

Geboorte en groei der electrotechniek

Citation for published version (APA):

Jonker, J. L. H. (1960). *Geboorte en groei der electrotechniek*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1960

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

GEBOORTE EN GROEI DER ELECTROTECHNIEK

Rede,

uitgesproken door prof. dr. ir. J. L. H. Jonker,

waarnemend rector magnificus

van de Technische Hogeschool te Eindhoven,

ter gelegenheid van de vierde dies natalis dezer hogeschool

op donderdag 28 april 1960

Excellentie, mijne heren curatoren, professoren, docenten, assistenten en studenten, ambtenaren en beambten en gij verwanten, vrienden en gasten die belang stelt in onze nog zo jonge hogeschool, gij allen, zeer gewaardeerde toehoorders, zijt hier bijzonder welkom nu gij vandaag met ons tezamen wilt herdenken en vieren de geboorte van onze Technische Hogeschool.

Tijdstip en vorm van de diesviering evoluëren in Eindhoven snel naar een traditie. Immers velen onder U zullen zich herinneren dat bij onze eerste diesviering op 22 juni 1957 een rij van sprekers een kaleidoskopisch overzicht gaf van bouw- en leerplannen, maar dat reeds op de tweede verjaring in juni 1958 slechts één spreker optrad, de secretaris van de senaat, die een speelse aanval deed op het schijnprobleem der tegenstelling tussen theorie en praktijk. Als contrast tot het rectorale jaarlijkse overzicht en met het oog op de weinig wisselende bezetting van deze beide hoge bestuursfuncties werden daarna met kans op een attractieve variatie van man en taal als volgende sprekers aangewezen de jaarlijks wisselende „waarnemend” rectores magnifici. Als tweede waarnemend rector magnificus valt nu mij de eer te beurt om U toe te spreken echter op een datum die U de wenkbrauwen vragend zou kunnen doen fronsen. Door deze verwondering zou U echter verraden een zekere onwetendheid omtrent het ter wereld komen van technische hogescholen.

Zonder U nu een probleem van hiërarchische waarderingen te willen voorleggen, zou ik U de vraag kunnen stellen: wanneer moet een hogeschool dan wel in feite geacht worden te zijn geboren? Is het, als het wetsbesluit in het Staatsblad publiekelijk bekend is gemaakt, óf zou het zijn als de eerste curatoren zijn beëdigd, óf als de eerste professoren zijn benoemd maar nog niet direct in functie kunnen treden en nog zwerven door het land? Of is het pas als het eerste gebouw der hogeschool wordt geopend en gevuld wordt door een niet voorspelde springvloed studiosorum, zo groot, dat om in de nabije toekomst een dijkbreuk te voorkomen de verantwoordelijke dijkgraven snel noodvoorzieningen moeten beramen?

De geboorte van een hogeschool - U zult het zich wel realiseren - moge een langdurig en weinig continu verlopend proces zijn en ook veelal niet zonder weeën verlopen, het ruime tijdsbestek biedt een brede marge waarin één feestdag kan worden gekozen voor herdenking en viering. De datumwijziging der diesviering van 23 juni, de dag der curatorale eden, naar 28 april, deze wijziging werd ingegeven door zorg voor die ingeschrevenen, die na werkelijk studeren zich aan de dreiging der examens onderwerpen.

Een waarnemend rector nu is in ons bestel te zien als een bescheiden noodvoorziening, slechts invallend bij uitval. Een publiekelijk bestijgen van het rostrum wordt hem in zijn éénjarig bestaan echter gegund. Het wordt zelfs van hem verwacht. Ik sta dan hier voor U met de zinvolle opdracht om U te spreken over een onderwerp betreffende het vak, dat als elektrotechnische wetenschap pleegt te worden aangeduid. Als onderwerp voor hedenmiddag koos ik de ontwikkelingsgang der elektrotechniek. Deze elektrotechniek nu, *gij weet het*, is jong tussen vele andere wetenschappen, slechts ruim honderd jaar oud en nog zeer onvolwassen. Het gecompliceerde leven van onze moderne samenleving is nochtans reeds aan haar gebonden op straffe van verstarring. Ik wil trachten, slechts aanstippend saillante punten uit de prehistorie der elektrotechniek en uit haar kortstondige doch interessante verleden, U te voeren naar de beweeglijke fronten van de laatste gebiedsuitbreidingen van waaruit onzekere toekomstbespiegelingen aantrekkelijk lijken. En wij zullen daarbij vele uitvindingen tegenkomen, die aanzienlijk verder blijken te reiken dan men kon beseffen vanuit de situatie waarin zij werden gedaan.

