

# OPWEKKING, VOORTGELEIDING EN TOEPASSING VAN ELECTRICITEIT

DOOR

C. L. VAN BALEN

DIRECTEUR DER GEMEENTELIJKE KWEESCHOOL  
VOOR ONDERWIJZERS EN ONDERWIJZERESSEN  
TE AMSTERDAM

UITGAVE:

VEREENIGING  
VAN DIRECTEUREN VAN  
ELECTRICITEITSBEDRIJVEN  
IN NEDERLAND





VEREENIGING VAN DIRECTEUREN VAN ELECTRICITEITSBEDRIJVEN  
IN NEDERLAND

---

# DE OPWEKKING, VOORTGELEIDING EN TOEPASSING VAN ELECTRICITEIT

DOOR

**C. L. VAN BALEN**

DIRECTEUR DER GEMEENTELIJKE KWEEKSCHOOL VOOR  
ONDERWIJZERS EN ONDERWIJZERESSEN TE AMSTERDAM

---

LEERBOEKJE TEN GEBRUIKE BIJ HET LAGER  
EN MEER UITGEBREID LAGER ONDERWIJS



CENTRAAL BUREAU  
BREEDESTRAAT 11, MAASTRICHT

1926





## TER INLEIDING.

AAN MIJN COLLEGA'S.

Reeds voor jaren heb ik de stelling verdedigd, dat het gewenscht is, dat de leerlingen der Lagere School kennis hebben van de dingen, die zij dagelijks gebruiken, een en ander weten van thee, koffie, rijst, die zij nuttigen, iets vernemen omtrent den oorsprong van katoen en wol en leder, waarvan hun kleeren en schoeisel gemaakt zijn, enz. Hierdoor wordt hun blik verruimd, zij krijgen kijk op de noodzakelijkheid van den wereldhandel en begrip van de onderlinge afhankelijkheid der menschen.

Sinds dien is er al weer heel wat veranderd. De moderne techniek heeft ons met allerlei nieuwe vindingen verrijkt. Ieder kind spreekt over electriciteit, over vliegmachines, over radio, als over heel gewone dingen. Zij willen er allen graag wat meer van weten. Nu gaat het niet aan, al die scheppingen der techniek te behandelen. Eerstens niet, omdat wij zelf het niet kunnen. Wij, ouderen, hebben nog niet den eenvoudigen weg gevonden, waarlangs het kind een en ander kan worden bijgebracht omtrent deze onderwerpen. Voorts niet, omdat wij geen tijd genoeg hebben, om dit alles te behandelen.

De electriciteit heeft echter tegenwoordig zoo'n enorme beteekenis in het leven gekregen, dat voor haar wel een uitzondering mag gemaakt worden. Niet alleen vindt men in het kleinste dorp, in binnen- en buitenland, electrisch licht, maar ook voor de opwekking van warmte en kracht wordt hoe langer hoe meer van electriciteit gebruik gemaakt. Zij ver-aangenaamt en verlengt het leven, bevordert de hygiëne en vergemakkelijkt den arbeid door de vele hulpdiensten, die zij in werkplaats en gezin bewijst. Ongetwijfeld vormt de groeiende toepassing van electriciteit een groot volksbelang; de algemeene welvaart neemt meer dan recht evenredig toe met het aantal kilowatturen dat verbruikt wordt.

Toen dan ook de heer J. TEDERS tot mij kwam met het voorstel om door middel van paedagogisch georiënteerde electriciteitstentoonstellingen de kennis van de electriciteit bij ons volk en met name bij onze schooljeugd te vermeerderen en mij vroeg ter voorbereiding van het tentoonstellings-bezoek een handleiding te schrijven voor de bespreking op de Lagere

School van de opwekking, voortgeleiding en toepassing der electriciteit, was ik direct met dit denkbeeld ingenomen en heb ik aanstonds mijn tijd en mijn bescheiden krachten belangeloos ter beschikking gesteld.

De uitwerking onzer plannen bracht ons in aanraking met de VEREENIGING VAN DIRECTEUREN VAN ELECTRICITEITSBEDRIJVEN IN NEDERLAND, die niet alleen dadelijk haar medewerking toezegde, maar ook zelf reeds sedert jaren (1917) bezig bleek om te trachten door het samenstellen van schoolplaten en andere leermiddelen de leerlingen der Lagere School althans eenigermate met de beginselen der electro-techniek vertrouwd te maken. Hoewel deze pogingen, geleid door den energieke voorzitter der V.D.E.N., den heer J. G. BELLAAR SPRUIJT, nog niet met succes waren bekroond, hadden zij er toch toe geleid, dat de V. D. E. N. de noodige ervaringen had opgedaan en gegevens had verzameld, waarmede zij ons werk in hooge mate kon steunen. Het overleg omtrent den te volgen weg leidde dan ook al spoedig tot overeenstemming en het plan, dat in gemeen overleg werd vastgesteld en uitgevoerd — waarbij de hulp van den heer Ir. J. C. VAN STAVEREN, directeur van het Centraal Bureau der V. D. E. N., ons van grooten dienst was — omvatte in de eerste plaats het samenstellen van eenige schoolplaten en van dit schoolboekje en in de tweede plaats het organiseren van paedagogische electriciteitstentoonstellingen en het opnemen van enkele daarbij te vertoonen films.

De schoolplaten, die door den heer C. SCHAAF werden geteekend, geven een voorstelling van de drie gedeelten, waarin men de opwekking en voortgeleiding der electriciteit kan splitsen, terwijl in dit boekje, naast eenige natuurkundige beschouwingen omtrent de voornaamste eigenschappen der electriciteit — toegelicht met de beschrijving van enkele eenvoudige proeven — en een bespreking der schoolplaten, ook nog een en ander over de toepassing der electriciteit voor licht, kracht en verwarming is opgenomen. Dit materiaal dient ter voorbereiding van hetgeen op de tentoonstellingen, die door het geheele land zullen worden gehouden, zal zijn te zien en waarop o.a. alles wat in dit boekje wordt behandeld, met behulp van modellen en films — door een afzonderlijke commissie van deskundigen samengesteld — zal worden toegelicht. Op deze wijze zal den kinderen ook een indruk worden gegeven van de werkelijkheid, die zij aan de hand van de schoolplaten en met behulp van dit boekje eenigermate zullen hebben geleerd te begrijpen. Er is dus op gerekend, dat op de scholen, die daarvoor in aanmerking komen, — en ik denk hier vooral aan de Lagere School met en zonder M. U. L. O. — de onderhavige stof met de schoolplaten wordt behandeld, alvorens een bezoek aan de tentoonstellingen zal worden gebracht. *Alleen door de hulp van het gesproken woord van den onderwijzer komt het boekje en ons heele streven tot zijn recht* en zullen de leerlingen goed voorbereid op de tentoonstellingen kunnen komen. Alleen die wat weet, ziet wat

Het ligt in de bedoeling om voor deze organisatie de hulp en medewerking in te roepen van alle autoriteiten en lichamen, die bij de zaak betrokken zijn en het o.a. daarheen te leiden, dat de schooljeugd per goedkoope reisgelegenheid naar deze tentoonstellingen zal worden gebracht.

Voor zoo'n reusachtig plan van volksopvoeding zullen, naar ik vertrouw, velen met mij enthousiast zijn. Het biedt een eenige gelegenheid om op onschoolsche, nooit gekende wijze, aan het schoolkind nuttige kennis te brengen, die het op geen andere wijze zoo volledig, zoo aanschouwelijk en zoo prettig zal kunnen krijgen. Het is extra-scolair onderwijs, dat men alleen mogelijk zou achten in het land der onbegrensde mogelijkheden, in Amerika.

Maar hier, in ons Holland, zijn wij begonnen met het te **doen**.

\* \* \*

Maar nu een geschikt boekje samen te stellen. Ik behoef den Nederlandschen onderwijzer niet te vertellen, dat ik daar zéér tegen opzag. Intusschen, ik heb het geprobeerd en wel op de volgende wijze. Eerst heb ik door het houden van besprekingen met verschillende ingenieurs en door het brengen van enkele bezoeken aan de beide centralen te Amsterdam mijn eigen kennis van de onderhavige materie opgefrischt en vergroot.

Daarna heb ik aan de hand van een aantal proeflessen, die ik in verschillende plaatsen van het land heb gegeven, nagegaan wat wèl en wat niet aan de leerlingen eener Lagere School over dit onderwerp kan worden verteld. Aanvankelijk meende ik hier niet zeer ver te kunnen gaan en mij in hoofdzaak tot beschrijving te moeten beperken zonder op de eigenlijke electriciteitsleer te kunnen ingaan. Hierdoor kwam ik echter in botsing met het juiste beginsel door de V. D. E. N. gesteld en ook door anderen naar voren gebracht, dat een doelmatige bestrijding van de gevaren, die de electriciteit kan brengen, moet berusten op kennis van de voornaamste natuurkundige wetten der electriciteit en geenszins mag geschieden door met niet nader verklaarde waarschuwingen het publiek schrik aan te jagen. Alleen door het aanbrengen van eenig begrip omtrent den onderlingen samenhang der electricische verschijnselen is een vruchtdragende bestrijding der gevaren mogelijk.

Deze overwegingen brachten mij er toe bij mijn proeflessen steeds verder en verder te gaan en de bezwaren, die ik verwachtte, zijn . . . uitgebleven. Integendeel, de leerlingen, die zonder uitzondering veel belangstelling voor het onderwerp toonden, gaven blijk de stof beter te begrijpen, naarmate ik de natuurkundige basis ervan verbreedde. Zooals het een schoolmeester betaamt, *verteide* ik wat noodig was ter oriëntering en *vroeg* daarna al datgene, waarvan ik verwachtte, dat de klasse het zelf zou kunnen vinden. Hoewel ik zeer goed wist, dat de leerlingen (gelukkig)

van heel wat meer afweten, dan wij hun op de lagere school leeren, zoo was het toch ook voor mij een aangename verrassing te bemerken, hoe scherp jongens en meisjes opmerkten en hoe goed zij ook de hun geheel vreemde electricische verschijnselen, die ik behandelde, begrepen.

Bij het behandelen der stof heb ik het te bereiken doel, den kinderen iets omtrent de *practische toepassing* der electricische verschijnselen bij te brengen, steeds in het oog gehouden. Opzettelijk ben ik daartoe afgeweken van de methodiek der gebruikelijke leerboekjes en heb ik gebroken met de traditie van vlierpitbolletje en kattevel. Inderdaad, het gepraat over statische electriciteit op de Lagere School dient tot niets er het wordt hoogtijd, dat men ook bij het onderwijs in de natuurkunde het noodzakelijke van het wenschelijke scheidt.

Recht op het doel afgaande, behandel ik in hoofdzaak slechts drie der belangrijkste electricische verschijnselen: de invloed van een bewegenden magneet op een geleider (opwekking van spanning en stroom), de invloed van den electricischen stroom op een stuk ijzer (electromagneet en transformator) en de warmteontwikkeling van den stroom in geleiders (verlichting en verwarming). Dit is voldoende om den kinderen te verklaren, hoe de electriciteit wordt opgewekt, voortgeleid en toegepast; meer hebben we niet noodig, al blijft natuurlijk een ieder vrij om naar eigen inzicht daar, waar hij zulks wenschelijk acht, de stof in de breedte — bv. met een behandeling van den gelijkstroom en zijne toepassingen — of in de diepte — bv. met een bespreking van de werking van stroomen op magneten — aan te vullen.

Moeilijker dan de behandeling der voornaamste electricische verschijnselen was de beantwoording van de vraag, hoe den kinderen de grondbegrippen, spanning (volt), stroom (ampère), vermogen (watt) en verbruik (kilowattuur) bij te brengen. Dat dit noodzakelijk is, zal duidelijk zijn, wanneer men bedenkt, dat iedere leek deze woorden geregeld gebruikt, ofschoon hij er gewoonlijk de beteekenis niet van kent.

Ik heb getracht deze zaken binnen het bevattingsvermogen van het kind te brengen door gebruik te maken van analogieën. Ervaren docenten toch leiden zelfs voor oudere leerlingen deze onderwerpen bij voorkeur zoo in. Natuurlijk moeten deze eenerzijds eenvoudig zijn, zonder anderzijds den aard der natuurkundige verschijnselen te veel geweld aan te doen. Een dergelijke analogie heb ik op blz. 23 en 24 beschreven. Waar overigens ook de bekende wateranalogie in bepaalde gevallen — en met name voor de Mulo-scholen — wel van nut kan zijn, laat ik die in den vorm, zooals zij het best bij dit boekje aansluit, hier volgen.

De electricische geleider kan dan zeer goed vergeleken worden met een met water gevulden cylinder, waarin zich een zuiger kan bewegen. Aan beide uiteinden van den cylinder bevindt zich een kraan; beide kranen zijn verbonden door een eveneens met water gevulde slang, waarin een

watermeter is opgenomen. Zijn de kranen gesloten en drukken wij op den zuiger, dan ontstaat tusschen het water boven en onder den zuiger een drukverschil, dat wij met een manometer zouden kunnen meten. Openen wij nu de kranen, dan zal, zoodra wij op den zuiger drukken, onmiddellijk een stroom van water van de onderste cylinderhelft naar de bovenste loopen. De watermeter wijst daarbij aan hoeveel liter water er per sec. door de slang stroomt. Trekken wij, als de zuiger beneden is, hem weer omhoog, dan zal de stroom in de slang van richting veranderen. Door den zuiger in den cylinder heen en weer te bewegen, kunnen wij dus een waterwisselstroom in de slang tevoorschijn roepen. Dit verschijnsel is geheel analoog met het opwekken van electricische spanning en stroom in een koperspiraal met behulp van een draaienden magneet. De werking van den heen en weer gaanden zuiger op het water is dezelfde als die van den draaienden magneet op de electriciteit in den geleider, terwijl ook de begrippen spanning en stroomsterkte duidelijk naar voren treden. Staan deze begrippen eenmaal vast, dan biedt het geen groote moeilijkheden meer om ook de begrippen vermogen (= spanning  $\times$  stroom) en verbruik (= vermogen  $\times$  den tijd, dat het gebruikt wordt) duidelijk te maken. Ook het feit, dat de stroomsterkte afhankelijk is van den druk en den weerstand, dien de slang en de kranen tegen de strooming bieden, kan met deze analogie duidelijk worden gemaakt.

Bij mijn lessen heb ik er natuurlijk voor gezorgd, dat de vaktermen, die ik gebruiken moest, en die ook in dezen tekst voorkomen, geleidelijk onder de behandeling werden opgeschreven op het schoolbord, opdat de leerlingen die namen meteen zouden opnemen, en ze weer konden lezen, als ze ze vergeten waren.

Aan het einde van de les heb ik een recapitulatie gehouden, zooals die ook in dit boekje aan het eind van elk hoofdstuk voorkomt.

Als aanschouwingsmateriaal gebruikte ik met succes de schoolplaten en de eenvoudige toestelletjes beschreven op blz. 25 en 37, die thans evenals dit boekje en de schoolplaten door de zorg der V. D. E. N. verkrijgbaar zijn gesteld. Het gebruik van dit materiaal biedt het groote voordeel, dat men den kinderen kan laten zien, waarom het gaat, hun voorstellingsvermogen dus te hulp komt en daardoor het resultaat der lessen belangrijk verhoogt.

Dit alles deel ik mede, omdat ik zeer wel weet, dat honderden van mijn collega's, die van deze nieuwigheid zullen hooren, hun hoofd zullen schudden en klaar zullen staan met de bewering: dat het veel te moeilijk is. Ik ben van een andere meening en verwacht, dat ik duizenden medestanders zal krijgen, tot heil van het schoolkind.

Natuurlijk moeten wij elkaar goed begrijpen. Aan een kind leert men wat des kinds is. Ik heb dus geen verhandelingen gehouden over het wezen der electriciteit en wat dies meer zij. Wel heb ik getracht de voor-

naamste natuurkundige beginselen, waarop de in dit boekje besproken toestellen en inrichtingen berusten, duidelijk te maken, waartoe ik ze natuurlijk in hun eenvoudigste gedaante heb gehouden. Voorts is alles vereenvoudigd tot op het grondprincipe. Dit geldt bv. voor het stoommaken. Iedereen weet wel, dat de moderne stoomketel niet alleen maar is een groote tegen inwendigen druk bestand zijnde ketel met water erin en een vuur er onder. In principe is hij dat echter wel en daar gaat het om.

Op de M. U. L. O.-scholen kan elk dezer onderwerpen allicht grondiger behandeld worden. Dat kan ik gerust overlaten aan de docenten. Het was mij echter vooral er om te doen, iets te geven dat bruikbaar is voor het volkskind. Voor dat kind is het lager onderwijs eind-onderwijs en ik wou deze schoone gelegenheid niet onbenut laten om het schoolkind ook eenig begrip bij te brengen van het verloop van zaken bij de opwekking, voortgeleiding en toepassing van electriciteit.

Dit boekje wil een leidraad zijn voor de behandeling der electriciteit op de Lagere School. Aanvullende proeven en besprekingen, een ieder geve ze naar eigen inzicht. Slechts houde men in het oog, dat met het bestaande moet worden gebroken en den leerlingen iets geboden worden moet vóór het leven en uit het leven. Dan en dan alleen is er belangstelling bij onderwijzer en leerling. Ongetwijfeld zal het bezoek aan de tentoonstelling deze belangstelling nog vergrooten en er den onderwijzer toe brengen, allerlei onderwerpen nog nader te behandelen.

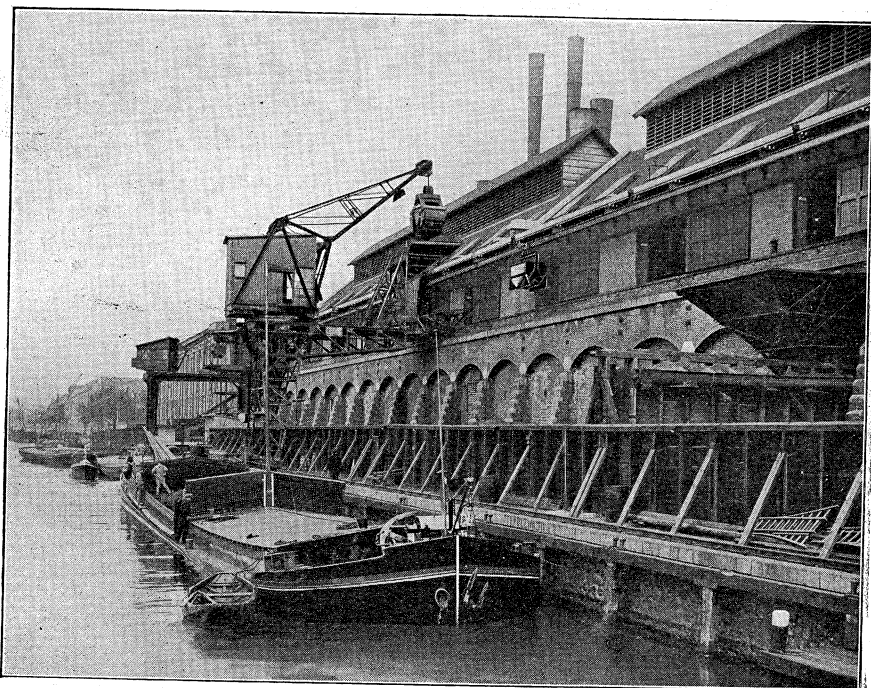
Nu heb ik mijn kaarten opengelegd. Ik hoop zeer, dat duizenden het spel ook eens willen spelen met hun leerlingen.

AMSTERDAM, Februari 1926.

C. L. VAN BALEN.

## I. VAN KOLEN TOT STOOM.

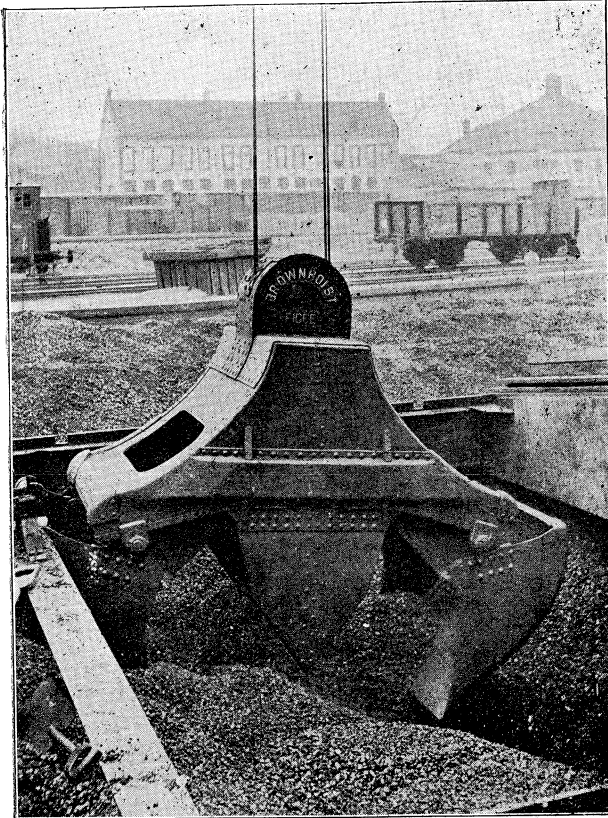
Onderstaande foto stelt de kolenlosinrichting voor van een groote elektrische centrale. Op den voorgrond zie je het kanaal, waarin de kolen-schuiten liggen en daarachter het hooge ketelhuis met enkele schoorsteenen. Links staat de **loskraan**.



Afb. I. DE KOLENLOSINRICHTING.

- Zoek op:
1. Het huisje, waarin de kraandrijver zit, met de deur, waardoor hij in- en uitgaat, en het raampje, waardoor hij kan kijken.
  2. De poot en de arm, waarop de loskraan met het huisje rust.
  3. De grijper.
  4. De vultrechter.
  5. Het kolenschip.

Hoog boven in zijn huisje zit de kraandrijver. Dat huisje lijkt op één poot te staan, als een ooievaar, maar wie goed toeziet, bemerkt dat er ook nog een arm is, die een steunpunt heeft op den muur. In dat huisje zijn machines, waarmee de kraandrijver *heel in zijn eentje* het schip met steenkool, dat voor den wal ligt, kan lossen.



Afb. 2. EEN GRIJPER, NEERGELATEN IN HET RUIM  
VAN EEN KOLENAAK.

Dat gaat zóó: De poot en de arm waarop de kraan rust, hebben elk aan hun uiteinde wielen, die op rails loopen. Elektrisch kan de kraandrijver nu de kraan over deze rails langs den waterkant laten rollen, totdat zij vóór het schip staat. De kraandrijver bedient dan een machine, waardoor hij den **grijper** kan laten zakken of omhoog halen. Bovendien kan hij zijn huisje met de kraan laten draaien, door een hefboom te verzetten. Hij kan dus den grijper boven het **kolenschip** brengen en hem in de kolen laten zakken.

- Zoek op: 1. De staalkabels, waaraan de grijper hangt.  
2. De twee kaken van den grijper.  
3. De kanten van het schip.

De schoppen, die links liggen, zijn noodig om de laatste beetjes steenkool bij elkaar te scheppen voor den laatsten hap van den grijper.

Die grijper staat wijd open, als of het de muil van een ondie was, dat kolen vreet. Al weer met zijn machine kan de kraandrijver, die rustig in zijn huisje blijft zitten, de beide „kaken” van den grijper naar elkaar toe



halen. Hierdoor sluit deze zich dus en vult zich met steenkool. Daarna kan hij den gevulden grijper optrekken.

\* \* \*

Er zijn natuurlijk grijpers van verschillende grootte. Voor het lossen van steenkool worden er gebruikt met  $1\frac{1}{2}$  m<sup>3</sup> inhoud,  $2\frac{1}{2}$  m<sup>3</sup> en 4 m<sup>3</sup> inhoud; soms nog grootere. Hoeveel is dat nu? 1 hl is  $\frac{1}{10}$  deel van een m<sup>3</sup>; dus  $4 \text{ m}^3 = \dots \text{ hl}$ . Een hectoliter steenkool weegt gemiddeld 80 kg, dus  $\dots \text{ hl wegen } \dots \times 80 \text{ kg} = 3200 \text{ kg}$ .

