bestaar av en trefasemotor og en likestrømsdynamo paa samme aksel. Strømmen driver motoren og dermed dynamoen, der saa leverer ny strøm. Små mængder likestrøm kan man ta av vekselstrøm ved særlige strømretttere.

Som *drivkraft* for generatorerne kan man naturligvis anvende hvadsomhelst: fossefald, damp, gas, olje, vind, bølgeslag, tidevand, strøm. Hos os brukes selvsagt mest vandkraft. Vi har allerede set hvordan vi kunde beregne dens ydeevne, naar vi kjendte vandføringen og faldhøiden. Men vandføringen er ikke jevn aaret rundt; den er liten om vinteren, netop naar man har bruk for stor kraft. Man maa da søke at regulere den. Det kan ske ved at dæmme op, en foranstaltning som skaffer mange interessemotsætninger, men som er absolut nødvendig.

Nu er heller ikke *forbruket av elektrisk energi* konstant. Det har en *aarlig* periode med maksimum om vinteren, men desuten en *daglig* periode med maksimum morgen og kveld. Den aarlige periode bestemmes om trent udelukkende av lyset, den daglige derimot ogsaa

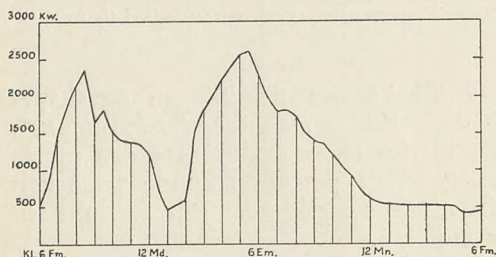


Fig. 117. Energiforbruket ved et større byelektricitetsverk et døgn like før jul.

av motordrift, idet denne er meget liten om natten. I en *stor* kraftstation kan man ta hensyn til den

daglige periode ved at sætte et større eller mindre antal maskiner igang. Har man vekselstrøm, specielt 3-fasestrøm, og alle maskiner skal levere strøm til de samme ytre ledninger, maa maskinerne nødvendigvis arbejde i takt. Hvis f. eks. kveil nr. I i den ene maskin har maksimum i en retning netop som den samme kveil har maksimum i motsat retning, vil jo resultatet bli $= 0$. Ved smaa kontrollamper, som begge maskiner leverer strøm til, kan man se om de arbejder sammen

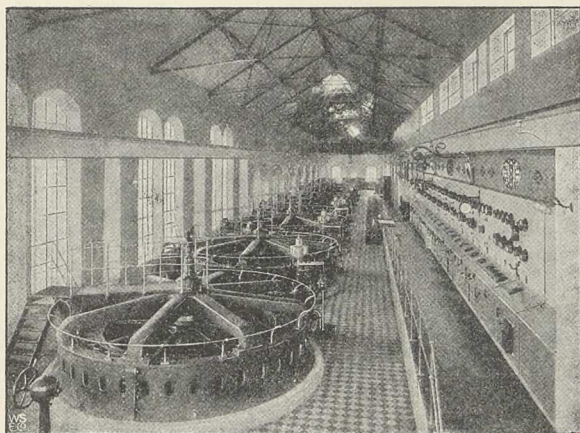


Fig. 118. Hafslund kraftstation. Til høire apparattavlen med alle malere og brytere.

eller ei. Man kan da regulere saa længe paa den «tomme» maskins fart, til den akkurat kommer «i fase» med den anden. I det øieblik føres ogsaa dennes strøm sammen med den førstes. Har den nu for stor fart, vil den imidlertid *trække* den anden, der da mottar strøm som en motor; har den for liten fart, *trækkes* den av den anden maskin, idet den selv mottar mer strøm end den leverer. Paa den maate holder de to maskiner farten og takten som to «parhester».

I smaa stationer — som ved bygde- eller gaardsverker — kan man ikke regulere paa den maaten. Der er bare *en* maskin, og uttages der for litet energi,

løper den for fort, og spændingen stiger; uttages der for meget, blir farten nedsat, og spændingen synker. Der maa reguleres paa selve maskinen — det trænges forresten ogsaa paa maskinerne i de store centraler —. Det kan gjøres ved at regulere magnetiseringen, jo sterkere den er, des mer energi kan maskinen levere. Nogen maskiner er slik «viklet» at spændingen holdes konstant (*compound*). Man kan ogsaa regulere paa den maskin som driver generatoren: turbinen, damp-

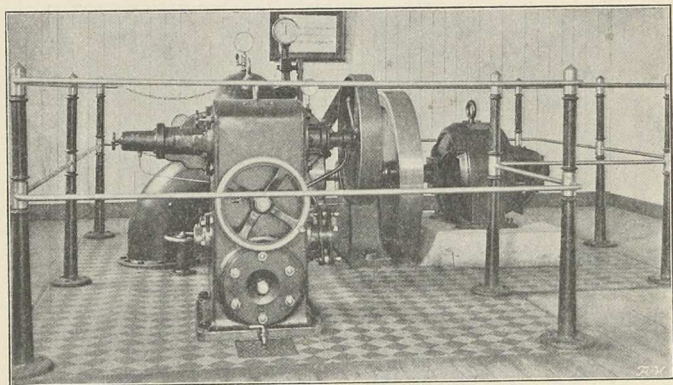


Fig. 119. Kraftstationen paa Jubilæumsutstillingen. Til venstre i forgrunden regulatoren, bak denne turbinen, til høire dynamoen.

maskinen, Dieselmotoren. For de to sidstes vedkommende er reguleringen grei. Den første kan reguleres ved at stille de skovler som leder vandet ind paa løpehjulet, i forskjellige stillinger og derved forsyne turbinen med større eller mindre vandmængde. Denne regulering lar sig nu utføre automatisk. Hvis turbinen løper for fort, stilles skovlen av sig selv i en ugunstigere stilling, den del av vandets energi som turbinen utnytter, blir mindre, og farten mindskes. Denne regulering er nu saa fuldkommen at en liten station kan holdes gaaende uten stadig tilsyn. En saadan (vasdragsvæsenets paa Jubilæumsutstillingen) er vist i fig. 119.

Paa sine steder kan forbruket eller vandføringen

være saa ujevn at der allikevel trænges ekstra kraft i form av «varmekraft». Et meget moderne varmekraftsanlæg er nylig utført ved Trondhjems elektricitetsverk. Det har Dieselmotor som kan sættes igang uten varsel. Det kjølevand den bruker, anvendes saa til opvarmning av vandet paa en dampkjel der kan drive en dampturbin, om forbruket skulde bli større eller av længere varighet. Desuten kan verket faa kuloksyd fra sin største kunde Ila smelteverk, der ligger like i nærheten, og dette kuloksyd kan brukes til fyring under dampkjelen.

Det avgir et smukt eksempel paa teknisk samarbeide.

TIENDE KAPITEL

MED ELEKTRONERNE FRA POL TIL POL

VI har set litt paa elektronernes færd under forskjellige forhold. Vi har set dem under de gamles puslerier med rav og glas og lak og andet som vi nu nærmest vil regne som dukkeleker. Vi har set deres vimsen omkring i vore lamper og kokekar. Vi har set dem fare gjennom næsten lufttomt rum som katodestraaler, frit og let som paa aeroplaner. Vi har set dem fare gjennom metalliske ledninger fra atom til atom, som hoppet de fra sten til sten over bækken. Vi har set dem under elektrolysen følge atomerne i langsom og tung bevægelse, som rodde de over i digre færger. Vi har set den vilde hvirvel de kunde komme i ved fossenes vældige energi, og at denne deres vilde, men velordnede dans kunde sætte de sværeste maskiner igang.

Vi har set deres bevægelse blandt vore velkjendte ting i huset og hvordan de kom i fart i kraftstationen. Men vi har i grunden ikke set hvordan de slap ind til os, eller hvordan de slap ut av kraftstationen, og ikke spurt hvordan de hadde det paa veien, og slet ikke om «korsveiene».

Vi vil begynde med at se paa «veiene» og «broerne» i vort eget hus.

Naar vi tænder eller slukker vore lamper, aapner eller stænger vi passagen for elektronerne. Det sker

gjennem en *bryter*. Vi dreier paa et litet porselæns-
haandtak og ser ikke hvad der foregaar indenfor
porselænslokket. Skruer vi haandtaket — som gjerne
er fæstet med bitte smaa skruer — av, løsnes ogsaa
lokket, og vi vil se noget lignende som
fig. 120. I midten er et dreibart por-
selænsstykke med 4 hulninger; de to er
metalbelagt, men forbindelse under. De
to ender av den ene ledningstraad fører
til to fjærer *f*, og naar disse ligger an mot
de metalbelagte hulninger, er der slaat
«bro», strømmen er sluttet; naar fjærene
ligger an mot de andre hulninger, er broen kastet av,
strømmen brutt.

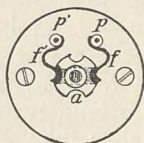


Fig. 120. En-
polet bryter.

Her er bare den ene ledningstraad kappet av. Ofte
kapper man begge for derved at være fuldstændig fri
for spænding paa den bakenfor liggende ledningsdel.

Hvordan er veiene til alle vore lamper? Er det en
vei som gaar gjennem dem alle, eller er det «tver-
veier» som gaar gjennem lamperne?

Vi kan sperre veien til hver enkelt lampe, mens
de andre lyser. Da kan det ikke være den samme
veie gjennem alle lamperne, for da blev alle lamperne
«blokert» paa én gang. Der maa være «tverveier».
Lamperne staar «paralet», sier elektrikerne, og vi skal
se hvordan det er ordnet paa fig. 121,
hvor ringene betyder lamper, og de korte
strekerne betyder ledningerne til nær-
meste «korsvei», forgreningspunkt, an-
tagelig paa gangen utenfor værelset.

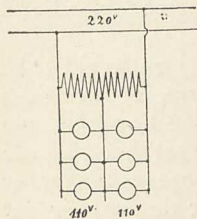


Fig. 121. Spændings-
deler og lampeordning.

Figuren gir ogsaa billede av et
meget benyttet apparat, «spændings-
deleren», som imidlertid bare kan
brukes hvor der er vekselstrøm. Det
er egentlig en liten transformator, hvor
den ene vikling utgjør en del av den anden.