Het begrip elektriciteit zelf stamt pas van omstreeks 1640, toen enkele amateurs en kamergeleerden zich interesseerden voor de sinds de Grieken bekende magische krachten, die stoffen als glas en amber (in het Grieks *elektron*) op stro, pluusjes en vlierpitballetjes uitoefenden. Voorwaar een weinig indrukwekkend vertrekpunt!

Er zijn nu duidelijk twee singuliere punten aan te wijzen in de lijn der historie; twee nieuwe vondsten die ieder een poort openden naar een geheel nieuw veld van onderzoek en verdere ontwikkeling. De eerste was, dat in het begin van de 18e eeuw *Hauksbee* de statische elektriciteit als het ware in reïncultuur bracht door de vervaardiging van een soort elektriseerapparaat. Hiermee kwam wrijvingselektriciteit continu ter beschikking, waardoor hij nieuwe verschijnselen als licht en vonken in luchtledige buizen kon waarnemen. Zijn werk opende voor enkele schaarse geïnteresseerden de weg tot verder onderzoek naar de eigenschappen van deze wrijvingselektriciteit. Een volgeling van *Newton*, *Stephen Gray*, vond in 1729 de bijzondere eigenschappen van geleiders en isolatoren voor deze elektriciteit. Enige jaren later verbaasde de Franse plantkundige, *Cisternay du Fay*, opzichter van de koninklijke tuinen van *Lodewijk XV*, de toenmalige wetenschappelijke wereld door de mededeling, dat er twee soorten elektriciteit bestonden die tegengestelde krachten uitoefenden en die hij glas- en hars-elektriciteit noemde. *Benjamin Franklin*, aanvankelijk boekdrukker en later vermaard staatsman, toonde aan dat deze positieve en negatieve elektriciteit in wezen slechts één zijn; hij was de bekende uitvinder

van de bliksemafleider, de eerste technische toepassing op het gebied van de elektriciteit. De elektriseermachine werd verder verbeterd. Het bleek toen dat ook geleiders van grote lengte konden worden gebruikt. Met *Pieter van Mussenbroeks* Leidse fles kon de wrijvingselektriciteit worden verzameld, bewaard en plotseling worden ontladen met een elektrische schok. Het elektriciteits-experiment werd populair omdat er behalve interessante onderzoeken ook amusante vertoningen mee mogelijk werden. Zo liet de koning van Frankrijk tot zijn amusement en tot vertier van zijn hovelingen zijn gehele brigade lijfwachten als één man luchtsprongen maken door elektrische schokken van een Leidse fles.

In 1800 publiceerde *Alessandro Volta* zijn elektrische zuil, welke vondst als tweede singulier punt in de lijn der ontwikkeling mag worden beschouwd, omdat daardoor voor het eerst een continue elektrische stroom ter beschikking kwam. Hiermede werd de mogelijkheid gegeven tot ontdekking van die eigenschappen van de elektriciteit, waarmede de elektrotechniek tot bloei kon komen.