Nu is 3200 een groot getal en wij rekenen wel heel gemakkelijk met die groote getallen, doch kunnen ons toch niet goed voorstellen, hoeveel dat is. Daarom is het wel aardig, het volgende sommetje te maken. Een kind van 10 jaar weegt gemiddeld 40 kg (ga je eigen gewicht maar eens na). 3200 kg is dus het gewicht van  $3200:40 \times 1$  kind van 10 jaar, dus van 80 kinderen van dien leeftijd. Dat is dus meer dan twee volle klassen. Ja, op het platteland zijn scholen, die nog niet eens 80 kinderen tellen. Het gewicht van zoo een heele school vol kinderen met den meester erbij, zou dus in één hap door den grijper kunnen worden opgetild.

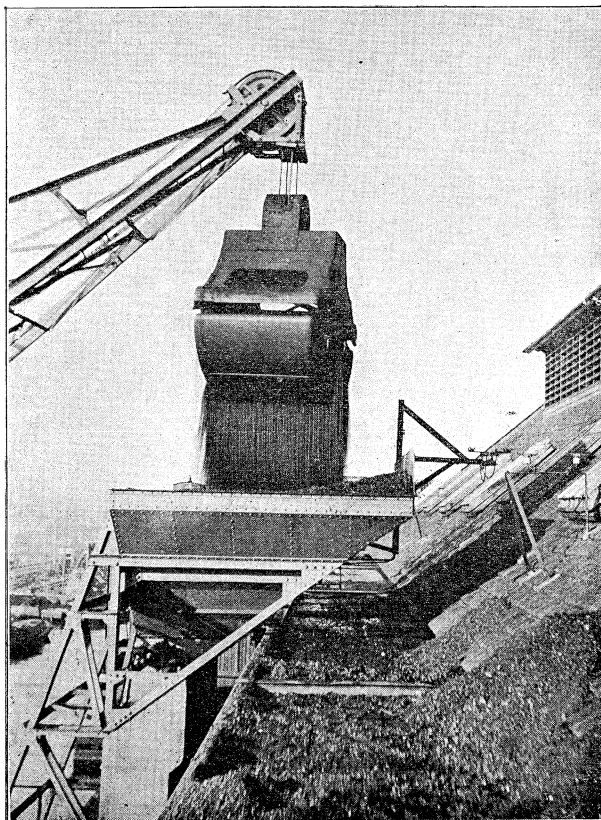
Wij kunnen ook anders rekenen: een gezin verbruikt in één jaar ongeveer 20 hl steenkolen voor verwarming. In één hap hapt zoo'n grijper 40 hl. Daar zou een gezin dus twee jaar van kunnen stoken. Als je nu eens rekent, dat de centralen „Noord” en „Oost” te Amsterdam tezamen 2 560 000 hl steenkool per jaar gebruiken, dan begrijp je, wat een werk het is, al die steenkool uit de schepen te halen en in de fabriek in de vuren te brengen. In iedere groote centrale is het dus een punt van groote beteekenis, om dit steenkooltransport zoo goedkoop en zoo snel mogelijk te regelen.

Ook voor de schepen, die de steenkool aanbrengen, is het van belang, dat ze vlug leeg zijn. Stel, dat voor den wal ligt een zeeschip met 4000 ton steenkolen; zoo'n schip kost ongeveer f 700.000. Als het nu op de oude manier wordt leeggehaald door kolendragers, zooals dat in vroeger tijd geschiedde, dan zijn daarvoor een heele rij mannen noodig, die daar natuurlijk behoorlijk voor betaald moeten worden. Ook duurt het eenige dagen vóór het schip leeg is. Maar als het schip stil ligt, verdient het geen geld. De heele som, die het schip kost, ligt daar dus als renteloos kapitaal voor den wal. Bovendien moeten ook nog de kapitein, de stuurlieden en het bootsvolk betaald worden, al dien tijd. Wat een kosten! En wie moet dat alles betalen? Je zult denken, de reederij en dat is ook gedeeltelijk zoo, want die betaalt het geld uit aan de zeelieden. Maar de reederij berekent dat natuurlijk weer aan de fabriek, die de steenkolen ontvangt en de fabriek verrekent dat alles weer in den prijs, dien ze vraagt voor het artikel, dat ze aflevert, in dit geval de electriciteit. Wij allen, die electriciteit gebruiken, zouden dus al dat overbodige geld moeten betalen.

Het blijkt dus, dat de grijpers aan de elektrische centrale geld voor ons uitsparen; zij helpen mede, om den prijs van de electriciteit zoo laag mogelijk te houden. Als je dus electriciteit gebruikt, mag je wel dankbaar zijn aan al die grijpers met hun wijden bek, die dag en nacht geld voor je verdienen. Had je niet gedacht, hé?

\* \* \*

Nu gaan wij weer naar onzen kraandrijver. De werkman haalt weder een anderen hefboom van zijn machine over; het huisje wordt gedraaid, de grijper maakt een zwaai in de lucht en komt precies te hangen boven den **vultrechter**.



Afb. 3. DE VULTRECHTER.

- Zoek op:
1. De grijper.
  2. De steenkool, die er uit valt.
  3. De vultrechter.
  4. De arm van de kraan met de katrol en de kabels, waaraan de grijper hangt en waarmede deze wordt gesloten.
  5. Het dak van de fabriek.
  6. Het water, waarin de kolenschuit ligt.

De kraandrijver haalt dan weer een hefboom over en de grijper opent zich. De steenkool valt in den vultrechter.

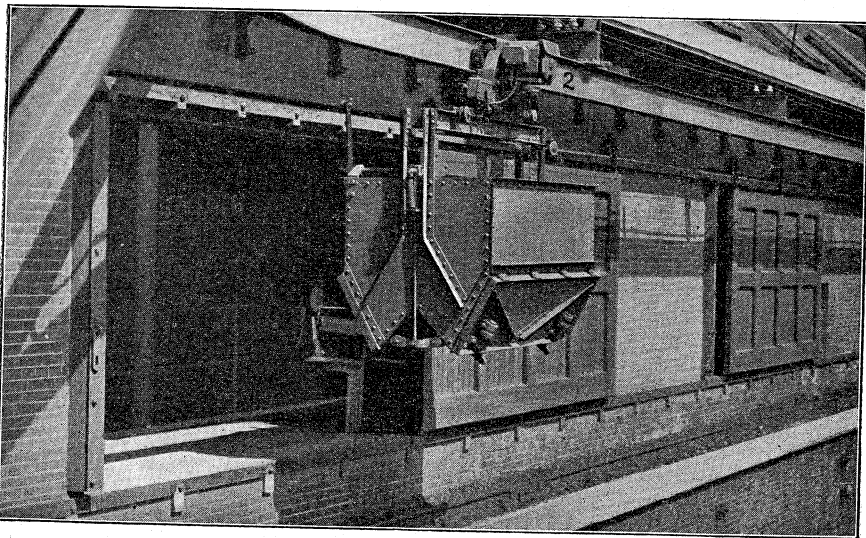
Vraag: Hoeveel verschillende bewegingen kan zoo'n loskraan nu wel maken?

\* \* \*

Onder den vultrechter rijden de **hangspoorwagentjes** voortdurend voorbij. Elk hangspoorwagentje wordt door een klinkinrichting op zijn beurt stil gehouden, precies onder den vultrechter; de klep onder in den vultrechter gaat open en het hangspoorwagentje loopt vol steenkool.

Een hangspoorwagentje is een wagentje, dat is gemakkelijk te zien. Dit wagentje hangt aan een spoor, d.w.z. aan een ijzeren balk, die als rail dienst doet. Het hangt aan twee wielen, waarvan je in afb. 4 alleen het voorste ziet. Een elektrische **motor** drijft een dezer wielen aan of beide wielen tezamen als in de afbeelding.

Zoo'n hangspoorwagentje is dus eigenlijk een kleine, hangende tram.



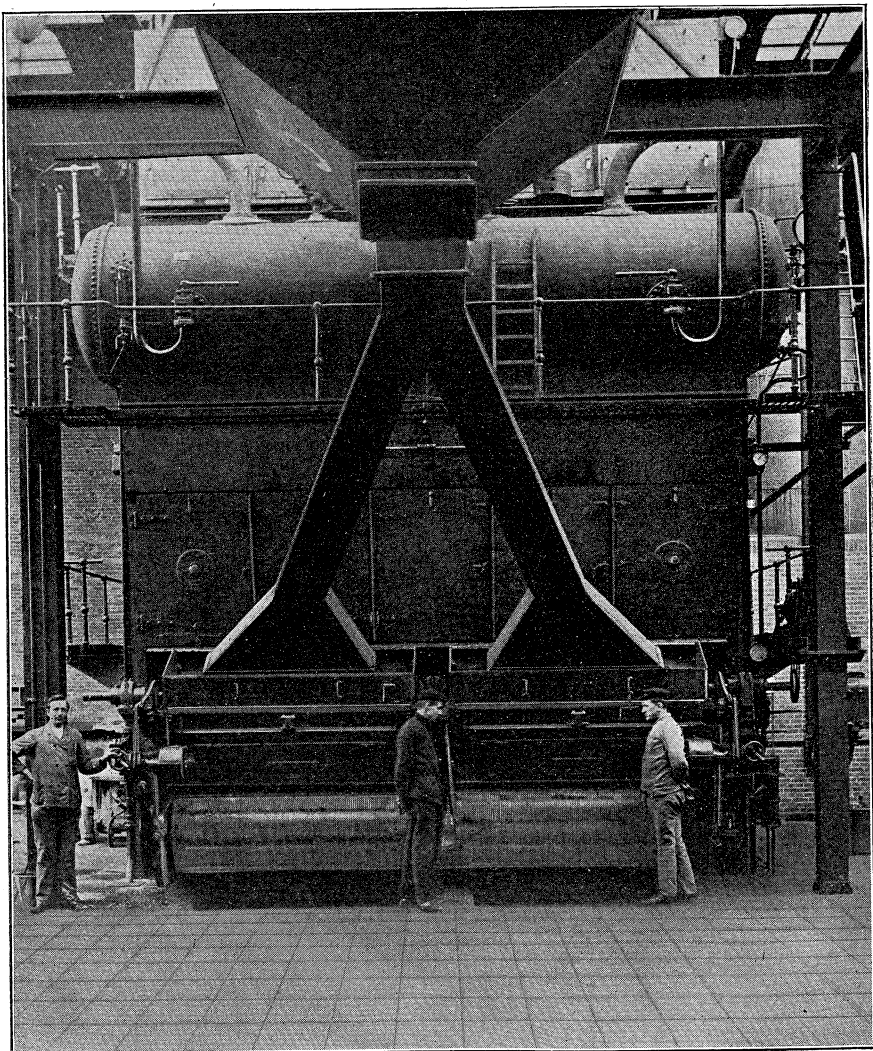
Afb. 4. EEN HANGSPOORWAGENTJE.

- Zoek op:
1. Het hangspoorwagentje.
  2. De elektrische motor.
  3. De ijzeren balk, waarlangs het wagentje rijdt.

Wanneer het hangspoorwagentje gevuld is, gaat de motor draaien en het wagentje rolt langs de rail naar zijn bestemming. Daarachter komt dan weer een ander en al naar gelang de centrale groot is, is het aantal

wagentjes grooter of kleiner. De hangspoorwagentjes loopen nu de rail langs tot in het ketelhuis en worden daar stil gehouden precies boven den **bunker**.

Bunker is een Engelsch woord en beteekent eigenlijk: verzamelbak. Het is dus een ruimte, vlak bij de ketels, waar de steenkool in wordt verzameld. Dat het hangspoorwagentje juist boven den bunker stilhoudt, komt doordat daar ook een klink is, die het wagentje tegenhoudt. Tegelijk is er dan een heel eenvoudige inrichting, die maakt, dat het hangspoorwagentje van onderen open gaat (met twee kleppen). De steen-



Afb. 5. GEZICHT IN HET KETELHUIS.

kool valt er dus uit en in den bunker. Er is voor gezorgd, dat het wagentje niet heel hoog boven den bunker blijft hangen, want anders zou er uit de vallende steenkool veel stof opvliegen, en dat zou de lucht in het ketelhuis verontreinigen. Daarna loopt het ledige wagentje weer naar den vul-trechter toe, dus steeds maar in een kringetje rond.

\* \* \*

Elke elektrische centrale bestaat uit twee hoofdafdeelingen; in de eene wordt de stoom gemaakt, die de machines drijft (het ketelhuis); in de andere wordt de electriciteit opgewekt (de machinezaal). Wij zullen nu eerst eens een kijkje gaan nemen in het ketelhuis. Een plaatje daarvan vind je hiernaast. In het midden boven in het ketelhuis is de trechter-vormige bunker aangebracht. De hangspoorwagentjes, die boven den bunker stilhouden, kan je echter op deze afbeelding niet zien. Van den bunker gaat de steenkool door twee schuine buizen naar den **ketting-rooster**, onder den ketel.

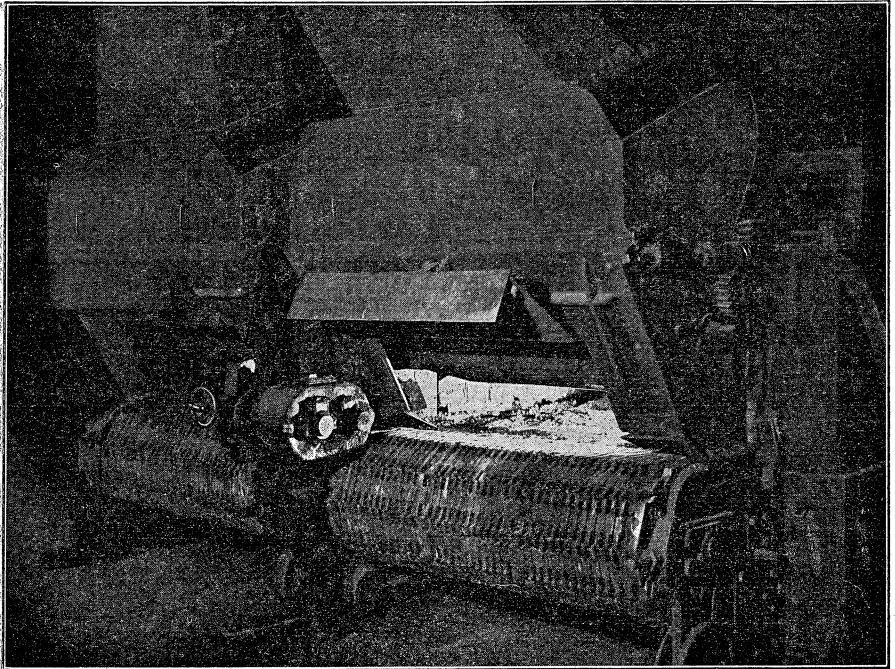
Zoek op: 1. De bunker.

2. De twee schuine buizen, waardoor de steenkool vanuit den bunker omlaag glijdt.
3. De twee bakken boven de beide kettingroosters, waarin de steenkool terecht komt.
4. De kettingrooster; deze is onderaan bij den vuurmond te zien; de bovenkant is ter hoogte van het middel van de twee mannen, die er voor staan. Hier zijn twee kettingroosters naast elkaar. De man in het midden staat juist tusschen de beide kettingroosters in.
5. De ronde stoomketel; deze is boven op de plaat te zien. Het overige gedeelte van den ketel zit achter de plaatijzeren kast, die je in het midden op de plaat ziet. Het bestaat uit waterpijpen, waarin door het vuur de stoom wordt ontwikkeld.
6. Reken de lengte der mannen op 1,70 meter en meet dan uit, hoe hoog en hoe breed dit geheel is, van den grond af tot boven aan den stoomketel.

In een groote centrale is een heele rij van zulke stoomketels naast elkaar aan beide zijden van het ketelhuis opgesteld. Een paar stokers hebben het toezicht daarop. Alleen op ons plaatje staan er drie bij elkaar, omdat ze zoo graag gefotografeerd werden, iets dat jelui ook wel graag wilt, hé?

Zooals je op afbeelding 6 zien kunt, bestaat een kettingrooster uit schakels, die op rijen naast elkaar liggen. De ruimte tusschen deze schakels is zóó klein, dat er geen steenkool doorheen kan vallen. Zoo'n ketting-

rooster is eigenlijk een lange, breede band, die over twee rollen of walsen is gespannen. Dit kan je op de schoolplaat (zie afb. 7) duidelijk zien. Deze walsen worden door een electrischen motor langzaam rondgedraaid, zoodat de kettingrooster eveneens langzaam rondloopt. De beweging van den kettingrooster is dus net als die van een fietsketting, hij draait altijd maar rond, héél langzaam, zonder dat er ooit een eind aan komt.



Afb. 6. DE KETTINGROOSTER.

- Zoek op: 1. De beide kettingroosters.  
2. De op rijen gelegen schakels.

Op bovenstaand plaatje brandt maar één vuur; de klep, die er gewoonlijk vóór hangt, is nu opgelicht. Evenzoo bij den anderen vuurhaard.

De steenkool valt nu vóór op den kettingrooster en wordt met den rooster steeds verder onder den ketel gebracht. Daardoor krijgen wij een vuur, zoo lang als de rooster is en dat geregeld met steenkool gevoed wordt. Aan het einde van den ketel vallen de **asch** en de **sintels** van den rooster af in een kipkarretje, dat er onder staat, in den aschkelder. Een werkmán haalt dit karretje geregeld weg en plaatst meteen een nieuw onder de aschklep. Soms is er een inrichting om de asch weg te zuigen, net zoo als een stofzuiger dat doet. De asch en de sintels lijken niets waard

te zijn, maar die worden nog voor allerlei doeleinden gebruikt; bv. voor het ophoogen van terreinen, het verharden van wegen enz.

In plaats van steenkool gebruikt men in moderne fabrieken ook wel **steenkoolstof**. Dit wordt in het vuur geblazen en doordat het zoo fijn is, verbrandt den prachtig en geeft een fijne asch.

De hitte in een steenkoolvuur kan zóó groot worden, dat de sintels gaan *smelten*. Dat mag niet, want dan zouden die vloeibare sintels tusschen de voegen van den rooster doorloopen, daar stollen en alles zou vastbakken. In een moderne fabriek is dus een inrichting, waarop men de hitte van het vuur kan aflezen. Begint het te heet te worden, dan stookt men wat minder. De temperatuur, die men op deze manier krijgt, kan tot 1800° Celsius bedragen <sup>1)</sup>).

Wat moet nu dit felle vuur doen? Wel, het moet het water in den **stoomketel** tot stoom maken. Die stoom zal de stoommachines doen draaien. Het is begrijpelijk, dat er een *buis* moet zijn, waardoor de *stoom* uit den stoomketel wordt *afgevoerd*, en een *buis*, waardoor steeds nieuw *water wordt aangevoerd*. Dit water heet het **voedingswater**. Het is ook begrijpelijk, dat de rookgassen moeten worden afgevoerd; daarvoor is een **schoorsteen** noodig, die soms van steen, soms ook van ijzer is.

Wat we nu gezien en geleerd hebben, is in alle groote ketelhuizen ongeveer hetzelfde. Wie dit eenmaal begrepen heeft, zal dus dit gedeelte van alle door stoom gedreven fabrieken, in de geheele wereld, begrijpen. Daar er zoo veel fabrieken zijn op de wereld, is het wel goed, dat een flink schoolkind al reeds eenig begrip van een ketelhuis heeft. Vooral moeten jelui er op letten, hoe *zuinig* alles in ingericht. Dat is het groote geheim van de tegenwoordige industrie. Als een fabriek niet *zuinig* werkt, kan zij de **concurrentie** niet uithouden, want dan wordt haar **productie** te duur.

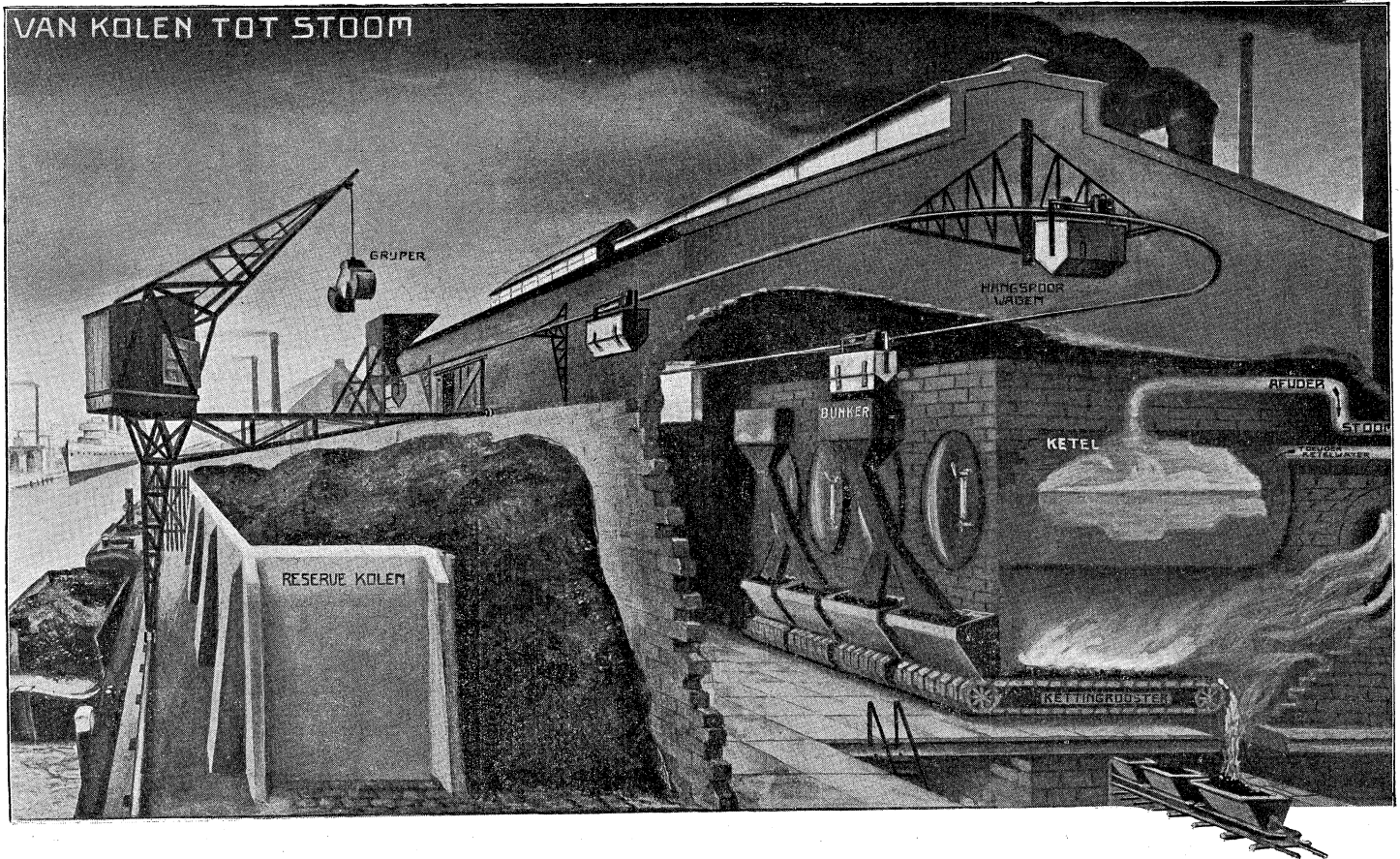
In dit gedeelte van onze fabriek is één man in het huisje op de kraan en er zijn maar een paar man bij de ketels. Deze hebben alleen maar toe te zien, dat alles goed gaat. De machines doen de rest van het werk.

\* \* \*

1) Iedereen weet, dat een vuur niet branden kan, als er geen *lucht* bijkomt, en ieder begrijpt, dat zoo'n groot en heet vuur veel lucht noodig heeft. Met onze kachels behoeven we ons daarover niet druk te maken; die zuigen zelf lucht genoeg aan. Brandt de kachel te hard, dan sluiten we van onderen de klep; we maken dus, dat er minder lucht in komt, en het vuur vermindert. We moeten echter oppassen, dat we niet alle lucht afsluiten, want dan gaat het vuur uit. Brandt de kachel niet hard genoeg, wel, dan doen we de klep wat open. En wanneer de kachel aangemaakt moet worden, dan kunnen we door blazen met onzen mond of met een blaasbalg lucht toevoeren en in een oogenblikje vlamt de turf of het hout lustig.

In groote centralen doet men nu precies hetzelfde; er wordt lucht door de vuren gevoerd. Alleen doen we dat niet met onzen mond, dat begrijp je zóó wel. Men heeft daarvoor groote machines, die de lucht onder het vuur blazen (onderwind) of haar er doorheen zuigen ((zuigtrek).





Afb. 7. VAN KOLEN TOT STOOM.