Fra den store dobbelte «hovedvei» øverst fører
«bygdeveier» nedover. Hvorsomhelst der lægges en
slik tvervei som elektronerne øieblikkelig benytter sig
av, er der altid et visst «paatryk», spænding, fra det

ene forgreningspunkt til det andet, f. eks. slik at der ialt er 220 volt. Mellem de to retninger av «bygdeveiene» er der den samme spænding, altsaa ogsaa mellem de ytterste ender av den lange snodde ledning som findes i spændingsdeleren. Men hvis der nu tages ut en ny «vei» fra midten av denne, vil spændingen mellem ytterpunkterne og dette punkt bare være 110 volt. Men her i midten blir der ikke to baner, ingen «fortaustvang». Ved vekselstrøm blir det jo egentlig heller ikke en bestemt bevægelsesretning, for strømmen skifter stadig. Alle elektronerne flyr paa en gang et stykke en vei, saa snur de om og flyr akkurat like langt tilbake igjen; derfor blir der ingen bestemt strømrøtning i de to ledninger som fører frem og tilbake, heller dog saa at i det øieblik elektronerne løper til høire i den ene ledning, løper de til venstre i den anden (tilbake).

Spændingsdeleren kom meget i bruk, da metaltraadlamperne blev almindelige, da de smaa lamper bare blev fabrikert for lave spændinger, og alle lavspændte var mere holdbare end høispændte.

Det kan jo hende at man i et og samme rum vil tænde et større eller mindre antal lamper, eller at man ikke vil brænde samtidig i to rum. Da bruker man «vendere». Et slikt arrangement er skematisk vist i fig. 122.

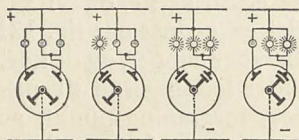


Fig. 122. «Vender» for lysekroner, saa enten 1 eller 2 eller 3 lamper kan lyse.

Hvis lyset en kveld ikke vil funksjonere, er det ikke sikkert at feilen ligger i kraftstationen. Det kan hende at en av vore sikringer er gaat. Og er de gaat, er det

naturligvis for at sikre os mot noget som er værre end at sitte i mørke eller med et talglys, som vore bedsteforældre greiet sig saa udmerket med, nemlig kortslutninger. De kortslutningerne har foranstaltet meget galt og faat skylden for endda mer. Hvad er en kortslutning? Jo, det er at slaa en «bro» for elektronerne av saa svære dimensioner at der kommer en

hel armé av dem, mens veien videre — den almindelige ledning — ikke gir plads for mere end et regiment i samme tid. Da blir der en slik kollisjon med alle veiens stabbestener, atomerne, at det blir rigtig «hett». Men saa har man fundet paa at indrette sig slik at den almindelige vei etsteds har en yderst smekker bro — bare som en hengebro av jerntraad — at den ryker av naar der kommer altfor store hærmasser. Man lar strømmen gaa gjennom en tynd bly- eller sølvtraad, som vil smelte hvis strømstyrken blir for stor. Slike sikringer legger man dels indtil en liten papplate, som «smeltelameller» i stikkontakter, dels omgitt av porselæn

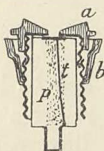


Fig. 123. Smeltestykke som består av 3 dele, a og b, der skrues sammen, og proppen p, der inneholder traaden t. Strømmen maa gaa fra proppens nedre ende gjennom t til en metalplate der berører a's metalbelæg, og videre til den ytre skrugegjænge.

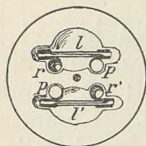


Fig. 124. Endel av en stikkontakt. Rørene r og r' sættes ind paa to metalstifter som traadene er ledet hen til. Fra r og r' gaar strømmen gjennom smeltetraaden i lamellerne l og l' til p og p', der ogsaa er rør, men vendt til den anden side, og hvor støpselen sættes ind.

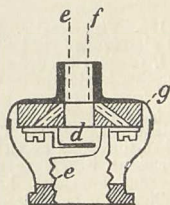


Fig. 125. Lampekontakt. De skrugegjænger som smeltestykkene skrues ind i, er likedan. Strømmen gaar fra e gjennom d til lampefotens metalbelæg, gjennom lampens traad til den ytre skrugegjænge og ut gjennom f.

i smeltepropper. Man anbringer sikringer baade ved forgreningene og ved hovedindtaket, de sidste størst.

Hvis vi en kveld vil flotte os med rigtig meget lys, kan det hende at det «blaffer», vi bruker mere end vi har kjøpt retten til. Elektricitetsverket har sat op en maksimalbryter, en «vippe». Den kan være indrettet som i fig. 126.

En vippemaalder for to tariffer er netop patentert. Dens «utlæsningsorgan» (som altsaa trækker strømbryteren) kan være konstruert som fig. 127. Fra hovedledningen fører to grener, en til hver spole, men den ene har mange viklinger, den anden færre. Der skal da mindre strøm gjennom den til høire, forat

«vippen» skal funktionere, end gennem den anden. Sættes nu den til høire i fast forbindelse med husets

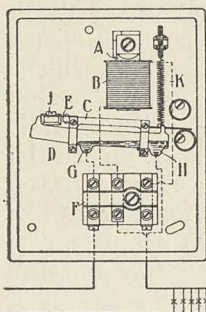


Fig. 126. Vippemaal. D er et glasrør med litt kviksølv i, dreibart om den ene ende. To kontaktplater G og H fører strømmen ind og ut. Til røret er fæstet et elektromagnetanker C; det kan tiltrækkes av elektromagneten B. K er en fjær som apparatet kan indstilles med. Naar strømmen blir for sterk, løftes røret saa kviksølvet flyter bort fra G, strømmen brytes, elektromagneten blir strømløs, og røret falder ned igjen saa strømmen atter sluttet o. s. v.

deres bane ender i en *transformators* lavspændingsside. Og længer kommer de ikke. Den hærmasse av elektroner som

«vore» utgjør en liten del av, bevæger sig bare indenfor dette omraade.

Paa den anden side av transformatoren kommer nye hærmas-

ser, i grunden mindre, men paa grund av sine høie stillinger (den store spænding) farligere at komme ut

lysledning, og den anden med kokeappater, vil man faa meget strøm før det vipper, ved at bruke kokeapparater, men litet strøm ved at bruke lyset. Kunderne kan bruke hvad de vil, men det er psykologisk rigtig tænkt at i de mørke kvelder vil folk helst ha lys. Følgelig blir strømforbruket begrenset paa den tid da efterspørselen er størst.

Nu har vi fulgt vore gjester, elektronerne, til grinden, eller om vi vil: fra grinden, det har jo litet at si. Kommer vort lys fra en liten bygdestation med likestrømsanlæg, kan vi følge dem videre paa deres linedans helt til «stationen». Men er vore ledninger tilknyttet et stort vekselstrømsbrynet, saa er veien vanskeligere. Da gaar de ned i jorden i kabler, og i disse færdes de helt til bygrænsen, hvor

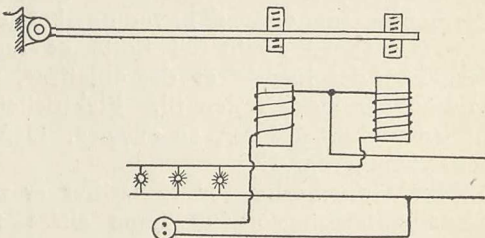
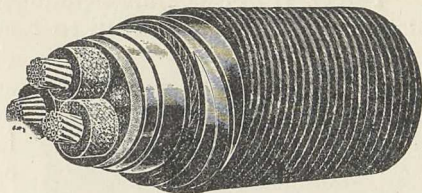


Fig. 127.

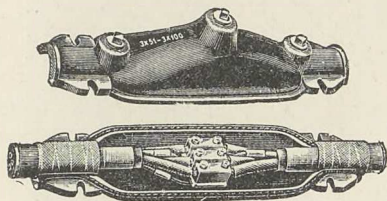
for. Deres vei er kobbertraader paa høie master. Og for at hindre at de farer ned i jorden er der sat «bom» for dem paa alle masterne ved store porselæns-hatter. Men presset er stort, og aldeles uigjennemtrængelig er intet materiale, og en vakker dag kan det hende at der gaar saa mange elektroner igjen- nem at ophetnin- gen blir for sterk, og at isolatoren sprækker. Og da er stolperne ikke til at komme nær. Derfor ogsaa de uhyggelige plaka- ter med: «Berøring livsfarlig.»

Men
nogen
ganger
er der
«elektri-
citetiluf-
ten», som
man sier.
Menin-
gen er at
det elek-
triske

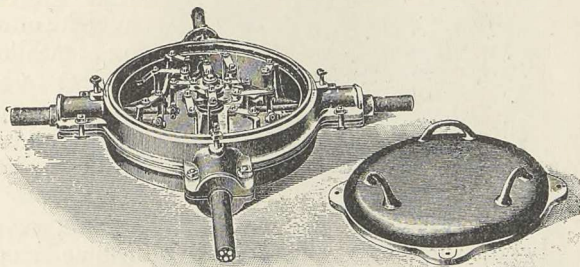
felt omkring jorden har usedvanlig tætte nivaaflater, saa skyer o. a. lades med elektricitet. Da blir det vanskelig for alle elektronerne i ledningen at holde sig paa plads; draget blir saa sterkt at enten farer de ut, eller de drager andre ind. For at hindre at dette sker for voldsomt, forsyner man ledningen med *lynafledere*, som gjør at elektronebyttet med luften kan foregaa



a. Snoet 3-lederkabel for sterkstrøm.



b. Skjøtmuffe for to kabler.



c. Kabelkasse for forgrening.
Fig. 128. Kabler.

rolig og regelmæssig. Allikevel kan det h ende at lynet slaar ned, eller at utladningen er saa voldsom at sikringen springer.

Følger vi h isp ndingsledningen helt frem til kraftstationen, kommer vi atter til en transformators h isp n-

dingsside. Paa dennes anden side faar vi igjen de nye baner som omfatter selve maskinerne og alle maale- og reguleringsapparater.