Tijdens een voordracht in het begin van de 19e eeuw vond de Kopenhaagse professor *Oersted* voor het eerst een verband tussen elektriciteit en magnetisme toen hij zich de betekenis realiseerde van de uitslag van een kompasnaald tengevolge van een elektrische stroom. Dit verschijnsel werd door *Sturgeon* in 1823 benut voor de constructie van een elektromagneet. De magnetische beïnvloeding van stroomspoelen onderling werd ontdekt door een Franse natuurkundige, *André-Marie Ampère*, die als eerste in analogie met een vloeistofstroom een duidelijk onderscheid maakte tussen de grootte van de druk of spanning van de elektriciteit en de hoeveelheid of stroomsterkte. De beroemde Engelse natuur- en scheikundige, *Michael Faraday*, toonde aan, dat tussen elektriciteit en magnetisme een dynamische relatie bestaat en dat een draad met één einde gedoopt in een kwikbad bij stroomdoorgang voortdurend om een permanente magneet blijft draaien. Dat elektriciteit beweging kan opwekken was wéér een fundamentele ontdekking; zij zou leiden tot de elektromotor. Deze zeer vruchtbare onderzoeker Faraday vond later ook de inductiewetten, dat wil zeggen de basisprincipes van de elektrische generator en van de transformator.

De volgende belangrijke stap vooruit geschiedde toen *James Clerk Maxwell* in 1873 zijn hoofdwerk *A Treatise on Electricity and Magnetism* publiceerde, waarmee hij een synthetische theorie gaf van alle toenmaals bekende elektrische en magnetische verschijnselen. Dit werk zou een grote invloed hebben op de latere ontwikkeling der elektrotechniek. Uit de door Maxwell opgestelde

vergelijkingen kon o.a. worden afgeleid dat er elektromagnetische storingsgolven zouden kunnen ontstaan die zich ongeveer met de snelheid van het licht zouden voortbewegen. De juistheid hiervan werd 22 jaar later aangetoond door de bekende proeven van *Heinrich Rudolf Hertz*, die met behulp van een elektrische vonkenbaan een oscillator vervaardigde, waarmee hij wisselvelden van hoge frequentie kon opwekken en waardoor hij experimenteel het bestaan aantoonde van de elektromagnetische golven die wij thans radiogolven noemen.

Als wij nu onze blik richten op de ontwikkeling van de elektrotechniek zelve, dan valt direct het merkwaardige feit op, dat één en hetzelfde medium, de elektriciteit, in staat is tot het spelen van een dubbele rol. Enerzijds levert zij immers energie als warmte, licht en kracht, terwijl zij anderzijds de informatie in woord en beeld verbreedt. Beginnen wij met dát deelgebied te beschouwen, waar de elektriciteit benut wordt wegens haar energetische eigenschappen. Het belang van de elektriciteit voor de energievoorziening is gelegen in haar zeer bijzondere plooibaarheid en ongewone transportmogelijkheid.

De elektrische batterij volgens het principe van Volta bleef van 1800 tot circa 1870 de voornaamste leverancier van elektrische energie, daar men de mogelijkheden van het door Faraday ontdekte grondprincipe van de elektrische generator toendertijd nog niet doorzag. Een roterende spoel in een magneetveld geeft slechts een wisselende spanning, waarmede men eerst nog geen raad wist, tot *William Sturgeon* in 1833 erin slaagde de wisselstroom met behulp van een commutator, bestaande uit twee delen, in een pulserende gelijkstroom om te zetten. Dertig jaar duurde het daarna nog, vóór de commutator werd voorzien van een veel groter aantal secties, die opvoering van de energie mogelijk maakten. Voor onze begrippen is deze ontwikkeling bijzonder traag, maar men vergete niet, dat van een economisch belang in deze tijd nog weinig was gebleken. De generatormachines waren aanvankelijk voorzien van permanente magneten; in 1866 werden deze door zelfbekrachtigde elektromagneten vervangen, waardoor generatoren voor aanzienlijk grotere vermogens en daarmee voor commerciële doeleinden beschikbaar kwamen. Nadat Faraday had aangetoond dat een stroomgeleider in een magnetisch veld een voortdurende beweging kon veroorzaken, duurde het ook hier nog 16 jaar, vóór de eerste bruikbare motor gemaakt werd. Deze liep echter nog op elektriciteit uit batterijen en kon slechts worden toegepast voor het boren van ijzer en staal en voor het draaien van hout. Ondanks vele verbeteringen aan de batterij van Volta als bron van elektrische energie was in 1850 de stoomkracht nog vijftwintig maal goedkoper dan elektrische beweegkracht. Zeer veel ontwikkelwerk bleek nodig, vóórdat de elektrische machines een werkelijk praktische bruik-