Bovenstaande afbeelding vertoont alles, wat hiervóór is besproken. Om dat goed te kunnen laten zien, heeft de teekenaar het voorgesteld, alsof de voormuur van het **ketelhuis** was weggebroken. Nu kunnen we in het ketelhuis kijken.

Zoek op: 1. De kolenschuit.

2. De kraan met huisje en grijper.
3. De vultrechter met het hangspoorwagentje eronder.
4. Twee hangspoorwagentjes, die naar de bunkers gaan.
5. Het hangspoorwagentje, dat juist wordt leeggestort.
6. Het motorwiel van drie hangspoorwagentjes.
7. De beide bunkers met de schuine buizen en de vulbakken boven de roosters.
8. Vier kettingroosters en de beide walsen, waarom de voorste kettingrooster draait.
9. De voorkant van vier stoomketels.

**Opmerking.** De teekenaar heeft het voorgesteld, alsof een deel van den **ketelwand** van den voorsten ketel was weggenomen. Nu kunnen we het water en den stoom in den stoomketel zien. In den regel is dit wat ingewikkelder, zooals ook uit afb. 5 is gebleken. Maar dat laten we nu rusten.

10. De afvoerbuis voor stoom.
11. De aanvoerbuis voor het voedingswater.
12. De kipkarretjes, waarmee de asch wordt weggereden en 't gat, waardoor de asch in den kelder valt.
13. De schoorsteen, die de rookgassen afvoeren.
14. Hoe zouden de hangspoorwagentjes in deze fabriek verder loopen?

Kijk de plaat eens goed aan en vertel dan, wat er achtereenvolgens gebeurt.

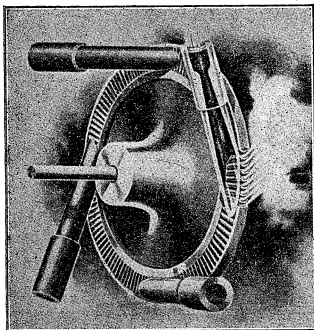
## II. VAN STOOM TOT ELECTRICITEIT.

### A. De turbine.

Jelui kunt allemaal wel een molentje maken van een vierkant stukje papier; vier knippen erin langs de diagonalen, de punten omvouwen naar het midden, en het papier in het midden met een speld vaststeken aan een stokje. Als ik jelui nu vraag, welk molentje het best zal draaien, wanneer je er tegen blaast, één met één punt of één met vier punten, dan weten jelui het antwoord dadelijk. Natuurlijk dat met 4 punten.

En een molentje met 8 of 16 punten zou nog beter draaien, niet waar?

Dit heeft men nu ook toegepast in de **stoomturbine**. De eenvoudigste turbine bestaat uit een as, waarop een schijf zit, die een groot aantal **schoepen** draagt (bv. 1000 of meer). Iedere schoep is te vergelijken met een punt van ons molentje. Als je nu op die schoepen stoom laat spuiten, dan gaat zoo'n wiel draaien met een gang, neer maar! Op afbeelding 8 kan je duidelijk de schoepen op de schijf zien zitten.



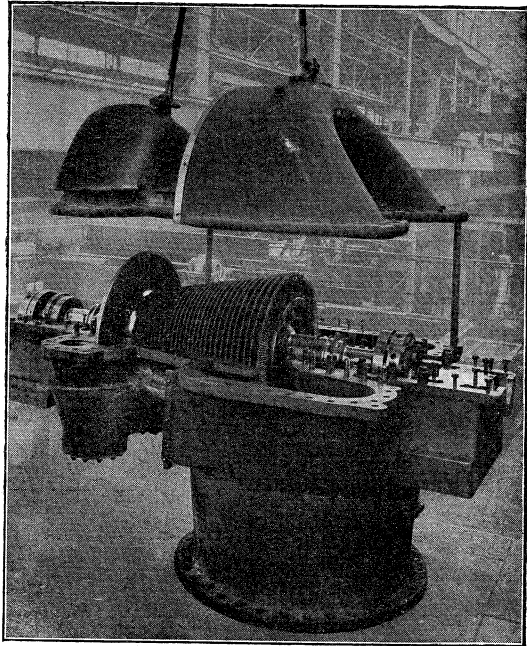
Afb. 8. TURBINESCHIJF.

- Zoek op:
1. De stoom.
  2. De vier straalbuizen. Een van die buizen is geteekend alsof ze van glas was, zoodat je kunt zien, hoe die er van binnen uitziet.
  3. De schoepen.
  4. De schijf.
  5. De as, waarop de schijf is vastgemaakt.

Bij grotere turbines zit een groot aantal schijven (bv. 8 of meer), met

schoepen bezet, achter el-  
kander vast op één as. Je  
begrijpt wel, dat zoo'n  
turbine heel wat meer  
kracht kan ontwikkelen  
dan eentje met één enkele  
schijf. Op afb. 9 zie je een  
grootte turbine met 28  
schijven. De schoepen kan  
je het beste zien bij de  
voorste schijf (rechts).

De as van de turbine  
is aan weerszijden van de  
schijven goed te zien. De  
schijven en de as zijn in-  
gesloten in een zwaar  
ijzeren omhulsel, waarvan  
op ons plaatje de boven-  
ste helft is opgelicht. De  
onderste helft staat op  
den grond.



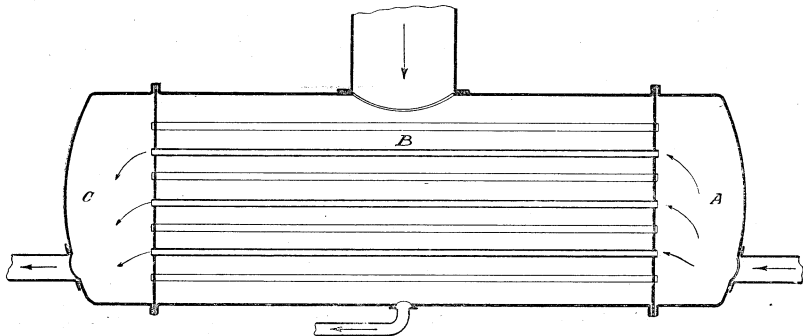
Afb. 9. GEZICHT IN HET BINNENSTE VAN  
EEN GROOTE TURBINE.

- Zoek op: 1. De as van de turbine.  
2. De schoepen.  
3. Het bovenste deel van het ijzeren omhulsel.  
4. De gaten voor de bevestiging van het bovenste deel van het omhulsel aan het onderste.

De stoom spuit nu net als in afb. 8 uit nauwe **straalpijpen** op het eerste wiel (links), maar is nog lang niet afgewerkt, als hij dat wiel aan het draaien heeft gebracht. De stoom wordt dan door een vaststaande schijf met schoepen naar het tweede wiel gevoerd en doet dit wiel ook draaien en zoo gaat het met alle schijven. Ten slotte verlaat de stoom de turbine door de dikke buis, waar de turbine in afb. 9 op staat. De as van de turbine, met de daarop bevestigde wielen, maakt meestal 3000 omwentelingen in één minuut. Dat gaat dus met een duizelingwekkende snelheid. Reken maar eens uit, welken afstand zoo'n schoep in één minuut aflegt, als de omtrek van de schijf zes meter is en de turbine 3000 omwentelingen per minuut maakt. Je zult dan zien, dat zoo'n schoep in één minuut 18 kilometer aflegt, dat is van Amsterdam naar Haarlem of van je woonplaats naar . . .

Als de stoom uit de turbine komt, gaat hij naar den **condensor**, waarin hij afgekoeld wordt tot water. Je begrijpt, dat dit maar niet zoo van zelf

gaat. De condensor (afb. 10) bestaat uit een cylinder, waarin zich een groot aantal pijpen<sup>1)</sup> bevindt. Die pijpen zitten aan hun beide uiteinden vast in tusschenschotten, welke in den cylinder zijn aangebracht. Door deze tusschenschotten wordt de condensor dus in drie gedeelten, A, B en C verdeeld (zie afb. 10). Door de **koelwaterpomp** wordt nu koud water gepompt in de ruimte A, het water vloeit vandaar door de pijpen naar de ruimte C, waar het den condensor weer verlaat. De stoom van de turbine komt van boven in de ruimte B, waarin de pijpen zijn aangebracht en wordt door de koude pijpen tot water afgekoeld. Jelui hebt natuurlijk allemaal thuis wel eens de ruiten zien beslaan en weet waarschijnlijk ook wel, dat dit komt, doordat de waterdamp uit de lucht in de kamer op de koude ruiten tot water afkoelt. Precies hetzelfde gebeurt nu in den condensor, ook daar slaat de waterdamp (stoom) op de koude pijpen als water neer. Dit water verzamelt zich onder in den condensor en wordt vandaar door de **voedingswaterpomp** naar den ketel geperst. In den ketel wordt het weer tot stoom verdampt en daarna opnieuw naar de turbine gevoerd. De stoomturbine gebruikt dus steeds hetzelfde water. Echter gaat er door lekken altijd wel een beetje water verloren. Er moet dus geregeld een kleine hoeveelheid nieuw water worden toegevoegd.



Afb. 10. DE CONDENSOR.

- Zoek op: 1. De ruimte, waar het koude koelwater het eerste inkomt.  
 2. De pijpen, waar het koelwater doorheen stroomt.  
 3. De ruimte, waar het nu warme koelwater zich verzamelt.  
 4. De pijp, waardoor de stoom van de turbine binnenkomt.  
 5. De pijp, waardoor het water, dat uit dien stoom ontstaat, naar de voedingswaterpomp wordt gevoerd.

Elke turbine heeft zijn eigen condensor. Die condensor wordt vlak onder de turbine geplaatst, zoodat de afgewerkte stoom direct van de turbine in den condensor kan stroomen.

Wij hebben nu dus gezien, hoe door den stoom, die in het ketelhuis wordt gemaakt, de stoomturbine aan het draaien wordt gebracht.

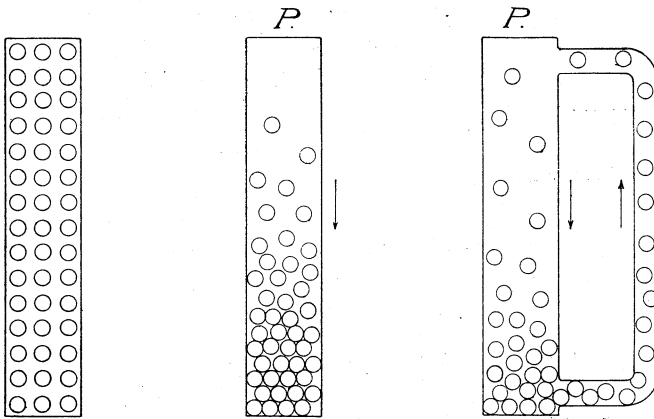
\* \* \*

1) In een condensor kunnen wel 3000 van die pijpen zitten.

## B. De generator<sup>1)</sup>.

We zullen nu eens probeeren na te gaan, hoe de electriciteit wordt opgewekt. Daartoe zullen we eerst eens het volgende spelletje doen.

In afb. 11a is een laantje voorgesteld, waarin konijntjes zitten. Elk nulletje is een konijntje. Voor en achter is het laantje afgesloten en op zij kunnen de konijntjes er ook niet uit. Daar het gras overal even goed groeit en even lekker is, zullen de konijntjes zich dus gelijkmatig over het laantje verdeelen (zie afb. 11a). Nu verschijnt er aan het eene einde bij P (zie afb. 11b) plotseling een jongen, die heel hard in zijn handen klapt. De meeste konijntjes zullen onmiddellijk naar het andere einde van het laantje rennen. Daar komen ze dus vlak bij elkaar te zitten, zoodat daar een groot gedrang, men zegt een groote **spanning** ontstaat. Aan het andere eind zullen maar enkele konijntjes (die wat lui zijn, of doof, of



Afb. 11a.

Afb. 11b.

Afb. 11c.

niet erg bang) overblijven. De spanning zal daar dus gering zijn. Wanneer ik nu een zijlaantje open zet (zie afb. 11c), waardoor de konijntjes van het eene einde van het hoofdlaantje langs een omweg, waarop ze den jongen niet kunnen zien, naar het andere einde kunnen komen, dan zullen de konijntjes gaan loopen, zooals het rechter pijltje in afb. 11c aangeeft. Ze komen dan echter weer bij den jongen uit en zullen dus onmiddellijk weer het hoofdlaantje afrennen; er ontstaat een **stroom** van konijntjes in de aangegeven richting. Houdt de jongen op met klappen, dan zullen de konijntjes weer, zooals te voren, rustig overal in het laantje gaan zitten eten. Wil de jongen het spelletje nog aardiger maken, dan gaat hij nu eens aan het eene einde, dan weer aan het andere einde van het hoofdlaantje staan klappen. De konijnen rennen dan eerst den eenen kant op en dan weer den anderen kant. Dat noemen we een **wisselstroom**, omdat de konijnenstroom aldoor van richting wisselt.

1) De onderwijzer leze ook blz. 6 van het voorwoord.

Met de electriciteit is het nu net zoo. In alle voorwerpen zit electriciteit, zooals de konijntjes in 't laantje (zie afb. 11a). Dat lijkt wel wonderlijk, maar het is toch heusch zoo. In sommige stoffen kan die electriciteit zich gemakkelijk bewegen, bv. in alle metalen (vooral in koper), de meeste vloeistoffen, het menschelijk lichaam, de aarde enz. Die stoffen noemt men: **geleiders**. In andere stoffen kan de electriciteit zich zoo goed als niet bewegen, bv. in papier, gummi, porcelein, glas, zijde, lucht enz. Deze stoffen noemt men **nietgeleiders of isoleerende stoffen**.

Denk nu eens, dat afb. 11a niet een laantje met konijntjes voorstelt, maar een koperen draad met electriciteit erin. *Die electriciteit kunnen we in beweging brengen met behulp van een magneet*. Dien kennen jelui natuurlijk allemaal. Er zijn magneten, die den vorm hebben van een hoef, er zijn er ook, die er uitzien als een platte, rechte staaf. Als we zoo'n staafmagneet *dwars* over den draad *bewegen*, zal, zonder dat de magneet den draad aanraakt, de electriciteit in den draad zich naar het eene uiteinde daarvan bewegen en zich daar ophoopen. Er ontstaat dus een **spanningsverschil** tusschen de beide uiteinden van den koperdraad. Dit spanningsverschil kan gemeten worden met een instrument en wordt uitgedrukt in **volts**. Net zooals we de temperatuur meten met een thermometer en uitdrukken in graden.

Verbinden we nu de beide uiteinden van den koperdraad langs een omweg door een anderen koperen geleider, dan zal, wanneer we den magneet over den draad bewegen, net als in fig. 11c, een **stroom** van electriciteit ontstaan in de richting van de pijltjes. De sterkte van den stroom kan ook met een instrument gemeten worden en wordt uitgedrukt in **ampères**.

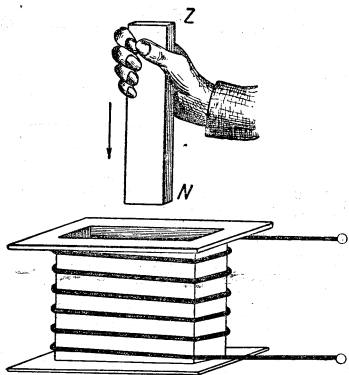
Nu is er nog een bijzonderheid. Elke magneet heeft een noordpool en een zuidpool. Als wij den magneet met de noordpool dwars over den koperdraad bewegen, dan stroomt de electriciteit den éénen kant uit. En doen we het met de zuidpool, dan gaat de stroom van electriciteit den anderen kant uit. Wij kunnen dus een **wisselstroom** maken, door den magneet nu eens met de noordpool over den draad te bewegen en dan weer met de zuidpool.

Het opwekken van electricische spanning en stroom met behulp van een magneet gaat nog veel beter, als we daarbij een draadklos gebruiken. Een draadklos is een houten klos, waaromheen een (geïsoleerde) koperdraad is gewonden. Zoodoende hebben we een langen draad, in vele windingen, die weinig plaats inneemt, en gemakkelijk in 't gebruik is.

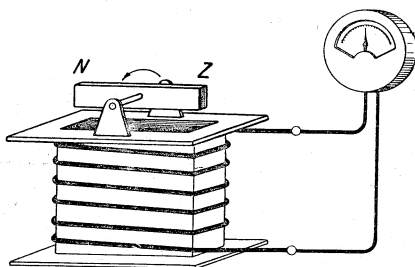
Wanneer je, zooals in afb. 12a is aangegeven, een staafmagneet binnen in dien klos steekt, dan zal, zonder dat de magneet den draad aanraakt, de electriciteit in dien draad weer in een bepaalde richting worden geduwd, net als dit bij het bewegen van den magneet over den koperdraad het geval was. Het gevolg hiervan is, dat er dus weer een spanningsverschil

tusschen de beide uiteinden van den draad ontstaat, dat nu echter veel grooter is dan bij den enkelen draad. Hoe meer keeren je den draad om den klos hebt gewonden, des te grooter wordt het spanningsverschil tusschen de uiteinden, dat dus in volts wordt gemeten.

Worden de beide uiteinden van den koperdraad door een anderen geleider met elkander verbonden, dan zal, als je den magneet in den klos steekt, een electriche stroom door den koperdraad en den geleider ontstaan. Deze stroom kan gemakkelijk worden aangetoond door in den geleider een meetinstrument te plaatsen, waarvan de wijzer gaat bewegen, zoodra er door dat instrument een electriche stroom loopt. De sterkte van dezen stroom, die dus in ampères wordt gemeten, hangt af van de spanning, die de magneet in den koperdraad opwekt en van den weerstand, dien de koperdraad en de geleider tegen de strooming bieden. Hoe grooter de spanning is, die in den klos wordt opgewekt (veel windingen) en hoe kleiner de weerstand is, dien de geleider en de koperdraad bieden (dikke draden), hoe grooter de stroomsterkte zal zijn.



Afb. 12a. HET OPWEKKEN VAN ELECTRICHE SPANNING.



Afb. 12b. HET OPWEKKEN VAN ELECTRICHE SPANNING EN STROOM.

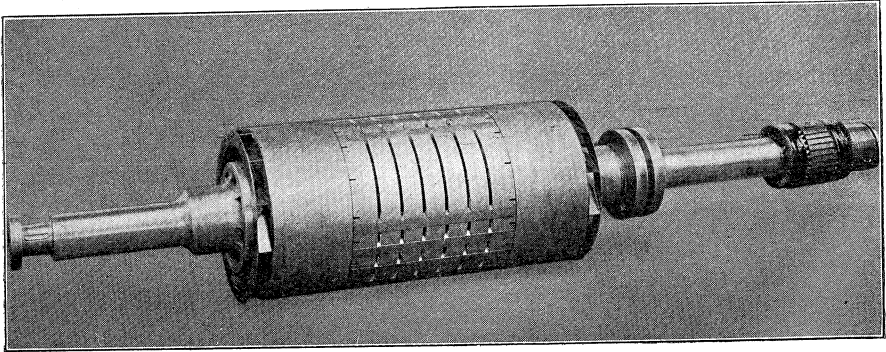
Net als bij den enkelen draad zal ook bij den klos, als je de noordpool in den klos steekt, de electriciteit naar het eene einde van den draad gaan en als je de zuidpool er in steekt, zal de electriciteit naar het andere einde gaan. Ook de stroom in den geleider, waarmede we de beide uiteinden van den koperdraad verbonden hebben, loopt dus of in de eene of in de andere richting, alnaarmate we de eene of de andere pool van den magneet in den klos steken. De wijzer van het instrument, dat we in dezen geleider hebben geplaatst (zie afb. 12b), zal dan ook of naar links of naar rechts uitslaan. Als we dus afwisselend de noord- en zuidpool in den klos steken, ontstaat in de geleiders weer een wisselstroom, hetgeen ook duidelijk aan de beweging van den wijzer van het instrument is te zien.

Nu is het lastig om telkens den magneet uit den klos te halen, om te

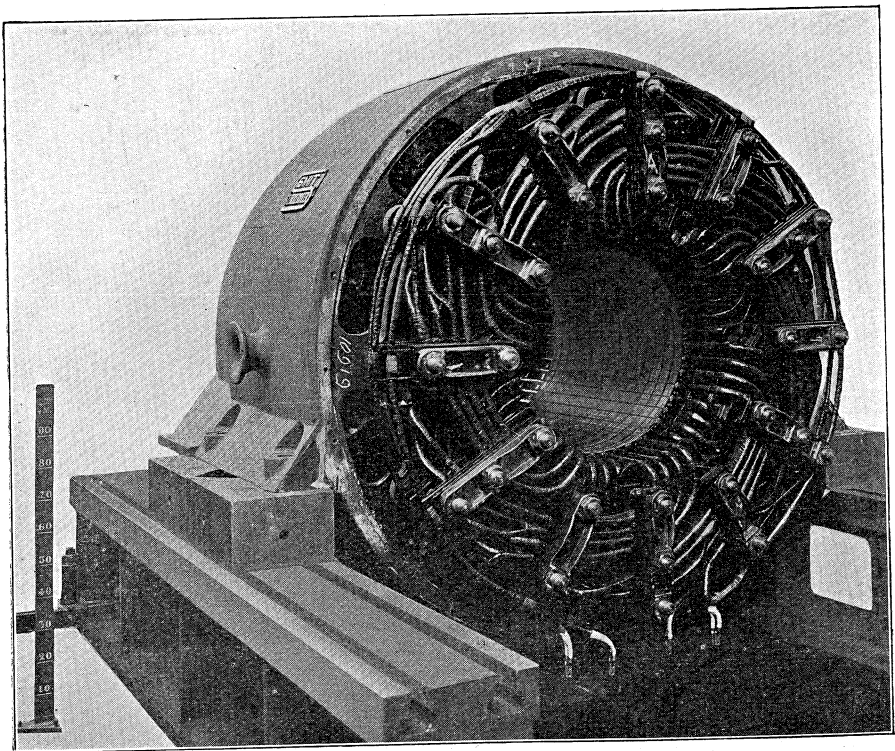
draaien en er weer in te steken en het is veel eenvoudiger om den magneet in den klos te laten draaien (zie afb. 12b).

Doen we dit, dan krijgen we dus een vlug heen en weer gaanden wisselstroom, die door den magneet in den koperdraad wordt opgewekt en die door den koperdraad en den anderen geleider loopt.

In de electricische centrale geschiedt het opwekken van electriciteit



Afb. 13. EEN ROTOR.



Afb. 14. EEN STATOR.



nu in het groot op soortgelijke wijze. Alleen is alles veel en veel grooter en sterker uitgevoerd.

Ons draaiend magneetje is door een zwaren magneet vervangen, die op een dikke as is geplaatst en met groote snelheid (3000 omwentelingen per minuut) wordt rondgedraaid. Een afbeelding van zoo'n magneet, die met de as tezamen de **rotor** heet, vind je op afb. 13.

Ook onze klos met den koperdraad ziet er heel wat anders uit en wel is de koperdraad nu niet meer op een houten klos gewikkeld, maar in een grooten, ijzeren cylinder bevestigd. Afbeelding 14 is een plaatje van zoo'n cylinder, die **stator** wordt genoemd. Duidelijk zie je de zware koperdraden aan de binnenzijde van den cylinder zitten, rondom het gat, waarin de rotor met slechts enkele millimeters speling past. Naast den stator is een meetlat geplaatst, die één meter lang is; meet nu zelf eens uit hoe hoog de stator is en hoe groot het gat is, waarin de rotor moet ronddraaien.

De geheele machine, dus rotor met stator samen, heet **generator**.

Zoek op: 1. De magneet van den rotor.

2. De as van den rotor.

3. De koperen geleiders in den stator.

4. De opening in den stator, waarin de rotor moet draaien.

5. Een van de ooren, waaraan de stator kan worden opgeschen.

Wordt de rotor nu snel in den stator rondgedraaid — en je hebt natuurlijk allang zelf bedacht, dat men daar de turbine voor gebruikt — dan wordt dus in den stator de electricische spanning opgewekt.