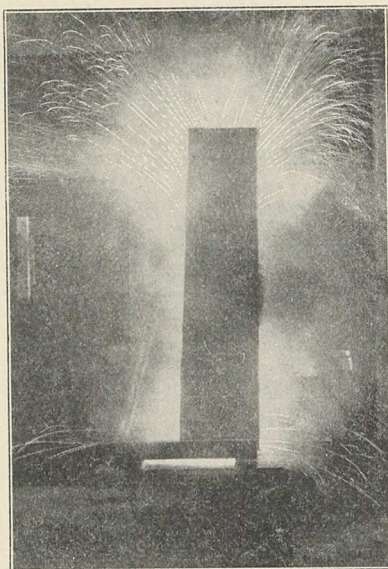


Fig. 129. Eksplosion av h isp ndingsikring.

Hvordan kan man faa rede paa hvilken elektronem ngde der gaar gjennom en ledning, eller hvor stor spændingen er?

Vi har allerede set, hvordan den magnetiske kraft avhænger av elektronem ngden, og at maalinger kunde utføres ved at se hvor langt et jernstykke blev trukket ind i en str mspiral, fig. 77. Man kan

ogsaa bruke et fast magnetfelts dreiningsevne paa en bevægelig strømbane til at bestemme strømstyrken. Disse apparater, *Deprez d'Arsonval's*, er de fineste, men de taaler bare en ganske svak strøm. For at maale en stor strøm sætter man apparatet i en liten paralel ledning. Istedenfor at sætte et t lleapparat midt i hovedveien for alle elektronerne legger vi en liten smal sti ved siden med t lleapparatet i. Kjender vi forholdet mellom veienes «transportevne» (omvendt av deres motstand), kan t llingen paa sideveien være nok. Det stykke av hovedveien som fører forbi apparatet, kaldes *shunt* (fig. 130).

Til at maale spændingen benytter man sig av at

strømstyrken gjennom en given motstand er proportional med spændingen. Det samme maaleapparat kan da brukes til spændingsmaaler (*voltmeter*). Men der maa da sættes ind en ekstra motstand, forat ikke for stor del av strømmen skal passere gjennom apparatet. Man maaler ogsaa her strømstyrken, men naar man kjender motstanden og husker at $\text{spændingen} = \text{strømstyrken} \times \text{motstanden}$, kan man sætte *volt* istedenfor *ampère* paa apparatet.

Vi har før set at magneterne i maskinen kunde magnetiseres ved selve maskinens strøm. Er det en likestrømsmaskin, kan man da enten la selve hovedstrømmen passere

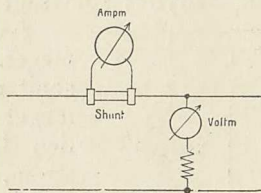


Fig. 130. Kabling av maaleinstrumenter, ampèremeter med shunt, voltmeter med ekstra motstand.

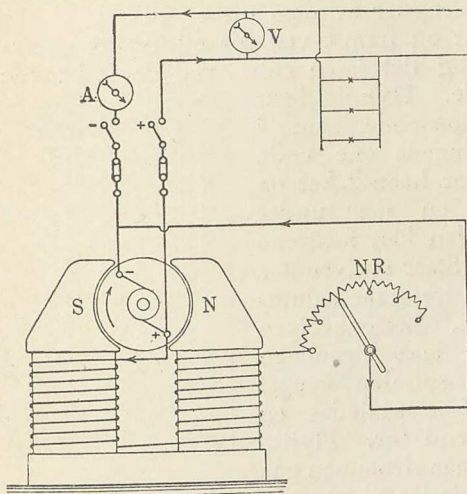


Fig. 131. Shuntdynamo med ytre ledninger, ampèremeter A, voltmeter V, reguleringsmotstand for feltmagneternes styrke NR. Desuten brytere (like under A) og smeltestykker (nedenfor bryterne).

omkring magneterne — *i serie* — og i et forholdsvis litet antal viklinger. Eller man kan ta ut en grensstrøm til magnetiseringen, altsaa *parallelt*, eller som man her oftest sier: *i shunt*. Det samme arrangement kan gjælde baade naar maskinen brukes som generator (dynamo) og som motor, og de kaldes da

seriedynamoer, shuntdynamoer, seriemotorer, shuntmotorer. Av dynamoer er mest benyttet shuntdynamoen, men dens polspænding har tendens til at synke med sterk be-

lastning. Det reguleres ved magnetiseringen eller ved at lægge nogen viklinger ogsaa af hovedstrømmen om kring. Maskinen kaldes da en *compound-maskin*, og de benyttes som sagt meget i smaa kraftstationer.

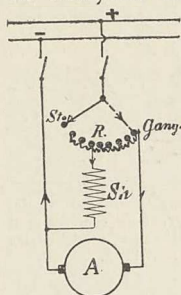


Fig. 132. Kobling av seriemotor. S betyder magnetviklingerne.

Av motorer brukes seriemotoren meget. Den vil av sig selv gaa langsomt naar den mottar meget strøm (har meget at drage paa), men gaar fort naar den har litet at trække og tar litet strøm. Derfor egner den sig godt til spurvogsmotor: langsomt opover bakke, hurtigt paa flat mark.

Hvordan er det at vi holder styr paa elektronerne, saa de fuldstændig lystre os? Ikke bare stænger veien for dem, men sender ganske bestemte mængder av dem dit vi vil?

Det sker først og fremst ved forandring av «veienes» motstand, og det igjen enten ved deres længde eller deres bredde. Hyppig brukes *reguleringsmotstande* som i fig. 133. Ledningens ene ende fører til aksen for haandtaget og videre gjennom en fjær under denne, slik at den kan fortsætte fra «knotterne». Staar sveiven paa 1ste knot til venstre, gaar ledningen videre direkte. Sættes sveiven paa 2den knot, maa strømmen passere gjennom spiralen længst til venstre og faar saaledes en større motstand end før. Flyttes endda en knot, maa strømmen gaa gjennom de to spiraler til venstre, og motstanden økes endda mere, o. s. v.

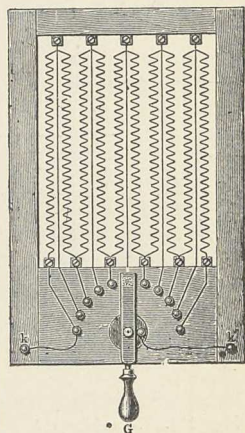


Fig. 133. Reguleringsmotstand. Strømmen maa her passere gjennom de 5 venstre spiraler for at komme fra k til k, gjennom den dreibare arm G.

En slik motstand er sat ind til magnetanordningen i fig. 131 og fig. 132. Den kaldes i sidste tilfælde *igangsætningsmotstand*, idet man begynder med at ha den størst mulige motstand inde — forat ikke

starten skal være for voldsom — og efterhaanden «skyter ut» motstande.

En anden maate at regulere motstanden paa er ved at lægge flere eller færre ledninger mellem de to punkter hvor reguleringen skal foregaa. Jo flere ledninger, des mindre motstand (større ledningsevne). Har vi f. eks. en ledning med motstand 100 ohm, vil vi ved at lægge en lignende paralelt med den første faa den dobbelte ledningsevne, altsaa den halve motstand, 50 ohm.

Av de mange arbeider som elektronerne utfører for os, og som ikke er omtalt, skal endnu omtales driften av sporveier og jernbaner.

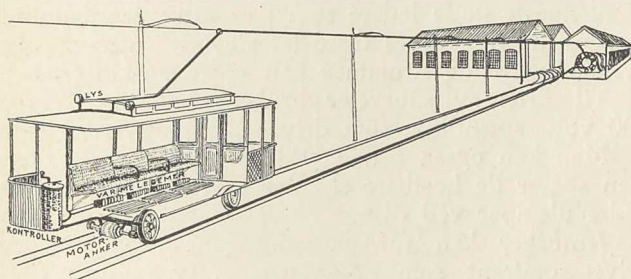


Fig. 134.

Hjulene bevæges naturligvis av en motor. Den er ophængt under vognen. Elektronerne kommer ned til vognen gjennom en kontaktstang med en trisse øverst eller gjennom en bøile med en aluminiumsskinne som glir langs traaden. Men de faar ikke løpe like ind paa motoren; først maa de dirigeres i passende mængde og passende fart. Det er det som vognføreren gjør, naar han dreier paa et haandtak paa et apparat som kaldes *kontroller*. Ved denne reguleres særlig magnetisereringen. Magnetviklingen er opdelt i kveiler som kan forbindes paa forskjellig vis. Ved kontrolleren kan disse dels sættes i serie, hvorved motstanden blir stor, og magnetiseringsstrømmen liten, dels kan enkelte skytes ut, dels kan de sættes paralelt, hvorved

motstanden minker, og magnetiseringsstrømmen blir sterk. Videre kan den ytre strømtilførsel avbrytes, men slik at der fremdeles er en anden sluttet ledning med adskillig motstand mellom motorens poler; da den allerede er igang, leverer den nu strøm og sakker i farten. Endelig kan man sende strømmen gjennom motorankeret den gale vei, og der bremses kraftig.

Alle disse mange koblinger kan foretages ved et system av kontakter og forbindelsesledninger paa den vertikale akse som findes inde i kontrolleren.

Naar strømmen nu har passert motoren, løper den over i skinnerne og gjennom dem tilbake til kraftstationen. Men hvis ledningen gjennom skinnerne er daarlig, kan det hende at elektronerne flyr ut og over til nærmeste gode ledere som gas eller vandledningsrør, og da ødelægges disse let ved elektrolyse. Slike «vagabonderende strømme» kan gjøre adskillig ugagn.

Til drift av sporveier brukes mest likestrøm av 500 volts spænding, som driver seriemotorer.

Man kan ogsaa bruke «skinneløse» systemer, hvor man sparer de kostbare skinner i gaterne, men der er andre ulemper ved dem.