baarheid verkregen. *Siemens*, die het eerst het woord „*dynamo*” invoerde tijdens een voordracht voor de Berlijnse academie, droeg hiertoe veel bij o.a. door het ontwerpen van het bekende dubbel-T-anker. Men was in die tijd nog niet tot het inzicht gekomen dat motoren en generatoren in principe omwisselbaar zijn, totdat in 1869 *Pacinotti* een machine vervaardigde, die voor beide doeleinden kon worden gebruikt.

De interesse steeg, toen in de aanvang der 20e eeuw de elektrische verlichting veld begon te winnen. Reeds in 1801 was door *Davy*, een Engelse scheikundige, de elektrische lichtboog ontdekt. Door gebrek aan een stroombron van voldoende vermogen duurde het echter ruim 60 jaar, vóór de lichtboog zijn eerste praktische toepassing vond in een vuurtoren bij Le Havre. De elektrische booglamp, die een sterk en zeer fel licht uitstraalt, werd tot in de 20e eeuw verbeterd en ook veel gebruikt voor verlichting van straten en grote ruimten.

Edison begon zijn werk aan de gloeilamp in 1877. In tegenstelling tot de veel verbreide mening was hij niet de eerste die trachtte gloeilampen te maken, noch de eerste die een werkende gloeilamp vervaardigde, maar hij ontwikkelde een lamp die in massa kon worden gefabriceerd. Booglampen hadden voor huishelijk gebruik een te sterk verblindend licht; Edison zocht daarom naar een lamp die een zachter schijnsel zou geven. Zijn eerste lampen bezaten een platina gloeidraad. Om transmissieverliezen in de toevoerleidingen te reduceren voerde hij een voor die tijd hoge spanning in van 110 volt, een belangrijker maatregel dan hij toentertijd waarschijnlijk kon bevroeden. Door deze hoge spanning gedwongen ging hij zoeken naar een gloeidraad met een hogere weerstand en een goede levensduur, welke hij tenslotte vond door toepassing van een verkoolde bamboevezel. De eerste verlichtingsinstallatie met deze kooldraadlampen plaatste hij op het stoomschip „*Columbia*”. Het succes van de toepassing van deze lampen op schepen stimuleerde de oprichting van de eerste commerciële elektriciteitscentrale te land, die in 1879 te San Francisco werd geopend. Deze eerste kooldraadgloeilamp, met een rendement van 1,7 lumen per watt, werd later belangrijk verbeterd; eerst door het metalliseren van de kooldraad, later door toepassing van de wolframdraad - uitgevonden in 1902 - hetgeen het rendement verhoogde tot 8 lumen per watt. Verbeteringen door gasvulling en spiraliseren voerden het rendement verder op tot 22 lumen per watt. Latere nieuwe lichtbronnen zoals natrium- en kwiklampen en de tube luminescente, de T.L.-buis, brachten het nuttig effect tot op circa 65 lumen per watt. In economisch opzicht lijken de nieuwe mogelijkheden van lichtuitstralende oppervlakken van halfgeleidende stoffen voorlopig nog minder aantrekkelijk.

De gelijkstroom die door de eerste centrales werd geleverd, had het voordeel dat in noodgevallen bufferbatterijen konden worden gebruikt, doch de lage spanning beperkte ernstig de afstand waarover de stroom nog economisch kon worden getransporteerd. Wisselstroomsystemen werden het eerst in Europa ontwikkeld. Het gebruik ervan werd pas algemeen toen men het grote belang inzag van het feit, dat bij wisselstroom met behulp van transformatoren de spanning gemakkelijk kon worden verhoogd en de stroom verlaagd en vice versa. Hierdoor konden de verliezen van de elektrische energie bij transport over grote afstanden aanzienlijk worden gereduceerd.