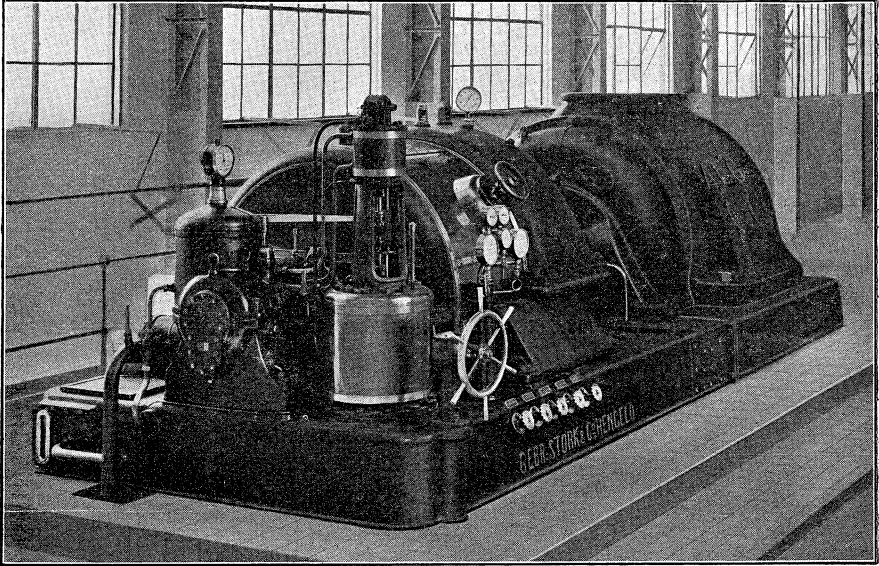
Je begrijpt, dat die spanning en de stroom, dien de generator leveren kan, heel wat grooter zijn dan de spanning en de stroom, dien wij met onzen klos konden maken. Gewoonlijk is de spanning van zoo'n groote machine 10 000 volt en kan de stroomsterkte 600 ampère, soms zelfs wel 1000 ampère bedragen.

Uit ons voorbeeld met den klos heb je begrepen, dat de stroom, die aan het eene einde uit de spiraal komt, altijd aan het andere einde daar weer in moet terugkeeren. Dit geldt ook voor den generator, zoodat *steeds de electriciteit, die aan den eenen kant uit den generator komt, er aan den anderen kant weer in moet terugkeeren.*

\* \* \*

Zooals hierboven reeds terloops werd gezegd, dient de stoomturbine om den rotor van den generator met groote snelheid rond te draaien. De as van de turbine is daartoe rechtstreeks met dien van den generator verbonden. Turbine en generator vormen dus eigenlijk maar één machine, die **turbogenerator** wordt genoemd.

Op afb. 15 zie je een grooten turbogenerator kant en klaar staan. Van het inwendige is nu niets meer te zien. Als je goed kijkt, zie je aan den linkerkant, net of ze op een grooten trommel staat, een klok zitten. Die klok (de toerenteller of tachometer) wijst niet aan, hoe laat het is, maar hoe hard de turbine draait.



Afb. 15. EEN TURBOGENERATOR.

- Zoek op: 1. De turbine.  
2. De bouten, waarmee het bovenste gedeelte van het omhulsel der turbine vastzit aan het onderste.  
3. De toerenteller.  
4. De generator.

De turbine levert de kracht, welke noodig is voor het opwekken der electriciteit. De hoeveelheid werk, die de turbine per seconde doet, noemen we het vermogen. Dat vermogen is gelijk aan het product van de stroomsterkte en de spanning van den generator, dus: het vermogen, dat de turbine ontwikkelt = de spanning maal de stroomsterkte, die de generator afgeeft.

Levert een generator een stroomsterkte van bv. 600 ampère bij een spanning van 10 000 volt, dan is het vermogen  $600 \times 10\,000 = 6\,000\,000$  volt  $\times$  ampère. We noemen dat een vermogen van 6 000 000 **watt** of 6000 **kilowatt** (1 watt = 1 volt  $\times$  1 ampère; 1 kilowatt = 1000 watt). Het vermogen van den turbogenerator drukken we dus uit in watts of kilowatts.

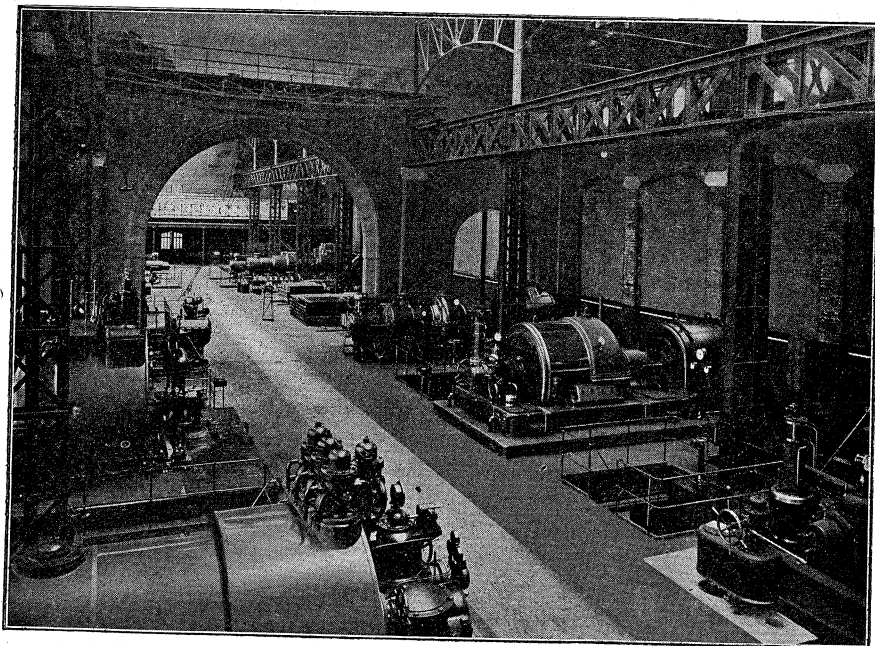
Waar de spanning van elken generator altijd op eenzelfde vaste waarde wordt gehouden, bv. 10 000 volt, vinden we dus, dat het werk, dat de turbine moet doen, grooter is, naarmate de stroomsterkte toeneemt. Zooals we later nog zullen zien, hangt de stroomsterkte af van het gebruik, dat de menschen van de electriciteit maken. Laten ze veel lampen of kachels branden, dan is de stroomsterkte in de centrale groot en moeten dus de turbines veel werk doen. Branden er echter weinig lampen (bv. 's-nachts), dan is de stroomsterkte klein en doen de turbines dus ook maar weinig werk.

Onthoud nu goed: de stoom brengt de turbine aan het draaien; de turbine brengt den magneet in den generator aan het draaien; de magneet in den generator wekt den electricischen stroom op. Staat men er bij, dan ziet men niets, men ruikt niets, men voelt niets, maar toch gebeurt daar het groote wonder, nl. *de opwekking der electriciteit.*

\* \* \*

### C. De machinezaal.

We zullen nu eens een kijkje gaan nemen in de tweede hoofdafdeeling van elke centrale, dus in de machinezaal. In de machinezaal staat een heele rij van turbogeneratoren, die dag en nacht draaien. Op afb. 16 zie je er wel 8 staan. De condensors kan je niet zien, die staan onder den vloer. Ook de voedingswaterpompen en de koelwaterpompen zijn in den kelder opgesteld.

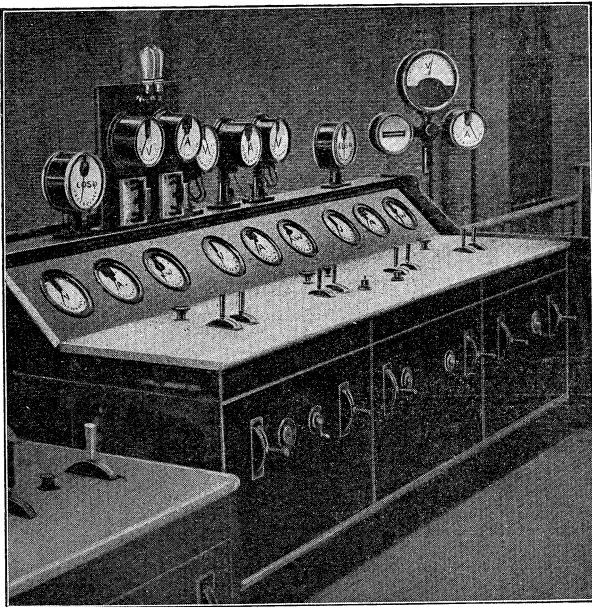


Afb. 16. KIJKE IN DE MACHINEZAAL.

Het is duidelijk, dat er heel wat bij komt kijken om er voor te zorgen, dat al die machines behoorlijk samenwerken en steeds zooveel electriciteit leveren, als in de stad en de provincie noodig is. Wordt er veel electriciteit gevraagd, bv. op winteravonden, als iedereen zijn licht opsteekt en ook de fabrieken nog werken, dan moeten er veel machines draaien. Is het verbruik echter gering, dan komt men met minder machines uit.

Om dit alles te regelen is in de centrale een toestel aanwezig, dat je in afb. 17 ziet en dat **schakellessenaar** heet. Hij heeft den vorm van een lessenaar. Verschillende hefboomen dienen om de turbogeneratoren in te schakelen en te regelen. De wijzers op de lessenaars èn in het schuine gedeelte èn op het vlakke gedeelte geven aanwijzingen omtrent het aantal omwentelingen, dat de turbogeneratoren maken, de spanning die zij opwekken, de stroomsterkte, die zij afgeven enz. Je kunt er dus precies zien, hoe de machines zich gedragen, of ze lui zijn of vlijtig.

De schakelbordwachter, die met het toezicht is belast, moet nu door



het verzetten van kleine hefboompjes zorgen, dat de machines doen, wat ze doen moeten. Daartoe houdt hij de verschillende wijzers goed in het oog. Met een oogopslag moet hij het gedrag van elke machine kunnen zien aan de cijfers, die door de wijzers worden aangegeven, net zoc als vader thuis aan de cijfers op je rapport dadelijk kan zien, of je op school wel je best doet.

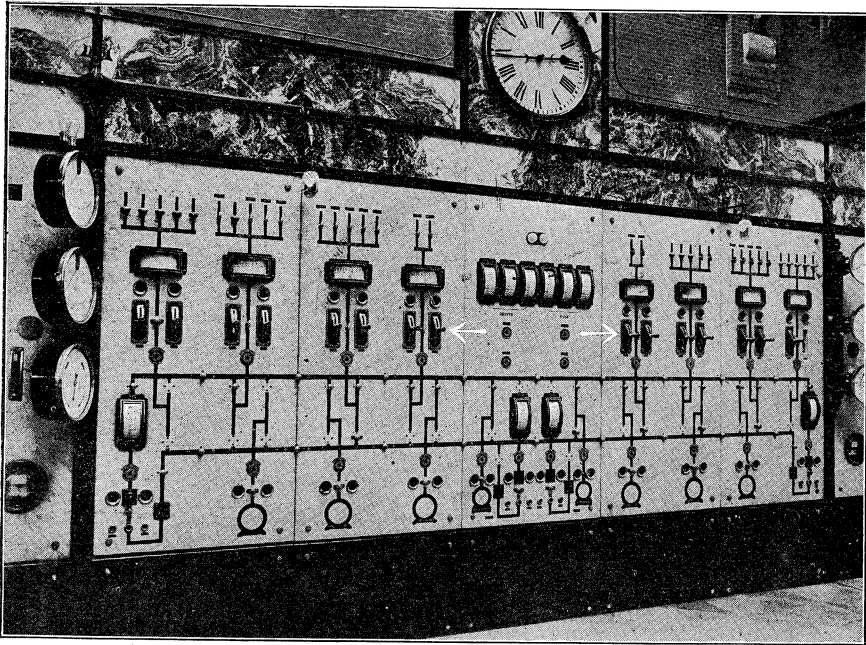
Afb. 17. DE SCHAKELLESENAAR.

- Zoek op: 1. De wijzers, die aangeven hoe de machines werken.  
2. De hefboomen, waarmede de schakelbordwachter den gang der machines regelt.

De electriciteit, die door de generatoren wordt geleverd, vloeit door geleiders naar heel dikke, koperen staven, **rails** genaamd (zie afb. 19). In deze geleiders zit een toestel, dat dient om den stroom te kunnen onder-

breken en dat **olieschakelaar** wordt genoemd. Het is dus, zooals de naam aangeeft, een groote schakelaar, die zich in een bak met olie bevindt. Aan den eenen kant gaan de geleiders, die met den generator zijn verbonden, in den olieschakelaar, aan den anderen kant komen er de geleiders uit, die naar de rails voeren (zie afb. 19). Is de schakelaar uitgeschakeld, dan is er geen geleidende verbinding tusschen deze geleiders, de electriciteit kan dus niet van den generator naar de rails en terug stroomen, de generator wekt dus alleen spanning op, maar levert geen stroom; schakelt men den olieschakelaar nu in, dan worden de geleiders met elkaar verbonden en kan de generator dus stroom naar de rails sturen.

Van de rails wordt de stroom over verschillende kabels verdeeld, die de centrale ondergronds verlaten. Ook in deze kabels bevinden zich olieschakelaars, die van het hoofdschakelbord uit naar behoefte kunnen worden in- of uitgeschakeld.

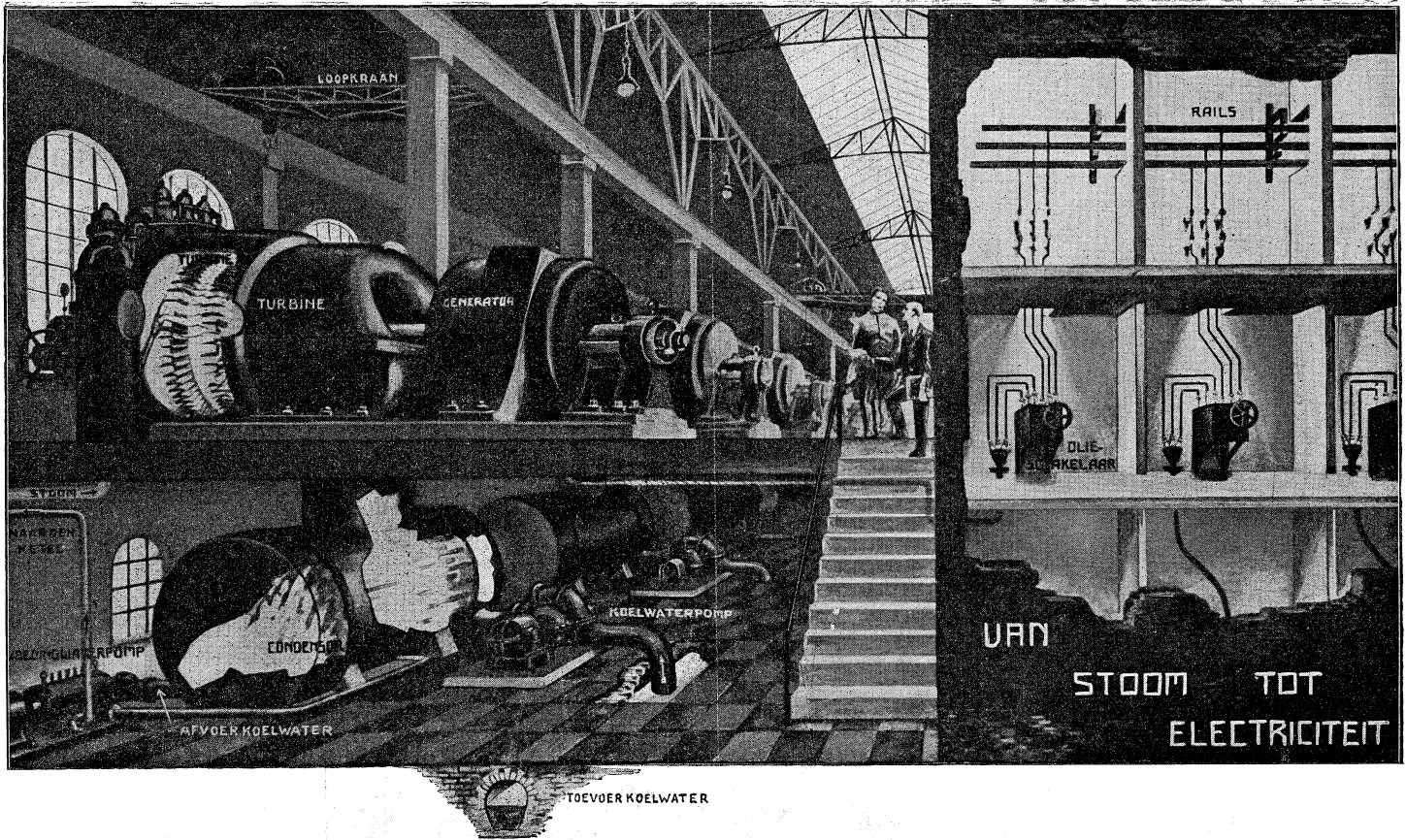


Afb. 18. HET HOOFDSCHAKELBORD.

De daarvoor benoodigde handvaten vind je in een rij (aangegeven door pijltjes) op het hierboven afgebeelde hoofdschakelbord. De wijzers wijzen allerlei aan omtrent sterkte en spanning der electricische stroomen, die door de kabels uit de centrale gaan.

Aan die instrumenten kan de schakelbordwachter direct zien, als er in de stad of de provincie iets bijzonders gebeurt.

\* \* \*



Afb. 19. VAN STOOM TOT ELECTRICITEIT.

Op de hierboven geplaatste afbeelding zie je ten slotte nog weer eens, wat er achtereenvolgens gebeurt. Kijk de plaat eens goed aan en ga na, hoe met behulp van den stoom, die uit het ketelhuis komt, electriciteit wordt gemaakt, welke door de kabels uit de centrale wordt afgevoerd.

Om goed te kunnen laten zien, hoe de stoom in de turbine werkt, heeft de teekenaar een deel van den wand van het turbinehuis weggenomen, zoodat je duidelijk de schijven met de schoepen en den daarop spuitenden stoomstraal kunt zien.

Ook is een deel van den wand van den condensor door den teekenaar weggelaten, zoodat je den stoom in de middelste ruimte duidelijk kunt zien. Ook de buizen, waardoor het koelwater stroomt, en de beide andere ruimten in den condensor zijn goed te onderscheiden. De tot water afgekoelde stoom wordt door de voedingswaterpomp weer naar het ketelhuis teruggeperst.

Van de generatoren gaat de electriciteit door kabels naar het schakelhuis. Hier wordt zij via olieschakelaars naar de rails geleid. Van deze rails kan de electriciteit over olieschakelaars door de kabels de centrale verlaten.

Zoek op:

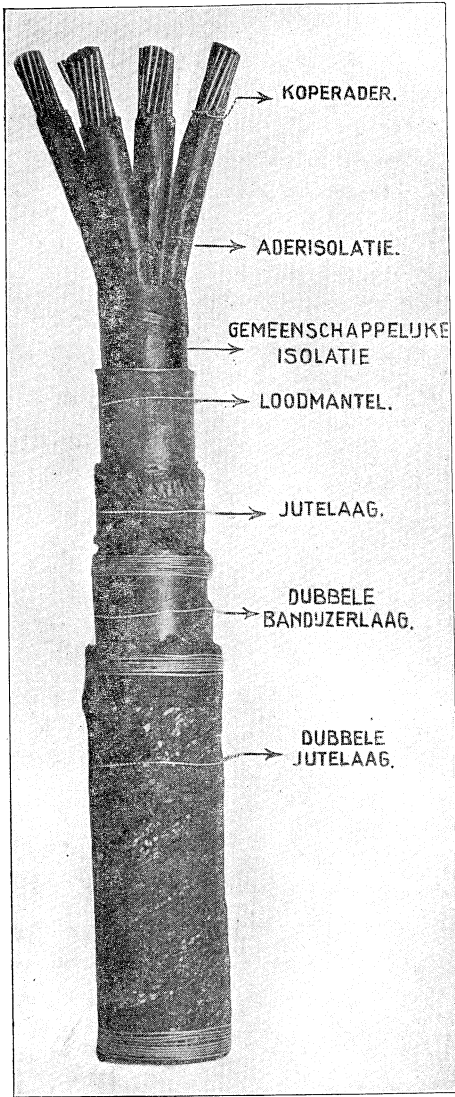
- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. De pijp, waardoor de stoom uit het ketelhuis wordt aangevoerd.</li><li>2. De stoomstraal, die op de schoepen spuit.</li><li>3. De turbine.</li><li>4. De schoepen op de draaiende schijven der turbine.</li><li>5. De vaststaande schoepen.</li><li>6. De stoom, die uit de turbine komt.</li><li>7. De condensor.</li><li>8. Het koelwater.</li><li>9. De koelwaterpomp.</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>10. De pijp, waardoor de tot water afgekoelde stoom naar de voedingswaterpomp gezogen wordt.</li><li>11. De voedingswaterpomp.</li><li>12. De pijp, waardoor het voedingswater naar het ketelhuis gaat.</li><li>13. De generator.</li><li>14. De kabel, waardoor de voorste generator met de rails verbonden is (via den olieschakelaar).</li><li>15. De rails.</li><li>16. De olieschakelaar van den voorsten generator en de olieschakelaars voor de twee kabels.</li><li>17. De kabels, die de stad of de provincie ingaan.</li></ol> |
|--|--|

1  
3  
1

Je begrijpt zeker wel, dat uit een groote elektrische centrale meer dan twee kabels de electriciteit wegvoeren. Het schakelhuis heeft dan ook veel meer afdelingen dan twee.



### III. DE VOORTGELEIDING DER ELECTRICITEIT.



Afb. 20. EEN AFGEPELDE KABEL.

We hebben nu gezien, hoe de electriciteit in de centrale wordt opgewekt en zullen thans eens nagaan, hoe zij naar de verbruikers wordt gebracht. Dit geschiedt, zooals jellui allen wel weet, door de electriciteit te laten stroomen door koperen draden. Dat doen we, omdat koper een heel goede geleider voor den stroom is. Maar die koperen geleiders moeten goed omhuld zijn met stoffen, die de electriciteit niet doorlaten. Zouden we ze zoo maar op of in de aarde leggen, dan kwam er van de voortgeleiding niets terecht. Immers, de aarde is een goede geleider en de electriciteit zou dus door de aarde van den eenen naar den anderen geleider stroomen en dadelijk weer in de centrale terugkeeren. De koperen geleiders moeten dus goed met nietgeleidende stoffen omgeven zijn, we zeggen: geïsoleerd zijn. Dat kan op twee manieren; we kunnen de koperdraden door de lucht spannen, waartoe we ze dan op hooge palen aan isolatoren van porselein bevestigen. Zoowel de lucht als het porselein zijn nietgeleiders, zoodat de electriciteit niet van de draden kan afvloeien. Ook kunnen we de koperdraden met nietgeleidende

stoffen omwikkelen. We krijgen dan kabels, die we onder den grond kunnen leggen.

Om je te laten zien, hoe zoo'n kabel is samengesteld, is in bovenstaande afbeelding een stukje kabel geteekend, zoodanig afgepeeld, dat je de verschillende lagen, waaruit de omhulling bestaat, gemakkelijk kunt vinden.

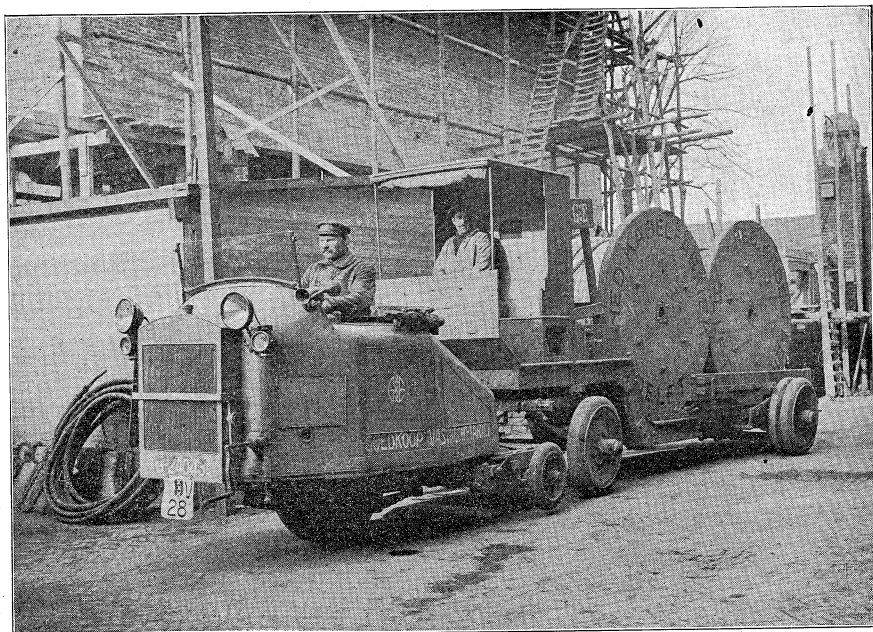


Van binnen uit gerekend krijgen we eerst de koperen geleiders, die elk uit een aantal dunne koperdraden zijn samengesteld, omdat zij daardoor buigzamer zijn, dan wanneer zij uit één enkelen massieven draad bestonden. Deze geleiders, die men wel de **aders** van den kabel noemt, zijn met papier omwikkeld, dat in olie gedrenkt is. Vervolgens zijn de geïsoleerde aders samen nog eens door geolied papier omgeven; beide lagen geolied papier dienen om de aders te isoleren. Wanneer het papier vochtig zou worden, zou het niet meer isoleren. Daarom is het geheel door een looden buis omgeven, welke waterdicht afsluit. Lood is namelijk heel goed tegen water bestand, bovendien is het buigzaam en kan men het gemakkelijk tot een buis persen. De looden buis, ook wel loodmantel geheeten, heeft echter één bezwaar: hij is nl. erg zacht en wordt dus licht beschadigd. Daarom omgeeft men hem met een laag jute en een dubbele laag bandijzer. Om te verhinderen, dat het ijzer roest, wordt ten slotte nog een dubbele jutelaag aangebracht, die evenals de eerste jutelaag in asphaltteer is gedrenkt.