Jernbaner kan for passagertogenes vedkommende drives omtrent som sporveiene. Av hensyn til et jevnt strømforbruk er det nemlig bedre at kjøre hyppige smaa tog end faa store. Et elektrisk passagertog, ialfald paa de kortere strækninger, vil derfor gjerne bestaa av en eller nogen faa «togenheter», hver paa en motorvogn og en tilhængervogn. Paa de lange strækninger kan dog ogsaa passagertogene faa et lignende utseende som et dampdrevet tog, bare med den forskjell at den sotende damphest er erstattet av en liten vogn med kraftige motorer — et saakaldt *elektrisk lokomotiv*. Lignende ordning faar godstogene.

Den elektriske jernbanedrift har mange fordele, særlig for de reisende. Hyppige tog som kan stanse ved mange flere stationer end ellers, renslige vogner, stor fart — man har paa prøvebaner drevet farten op i 200 km. pr. time — men de har sine driftstekniske vanskeligheter. En av dem er at strømforbruket nød-

vendigvis blir sterkt foranderlig, særlig paa de lange strækninger, hvor man faar faa og noksaa store tog. Blandt de reguleringsforanstaltninger som kan komme til anvendelse, er ogsaa at holde en reservekraftstation med to vandbassænger. Naar strømforbruget i togene er litet, mottar maskinerne strøm og leverer kraft til pumper som løfter vandet op til det øverste bassæng, men naar strømforbruget er stort, driver vandet maskinerne, og de leverer strøm til togledningen.

Til drift av elektriske fuldkraftsbaner brukes gjerne almindelig, «enfaset», vekselstrøm. Til de nævnte prøvebaner har man brukt trefasestrøm, tilført i ledninger til side for vognen.

Selv ved en dampjernbane spiller elektriciteten en betydelig rolle, særlig i signaltjenesten og sporskiftningen. Ved store stationer foregaar sporvekslingen ved smaa motorer der ligger ved skiftestederne, og en hel del styres fra samme central. Ved baner med meget sterk trafik brukes et elektrisk «blokeringssystem», slik at et tog, idet det passerer en «blokstation», hindrer signalmanden paa denne fra at signalisere fri bane før toget har naadd næste blokstation.

Vi har fulgt elektronerne paa nogen av deres mange veier, og sent vilde vi bli færdige om vi prøvet at følge dem paa alle. Det vilde nemlig bli paa alle de steder hvor maskinkraft brukes til at lette menneskene i deres stræv. Det vilde bli at titte indom de vældigste fabrikker og de mindste verksteder, kanskje til sypikens takkammer med motor paa symaskinen. Vi vilde bli vidne til fjeldboring i grubedypet under jorden og til luftfornyelsen ved vifter paa boulevardernes straalende kaféer. Vi vilde høre det dumpe drøn av minesprængning i store bergverker, hvor dynamit i 1000 kg^{vis} i samme øieeblik bringes til at eksplodere ved at elektronerne etsteds faar passage, eller se rædslerne naar en av de berygtede støtminer med horn bringer skib og ladning og kanske mandskap med i dypet, idet litt kromsurt kali og svovelsyre kommer

sammen med zinken og kobberet i et litet element. Vi vilde se smeden sveise med en elektrisk esse, idet han danner en lysbue mellem den ene pol og det sted paa jernet hvor sammenbindingen skal finde sted. Vi vilde være med at løfte det tyngste gods fra skib til kai eller omvendt, og at fragte passagerer op og ned i skyskraperens elevatorer. Vi vilde opleve helbredelse av sygdomme ved elektriske lysbad og være vidne til henrettelse i den elektriske stol. Vi vilde se landmanden treske sit korn og skjære sin halm, kanske ogsaa pløie sin aker ved de nye maskiner, eller gartneren frugt bargjøre sine drivhusbænker ved elektronerstrøm gjennem jorden. Og vi vilde høre og opfange signaler sendt fra den anden side av vor klode gjennem æteren ved elektronernes svingninger, ja endog være med paa fart fra klode til klode i rummet.

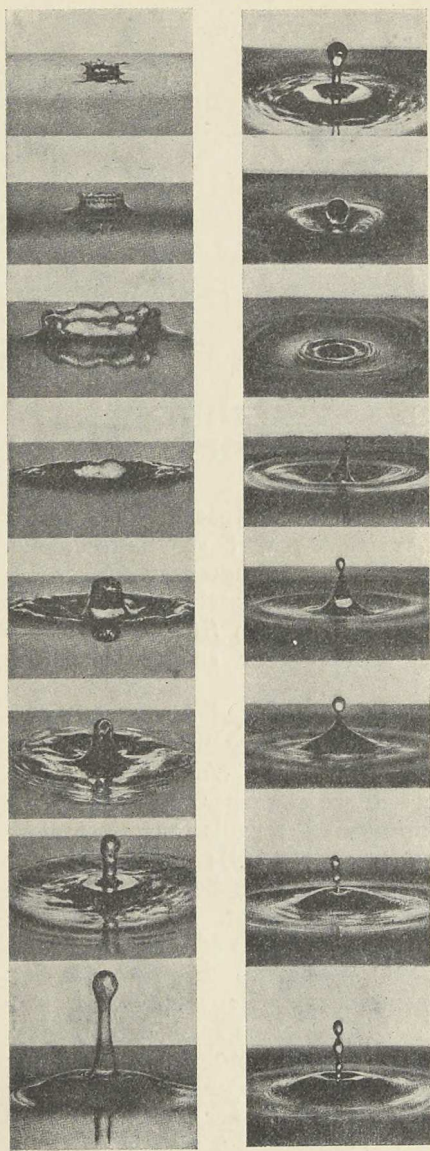
ELLEVTTE KAPITEL

ELEKTRISKE SVINGNINGER TRAADLØS TELEGRAF

ELEKTONER i frem- og tilbakegaaende bevægelse har vi ogsaa betragtet før, i vekselstrømmene. Men det har været i et tempo som vi har bestemt ved vore maskiner, som oftest ca. 50 ganger frem og tilbage i sekundet. Nogen *fri* svingende bevægelse, som ved et pendel eller en huske, har vi ikke studeret.

Vi vil gjøre sammenligninger med den almindelige materie, for den er vi mest fortrolig med.

Fig. 135 gjengir nogen av prof. Worthingtons glimrende fotografier av en regndraapes plask. Vi ser hvordan den hopper op og ned, tiltrods for at «mediet» er av samme slags som den selv (vand); det kommer av væskehinden. Vi ser hvordan dens bevægelse gir anledning til bølgebevægelsen i vandet. Her er der ikke vanddraaper som hopper op og ned, men vandets molekyler, som er usigelig meget mindre, som har faat den op- og nedadgaaende bevægelse, mens *bølgen* forplanter sig utover. Vi vil merke os forskjellen mellem disse to bevægelser. De enkelte molekyler farer *ikke utover*, men gaar først og fremst *op-ned* (i vand gaar partikler forresten i smaa cirkelbaner). I videre og videre ringer breder bevægelsen sig, men svakere og



svakere. Det tar en viss tid før den naaret bestemt stykke. Den hastighet som bølgebevægelsen gaar utover med, er den samme for alle «plask». Om det er en enkelt regndraape eller en stor sten, om den kommer med stor eller liten fart, har ingen ting at si. Bølgens forplantningshastighet er en egenskap ved det medium som den forplanter sig i, her vandet. Om vi ser paa bevægelsesbilledet et bestemt øieblik, vil vi finde flere steder hvor molekylterne er paa sit høieste — bølgeberg — ikke bare i samme ring, men i forskjellige ringe. Avstanden mellem to slike steder, som bestandig vil svinge ens, fra berg til berg eller fra dal til dal, kalder vi en bølgelængde. Det er let at se at bevægelsen forplanter sig utover saa langt som en bølge.

Fig. 135. «Plask». Hvordan en regndraape virkelig falder mot vandet.

gelængde, netop mens der foregaar en svingning op og ned. Hvis bevægelsens forplantningshastighed utover, f. eks. er 10 m i sekundet og der foregaar 5 svingninger pr. sekund, altsaa en svingning pr. $\frac{1}{2}$ sekund, vil bølgelængden bli det veistykke som bevægelsen forplanter sig utover paa $\frac{1}{5}$ sekund, d. v. s. 2 m. I almindelighet:

Bølgelængden = forplantningshastigheten : svingetallet.

Alt dette gjælder for alle slags svingende bevægelser. En svingende bevægelse som regndraapens egen vil ikke vare længe, nogen faa hop op og ned, og den kommer tilro, dens svingning *dæmpes*, som man sier.

Om vi nu hadde en hel del elektroner opsamlet paa en kule og en nøytral eller elektronefattig kule litt



Fig. 136. En lodret elektrisk gnist fotografert i et speil, som dreier sig meget hurtig om en lodret akse.

nedenfor den, kunde det hælde at spændingen blev saa stor at elektronerne slog over. Nu spørges det om ogsaa de har en viss træghet, saa de kommer længer end de skulde (eller der kommer flere end nødvendig til nøytraliseringen), og derfor atter blir drevet tilbake. Efter de forestillinger vi har gjort os om dem før — og de har jo sat os istand til adskillige forutsigelser — venter vi træghet, og dermed en frem- og tilbakegaaende (*oscillerende*) utladning. At en utladning av en Leidenerflaske maa være oscillerende, antok allerede *Helmholtz*, senere beregnet *Lord Kelvin* hvordan slike svingninger maatte forholde sig. Men hvordan skal vi kunne faa iagttatt dem? Svingningerne i en elektrisk gnist maa være mange ganger hurtigere end i regndraapens plask. Men ogsaa her maa det bli fotografien som hjælper os. *Feddersen* fotograferte i 1862 en gnist mot et roterende speil. Istedenfor en enkelt

stripe maatte der idetmindste bli et *baand*, hvis utladningen i det hele tok nogen tid, og hvis den var frem- og tilbakegaaende, med foranderlig styrke (svak under skiftningen), maatte der bli flere *baand*. Fig. 136 viser et slikt fotografi, og det gir en smuk bekræftelse paa forutsætningen.