Onthoud dus goed, dat alleen maar de twee papierlagen voor de isolatie dienen; de loodmantel, de jutelaag, het bandijzer en de dubbele jutelaag dienen uitsluitend ter bescherming.

Je begrijpt, dat het vervoer van zoo'n kabel niet gemakkelijk is en, zooals je op het onderstaande plaatje ziet, komt er heel wat bij kijken.

De kabels worden daartoe op groote houten klossen (haspels) gewonden en op speciale wagens geladen. Daar men die klossen ook gemakkelijk



Afb. 21. EEN KABELHASPELWAGEN MET TWEE HASPELS.

over de straat kan rollen, kan de zware kabel precies worden gebracht op de plaats, waar hij moet worden gelegd. Hier heeft men in de straat een gleuf gegraven; de kabel wordt afgerold en in de gleuf gelegd. Doordat de kabel zoo zwaar is en vooral heel voorzichtig behandeld moet worden om te voorkomen, dat hij wordt beschadigd, zijn daarvoor heel wat arbeiders noodig. Die staan op bepaalde afstanden van elkaar; de voorman heeft een hoorn in de hand en blaast er op, en telkens als hij blaast, trekken alle mannen tegelijk aan den kabel en gaat deze een eindje vooruit. De meeste kinderen vinden het altijd de moeite waard om naar het leggen van kabels te kijken. Ze zouden eigenlijk nog liever een handje meehelpen, maar dat mag niet!

Waar de electriciteit in de centrale gewoonlijk onder een spanning van 10 000 volt wordt opgewekt, zijn de meeste kabels en luchtleidingen, die van de centrale komen en naar de plaatsen gaan, waar de electriciteit noodig is, gemaakt voer een spanning van 10 000 volt. Dit is een hooge spanning. Electriciteit onder hooge spanning is levensgevaarlijk, nog gevaarlijker dan electriciteit onder lage spanning. Dat het aanraken van onder spanning staande geleiders gevaarlijk is, kan je makkelijk begrijpen, wanneer je hoort, dat in de centrale meestal de koperen windingen van den generator op één plaats met de aarde zijn verbonden. Je weet immers al, dat het menschelijk lichaam en de aarde geleiders zijn en wanneer je dus een draad, die onder spanning staat, aanraakt, gaat de stroom door je lichaam en de aarde naar de centrale terug, in plaats van door den anderen draad. Heeft de draad, dien je aanraakt, een hooge spanning, dan gaat er ook een groote stroom door je lichaam; heeft de draad een lage spanning, dan is die stroom kleiner.

Het menschelijk lichaam is echter uiterst gevoelig voor den elektrischen stroom, *zoodat zelfs bij de lage spanningen, zooals die in onze huizen voorkomen, het aanraken van blanke koperdraden levensgevaarlijk is.*

Nu zal je natuurlijk vragen, waarom dan de electriciteit in de centrale met zoo'n hooge spanning wordt opgewekt. Dat zit zoo. Je zult je herinneren, dat het vermogen, dat de turbogeneratoren ontwikkelen, gelijk is aan het product van de spanning en de stroomsterkte, dus bv. gelijk aan 10 000 volt  $\times$  600 ampère = 6 000 000 watt = 6000 kilowatt. Dit vermogen moet door de bovengrondsche leidingen of de kabels naar andere plaatsen worden overgebracht en nu hangt de dikte der koperdraden, die we daarvoor noodig hebben, alleen maar af van de stroomsterkte, dus van het aantal ampères, dat er door heen moet. Door een dikken draad kan nl. meer stroom dan door een dunnen. Zouden we het vermogen der turbogeneratoren onder lage spanning willen overbrengen, bv. met 100 volt, dan zouden we zeer groote stroomen krijgen. Dat dit zoo is, zal je dadelijk begrijpen, wanneer je bedenkt, dat 10 000 volt  $\times$  600 ampère evenveel is als 100 volt  $\times$  60 000 ampère. Een product blijft

nl. even groot, als we den eenen factor evenveel keeren kleiner maken als den anderen grooter:  $24 \times 2$  is evenveel als  $4 \times 12$ .

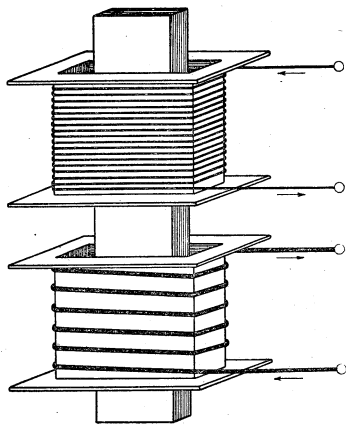
Voor een stroom van 60 000 ampère zouden echter zeer dikke koperen geleiders noodig zijn, die heel wat duurder zijn dan geleiders voor 600 ampère.

Dit is dus de reden, waarom we de electriciteit in de centrale onder hooge spanning (10 000 volt) opwekken.

Soms is de spanning, waarmede de electriciteit in de centrale wordt opgewekt, nog niet hoog genoeg, bv. wanneer we het vermogen over een zeer grooten afstand moeten overbrengen, omdat het dan van nog meer belang is om dunne koperdraden te gebruiken. In dit geval moeten we de spanning nog eens extra verhoogen, bv. tot 50 000 volt. Dat gebeurt in een **transformator**, we zouden kunnen zeggen: in een veranderaar.

Nu willen jelui natuurlijk weten, hoe dat gaat. Daartoe moeten we nog eens teruggaan naar hetgeen we bij afb. 12 al hebben besproken. Daar zagen we, dat een magneet een electricischen stroom kan opwekken en *nu moet je weten, dat het omgekeerde ook mogelijk is*. Wanneer we een geleider eenige malen rondom een ijzeren staaf wikkelen en dan door dien geleider een electricischen stroom sturen, dan wordt die staaf een magneet. De noordpool ontstaat dan bv. boven aan de staaf, de zuidpool onderaan. Draaien we de richting van den stroom om, dan verwisselen ook de polen van plaats, terwijl, als we den stroom laten ophouden, het ijzer dadelijk niet meer magnetisch is.

Van deze eigenschap heeft men gebruik gemaakt bij den transformator. In zijn eenvoudigsten vorm bestaat een transformator uit een ijzeren staaf, waaromheen twee klossen met koperdraad zijn geplaatst (afb. 22). Op den ondersten klos zitten weinig dikke draden, op den bovensten veel dunne draden. Wanneer we nu door den ondersten klos een wisselstroom sturen, dan wordt de ijzeren staaf magnetisch, maar bij elke wisseling in de stroomrichting verwisselen ook de noordpool en de zuidpool van den magneet van plaats. Voor den bovensten klos komt dit dus op hetzelfde neer, alsof we een gewone magneetstaaf telkens in den klos staken, er weer uithaalden, omdraaiden, er weer in staken enz., net als we dat bij afb. 12 al hebben besproken. Jelui weet dus al, wat er nu in den koperdraad van den bovensten klos gebeurt. De electriciteit wordt daarin nu eens in de ééne richting geduwd, dan weer in de andere richting. Tusschen de



Afb. 22. DE TRANSFORMATOR.

uiteinden van den draad ontstaat weer een wisselend spanningsverschil. Omdat de bovenste klos meer windingen heeft dan de onderste klos, zal dus dat spanningsverschil heel wat grooter zijn dan dat tusschen de uiteinden van den draad op den onderste klos. Zitten bv. op den onderste klos 100 windingen en op den bovensten 500, dan zal, als de onderste klos op een spanning van 10 000 volt wordt aangesloten, tusschen de uiteinden van den koperdraad op den bovensten klos een spanningsverschil van 50 000 volt ontstaan.

Op deze wijze kunnen we dus de spanning van den generator verhoogen. Waar echter het product van spanning en stroom aan den eenen kant van den transformator even groot moet zijn als aan den anderen kant, zal dus, wanneer de spanning 5 maal grooter wordt, de stroom 5 maal kleiner worden. Bedraagt de stroom door den onderste klos dus bv. 20 ampère, dan zal die door den bovensten klos nog maar 4 ampère bedragen. Nu begrijp je dus meteen, waarom de koperdraad op den onderste klos dik moet zijn, terwijl voor den bovensten klos met een veel dunneren draad kan worden volstaan.

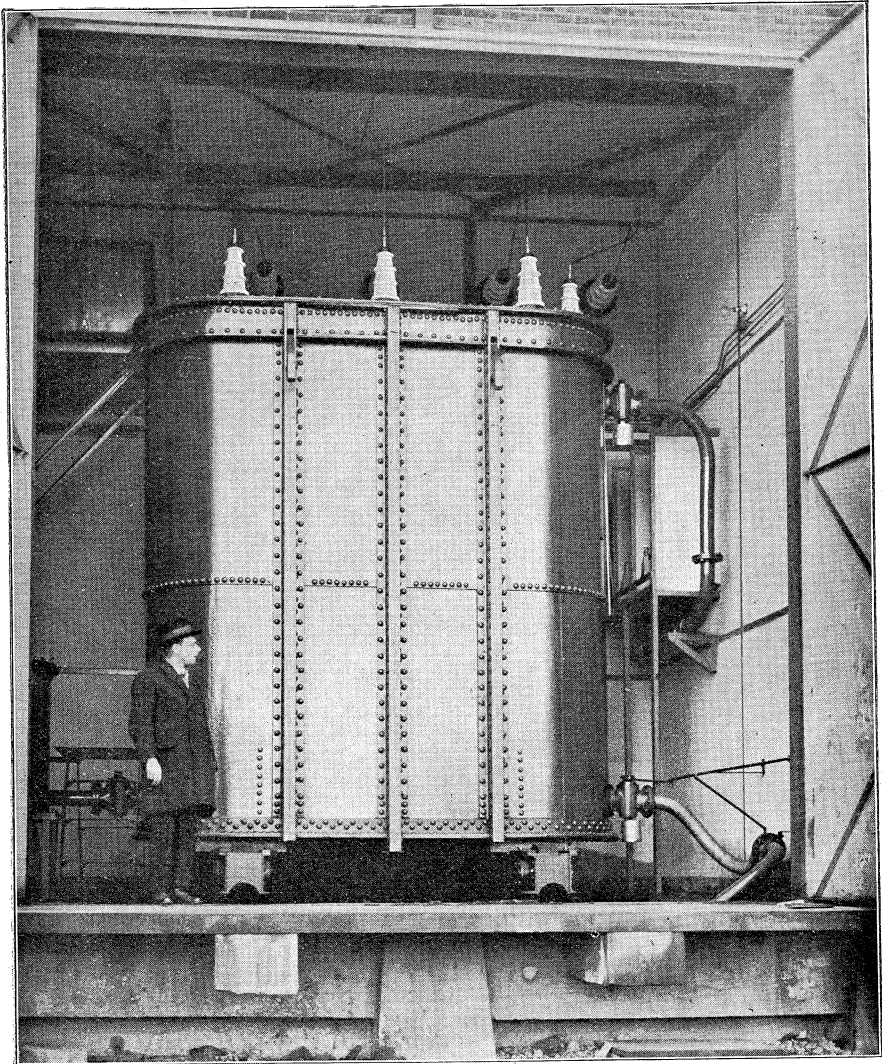
Je kunt een transformator natuurlijk ook omgekeerd gebruiken om de spanning te verlagen. De klos met de vele windingen wordt dan op de hooge spanning aangesloten, zoodat die met het kleine aantal windingen de lagere spanning levert.

Een soortgelijk verschil als er tusschen den klos met den magneet van afb. 12 en den generator bestaat, is er ook tusschen de klossen met de staaf van afb. 22 en den werkelijken transformator. De ijzeren staaf wordt tot een vierhoekig raam omgebogen, waarop de klossen worden bevestigd. Het geheel wordt dan in een grooten bak met olie geplaatst, omdat het anders te warm zou worden. Op afb. 23 zie je, hoe zoo'n transformator er dan van buiten uitziet.

Voor het transport van electriciteit over heel groote afstanden wordt de opgewekte hooge spanning van 10 000 volt dus in den transformator tot 50 000 volt verhoogd, waardoor de stroomsterkte op  $1/5$  wordt verkleind. Van den transformator gaat de electriciteit dan door luchtleidingen (zie blz. 34) naar de verafgelegen plaatsen. Je begrijpt, dat het buitengewoon gevaarlijk, ja zeker doodelijk is zoo'n draad aan te raken. Speel dus ook nooit met een vlieger in de buurt van zoo'n hoogspanningsleiding, want als de staaf van je vlieger in de draden zou raken, is het zelfs heel goed mogelijk, dat een gevaarlijke stroom door het touw, je lichaam en de aarde naar de centrale teruggaat, vooral als het touw vochtig is.

Aan den anderen kant van de hoogspanningsleiding staat weer een transformator, die precies het tegenovergestelde doet als de eerste transformator en dus weer de spanning op 10 000 volt verlaagt.

Op deze wijze wordt bv. de electricische stroom, die opgewekt wordt in de centrale te Nijmegen, overgebracht naar Apeldoorn. Dat gaat overigens



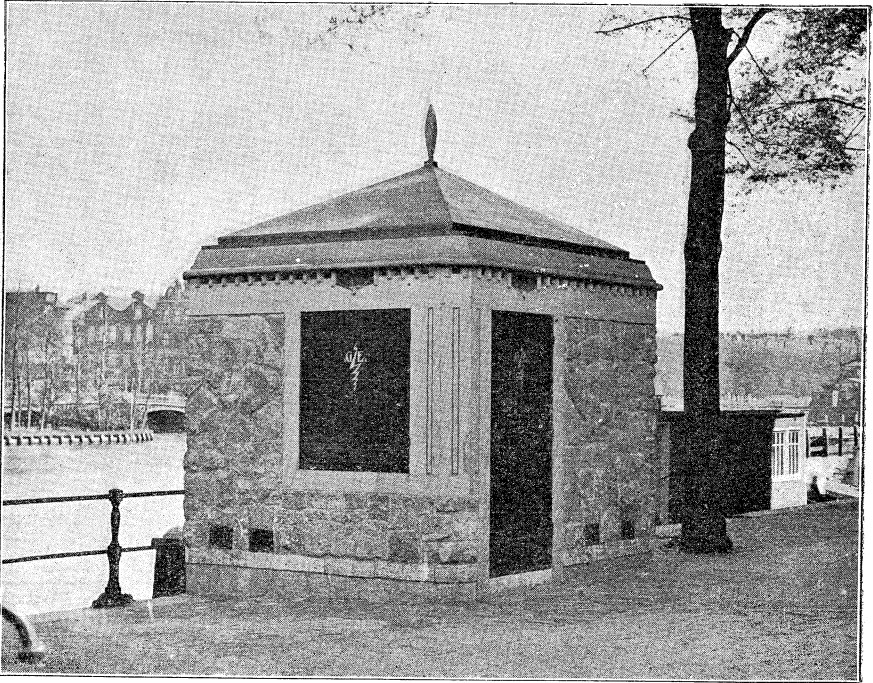
Afb. 23. EEN GROOTE TRANSFORMATOR VOOR ZEER HOOG SPANNING.

met een duizelingwekkende snelheid<sup>1)</sup>). De 45 km bv. die Apeldoorn van Nijmegen aflight, is voor de electriciteit de moeite niet. We kunnen gerust zeggen, dat men den electricischen stroom in Apeldoorn op hetzelfde oogenblik heeft, als hij in Nijmegen wordt opgewekt. Kwam er dus een **storing** in de centrale te Nijmegen, zoodat die centrale ineens geen stroom meer zou kunnen leveren, dan zou op hetzelfde oogenblik in Gelderland tot in den versten hoek toe, al het electricische licht uitgaan. Je begrijpt, dat er voor gezorgd is, dat dit niet zoo gauw kan gebeuren.

\* \* \*

1) 300 000 km per seconde.


De spanning van 10 000 volt, zooals die door de centrale wordt opgewekt en in de ver afgelegen plaatsen door de transformatoren wordt geleverd, is nog veel te hoog om in huis te kunnen worden toegelaten. Dat zou veel te gevaarlijk zijn. Overal waar de electriciteit moet worden gebruikt, moeten we dus eerst de spanning verlagen. Gewoonlijk wordt de spanning van 10 000 volt gebracht op 125 of 220 volt. Je begrijpt, dat we dat weer doen met een transformator.



Afb. 24. EEN TRANSFORMATORHUISJE.

De stroom van hooge spanning (10 000 volt), die van de centrale komt, wordt dan door den dunnen draad van den transformator gestuurd en de dikke draad levert dan den stroom van lage spanning. De transformatoren, die men voor dit doel gebruikt, kunnen natuurlijk heel wat kleiner zijn dan die, welke voor het verhoogen van de spanning noodig zijn. Zoo'n transformator staat dan ook gewoonlijk in een klein huisje, soms zelfs in een zuil.

Op afb. 24 zie je een transformatorhuisje, zooals dat zowel in de stad als op het land veelvuldig voorkomt.

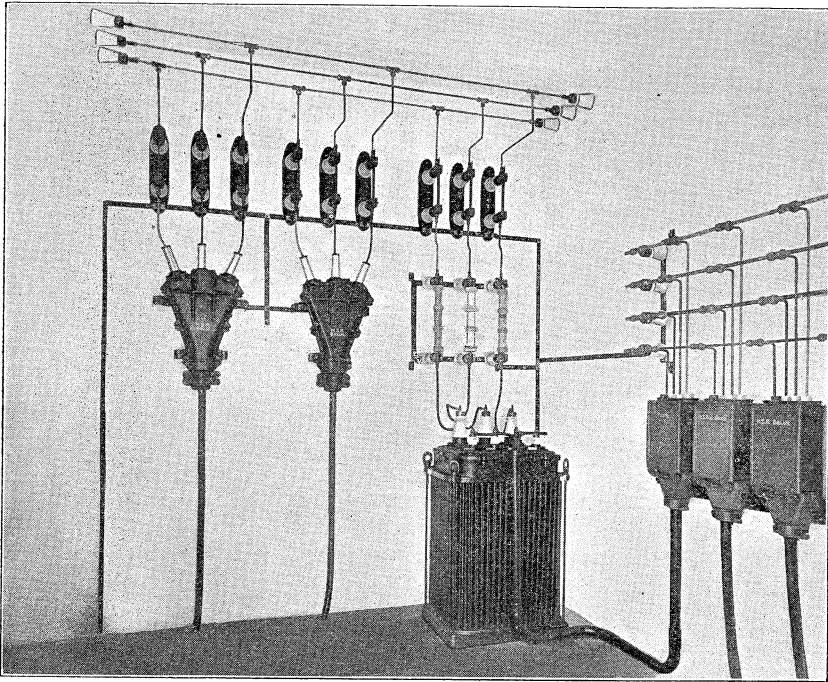
Buiten op staat een  geschilderd gewoonlijk met het woord:

levensgevaarlijk.

Soms moeten de werklieden in zoo'n transformatorhuisje wat repareren. Dan wordt eerst de stroom uitgeschakeld en daarna gaan zij aan het werk.

Men bouwt om den transformator deze mooie huisjes, om het stadsbeeld of het landschap niet te ontsieren. Ze zijn mooier dan transformatorzuilen, die men gewend was vroeger te maken. De transformator is dus het toestel, dat in het huisje geplaatst is. De transformator doet het werk. Het huisje dient slechts ter bescherming van den transformator.

Van binnen ziet zoo'n transformatorhuisje er zoo uit.



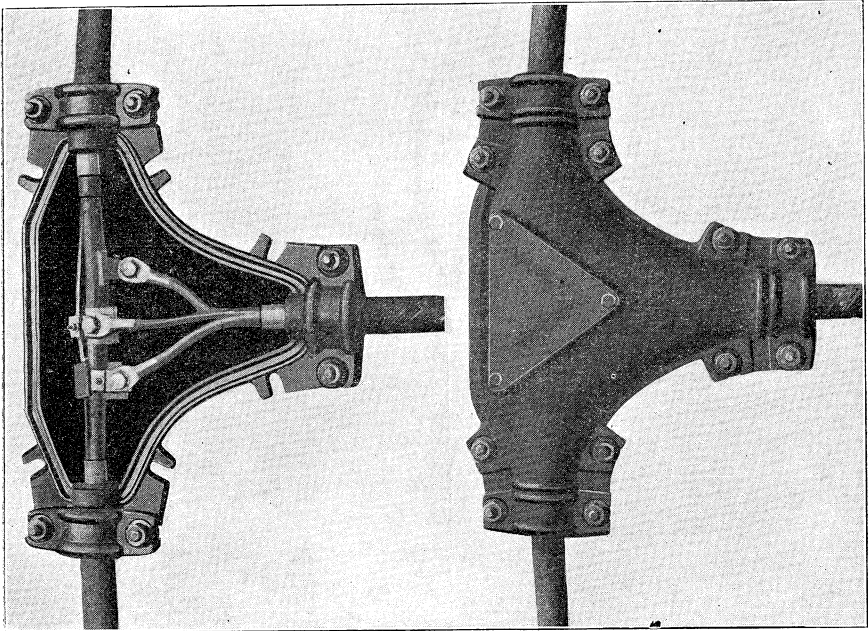
Afb. 25. GEZICHT IN EEN TRANSFORMATORHUISJE.

- Zoek op:
1. De kabels, die van de centrale komen.
  2. De geleiders, die onder hooge spanning staan.
  3. De transformator.
  4. De kabel, die den transformator met de rails voor lage spanning verbindt.
  5. De kabels, die den stroom onder lage spanning naar de huizen voeren.

Soms bevindt zich in zoo'n huisje ook nog een olieschakelaar, waarmee dan de verbinding tusschen den transformator en de kabels, die van de centrale komen, kan worden verbroken (zie afb. 29).



Uit het transformatorhuisje komen nu de laagspanningskabels, die den stroom onder lage spanning (125 of 220 volt) naar de huizen voeren. Van den laagspanningskabel wordt voor elk huis een aftakking gemaakt, dat zijn dunnere draden, die naar het huis gaan.



Afb. 26. EEN OPEN EN EEN GESLOTEN AFTAK — (T) MOF.

Dat is nog lang geen eenvoudig werk om van zoo'n kabel een aftakking te maken. Het is begrijpelijk, dat er groote kans is, dat hier een lek ontstaat, waardoor de electriciteit door de aarde naar de centrale terug zou stroomen. Daarom wordt op elk punt, waar een aftakking uit den kabel gaat, een mof gemaakt, die **aftakmof** heet.

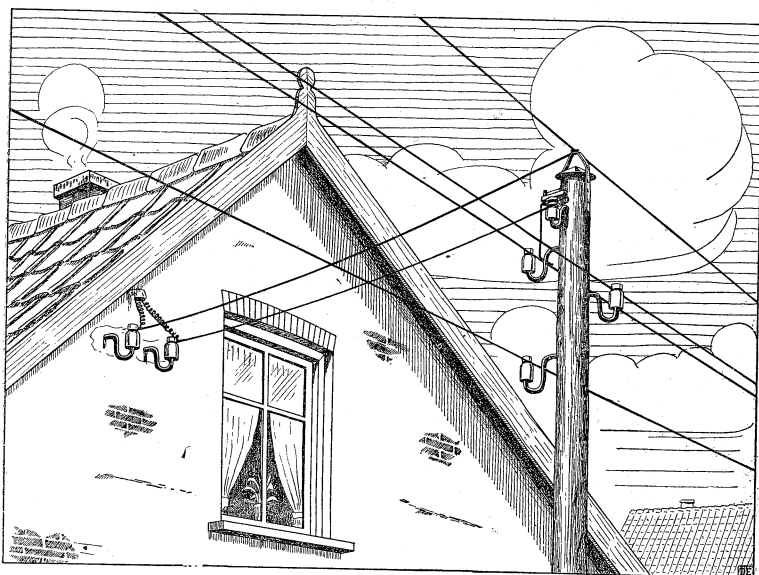
Die aftakmof is van ijzer en hol. Er zijn openingen in, waardoor de doorgaande kabel en de aftakking gestoken worden. Is de aftakking nu gemaakt, dan worden de beide helften, waaruit de mof bestaat, stevig op elkaar geschroefd. Daarna wordt de mof volgegoten met vulmassa (een teerproduct) en alles is klaar. Je ziet in afbeelding 29 een werkman onder zijn tentje bezig zoo'n aftakking te maken. De vuurpot, waarop de vulmassa gesmolten wordt, zie je naast het tentje staan.

De kinderen willen graag weten, wat er in dat tentje gebeurt en gluren er dan ook wel eens in. Maar in het halfdonker is niet veel te zien en de werklieden hebben niet graag, dat de kinderen dicht bij het tentje komen. Maar jelui weet nu, wat er gebeurt en hoe de aftakmof er uit ziet.

We hebben op blz. 34 al gelezen, dat de electriciteit ook wel getrans-



porteed wordt door koperen draden op hoge masten. Dat geldt niet alleen voor electriciteit onder hoge spanning, maar ook voor die onder lage spanning. Op afb. 27 zie je, hoe de twee aftakleidingen, die evenals bij de kabels den stroom van de hoofdgeleiders naar het huis brengen, een woonhuis binnenkomen.



Afb. 27. EEN BOVENGRONDSCH E HUISAANSLUITING.

*Raak vooral nooit een van die draden aan, als je bv. in de dakgoot staat, want de stroom zou direct door je lichaam en de aarde naar de centrale vloeien, wat levensgevaarlijk is.*

\* \* \*

Langs den aftakkabel of de aftakleiding komt de electriciteit in huis, waar zij ons in allerlei opzichten helpt. De draden gaan eerst naar een kastje, dat je in de meeste huizen wel kunt zien en dat heet: **huisaansluitkast**. Daarin zitten een paar heel dunne **zilverdraadjes**, waardoor de electriciteit moet loopen. Nu zal je je herinneren, dat de electriciteit niet zoo maar door de geleiders stroomt, maar dat die geleiders tegen deze strooming weerstand bieden. Het is net alsof de elektrische stroom een zekere wrijving moet overwinnen en zooals bij wrijving altijd gebeurt, ontstaat ook hier warmte. De elektrische stroom verwarmt dus steeds den geleider, waar hij doorheen stroomt. Is de geleider dik en de stroom niet groot, dan is die verwarming nauwelijks merkbaar. Is de geleider erg dun (dus de weerstand heel groot) en de stroom zeer sterk, dan kan de geleider zeer heet worden, ja smelten! Als de stroom dus in huis te groot wordt, dan smelten de zilverdraadjes. Natuurlijk zal je vragen,

hoe de stroom in huis te groot kan worden. Daarvoor kunnen verschillende redenen zijn. Zooals je weet, wordt de electriciteit van de centrale door een der geleiders weggeperst en komt zij door den anderen weer terug, zoodra tusschen de beide geleiders een of ander electricisch toestel (lampen, kachels enz.) wordt aangesloten. Elk dezer toestellen biedt aan den stroomdoorgang een vrij grooten weerstand, zoodat, zoolang niet te veel toestellen worden ingeschakeld, de som van de door de toestellen vloeiende stroomen niet te groot wordt. Wanneer je echter wel te veel toestellen inschakelt of wanneer zoo'n verbruikstoestel defect raakt, zoodat de toe- en afvoerleiding direct met elkaar in aanraking komen (kortsluiting), dan ondervindt de stroom geen voldoende weerstand meer en kan hij zeer groot worden. Hierdoor zouden de leidingen in de huizen te warm kunnen worden, hetgeen brandgevaar zou kunnen veroorzaken. Die zilverdraadjes beveiligen ons dus tegen het gevaar van een te hoogen stroom. Daarom heeten ze **smeltveiligheden**. Is het niet bewonderenswaardig, dat zoo'n dun zilverdraadje op ons huis past, ons voor brandgevaar behoedt en dus over ons leven en onze bezittingen waakt? Ieder kind begrijpt nu, dat het zaak is *daar af te blijven*. Die trouwe *waker* moet ongehinderd zijn nuttig werk kunnen doen.

Van de huisaansluitkast gaat de stroom door geïsoleerde koperdraden naar den meter, dien jelui allen wel kent. Zoodra electriciteit in huis wordt gebruikt, zien we een schijf in den meter draaien en telkens op een klein nummerbordje een cijfertje verspringen.

Je begrijpt, waarom de verbruikte electriciteit gemeten moet worden. De electricische centrale werkt niet voor niets. Zij moet geld van ons hebben en wij moeten de geleverde electriciteit, die in **kilowatturen**<sup>1)</sup> wordt gemeten, betalen. Om de maand meestal komt dan ook de meteropnemer, die in zijn boekje noteert, hoe de meter staat. Op het kantoor maakt men dan een aftreksom, bv:

nu staat de meter op . . . . .	925	kilowatturen,
de vorige keer op . . . . .	<u>820</u>	" "
er is dus verbruikt een hoeveelheid van . . . . .	105	kilowatturen.

Een kilowattuur kost bv.  $f\ 0,30$ , dus er moet betaald worden:  $105 \times f\ 0,30$  is  $f\ 31,50$ , en het geld wordt aan de deur opgehaald. Soms is het ook wel anders ingericht. Dan is er een busje met een gleuf, waarin een kwartje of een gulden gedaan moet worden. Er wordt dan voor een gulden of een kwartje electriciteit geleverd. Is dit opgebruikt, dan gaat het licht uit en men moet opnieuw een muntstuk in den meter werpen. Zorg dus steeds, dat er genoeg muntstukken in den meter zitten. Deze wijze van betalen is gemakkelijker. De meter heet dan: **muntmeter**.

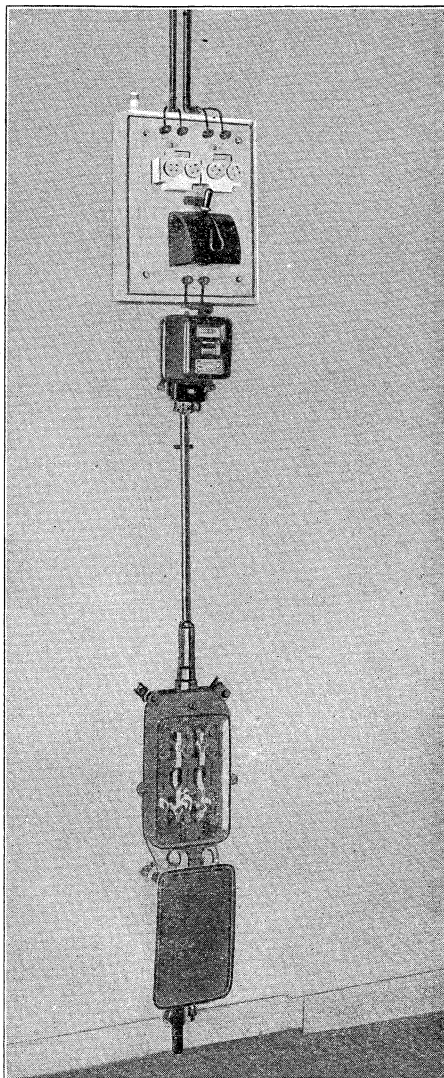
Als de electriciteit den meter gepasseerd is, gaat ze naar het **schakel-**

---

1) Je hebt een kilowattuur verbruikt, als je 1 uur lang 1000 watt hebt verbruikt.

**bord.** Dat kennen we allemaal. Daarop zijn weer eenige smeltveiligheden, ook wel stoppen genaamd, aangebracht, en voorts ook de **hoofdschakelaar**. Met dezen hoofdschakelaar kan je het geheele huis stroomloos maken en *dat moet je altijd eerst doen, als je een nieuwe stop op het schakelbord wilt inzetten.* Van het schakelbordje gaan de draden naar de verschillende vertrekken in het huis, zooals je op afb. 28 ziet. Weet je nu wel, waarom de veiligheden op het schakelbordje lang niet zoo sterk moeten zijn, als de veiligheid in de aansluitkast? Dit is, om er voor te zorgen, dat alleen de veiligheid op het schakelbord doorsmelt, wanneer in het gedeelte van het huis, waarvoor die veiligheid dient, kortsluiting ontstaat. In het andere gedeelte van het huis kan het licht dan blijven branden, omdat de smeltveiligheid in de huisaansluitkast heel is gebleven.

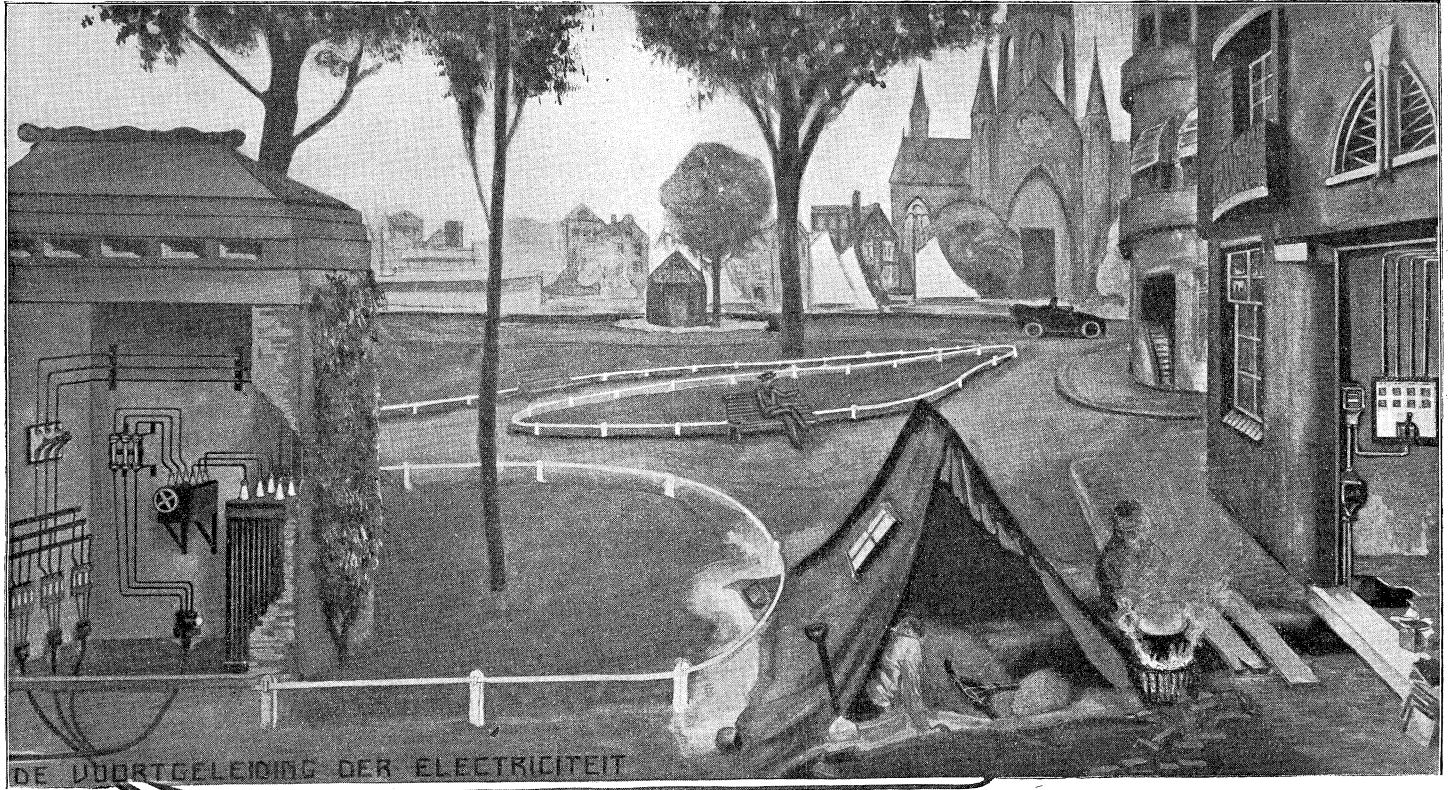
Denk er aan, dat je alléén de veiligheden op het schakelbord zelf mag vernieuwen. De huisaansluitkast is verzegeld, daar mag alleen het personeel van het electriciteitsbedrijf aankomen.



Afb. 28. DE HUISAANSLUITING.

- Zoek op:
1. De huisaansluitkast met de zilverdraadjes.
  2. De meter.
  3. De hoofdschakelaar.
  4. De smeltveiligheden op het schakelbord.
  5. De draden, die naar de verschillende vertrekken gaan.

Tegenwoordig gebruikt men in plaats van smeltveiligheden ook wel automatische schakelaars, dat zijn schakelaars, die vanzelf den stroom afschakelen, als die te groot wordt. Het voordeel van zoo'n automaat is, dat je, als hij gewerkt heeft, hem gewoon weer in kan schakelen. Je hebt dus niet steeds een nieuwe stop nodig.



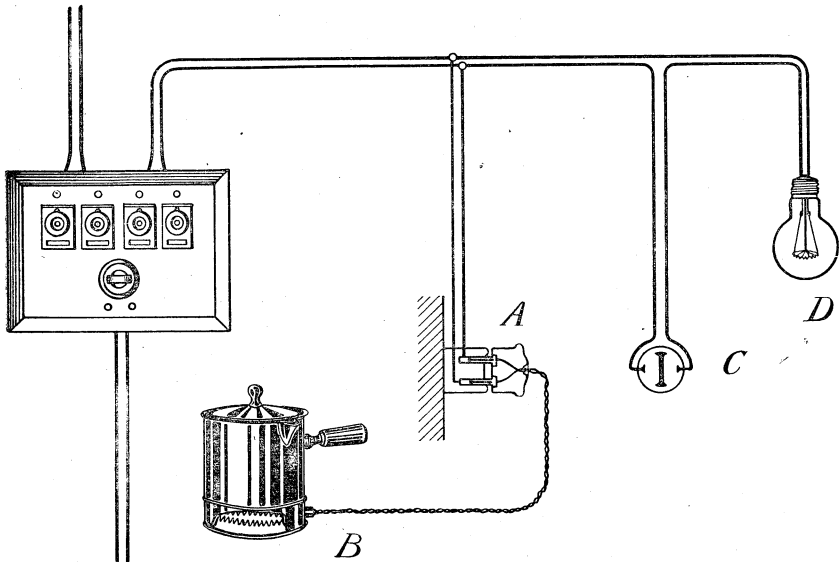
Afb. 29. DE VOORTGELEIDING DER ELECTRICITEIT.

Wij zullen nu nog eens even den geheelen weg nagaan, dien de electriciteit op haar reis van de centrale naar ons huis doorloopt. Je kunt dien weg op bovenstaande plaat gemakkelijk volgen. De teekenaar heeft den zijmuur van het transformatorhuisje weggelaten, zoodat het inwendige van het gebouwtje duidelijk te zien is. Ook heeft hij de deur van het aan te sluiten huis opengezet, zoodat wij kunnen zien, hoe de aansluiting is uitgevoerd.

- Zoek op:
1. De kabel, die van de centrale komt.
  2. De olieschakelaar tusschen dezen kabel en den transformator (zie het handwiel, waarmede de olieschakelaar wordt bediend).
  3. De transformator.
  4. De laagspanningschakelaar.
  5. De laagspanningsrails.
  6. De laagspanningskabels naar de huizen.
  7. De kabeltent.
  8. De mof.
  9. De vuurpot.
  10. De pot met vulmassa (op het vuur).
  11. Het huisaansluitkastje.
  12. De meter.
  13. Het schakelbord met den hoofdschakelaar en de smeltveiligheden.
  14. De huisleidingen.
-

#### IV. DE TOEPASSING VAN DE ELECTRICITEIT; LICHT, KRACHT EN WARMTE.

In het vorige hoofdstuk hebben we de electriciteit gevolgd op haar weg van de centrale tot op het schakelbord in onze woning. Van het schakelbord gaan de draden twee aan twee naar de verschillende vertrekken in het huis. In onderstaande figuur is een eenvoudige huisinstallatie geteekend. In de eerste plaats zie je bij A het **stopcontact**, dat jelui allemaal wel kent. Zoo'n stopcontact bestaat uit twee deelen: de **contactdoos**, die aan den wand is bevestigd en de **contactstop**, die aan het snoer vastzit. De beide draden van de huisleiding worden in de contactdoos ieder verbonden met een koperen busje. Wil je nu een electrisch toestel, bv. een waterketeltje, inschakelen, dan steek je de contactstop, die bij het keteltje behoort, in de contactdoos. De twee pennen van de stop komen in de busjes van de contactdoos en worden daardoor verbonden met de beide toevoerdraden. Aan de pennen van de contactstop zitten de beide koperen geleiders van het snoer vast en die zijn weer verbonden met den geleider B, die in het keteltje zit. Je begrijpt wel, dat zoodra



Afb. 30. DE HUISINSTALLATIE.

je de contactstop in de contactdoos steekt, de electriciteit door den geleider B zal stroomen, en dat die strooming ophoudt, zoodra je het contact verbreekt; ga zelf maar eens na, hoe de electriciteit van den eenen draad door het stopcontact, het snoer en het keteltje en weer terug naar den anderen draad zal loopen. De electricische stroom ontwikkelt in den ge-

leider B warmte, maar daar zullen we straks nog wel nader over spreken. De hoofdzaak is nu, dat je goed ziet, hoe de electriciteit stroomt.

Met een lamp gaat het meestal een beetje anders. Om die in en uit te schakelen gebruiken we gewoonlijk geen stopcontact, maar een schakelaar. In een lamp zit ook een geleider. *Deze is steeds met één van de beide toevoerdraden verbonden* (zie afb. 30 bij D). De andere toevoerdraad loopt door den schakelaar, dien jelui allemaal wel kent, naar de lamp. Als de schakelaar uitgeschakeld is, is er tusschen de beide deelen van dezen draad (zie afb. 30 bij C) geen voor de electriciteit geleidende verbinding. De electriciteit kan dus dan niet door de lamp stroomen. Als je nu den schakelaar inschakelt, dan doe je niets anders dan de beide deelen van den eenen toevoerdraad (bij C) door een koperen bandje verbinden. De stroom kan nu, van de centrale komende, door den eenen draad, door de lamp en den anderen draad, waarin de schakelaar zit, naar de centrale terugvloeien. Je ziet dus alweer den gesloten kring, die altijd voor de strooming van de electriciteit noodig is.

De draden in onze huizen moeten natuurlijk weer geïsoleerd worden (waarom?) en dat doet men gewoonlijk door ze met een laagje gummi te omgeven. De geïsoleerde geleiders worden meestal in ijzeren buizen langs of in den muur gelegd. Die ijzeren buizen dienen, zooals je wel begrijpen zult, om te voorkomen, dat de draden makkelijk beschadigd worden.

In een snoer zijn de beide geleiders samengesteld uit een groot aantal heel dunne draadjes. Waarom?

Je moet vooral oppassen, dat je een snoer niet te sterk knikt of tusschen de deur klemt, want daar kan het meestal niet goed tegen.

We zullen nu de drie toepassingen der electriciteit, nl. voor licht, kracht en warmte, eens afzonderlijk bekijken.

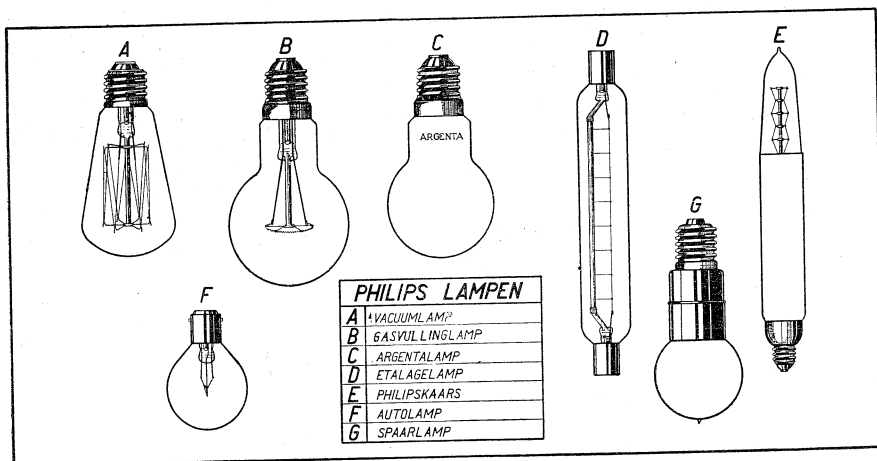
\* \* \*

#### a. DE ELECTRICITEIT VOOR VERLICHTING.

Het electrische licht kent iedereen en iedereen weet, hoe gemakkelijk het is een electrische lamp in te schakelen. We voelen pas goed, welk een zegen het electrische licht is, als we nagaan, hoe we vroeger licht maakten. In de oudste tijden brandde men *fakkels* van harsachtig hout. Dat gaf een geweldigen walm, zeer schadelijk voor de gezondheid. Daarna is de *kaarsverlichting* gekomen; niet veel licht en ook vrij wat walm en een onaangename geur. Hierop is gevolgd het *petroleumlicht*; beter licht dan van kaarsen, maar ook met een geur en walm en lang niet ongevaarlijk. Het *gas* bracht weer een verbetering, vooral toen de gloeikousjes waren uitgevonden. Maar het gemakkelijkste en het veiligste is toch wel het *electrische licht*. Om dit aan te steken draait men den knop om en het

licht brandt. Moet men even in een donkere kamer zijn, zóó heeft men licht. En verlaat men de kamer, dan is het licht in één draai weer uit. We branden het licht niet langer dan noodig is. Brandgevaar is uitgesloten. Dat was vroeger anders. Dan stak men een lucifer aan, als men in een donkere kamer wat moest zoeken. Maar zoo'n lucifer brandt niet lang. Dan maar weer een nieuwen aansteken. Het was oppassen om de vingers niet te branden. En waar moest je met den afgebranden lucifer blijven? Menig brandvlekje in tafel- of vloerkleed is zoo ontstaan.

Tegenwoordig, met die heerlijke gloeilampen, heeft men licht van steeds dezelfde sterkte, zoolang als het noodig is. Weet je wel, dat aan de Philips' gloeilampenfabrieken te Eindhoven 9000 menschen werkzaam zijn? Een staf van ingenieurs is voortdurend bezig om toezicht te houden bij het maken der lampen en tracht steeds nieuwigheden uit te vinden,



Afb. 31. EENIGE DER MEEST VOORKOMENDE LAMPEN.

waardoor de lampen beter worden en minder stroom verbruiken. En weten jullie wel, dat deze Philips' fabrieken over de geheele wereld bekend zijn en hun lampen overal heen leveren?

Een gloeilamp bestaat uit een glazen ballon, waarin een heel dun draadje is opgehangen. Weet je wel, hoe dun zoo'n draadje is? Drie van deze draadjes, naast elkaar gelegd, zouden niet dikker lijken dan een menschenhaar! Je begrijpt, dat het niet gemakkelijk is zoo'n fijn samenstel van glas en uiterst dunne draadjes toch flink sterk te maken.

Zooals je geleerd hebt, wordt een geleider altijd een beetje warm, als er electriciteit doorheen wordt geperst en wel des te warmer, naarmate de weerstand, dien de geleider tegen de strooming biedt, grooter is. Bij het heel dunne draadje van de gloeilamp is die weerstand natuurlijk heel erg groot, zoodat het draadje wit gloeiend wordt en licht geeft. Door het kiezen van de juiste lengte en dikte van dit draadje kan men de gewenschte hoeveelheid licht uit een gloeilamp verkrijgen. We hebben



in Hoofdstuk II op blz. 29 gezien, dat het vermogen van een turbogenerator uitgedrukt wordt in watts. Bij de verbruikstoestellen (lampen, kachels enz.) gaat men net zoo te werk. Een lamp van 250 watt neemt dus bij een spanning van 125 volt een   bère op. Lampen, die veel licht geven, verbruiken ~~naastalijk ook veel~~ veel watts.