Men sker der nu noget i rummet utenom gnisten? Noget i likhet med vandbølgerne utenom vanddraapens vei? Det kommer an paa om æteren tar sig noget nær av elektronernes passage. Vi har før set at allerede elektronernes eksistens skaper et kraftfelt som vi kunde opfatte som en stripning i æteren. Da vil elektronernes bevægelse forandre dette kraftfelt. Har vi f. eks. to kuler, hvorav den øverste er ladet med elektroner, vil kraftens retning være *nedad*. Flyr de fleste av elektronerne over paa den nedre kule, vil kraften bli rettet *opad*. Det er ganske som med regndraapens virkning. Molekylerne i vandet blev først trykket ned av draapens vekt, men senere blev de trukket op, fordi vanddraapen fór tilveirs og skapte etslags hulrum. For sammenligningens skyld kunde vi nu heller tænke os et andet hoppende legeme end en vanddraape. Vandmassen skal forestille æteren, og vanddraapen elektronerne, men elektronerne er ikke «æter».

Denne forandring i kraftfeltet forplanter sig utover som bølgerne i vand. Man pleier almindelig at uttrykke disse forhold omtrent slik: Den elektriske gnist med sine farende elektroner er en elektrisk strøm (motsat retning) som skaper et magnetfelt omkring sig. Men da strømmen skifter retning, forandres det magnetiske kraftfelt, og et foranderlig magnetisk kraftfelt skaper elektromotorisk kraft i alle ledere som befinder sig i det. Det var jo slik vi tildels ræsonnerte under studiet av kraftmaskinerne.

Det elektriske kraftfelt, stripningen i æteren, skifter altsaa uophørlig retning, og dette forplanter sig utover i videre og videre ringer til alle kanter, ikke bare til siderne, men ogsaa opover og nedover. Den fart hvormed forplantningen foregaar, er en bestemt egen- skap hos æteren, uavhengig av den oprindelige elektronebevægelses mængde eller fart. Denne forplantnings- hastighet kjender man fra lyset. Den er 300 000 km

i sekundet. Ved Feddersens forsøk kan man beregne svingetiden for en bestemt utladning, naar man kjen- der speilets omdreiningstal og avstanden til fotografi- platen. Finder man f. eks. paa billedet fig. 136, at de 8 svingninger gir et 11 cm langt billede i 1 m avstand fra speilet, der dreier sig 100 ganger rundt i sekundet (lysstraalen som reflekteres, gaar dobbelt saa hurtig), vil svingetiden være ca. $\frac{1}{500000}$ sekund.

Bølgelængden i æteren blir da

$$300\,000\text{ km} : 500\,000 = 0,6\text{ km} = 600\text{ meter.}$$

Saa gjaldt det at opdage disse bølger langt ute i rummet. La os atter tænke paa vandbølgerne. Sæt at det var fuldstændig mørkt. Da kunde vi ikke merke bølgerne. Men om vi hadde et bitte litet lys som var fæstet til en flyter, vilde vi merke dem ved lysets «vuggen» op og ned. Kraftlinjerne i æteren maa vi kunde opdage ved hjælp av elektroner i saapas stor mængde at de frembringer en elektrisk gnist. Det lykkedes Hertz at opdage dem paa denne maate. Han stillet op en metalramme med en liten aapning; aap- ningen satte han paralelt med gnistbanen. Der slog gnist over; feltkraften trak elektroner over fra den ene ende av metallet til den anden.

Med denne ramme kunde han nu studere bølgerne. Han fandt at de kunde kastes tilbake fra metalplater, ganske som vand- eller lydbølger, og da kunde der dannes *staaende svingninger*, som i strenger eller orgel- piper, svingninger hvor enkelte punkter altid er i ro (*knuter*), andre svinger sterkere end almindelig (*buker*).

En bedre «opdager» (*detektor*) av svingningerne er den saakaldte *kohærer*, som bestaar av et glastrør, del- vis fylt med metalspon (f. eks. jernspon), hvor de to ender av ledninger fra et batteri føres ind. Mellem enderne av metalsponmassen er der da altid spænding, men motstanden er saa stor at der ingen strøm gaar. Kommer der nu en elektrisk bølge dit hvor kohære- ren er, vil imidlertid draget paa elektronerne bli saa sterkt (retningen i denne pulvermasse er av liten be- tydning) at strømmen gaar. Kohærerer maa rystes for atter at bli ikke-ledende. Staar der nu et almin-

mindelig ringeapparat i ledningen, vil dette lyde, og dermed har vi et fortrinlig middel til at opdage bølgerne.

Senere har man fundet andre «detektorer».

I fig. 137 er vist en «svingekreds». Den tid som medgaar til en svingning, økes med elektronemængden. En kondensator med stor opsamlingssevne (kapacitet) har en længere svingetid end en med liten kapacitet. Kondensatorplaternes «omladning» og den derav følgende gnistretning fremgaar af fig. 138.

Om man bruker en Ruhmkorffs rulle til at skaffe gnister, og disse løper temmelig fort efter hinanden, vil der allikevel bli en pause mellem hvert sæt av svingninger. De dør desværre fort bort (se fig. 136, hvor utladningen er forbi efter ca. 8 svingninger eller $\frac{1}{100000}$ sekund). Dette er en meget stor mangel, og man har paa forskjellig vis søkt at skaffe sig udæmpede svingninger. Den hittil fuldkomneste løsning er sikkert *Valdemar Paulsens*.

Han benytter en buelampe, der kobles parallelt med en «svingekreds» bestaaende av en kondensator, C, og en vikling med stor selvinduktion. Batteriet eller dynamoen leverer strøm til buelampen, men jager samtidig ogsaa strøm over til kondensatorplaterne, hvor de ikke kommer frem; paa grund av sin træghet flyr de derfor frem og tilbake i svingekredsen, idet lysbuen er denne svingekreds' «gnistbane». I lysbuen gaar derfor to strømme, en temmelig konstant fra batteriet og en vekselstrøm fra kondensatorkredsen,

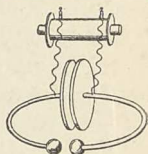


Fig. 137. «Svingekreds». Induktionsapparatet øverst lader kondensatorplaterne. Naar spændingen blir stor nok, slaar en gnist over mellem kulerne. Hver gnist er «oscillerende» — svingende frem og tilbake.

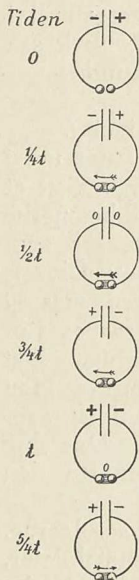


Fig. 138.

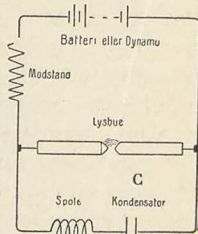


Fig. 139. Paulsens buelampesvingninger.

og den virkelige strømstyrke veksler mellom 0. og et maksimum, dobbelt saa stort som den sedvanlige. Disse svingninger er ikke avhengige av nogen gnist, og er derfor stadige, udæmpede. Dette medfører betydelige fordele.

De svingekredser vi her har tegnet op, er alle ringformede; elektronebanerne i svingekredsens metaldele — mellem kondensatorplaterne og utladningskulerne — blir unaturlige, tvungne, og det er bare under deres bevægelse i gnistrummet at de kan gi anledning til en bølge ute i æteren. Lar man der være en lang, *retlinjet* bane som lader op kulerne, vil ogsaa elektronebevægelsen i *lederen* hjelpe til med svingningerne; en slik kaldes en *aapen* svingekreds. Idet gnisten slaar over, vil der trækkes elektroner den samme vei gjennom lederen, og naar utladningen slaar om, vil elektronebevægelsen i lederen ogsaa slaa om, og vendingen av kraftlinjerne foregaar over en langt større strækning.

Nu kan man ikke godt strække ut den oprindelige kondensatorledning til at bli retlinjet, men man kan gjøre det ved at lage en *sekundær* svingekreds, en lang, væsentlig retlinjet en, som har nogen faa viklinger omkring den primære (fig. 141). Vi kan tænke os dette omtrent som to fjærer som ligger like ved hinanden, og slik at den ene kan gi den andet et puf. Har vi sat den første fjæren i svingninger og lar den gi den anden et puf, kommer det an paa elasticitetsforholdene, hvordan de to fjærs svingninger blir. Under alle omstændigheter avgir den første endel av sin energi til den anden. Det kan da hende at den første fjær næsten straks kommer tilro, og al energien gaar over i den anden, som da vil svinge «rent»; det kan ogsaa hende at den første vedblir at svinge en stund, og da vil de to gjensidig paavirke hinanden, svingningerne blir «urene». Likesom med fjæren har ogsaa

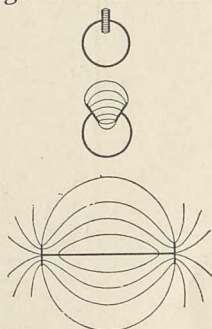


Fig. 140. Den lukkede svingekreds øverst trækkes ut til en aapen. Det elektriske felt omkring den forandres.

hver elektrisk svingekreds sin egen svingetid. Det er elektronebevægelsen i den ene som gir den andens elektroner et ryk.

Figur 141 viser et arrangement til at sende og motta elektriske svingninger. Avsenderstationen er til

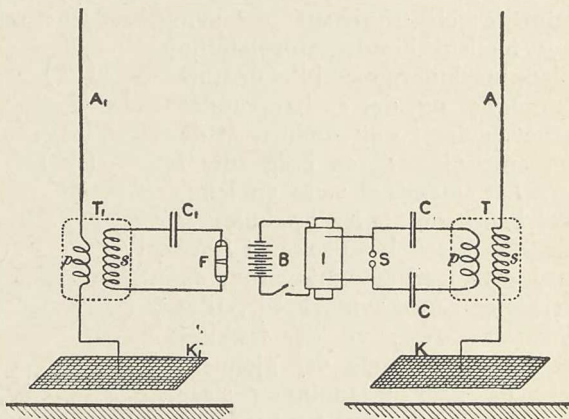


Fig. 141. Senders og mottagerstation for elektriske svingninger.

venstre. B er et batteri, I en Ruhmkorffs rulle, S gnistbanen, C kondensator, p og s er de primære og sekundære viklinger for overgang fra den ene svingekreds til den anden. Paa mottagerstationen (til højre) har p og s samme betydning som til venstre. F er køhæderen. A og A_1 er de to lange ledningstraader, antennerne.

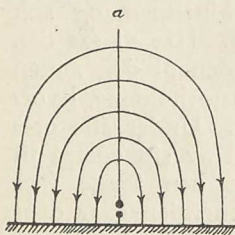


Fig. 142. Elektrisk felt omkring en ladet ledningstraad a .

Selve kraftlinjernes forløp omkring en aaben svingekreds sees af fig. 142, hvor traaden øverst er ladet. Naar nu svingningerne i den primære kreds gir elektronerne et ryk nedover, vil kraftlinjerne forandre sig slik som i fig. 143. Kraftlinjernes utgangspunkt paa ledningstraaden blir længere og længere nede, og naar traaden er omladet, saa der er

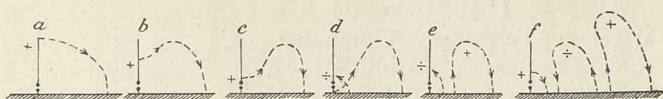


Fig. 143. Det elektriske kraftfeldts forandring under traadens omladning.

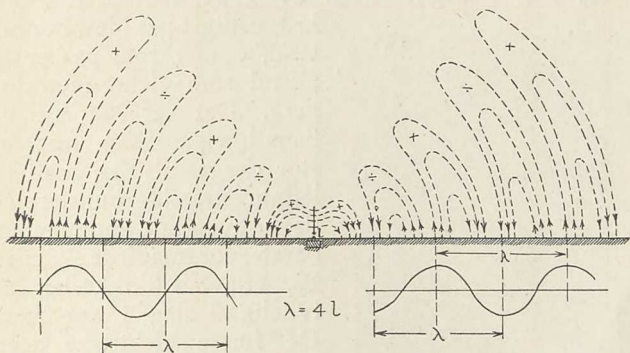


Fig. 144. De elektriske kraftlinjer udenom en aaben svingekreds. λ = bølges længden, d. v. s. afstanden mellem to punkter som svinger ens.

underskud hvor der før var overskud, maa kraftlinjerne forløp bli ganske modsat, og efter en stunds forløp vil det bli som i fig. 144.

Hvordan skal man nu sende signaler ved disse svingninger? Det var det *Marconi* begyndte at eksperimentere med i 1895. Det maatte løses ved at ha et Morses skriveapparat, eller andet telegrafapparat, i den strømkreds hvor kohærerens befinder sig — eller endnu bedre: i den anbringe et relæ som aapner og slutter strømmen i det telegrafiske mottagerapparats strømbane. Avsendelsen av signalerne kunde enkelt foretages med en almindelig telegrafnøkk, der sluttet og brøt strømmen i batteristømkredsen foran induktionsrullen. Selv den tid som det korteste tegn, en prik, kræver, vil der gaa en mængde svingninger ut, og kohærerens vilde være i virksomhet likesaa længe, og skriveapparatet eller «sunderen» likesaa.

Allerede i 1897 kunde han i England grunde et «Wireless Telegraph Company», da han i Bristol-kanalen opnaadde forbindelse over 5 km afstand. I 1900 fik man forbindelse over Kanalen mellem Dover og Boulogne.

En dag i begyndelsen av 1901 blev den gamle



Guglielmo Marconi, f. 1874 i Italien. Begyndte i 1895 at eksperimentere med Hertz'ske svingninger for overføring av telegraftegn.

lods østligst paa New Foundland, opmærksom paa endel mænd som «lekte med dra-ger». Det var Marconi og hans hjælpere som førte en stor drage tilveirs, med en ledningstraad forbundet med de nødvendige mottagerap-parater for traadløse signaler. Paa et avtalt klokkeslæt lød tydelig 3 slag i apparatet. De første elektriske æter-bølger hadde naadd tvers over Atlanterhavet fra Eng-land. Senere har utviklingen været rivende. I 1907 regel-mæssig forbindelse over At-lanterhavet. Størst betyd-ning har den traadløse tele-grafi — radiotelegrafen — hat

for skibsfarten, og den blir større og større, jo flere skibe der utstyres med stationer. Rent som en roman lød beretningen om den første store redning av pas-sagerer fra en synkefærdig damper, «Republic», takket være de traadløse signaler som tilkaldte andre skibe, og dirigerte deres kurs tvers igiennem en tæt taake.

I 1912 var der 2500 stationer i drift, de fleste skibsstationer; herav kom ca. 1200 paa det tyske system Telefunken og ca. 1000 paa Marconis.

Fig. 145 og 146 viser skematisk nettet omkring en av Marconis kjæmpestationer og omkring den tyske station Nauen ved Berlin. Med slike stationer kan der telegraferes over 5000 à 6000 km.

I Norge har man stationerne Tjømmø, Flekkerø,

Røst, Værø, Sørvaagen, Ingø, Spitsbergen, Rundemanden og Kristiania. Stavanger, for korrespondanse med Amerika, venter kun paa fred for at fuldendes.

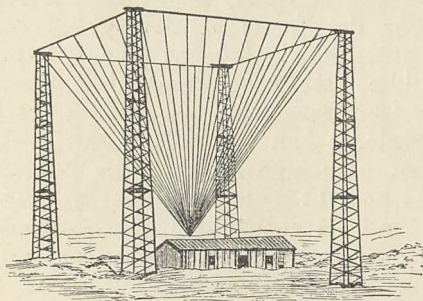


Fig. 145. Marconistation.

Ved stationer, der som Stavanger er beregnet paa korrespondanse i én retning, tar man hensyn hertil

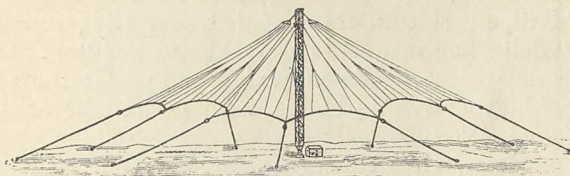


Fig. 146. Tysk station, Nauen.

ved placeringen av luftnettet som skal opta de elektriske svingninger.

Ved den traadløse telegrafering har der klæbet én mangel, nemlig at det var vanskelig at holde telegraferingen hemmelig. De elektriske svingninger forplanter sig utover i alle retninger, og kan følgelig opfanges av alle stationer indenfor et bestemt omraade. Man har søkt at rette paa det ved at «avstemme» stationerne, saa de fortrinsvis mottar bølger av en bestemt bølgelængde eller svingetal, omtrent som en stemmegaffel kan «tone med» en ensstemt anden stemme.

gaffel. Men det er langt fra nok. Hemmelighetens bevarelse ved avtalt «code» er altfor tidsspildende.

Blandt de merkeligste apparater for at opnaa dette, er det av nordmanden, marinekaptein *Hovland*, opfundne. For det første er det lykkes ham at konstruere et tilstrækkelig følsomt relæ til at bruke skriveapparat (ikke bare «sounder»). Ellers er systemet et typetrykssystem, men med et saadant arrangement at bokstavsignalerne kan «omstilles» slik at der ut gjennom æteren gaar signaler til andre bokstaver end de der trykkes paa. Et mottagerapparat trykker atter andre bokstaver end de som svarer til ætersignalerne, og er apparaterne «ens» indstillet, trykker det netop de bokstaver som avsenderapparatets tangenter angir. Avsenderapparatet signaliserer altsaa paa en maate X for U og 6 for 7, men mottagerapparatet skriver atter U for X og 7 for 6. Ny indstilling kan med lethed foretages.

Ogsaa til traadløs *telefonering* har man søkt at anvende de elektriske æterbølger, men det er endnu ikke naadd til en slik fuldkommenhet som telegraferingen.

Endelig har man ogsaa forsøkt den traadløse energioverføring til at tænde miner og styre baater og luftskibe. Det er lykkes at faa en liten baat til at lystre sin fjerne kaptein; roret lægges om, maskinen stoppes og reverseres, alt gjennom de for vore sanser umerkelige elektriske æterbølger.

Den rivende utvikling som har fundet sted paa de elektriske svingningsoverføringers omraade, lar os ane nye store muligheter, men endnu kun dunkelt.

TOLVTE KAPITEL

ELEKTRICITET I VERDENSRUMMET

DE elektriske svingninger vi har snakket om i forrige kapitel, forplanter sig ut gjennom æteren, teoretisk uten grænser, men svingningerne avtar saa sterkt at de snart blir umerkelige, saa synderlig langt utenfor vor klode vil de ikke kunne opfattes.

Der er imidlertid et slags elektriske svingninger som naar os fra det fjerne, nemlig *lyset*. Det er først nylig at man er begyndt at opfatte alt lys som elektriske bølger. Det er *Maxwell* som har utformet denne tanke, og de senere aars mange iagttagelser av gjensidig paavirkning mellem lys og elektromagnetisme, har styrket, ja fremtvunget denne opfatning.

De bølger som brukes i den traadløse telegrafi, har en bølgelængde paa ca. 600 m, eller ca. 500 000 svingninger pr. sekund. Man kan fremstille dem betydelig kortere. Lyssvingningerne har bølgelængder paa bare 400–760 $\mu\mu$ eller 400–750 billioner svingninger pr. sekund.

Hvordan kan nu slike svingninger opstaa?

Vi kan faa et legeme til at utsende lys ved at opvarme det til 525° , først rødt lys, senere hvitere og hvitere ved sterkere opvarmning. Ut fra et slikt lysende legeme straalere elektriske svingninger som kan opfattes av vort øie. Svingningerne skriver sig fra det lysende legemes mindste dele, det maa være selve elektronernes

hvirvler omkring atomkjernerne som skaper dem. Saa-
danne hvirvler vil selvsagt kunne gi anledning til et
foranderlig elektrisk felt omkring dem. Vistnok har
de bestandig en omdreiningsretning, men set langs
bevægelsesplanet vil jo en cirkelbevægelse se ut som
frem- og tilbakegaaende, svingende. Hvis derfor elek-
tronerne har en omløpstid av mellem 400-billiontedelen
og 750-billiontedelen av et sekund, vil bølgelæng-
derne bli som lysets.

Dette er nu imidlertid ikke bevægelse av *elektrici-
tet* i verdensrummet, bare forskyvninger av de elek-
triske kraftlinjer.