Op afb. 31 zie je enkele lampen afgebeeld. Als er lucht in de lamp zou zijn, zou het dunne draadje spoedig verbranden. Daarom wordt de lamp luchtledig gemaakt. Zulke luchtledige lampen noemt men **vacuum-lampen** (zie de lamp A). Ook wordt de lamp, in plaats van luchtledig gemaakt, wel gevuld met een gas, dat de verbranding niet onderhoudt. Zoo'n lamp heet daarom **gasvullinglamp** (lamp B).

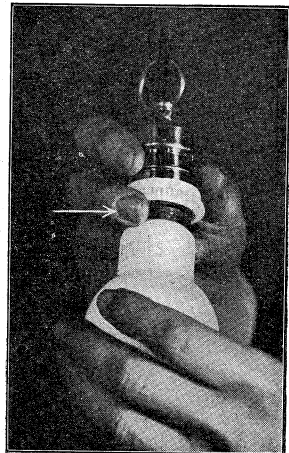
Om de oogen tegen het sterke licht van de gloeiende draadjes te beschermen, maakt men tegenwoordig de ballon van deze gasvullinglampen veelal van melkglas; deze lampen heeten dan **Argentalampen** (lamp C). Voorts geeft men den lampen al naar hare bestemming verschillende vormen, waarvan afb. 31 nog eenige voorbeelden toont.

Men maakt in den laatsten tijd ook nog andere lampen voor verlichting dan die met gloeiende draden. Wanneer je uit een glazen ballon of buis alle lucht zuigt en je laat er een heel klein beetje van een of ander gas in, dan zal, als je tracht electriciteit door die ballon of buis te persen, dat ook gelukken. Het verdunde gas is dus eenigszins geleidend.

Het merkwaardige is, dat het gas daarbij een zacht rood of zacht blauw licht uitstraalt. Dergelijke lampen heeten **„glimlichtlampen”** (nachtlampen) en als ze in den vorm van lange buizen worden gemaakt, noemt men ze **neonbuizen**. Je ziet die dikwijls in den vorm van reclameletters.

Als je een lamp in of uit een lamphouder of fitting draait, moet je nooit het koperen gedeelte, dat boven aan de lamp zelf zit (de huls) aanraken. Je mag alleen het glas vasthouden. Zoodra de lamp nl. ingedraaid wordt, komt de huls in verbinding met een der toevoerdraden. Raak je dus de huls aan (zie afb. 32), dan is dat hetzelfde, alsof je den toevoerdraad aanraakt. De stroom kan dus door je lichaam en de aarde naar de centrale teruggaan en je weet, dat dat levensgevaarlijk is. Er worden tegenwoordig ook fittingen gemaakt, waarbij je de huls bij het inschroeven niet meer kan aanraken. Dat is dus veel veiliger.

Liefst moet je ook de koperen fitting niet aanpakken, want het gebeurt nog al eens, dat één van de toevoerdraden in de lamp los zit en tegen de



Afb. 32. DIE MAN DOET HET VERKEERD.

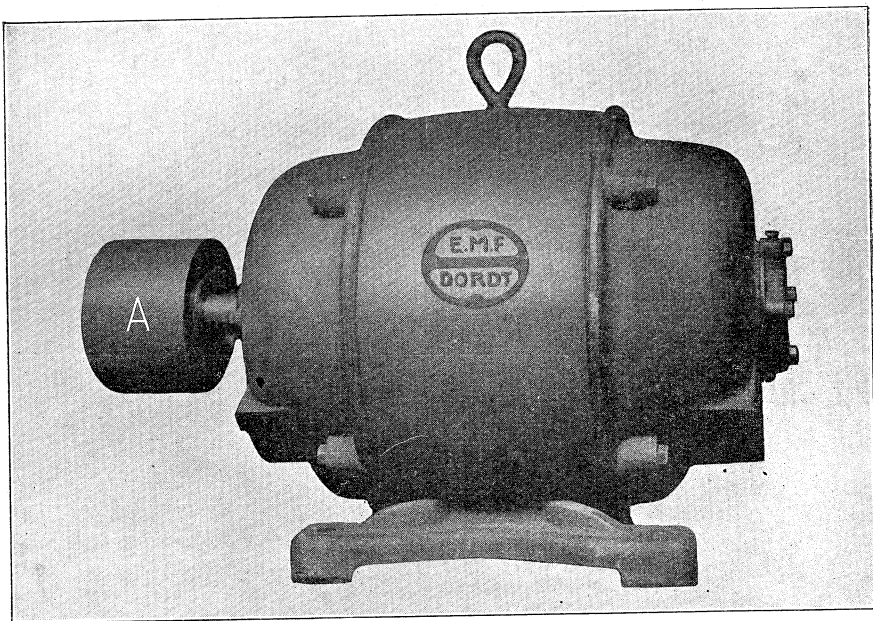
fitting zelf aanligt. Kom je dan met het koper van de fitting in aanraking, dan vloeit de stroom weer door je lichaam en de aarde naar de centrale.

\* \* \*

b.  VOOR BEWEEGKRACHT.

Een der belangrijkste elektrische toestellen is de electromotor. Met deze machine kan men allerlei zwaar werk, dat vroeger met de hand moest gebeuren, thans machinaal doen, hetgeen een groote arbeidsbesparing geeft.

Zooals jelui wel weet, had men vroeger alleen de stoommachine, die een as in beweging bracht, waarop schijven zaten. Over die schijven liepen dan riemen naar de machines, die het werk moesten doen. Dat ging natuurlijk heel goed, maar om zulke machines te kunnen gebruiken,



Afb. 33. EEN ELECTROMOTOR.

had men altijd een stoomketel en een stoommachine noodig. Alleen groote fabrieken konden dus machines gebruiken. Voor de kleine fabrieken, de zg. klein-industrie<sup>1)</sup>, was dat niet mogelijk. Maar nu, met onzen electromotor kunnen zelfs in de kleinste fabriek allerlei machines gemakkelijk en zonder veel kosten in beweging worden gebracht.

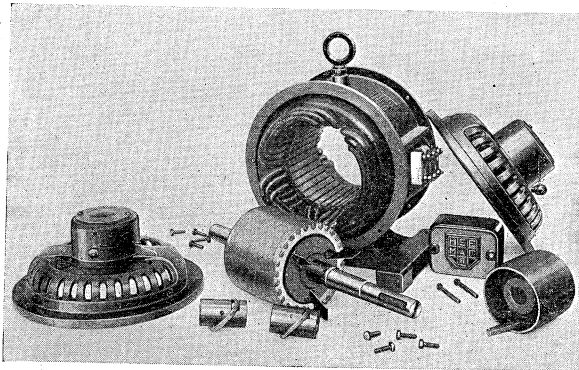
Aan den zijkant van den motor zit op de motoras een schijf A (zie afb. 33). Een dergelijke schijf zit ook op de as van de machine, die het werk

<sup>1)</sup> Onder den naam klein-industrie vat men die ondernemingen samen, welke met een klein aantal werklui en met machines producten maken, bv. een kistenmakerij of iets dergelijks.

moet doen. Over deze beide schijven loopt een riem. Om nu de zaak in beweging te brengen wordt de stroom ingeschakeld, de motor gaat draaien en de riem brengt de beweging van den motor naar de machine over.

Jelui begrijpt, dat men met den electromotor haast alle machines, die er zijn, in beweging kan brengen, bv. de smid zijn draaibank, de timmerman zijn zaag- en schaafmachine, de boeren hun hakmachines voor veevoeder, hun machines om melk te ontroomen en te karnen, hun dorschmachines, ja zelfs melken en ploegen kunnen ze met behulp van de electriciteit machinaal doen. En denk eens aan de elektrische tram!

Natuurlijk wil je nu weten, hoe de motor door den elektrischen stroom aan het draaien wordt gebracht. Denk daartoe nog even terug aan den generator; die bestaat uit een stator en een rotor. De rotor wordt aan het draaien gebracht door de turbine en daardoor wordt electriciteit opgewekt in den stator. De electromotor bestaat ook uit een stator en een rotor, maar hij werkt net andersom als de generator. De stroom wordt door de koperen windingen in den stator gestuurd en daardoor wordt de rotor aan het draaien gebracht. Bedenk dus goed: de kracht, die den generator doet draaien, wordt geleverd door de stoomturbine, maar de kracht, die den motor aan het draaien brengt, is de electriciteit. Op afb. 34 vind je de voornaamste onderdeelen, waaruit een motor is samengesteld.



Afb. 34. EEN UIT ELKAAR GENOMEN MOTOR.

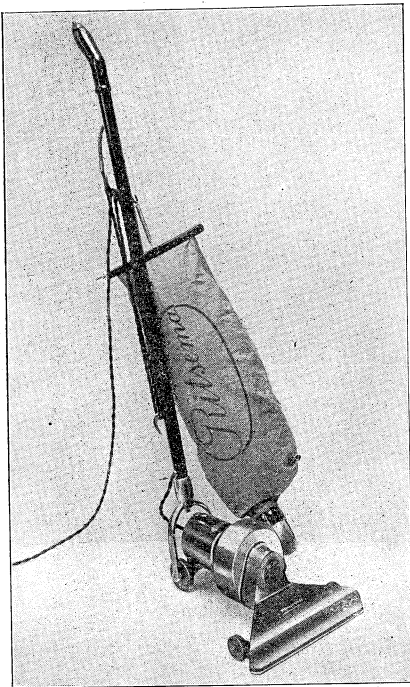
- Zoek op:
1. De rotor.
  2. De stator.
  3. De koperwindingen in den stator.
  4. De schilden of zijkanten van den motor.
  5. De schijf, waarover de riem moet loopen

Verder zie je nog enkele onderdeelen en schroeven, waarmee alles in elkaar wordt gezet.

De motoren zijn verschillend van bouw, grooter of kleiner. Grootte

motoren kunnen meer kracht ontwikkelen dan kleine, net zooals groote menschen sterker zijn dan jongens. Het vermogen van motoren drukt men evenals dat van generatoren (zie blz. 29) weer uit in watts of kilowatts<sup>1)</sup>. Zoo hebben we motoren (en die behooren tot de kleinste) van 50 watt, terwijl voor heel groote machines dikwijls motoren van 200 kilowatt en meer gebruikt worden.

Heb ik jelui hierboven verteld, dat de motor van groot belang is in de werkplaats, de motor in den stofzuiger bewijst ons in huis onschatbare diensten.



Afb. 35. EEN STOFZUIGER.

Vroeger werd het vuil met een stoffer op een blik geveegd. Dat was een erg vervelend werkje en bovendien woei het stof, dat heel licht is, bij het schuieren in het rond, zoodat na afloop alle meubels, versierseltjes e.d. in de kamer weer moesten worden afgestoft. Maar nu met den stofzuiger is alles zoo anders. De contactstop gaat in de contactdoos, wij schakelen den motor in en hij begint te snorren. Hij zuigt al het stof van den vloer direct in den zak. Bij zoo'n stofzuiger behooren allerlei hulpstukken, zooals slangen enz., met behulp waarvan alle stof en vuil, dat zich op moeilijk te bereiken plaatsen in de kamer bevindt, in den zak kan worden gezogen.

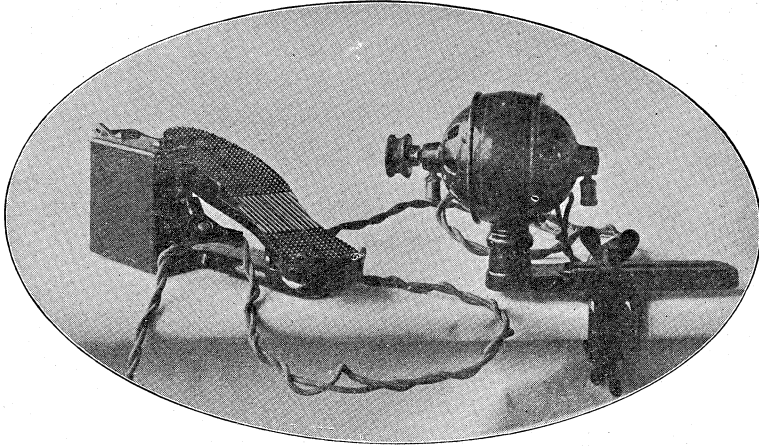
Ook de naaimachine, waarbij we vroeger altijd één hand moesten gebruiken om het wiel rond te draaien, of die we met onze voeten in beweging brachten (wat schadelijk is voor de gezondheid), kan nu electricisch worden gedreven.

Hiertoe dient een kleine motor, die zooals afb. 36 toont, met de voet kan worden geregeld; de inrichting daarvoor zie je links op de figuur. Uit den motor steekt aan den linkerkant de as, waarop een ring zit, die tegen het wiel van de naaimachine aanloopt en dit zoo aan het draaien brengt.

We hebben boven al gezien, dat de stofzuiger, evenals de naaimachinemotor en vele andere toestellen, met behulp van een stopcontact wordt ingeschakeld. Dat gaat dus al heel gemakkelijk. Is de contactstop niet rond, maar plat, dan moet je om het volgende denken. Zoodra je de

1) Bij motoren spreekt men ook wel van paardekracht; een paardekracht = 736 watt.

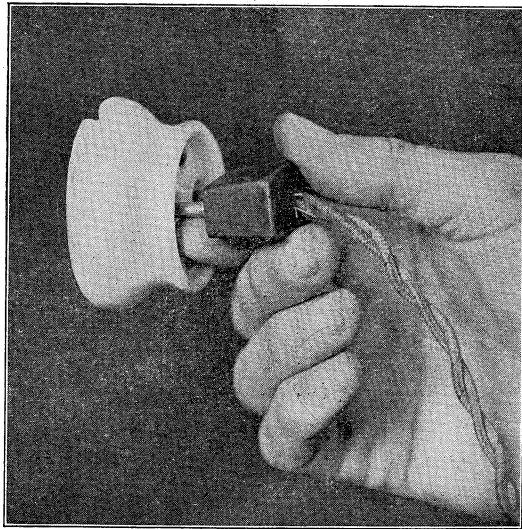
contactstop in de contactdoos ste twee pennen van de contactstop in aanraking met de bl, die met de toevoer-



Afb. 36. EEN NAAIMACHINE MOTOR.

draden in verbinding staan. Die pennen mag je dus bij het insteken of uittrekken nooit met je vingers aanraken (zie afb. 37).

Ten slotte zullen we nog even een toepassing van de electriciteit voor beweegkracht bespreken, waar je zeker niet aan denkt, nl. de elektrische schel. Sommige elektrische schellen krijgen hun stroom van elementen; zoo wordt het op school in den regel ook vertoond. Maar wij kunnen de elektrische schel ook aansluiten op de huisleiding. Voor de schel hebben wij echter noodig een spanning van ongeveer 5 volt en de huisleidingen hebben een spanning van 125 of 220 volt. De spanning moet dus omlaag getransformeerd worden. Daarvoor is in huis dan een transformatortje aangebracht, dat gewoonlijk naast het schakelbord zit. In het klein doet dit transformatortje dus precies hetzelfde als de transformator aan het eind van de hoogspanningsleiding (zie blz. 39) in het groot.



Afb. 37. DIE MAN DOET HET VERKEERD.

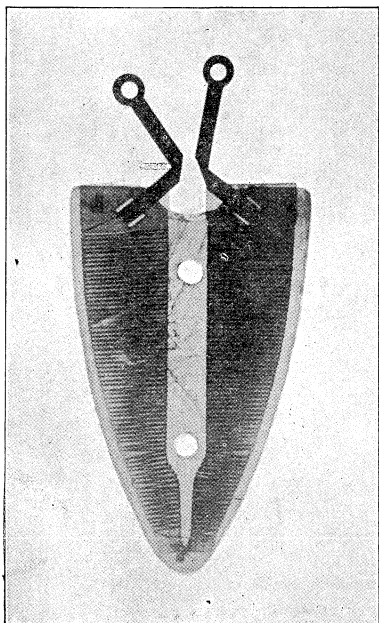
\* \* \*

We hebben reeds gezien, dat, wanneer de electriciteit door een draad stroomt, daarin warmte wordt ontwikkeld.

Van deze eigenschap wordt gebruik gemaakt bij strijkijzers, snelkokers, waterketels, bedwarmers, fleschwarmers, voetwarmers, broodroosters, comforen, fornuizen, warmwaterreservoirs, warmwaterkranen, kachels, en wat niet al.

Deze toestellen maken het ons mogelijk, veel tijd en onaangenaam werk uit te sparen. Daarom is het goed, dat ieder kind weet, hoe het met deze toestellen moet omgaan.

**Strijkijzers.** In een electrisch strijkijzer wordt de warmte, die voor het verdampen van het water, dat in het strijkgoed zit, noodig is, tijdens

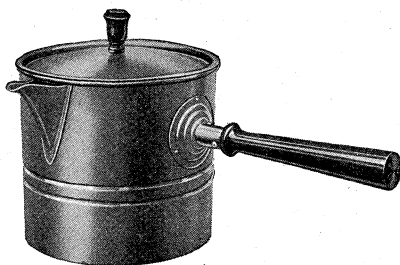


het strijken opgewekt. Indien het goed niet vochtig is, kunnen we het niet mooi glad strijken. Zoo'n ijzer hoeft niet, zooals een gewone bout, op het fornuis eerst vooraf te worden heetgemaakt om dan onder het strijken weer koud te worden. Het is dus een groot voordeel van het electrische ijzer, dat het onder het strijken steeds even warm blijft. Alleen moet je er voor zorgen, dat je zoo'n ijzer nooit ingeschakeld laat staan, zonder dat je het gebruikt, want dan wordt de ontwikkelde warmte niet verwerkt en het ijzer te heet. De gloeidraad in het ijzer zou dan kunnen doorsmelten, zoodat het ijzer onbruikbaar zou worden. Op nevenstaande afbeelding zie je, hoe de gloeidraad, die tusschen het boven- en onderdeel van het strijkijzer is aangebracht, op twee smalle micaplatten is gewikkeld.

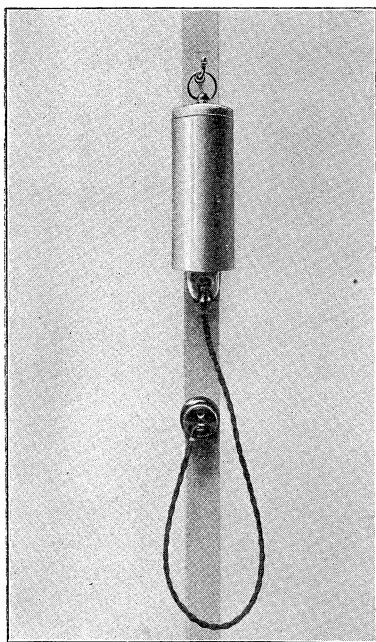
Afb. 38. HET VERWARMINGSELEMENT VAN EEN STRIJKIJZER.

- Zoek op:
1. De beide smalle micaplatten, waaromheen de gloeidraad is gewikkeld.
  2. De metalen banden, die dienen voor de aansluiting.
  3. De micaplaat, waarmede de gloeidraad van het ijzer wordt geïsoleerd.

**Snelkoker en waterketel.** Bij den snelkoker en den waterketel is de zaak al net eender ingericht. Ook hier moet de warmte, die door de electriciteit in den gloeidraad wordt opgewekt, dadelijk kunnen worden afgegeven, en wel aan de vloeistof. Laat je dus zoo'n snelkoker leeg ingeschakeld staan, dan wordt die ook te heet en kan de bodem er uit smelten. Let er dus op, dat je in die soort toestellen altijd eerst de vloeistof doet, voor je ze inschakelt. Vul ze echter nooit, wanneer ze ingeschakeld zijn. Het komt nog al eens voor, dat de isolatie in zoo'n ketel niet heelemaal meer in orde is. Een van de toevoerdraden komt dan in verbinding met den metalen buitenwand. Raakt iemand die nu met z'n eene hand aan en draait hij met z'n andere hand de waterkraan open, dan weet je zeker al wel te vertellen, hoe de elektrische stroom zal loopen.



Afb. 39. EEN SNELKOKER.



Afb. 40. EEN BEDWARMER.

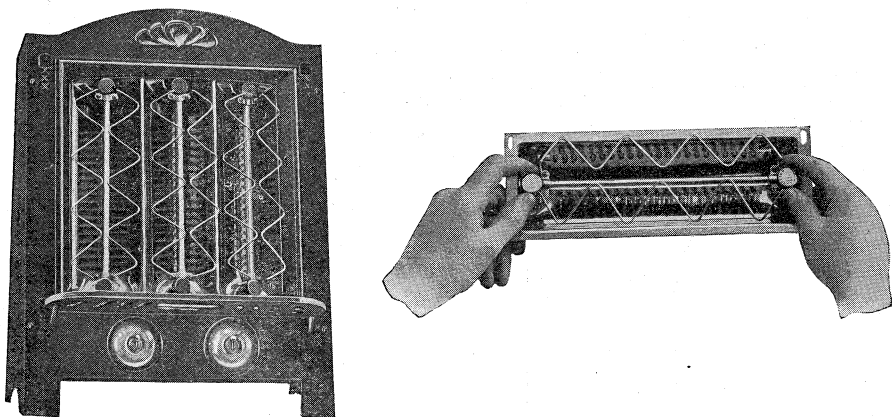
**Bedwarmers.** Een elektrische bedwarmer is ook een heel nuttig ding. Als vroeger de menschen, voordat zij gingen slapen, hun bed wilden verwarmen, dan werd een gesloten steelpan met een kooltje vuur erin in bed gelegd. Later gebruikte men steenen of koperen kruiken, die met kokend water werden gevuld. De kurk of stop werden gesloten. De kurk was dikwijls slecht en zoo gebeurde het menig maal, dat er water uit de kruik in bed lekte. Maar nu met de elektrische kruik hebben we dien last niet meer, want er zit in de kruik geen water, maar slechts een stuk steen, dat door den stroom verwarmd wordt. Voor we de kruik willen gebruiken, steken we de contactstop een paar minuten in de contactdoos, de kruik wordt warm, wordt daarna in bed gelegd en wacht daar, totdat onze koude voeten zich komen koesteren.

Leg nooit een bedkruik, die nog ingeschakeld is, in je bed. Want wat er met het keteltje en het strijkijzer gebeurt, gebeurt ook hier. De kruik wordt veel te warm en, als het een beetje wil, schroeien je dekens en je lakens.

Maar denk er aan, dat jonge gezonde menschen nooit met voetwarmers moeten gaan slapen, die hebben hun eigen bedkruik in hun lichaam zitten, en dat is hun gezonde bloed.

**Fornuizen en kachels.** Met de fornuizen en de kachels is het al weer hetzelfde. Er gaat stroom door de draden, waardoor deze gaan gloeien, hetgeen je bij alle kachels kunt zien. En de warmte, die bv. bij strijkijzer en waterketel onzichtbaar wordt ontwikkeld, laten we bij het kacheltje direct met de lucht in aanraking komen. Men zegt: de kachel straalt de warmte uit.

De verwarmingselementen (branders) moeten zóó zijn gebouwd, dat de warmte niet direct naar het plafond gaat, waar we er niets aan hebben. Door achter de branders geplaatste reflectoren moeten de warmtestralen op ons zelf worden gericht, net alsof we in het zonnetje zaten.



Afb. 41. EEN  KACHEL MET APARTEN BRANDER.

Komt er visite, die we even in een andere kamer laten, dan steken we de contactstop in de contactdoos, zetten zoo noodig de schakelaars in en de elektrische kachel brandt. Gaat de visite weg, dan trekken we de stop uit de contactdoos en de kachel is uit. Het is ook prettig, dat de elektrische kachel geen rook of roet geeft, steeds voor het gebruik gereed is en gemakkelijk kan worden verplaatst.

Zooals je op het plaatje ziet, heeft men de branders zóó gemaakt, dat ze gemakkelijk uit de kachel genomen kunnen worden. Evenals we thuis een lamp in voorraad hebben, om, wanneer de oude breekt, niet in het donker te zitten, zoo kunnen we ook een kachelbrander in voorraad houden.