Med *katodestraaler* vil der derimot ske en transport
av elektricitet. Det er først og fremst professor *Birke-
land* som har hævdet at forskjellige foreteelser her
paa jorden, særlig *nordlys* og «*magnetiske uveir*» har
noget at gjøre med katodestraaler som slynges ut fra solen.

Naar nordlysene er særlig fremtrædende, optræder
ogsaa sterke magnetiske forstyrrelser, og ofte kan man
bestemt paavise at dette sker samtidig med sterk akti-
vitet paa solen, at en «*solflek*» pludselig opstaar, o.s.v.
Hvad kan aarsaken til denne samtidighet være?

Birkeland blev opmerksom paa at jordmagnetismen
(dens horisontale komponent) forandret sig stik mot-
sat i Nord-Norge og paa Jan Mayn i Ishavet. Det
kunde forklares ved at de to steder laa paa hver sin
side av en vældig elektrisk strøm i jorden eller høit
oppe i luften. Den sidste mulighed skapte tilknytning
til det flimrende lys deroppe: nordlyset. Birkeland
tok fat paa studiet av disse strømme, samtidig som
han søkte at eftergjøre nordlyset kunstig ved at la
katodestraaler fra en meget stor katode — solen —
falde ind paa en liten magnetiseret kule.

Kort efter tok professor *Størmer* fat paa problemet
fra den matematiske side, ved at undersøke hvordan
katodestraaler maa forholde sig i jordens magnetiske
kraftfelt. Begge metoder har bragt stor klarhet over
nordlysspørsmålet, selv om der endnu er enkeltheter
som ikke tydelig forstaaes, og selv om der er forskjellige
tydninger av de samme foreteelser.

Hvis vi tænker os at det er katodestraaler som slynges ut fra solen, vil vi prøve at følge elektronernes vei gjennom rummet til de muligens naar jorden.

Elektronerne vil gaa ret frem hvis de ikke kommer i et magnetfelt. Nu er jorden en magnet, og dens magnetfelt strækker sig milevidt ut gjennom rummet, teoretisk uten grænser. Selv ute ved solen er der litt antydning til det. Vi maa forestille os jorden som en



Fig. 147. Jordens magnetfelt ut gjennom rummet; jordens magnetiske akse lodret.

bitte liten magnet, med sydpol nær den geografiske nordpol. Elektronerne danner en bevægelig strømbane, og avbøiningen kan vi finde ved venstrehaandsregelen. I tilfældet i figuren blir det frem fra papiret. Vi kan ogsaa ræsonnere som saa: naar jorden opfører sig som en magnet, skyldes det elektriske strømme som kredser rundt den, nogenlunde paralelt med ækvators plan, indeni den eller utenom, eller begge dele. Det man sedvanlig kalder strømmens retning, vil være fra øst gjennom syd mot vest, elektronerne altsaa motsat. Elektroner som kommer indenfor denne hvirvel, merker den stadig sterkere, og faar et ryk til siden (paralelt ækvators plan). Elektronernes *fart* forandres ikke, for kraften virker ikke i bevægelsens retning.

Længere og længere ind kommer elektronerne, mere og mere bøies de av; kanske gaar de utenfor jorden, kanske bøies de av saa meget at de snur utover. Men det kan ogsaa hände at retningen er slik at de ikke kan komme forbi. I spiralflygt — fordi de bestandig bøies til samme side — bærer det indover mot jorden.

Hvad deres skjæbne blir, avhænger av den fart og retning de hadde fra først av.

Nu kjender vi jordens magnetfelt, og ogsaa katodestraalepartiklernes ladning og hastighet. Der er dog

forskjel paa katodestraaler; nogen er «haarde» og nogen er «bløte», d. v. s. de har mere eller mindre bøielige

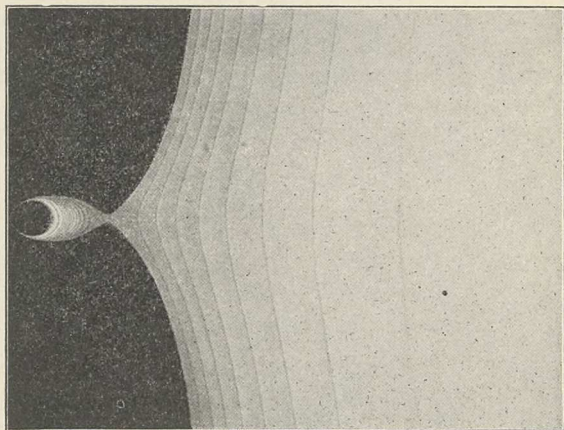


Fig. 148. Fremkommelig og ufremkommelig rum for elektronerne i jordens magnetfelt.

baner, men vi *kjender* disse forhold, og det gaar derfor an at beregne banerne for forskjellige slags katodestraaler.

Det er næsten lettest først at regne ut hvor de

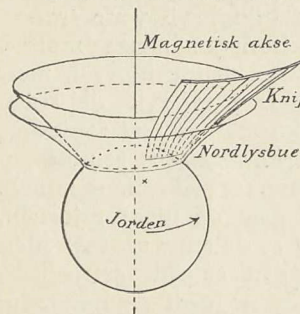


Fig. 149.

ikke kan komme. Fig. 148 forestiller et snit ut gjennom rummet fra jorden. Katodestraaler av bestemt haardhet kan da ikke komme ind i det mørke rum, d. v. s. hvis først elektronerne

kommer ind gjennom «aapningen», blir de likesom fanget i en fælde; det rum de kan bevæge sig i, blir stadig smalere og smalere, indtil det blir et trangt belte

omkring den magnetiske pol, i nogen afstand fra den. Fig. 150 gir et billede av rummets form nær jordens overflate, omtrent som det tragtformede rum mellem to «separatorskaaler».

Om vi nu har en hel armé av elektroner, som tilsammen danner en cylindrisk bundt av katodestraaler, vil denne spredes ut til siderne i det trange rum, som paa figuren.

Helt ned til jorden kan katodestraalerne ikke komme,



Fig. 150. Nordlys mot vest, natten mellem 28. febr. og 1 mars 1910.
Fotograferet av Størmer.

de kan jo ikke gaa langt i luften. Men ved kollisionen med luftens molekyler og atomer vil de avgi sin energi til disse og frembringe lysning; luften blir desuten ladet med elektroner — *ioniseret* — og derved ledende.

Hvordan vil nu dette ta sig ut set fra jorden?

La os anta at vi stod paa et sted litt søndenfor «beltet» ved x (fig. 149). Paa den nordlige himmel, høit oppe, hvor luften er rigtig tynd, vilde vi se et lysende baand, omtrent øst—vest, en *nordlysbue*, vel at merke hvis det var mørkt. Solen maatte altsaa staa paa den motsatte side av jorden. Kun den del av elektroneknippet,

som kommer ind paa «natsiden» («baksiden», set fra deres bane), vilde sees. Nu dreier jorden sig, og hvis buen ikke rækker helt rundt, vil den synes at flytte sig. Fortsætter katodestraalerne at komme gjennom mere end et døgn, vil fænomenet dukke op igjen den næste kveld.

Nu dreier ikke jorden sig om sin *magnetiske* akse, og ogsaa derfor vil lysningen flytte sig paa himmelen,

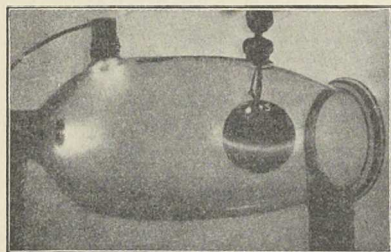


Fig. 151. Et av Birkelands «verdensrum». Kulen forestiller jorden, katoden til venstre solen.

av den grund væsentlig nord-syd. Kom der samtidig en anden bundt katodestraaler med næsten samme oprindelige retning og hastighet, vilde den gi anledning til en ny bue. Straalebundter av vekslende haardhet og utslyngningshastighet vilde gi et blaffende lys.

Slik kan altsaa nordlys opstaa. Men er det slik? For at faa rede paa det trænges der først og fremst nøiagtige maalinge av selve nordlyset. Det blev først mulig, da det lykkedes Størmer at *fotografere* det. Maalinge paa fotografierne viser en meget stor overensstemmelse med de beregnede muligheter. Saaledes viser det sig at nordlysets høider falder i meget bestemte grupper, nogen litt under 100 km, andre i ca 105 km høide, hvad der da svarer til forskjellige sorter katodestraaler.

Haand i hand med dette matematiske arbeide er gaat Birkelands *eksperimenter*. Fig. 151 viser et av Birkelands mindre «verdensrum». Med en bestemt magnetisering og bestemte straalearter blir der en lysning omkring ækvator (ogsaa beregnet mulig) som nærmest minder om Saturns ring. Det er da en mulighet for at dette berømte naturfænomen dermed finder sin forklaring. En slik elektronehvirvel omkring en klode vil ogsaa være istand til at magnetisere den,

slik som f. eks. jorden. Det er mulig at det mystiske *zodiakallys* som man ser i ækvatoregnene, henger sammen med denne lysning i fig. 151.

Med andre straa-
ler vil lysningen ligge
nærmere polerne, slik
som i fig. 152.

Det morsomste
eksempel paa over-
ensstemmelse mellom
eksperimentering og
beregning har vi i fig.
153. Det ene gir bille-
det av katodestraaler-
nes «nedslag» paa
jorden, det andet
gjengir en model av
Størmers beregnede
baner.

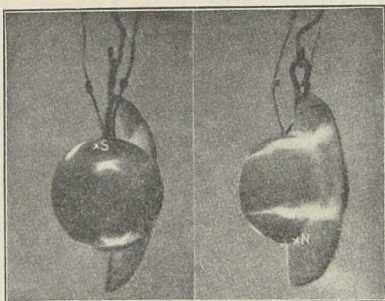


Fig. 152. Birkelands «veslejord», som utsættes for katodestraaler. De kommer ind nær polerne og skaper lysende baand.

Det arbeide som av disse norske videnskapsmænd er nedlagt for at løse nordlysets gaade, er overmaade stort. Bare det meka-
niske arbeide har kræ-
vet mange tusen timer,
og eksperimenterne
har krævet aar av
tid og store penge-
utlæg.