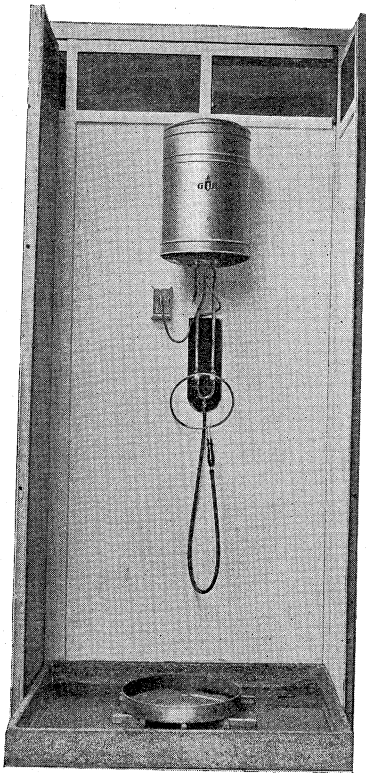
Haal echter nooit een brander uit de kachel, als de contactstop nog in de contactdoos zit, want de schakelaars op de kachel zitten maar in één van de twee toevoerdraden. De andere blijft met den brander verbonden, al onderbreek je met den schakelaar den stroom. Je begrijpt dus wel, dat je den brander dan nog niet zonder gevaar kan aanraken.



**Vloermatten.** Heeft vader in den herfst, als het voor de kachel nog te warm is, last van koude voeten, dan geeft een electriche vloermat baat. Even de stop in de contactdoos en niet alleen de voeten, maar ook het geheele lichaam wordt verwarmd. Men heeft dergelijke matten ook aangebracht in kerken, o.a. in den Dom te Utrecht en in descholen (zie afb. 42). Dat is wat anders dan de warme stoof in de kerk! En de schoolkinderen vinden die elec-



Afb. 42. SCHOOLBANKEN MET VERWARMDE VLOERMATTEN.



Afb. 43. EEN ELECTRISCH WARMWATERRESERVOIR MET RINGDOUCHE.

trische matten ook heerlijk. Als ze met natte voeten op school komen, zijn hun voeten in een ommezien droog. De oude methode van verwarmen is lang niet zoo prettig. Wie vlak bij de kachel zit, heeft het te heet en wordt licht verkouden. Wie bij de ramen zit, of ver van de kachel, heeft het koud. Dan is het toch maar veel fijner, als elk kind zijn eigen electriche mat onder zich heeft.

**Warmwaterreservoir met ringdouche.** Een enkel woord moeten we nog zeggen over het baden. Baden is gezond. Wij, Hollanders, baden veel te weinig. We wasschen wel al wat waschbaar is, tot de straat toe, maar het allerbeste wat we hebben, ons eigen lichaam, wasschen we maar matig. Gezicht en handen krijgen elken dag een goede beurt, willen we hopen, maar de rest van ons lichaam? Daar ontbreekt veel aan.

Nu vindt dat zijn oorzaak misschien daarin, dat we ons over het algemeen in het najaar en in den winter graag met warm water wasschen. En nu

moet je weten, dat de electrotechnische ingenieurs er wat op gevonden hebben, om ons voor een klein beetje geld met behulp van den stroom, die 's nachts gemaakt wordt, warm water te bezorgen, waarmede we ons des morgens kunnen baden. Daarvoor hebben we het warmwater-reservoir met ringdouche, die je op afb. 43 ziet. Die douche spuit het water schuin tegen het lichaam, waardoor we in een ommezien zoo frisch zijn als een hoen.

**Zuigfleschwarmers.** Ten slotte wil ik jelui nog wat van een aardige toepassing der electriciteit vertellen, nl. van den zuigfleschwarmers (zie afb. 44).



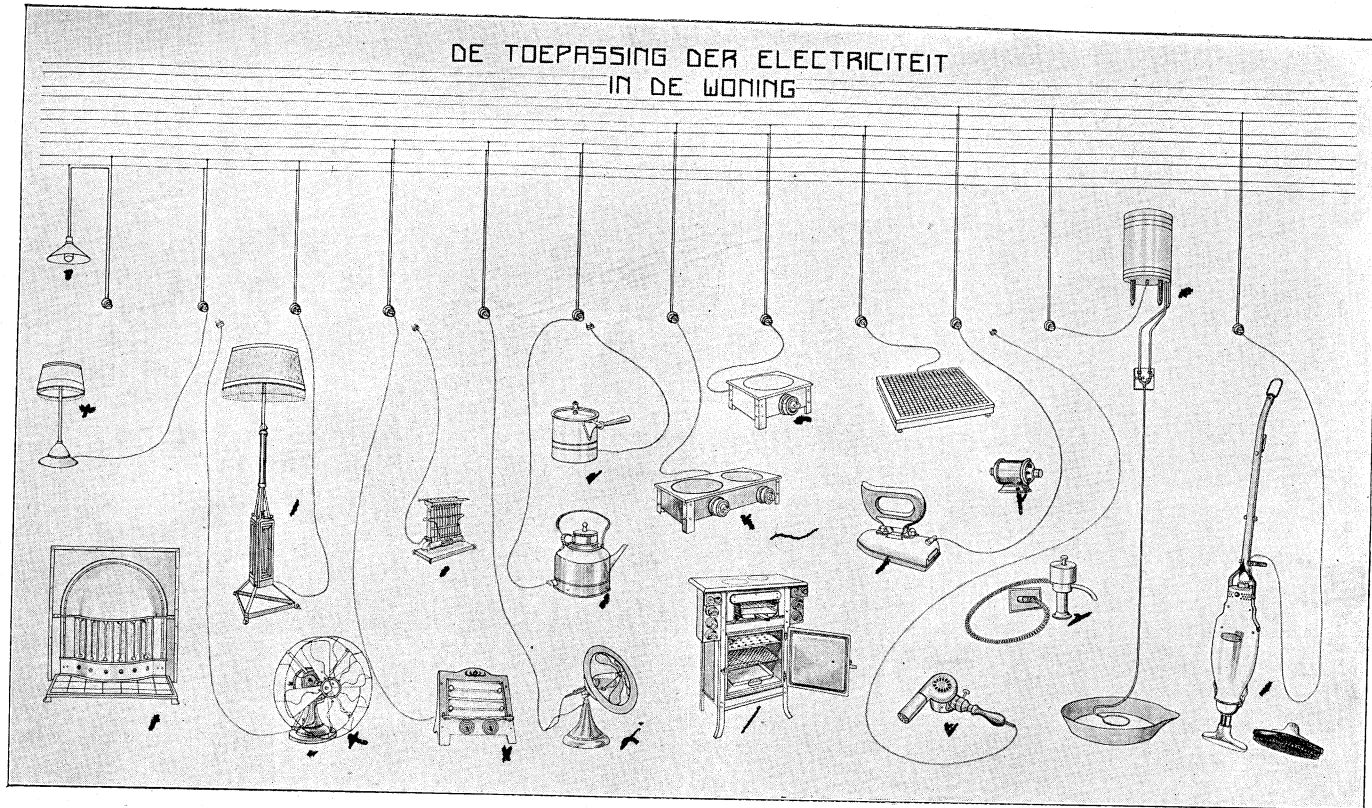
Afb. 44. ZUIG-  
FLESCHWARMER.

Jelui weet allen wel, dat veel kleine kinderen melk uit een fleschje krijgen. Hoe dat thuis gaat, weten velen van jelui ook. Moeder zet een keteltje water op het vuur en het fleschje daarin, of warmt de melk in een pannetje op het lichtje. Soms worden kleine kinderen ook des nachts gevoed. En wanneer het winter is, is dat voor moeder lang niet prettig. Zoo uit je warme bed te moeten, licht maken, het fleschje warmen, brrr . . . Wat is het des winters dikwijls ongemakkelijk koud.

Maar nu is de electriciteit ons komen helpen. Wanneer des nachts het kleine zusje begint te knorren, steekt moeder de stop in de contactdoos; het water in den flesschenwarmer, waarin het fleschje staat, wordt in een wip warm, de melk in het fleschje natuurlijk ook, en moeder, die het overdag al zoo vreeselijk druk heeft, kan des nachts, wanneer ze alles op een stoel bij het bed zet, heerlijk onder de dekens blijven. Vind jelui dat geen prachtige uitvinding?

Op afb. 45 zie je allerlei electricische toestellen, die in de huishouding worden gebruikt. Het is natuurlijk overbodig om ze nu nog eens te beschrijven, want je kent de meeste al en je begrijpt wel, dat in alle door electriciteit kracht, licht of warmte ontwikkeld wordt.

Ten slotte nog een vraag, die je zelf beantwoorden moet. Op bijna alle toestellen staat aangegeven hoeveel watt of kilowatt zij verbruiken. Wat beteekent dat ook weer?



Afb. 45. DE MEEST GEBRUIKELIJKE ELECTRICISCHE TOESTELLEN.

Zoek op: de broodrooster, de warmwaterkraan, de haard, het warmwaterreservoir, de lamp, de haardroger, het strijkijzer, de kleine schemerlamp, de waterkêtel, de kachel, de groote schemerlamp, de stofzuiger, de kleine kookplaat, de ventilator, de zonnekachel, de groote kookplaat, de motor, het fornuis, de melkkoker, het warmwaterreservoir met ringdouche en de voetstoof.

## SAMENVATTING.

Als je al het voorgaande nu goed hebt begrepen en het nog eens rustig overdenkt, zal je inzien, dat de electriciteit slechts een hulpmiddel is, dat dient om de warmte, welke in de steenkool zit, gemakkelijk te kunnen vervoeren, zoodat wij die, overal waar wij willen, op eenvoudige wijze in licht, kracht of warmte kunnen omzetten. Teneinde je dit goed te doen begrijpen, zullen wij nog eens in het kort herhalen, wat er eigenlijk bij de opwekking, voortgeleiding en toepassing der electriciteit gebeurt.

De grondstof, die wij voor de opwekking van de electriciteit gebruiken, is de warmte, die in de steenkool zit. Om die warmte uit de steenkool te krijgen, verbranden wij deze bv. op een rooster, net als thuis in de kolenkachel. Hierbij gaat de warmte uit de steenkool over in de rookgassen. Deze gloeiende gassen worden nu langs de wanden van een met water gevulden ketel gevoerd, waardoor de gassen worden afgekoeld en de warmte in het water overgaat. Hierdoor verdampt dit water tot stoom, zoodat ten slotte de warmte, die zich oorspronkelijk in de steenkool bevond, in den stoom terecht komt.

De heete stoom wordt nu naar de turbine gevoerd, waar hij op de schoepen van de turbinewielen spuit en deze aan het draaien brengt. De stoom raakt hierbij een deel van de warmte, die hij van de steenkool heeft gekregen, weer kwijt en wordt vervolgens in den condensor weer tot water afgekoeld. Dit water wordt weer naar den ketel teruggepompt, zoodat we steeds met hetzelfde water uitkomen. Het water dient dus slechts om de warmte uit de steenkool naar de turbine te brengen, waar zij in beweegkracht wordt omgezet. Deze beweegkracht doet dus den turbogenerator draaien, waardoor in den generator de elektrische spanning en stroom opgewekt worden. Door de werking der elektrische spanning stroomt de electriciteit naar de verbruikers, waar zij gebruikt wordt om licht te maken, motoren in beweging te brengen en warmte te ontwikkelen.

Het eigenaardige van de heele electriciteitsvoorziening is dus, dat de warmte uit de steenkool eerst in beweegkracht wordt omgezet en dat deze beweegkracht gebruikt wordt om electriciteit op te wekken, welke bij de verbruikers weer in warmte, licht of beweegkracht wordt veranderd. Je zult misschien vragen, waarom de electriciteit als tusschenschakel noodig is. Daar zijn twee afdoende redenen voor. Vooreerst kan het omzetten van de warmte uit de steenkool in beweegkracht in het groot — dus zooals dit bv. in een elektrische centrale geschiedt —, veel en veel goedkooper gebeuren, dan wanneer iedereen, die beweegkracht noodig had, deze afzonderlijk ging opwekken. Ten tweede kan electriciteit buitengewoon goed, ook over groote afstanden, worden vervoerd en daar waar zulks gewenscht wordt gemakkelijk in licht, kracht of warmte worden omgezet. Beweegkracht kan je heelemaal niet over groote afstanden vervoeren en met warmte gaat dat ook zeer moeilijk.

Je zult nu meteen begrijpen, dat dit de redenen zijn, die de groote ontwikkeling der electriciteitsvoorziening hebben mogelijk gemaakt. Van hoeveel gewicht dit voor de algemeene welvaart moet worden geacht, zal je inzien, wanneer je bedenkt, dat de electriciteit niet alleen veel tijd voor ons uitwint, maar ons werk verlicht, onze gezondheid bevordert en ons leven verlengt. Het is dus maar gelukkig, dat bijna overal in ons land electriciteit verkrijgbaar is, zooals je uit het hiernaast afgedrukte kaartje kunt afleiden. Op dit kaartje zijn alle centralen aangegeven en je kunt er duidelijk op zien, wat een ingewikkeld net van kabels en luchtleidingen van die centralen uitgaat en ons heele land overdekt. Zoo'n net, ook al zie je er gewoonlijk niet veel van, is even belangrijk als het spoorwegnet of als ons wegnnet, omdat het licht, kracht en warmte over het geheele land verspreidt. Meer dan de helft der Nederlanders gebruikt reeds electriciteit. Als je dit goed begrijpt, zal je vanzelf wel zoo verstandig zijn om nooit elektrische inrichtingen of leidingen te beschadigen.

# ELECTRICITEITSVOORZIENING

## IN NEDERLAND

SCHAAL 1 A 2 000 000

### VERKLARING

- CENTRALE
- ONDERSTATION
- 50 KV NET
- 10 KV NET



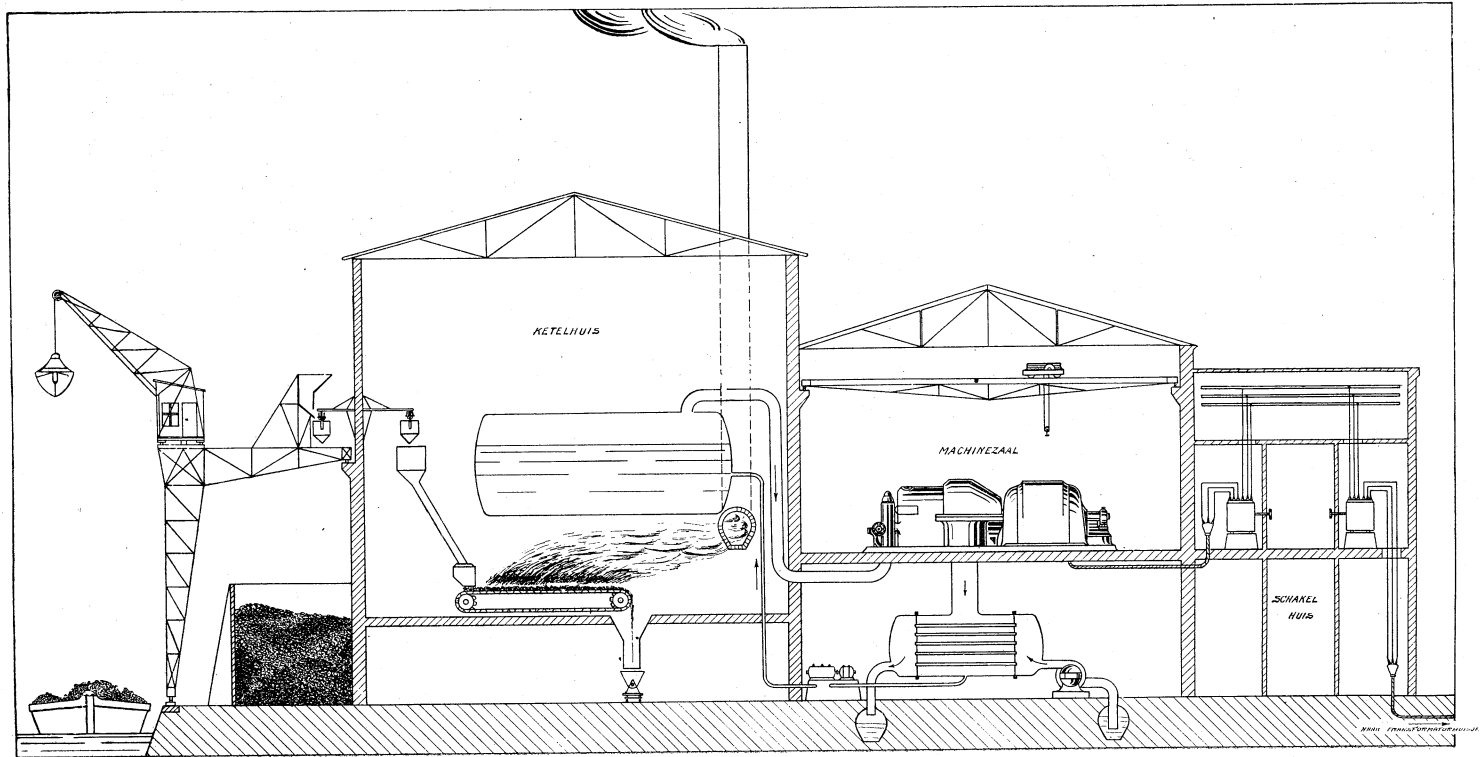
Afb. 46. KAART VAN DE CENTRALEN EN HUNNE NETTEN IN NEDERLAND.

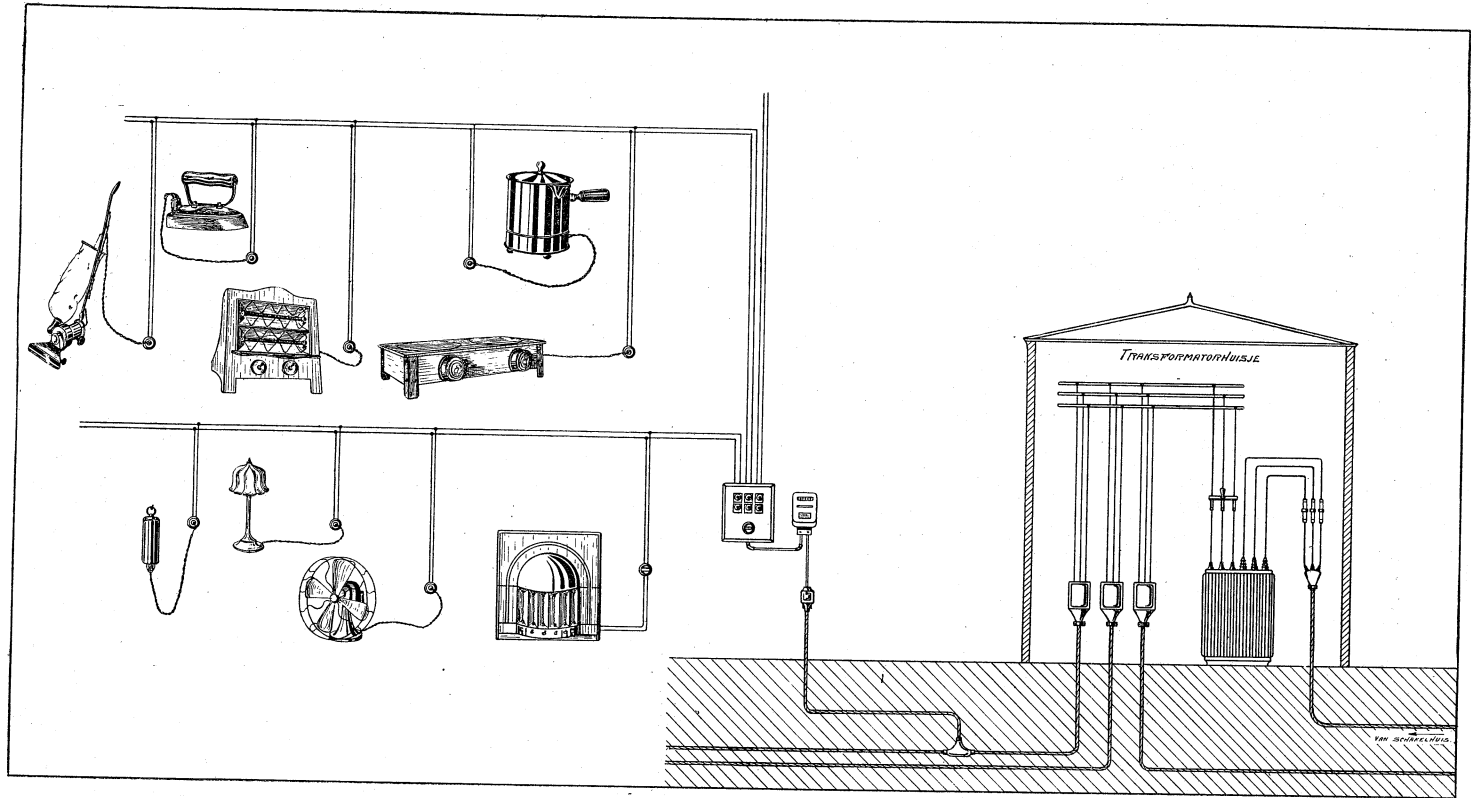
Op deze kaart zijn o.a. de centralen aangegeven, die in de volgende plaatsen liggen.

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. Haarlem.           | 12. Westdorpe.                          |
| 2. Amsterdam (Noord). | 13. Leeuwarden.                         |
| 3. Amsterdam (Oost).  | 14. Groningen.                          |
| 4. Leiden.            | 15. Zwolle.                             |
| 5. Den Haag.          | 16. Hengelo.                            |
| 6. Delft.             | 17. Utrecht.                            |
| 7. Gouda.             | 18. Arnhem.                             |
| 8. Rotterdam.         | 19. Nijmegen.                           |
| 9. Dordrecht.         | 20. Venlo.                              |
| 10. Geertruidenberg.  | 21. Hoensbroek (Staatsmijn Emma).       |
| 11. Vlissingen.       | 22. Schaesberg (Staatsmijn Wilhelmina). |

Van de centralen No. 2, 3, 10, 13, 16, 19 en 21 gaan hoogspanningsleidingen uit voor 50.000 volt.

OVERZICHT DER OPWEKKING, VOORTGELEIDING EN TOEPASSING DER ELECTRICITEIT.





Afb. 47.

Ga zelf eens na, hoe wij in dit boekje van de kolen in de schuit voor de centrale, door het ketelhuis, de machinezaal, het schakelhuis, de hoogspanningskabels, het transformatorhuisje en de laagspanningskabels in de woning zijn gekomen, waar de electriciteit ons dient.

## WENKEN.

**Verklaar nu zelf eens, waarom het noodig is, dat je je steeds houdt aan wat hieronder staat.**

### GEVAREN JEGENS PERSONEN.

1. Ik klim nooit in palen of masten, waaraan electricische draden zijn bevestigd, en ook niet in boomen of palen, welke in de nabijheid van electricische draden staan.
2. Ik ga nooit gebouwtjes binnen, waarop aangegeven is, dat het huisjes van het electriciteitsbedrijf zijn.
3. Ik raak nooit een electricischen draad aan, als deze soms gebroken is en omlaag hangt of op den grond ligt.
4. Ik laat geen vliegers op in de nabijheid van electricische leidingen en gooi ook nooit takken, touwen of kettingen om deze leidingen.
5. Ik raak nooit iemand aan, die door den electricischen stroom getroffen is, maar roep in zoo'n geval onmiddellijk een volwassen persoon te hulp.
6. Ik raak bij het in- of uitschroeven van een lamp nooit de metalen huls van de lamp aan en kom bij het insteken van een contactstop in een contactdoos nooit aan de pennen.
7. Als ik branders in kachels wil vernieuwen, dan haal ik steeds eerst de contactstop uit de contactdoos.
8. Ik vul nooit een waterketel, een melkkoker of een dergelijk toestel, terwijl het ingeschakeld is.
9. Ik raak nooit onder spanning staande geleiders aan en ben vooral in vochtige omgeving (in badkamers, kelders e.d.) zeer voorzichtig met electricische toestellen en leidingen.
10. Ik gebruik nooit snoeren, contactstoppen e.d., die stuk zijn.

### GEVAREN JEGENS GOEDEREN.

11. Ik leg nooit een ingeschakelden bedwarmer in mijn bed.
12. Ik gebruik nooit onbeschermden straalkachels.
13. Ik zet nooit een ingeschakeld strijkijzer op het tafelkleed, op hout of op dergelijke brandbare stoffen.
14. Ik bedek electricische vloermatten, voetstoven, enz., als zij ingeschakeld zijn, nooit met kussens of dekens.

### GEVAREN VOOR DE ELECTRICISCHE TOESTELLEN ZELF.

15. Ik gooi nooit met steenen e.d. naar de porseleinen isolatoren, waarop de luchtleidingen bevestigd zijn.
16. Ik schenk nooit een waterketel, een melkkoker of een dergelijk toestel leeg, terwijl het nog ingeschakeld is.
17. Ik laat nooit een waterketel, een melkkoker of een dergelijk toestel droogkoken.
18. Ik pas op, dat ik de snoer nooit knik of tusschen de deur klem.