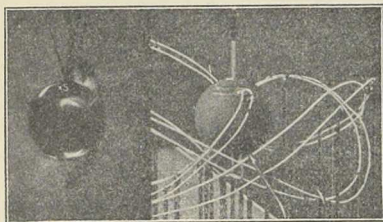


Fig. 153. Til venstre Birkelands «veslejord». Til høire Størmers beregnede baner for katodestraaler.

Men det er bare
ihærdigheten og taal-
modigheten som lover
seier.

Vi har paa de foregaaende blade søkt at gi nogen besked om elektricitetens natur og litt om dens mange-
artede anvendelser, mere om de almindelige prinsipper
end om de mangehaande nyttiggjørelser.

Veien er lang fra det gnedne ravstykke til skibet
hvis ror og maskiner lyster «traadløse» ordrer fra land.

Og lang og bugtet er den tankens vei som fører fra det «besjælede» rav til de skarpe beregninger av elektronets forhold under de forskjelligste omstændigheter, dets bevægelse i lederne, dets sammenhæng med materien, dets fart gjennom rummet, dets svingningers virkning, gjennom bølger, paa lange avstande som lys, ja endog dets sammenhæng med selve tiltrækningen mellem al materie, den tiltrækning som hersker gjennom hele rummet.

Meget vet vi, men meget staar endnu igjen, og ett skal ikke glemmes: ofte flytter vi ved vore nye forklaringer bare problemerne andetsteds hen end før. Elektronet kjender vi og behersker det, men naturens inderste væsen er ikke derfor aabenbaret for os.



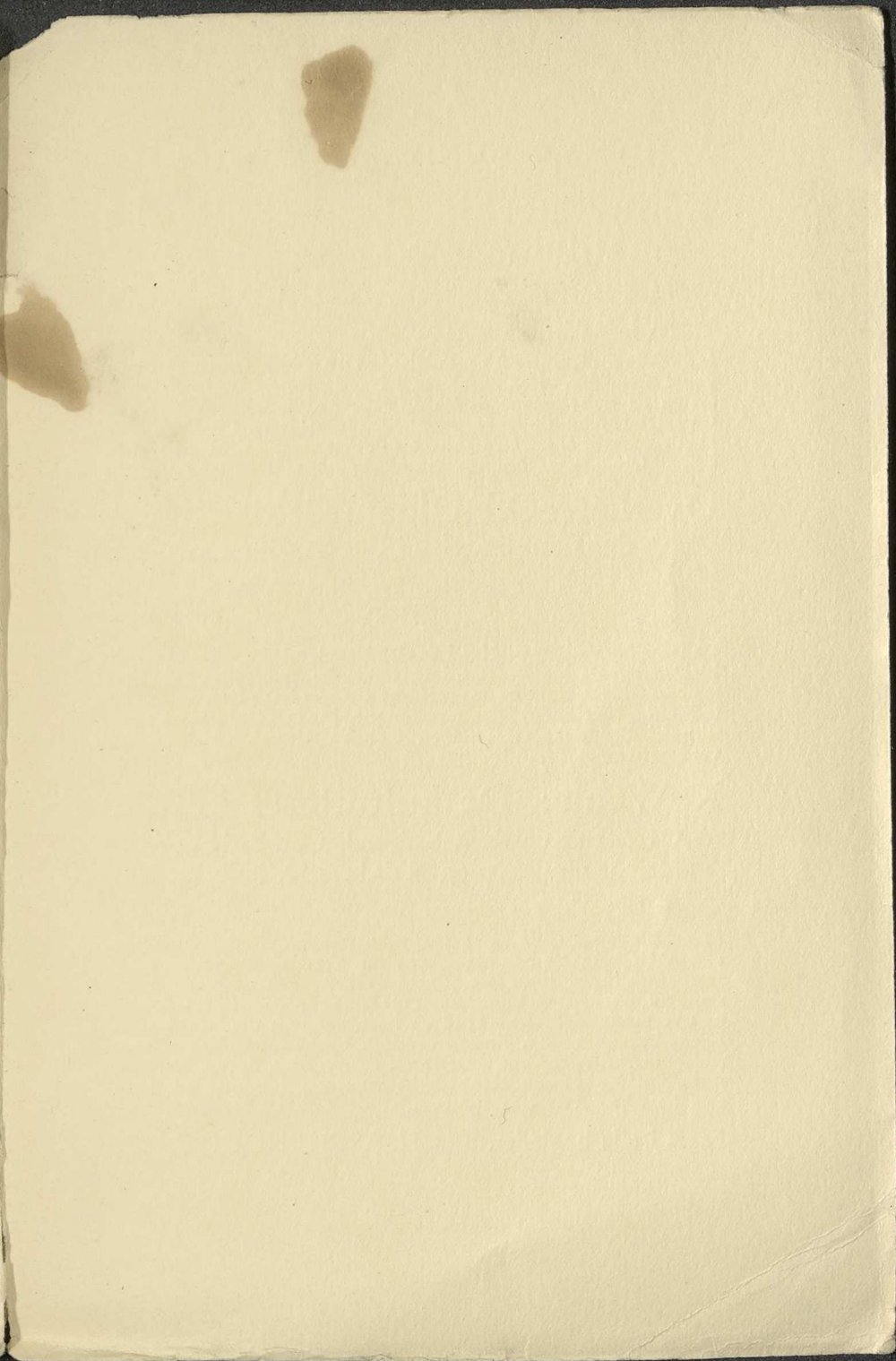
LITERATUR

- D. Isaachsen*: Lærebok i fysik, 2den del, for realgymnasier og tekniske skoler.
- Helge Holst*: Elektriciteten. En populær fremstilling med beskrivelse av en mængde elektriske artikler.
- la Cour og Appel*: Historisk fysik, 4de del. Indholdet av nærværende boks første kapitel er hentet derfra.
- P. Lobben*: Elektricitet og magnetisme. En populær teknisk bok.
- P. Lobben*: Vekselstrømsmaskiner. Som foregaaende.
- Grundt og Schøyen*: Elementær elektroteknik. Lærebok for tekniske elementærskoler.
- Enger, Gregersen og Hiorth*: Veiledning i utnyttelse av mindre vandfald. Utgit efter offentlig foranstaltning.
- Vasdragsvæsenets kraftanlæg paa Jubilæumsutstillingen (brochure). Fig. 40 og 119 er velvillig utlaant derfra.
- Julius From*: Elektriske anlæg paa landsbygden. Kortfattet.
- Gottwaldt*: Elementær radiotelegrafi. Nærmest for praktiserende radiotelegrafister.
-

Gutter som har lyst til selv at eksperimentere, vil kunne gjøre efter endel av de forsøk som er beskrevet, med simple, hjemmelagede apparater. Prøv at faa tak i forsøkenes kjerne og at gjøre alle apparater enkle, men lag dem omhyggelig. Materialer, som traad, klemskruer etc., kan faaes kjøpt hos elektriske forretninger som fører svakstrømsapparater (telefon-, ringeapparater etc.), desuten fra instrumentmakere som fabrikerer fysisk undervisningsmateriel (i Kristiania: O. G. Gjøsteen, N. Jacobsen, K. Ihli, Wingers elektriske verksted o. fl.). Disses kataloger vil ogsaa gi nogen anvisning paa apparaters form og utførelse.

INDHOLD

	Side
Kap. 1. De smaa begyndelser	1
» 2. Hvad er elektriciteten	16
» 3. De mange navne	32
» 4. Elektriciteten i køkkenet	42
» 5. Det elektriske lys	59
» 6. Elektricitet og materie	71
» 7. Elektricitet og magnetisme — telegrafen	90
» 8. Den elektriske induktion — telefonen	109
» 9. Kraftmaskinerne	119
» 10. Med elektronerne fra pol til pol	134
» 11. Elektriske svingninger — traadløs telegraf	147
» 12. Elektricitet i verdensrummet	159



Av HJEMMETS UNIVERSITET er utkommet:

Konservator Einar Lexow: Stilfølelse og stilformer. En historisk oversigt.

Med ca. 150 illustrationer. Pris kr. 1.50, ib. kr. 2.00.

Av indholdet kan nævnes:

Indledning. Kunstens oprindelse. Den ældre stenalder. Den yngre stenalder. Bronsealderen i Nordeuropa. Ægypten. Assyrien og Babylonien. Kreta og Mykene. Grækenland. Rom. Gammelkristelig og byzantinsk stil. Jernalderen i Nordeuropa. Den romanske stil. Den gotiske stil. Renæssanse. Barok. Rokoko. Louis seize. Empire. Stilforvirringen. Den moderne stil.

Overlærer O. F. Olden: Elektriciteten og dens anvendelse i det daglige liv.

Med 154 illustrationer. Pris kr. 1.50, indb. kr. 2.00.

Av indholdet kan nævnes:

De smaa begyndelser. Hvad er elektriciteten. De mange navne. Elektriciteten i køkkenet. Det elektriske lys. Elektricitet og materie. Elektricitet og magnetisme (telegrafen). Den elektriske induktion (telefonen). Kraftmaskinerne. Med elektronerne fra pol til pol. Elektriske svingninger, traadløs telegraf. Elektricitet i verdensrummet.

K. Weule: De kulturløses kultur.

Oversat av universitetsstipendiat dr. Solberg.

Med 33 illustrationer. Pris kr. 1.50, indb. kr. 2.00.

Av indholdet kan nævnes:

Fremmede folkeslag og vi. Falske forestillinger. Etnografiske paraller. Formrigdom i menneskets kultur. Varselsmøter, stendynger, sympatitrolldom, ondt øie, skogdjævel og svingstikke. Efterstandere. Kastetræ og bumerang. Nye tanker i antropologien. Gamle og nye raceinddelinger. Hud og haar, gang og øie. Menneskehetens kulturelementer. Inventaroversigt. Falske forestillinger. Vore ældste forfædres rigdom. De første erhvervelser. Sprog. Verktøier. Ilden. Slutning og utsyn. Menneskehetens utbredelsesmulighed. Ilden som hemsko. Kvindens apoteose.

Faaes i alle boglader.

H. ASCHEHOUG & CO.