De eerste wisselstroomcentrales leverden voornamelijk elektrische stroom voor verlichtingsdoeleinden, want het duurde tot 1886, vóór werkelijk betrouwbare wisselstroommotoren konden worden vervaardigd. Door de steeds wijder verbreide toepassingen ontstonden allengs vele verbeteringen en variaties in de uitvoering der motoren, waarbij door hun eenvoud en lage prijs de asynchrone machines in aantal de suprematie behielden. De opkomst van de regeltechniek en de automatisering stimuleerden de toepassing van gelijkstroommachines, die in de Ward-Leonard-schakeling welhaast ideaal kunnen worden geregeld, en van verschillende speciale gelijkstroom-versterkermachines, zoals amplidyne, rototrol en magnavolt. Toepassingen hiervan vindt men in de papierindustrie, bij tractie, walswerken, snelle liften en dergelijke.

De geschiedenis van de generatoren van elektrische energie kenmerkt zich door een voortdurende groei van het vermogen per eenheid naast het opvoeren van de gebruikte spanningen tot vele kilovolts, dit alles mogelijk gemaakt door verbeterde materialen en een geraffineerder toepassing daarvan. Deze spanningen worden voor transport via transmissieleidingen omhoog getransformeerd tot wel honderden kilovolts. Enkele jaren geleden heeft men in Zweden proeven genomen met transport van elektrische energie met behulp van hooggespannen gelijkstroom. De resultaten bleken zo gunstig, dat men thans overweegt met deze methode een koppeling tot stand te brengen tussen het Britse en de continentale elektriciteitsnetten.

De grote verspreiding en het algemene gebruik van elektriciteit ontstond pas nadat de gloeilamp geheel bruikbaar was gebleken. Toen groeide het stroomverbruik snel en daarmee de omvang der elektriciteitscentrales. De algemene verbreiding der elektrificatie in onze maatschappij is vooral te danken aan de dalende prijs en de stijgende produktie van de elektrische energie. Vele elektrische huishoudelijke apparaten bezitten een langere historie dan men

vaak denkt, maar zij waren te duur in het gebruik om populair te worden. De oudste elektrische stofzuiger dateert bijvoorbeeld reeds uit 1858 en de centrifuge uit 1865. De elektrificatie van het huishouden, beïnvloed door maatschappelijke en economische factoren, is in de Verenigde Staten begonnen in de jaren dertig; pas na de laatste oorlog geeft Europa een sterke groei te zien.

De conventionele wisselstroom van 50 perioden is vaak minder geschikt voor lokale of zeer snelle homogene verwarming. Hoogfrequente wisselstromen worden daartoe met groeiend succes toegepast zoals voor medische doeleinden en in de industrie voor solderen, smelten en lijmen. Zeer onlangs werd als wereldprimeur een hoogfrequentoven in gebruik genomen in het restaurant van de Euromast, waar complete diepvriesmaaltijden aan de lopende band op consumptietemperatuur worden gebracht in een totale verwarmingstijd van slechts één minuut. In de huishoudelijke keuken der toekomst zal de hoogfrequentoven waarschijnlijk ook een belangrijke plaats gaan innemen. Zeer gewaardeerde toehoorders, mijnerzijds kan U dit van harte gegund zijn, ook in zijn consequenties voor het vrijetijdsprobleem.

De centrale opwekking van elektriciteit voor hele landstreken, de enorme bedrijfszekerheid, mede verkregen door de onderlinge koppeling der centrales via hoogspanningsleidingen, en de fijn verdeelde distributie door draden en kabels bleek in het verleden verre te verkiezen boven een lokale opwekking. Het was goedkoper en maakte de elektriciteit steeds alom beschikbaar.

Wat zal nu op dit gebied de toekomst ons brengen? De prijs van de elektrische energie hangt mede af van de gebruikte krachtbronnen. Vele decennia bleven deze voornamelijk beperkt tot verbrandingsmotoren, stoom- of waterkracht-turbines. Meestal leverden olie of steenkool de warmte voor het verkrijgen van stoom. Nieuwe warmtebronnen dienen zich echter reeds aan, zoals atoomenergie door splijting, die op enkele plaatsen wordt toegepast, en door fusie, die zich nog in een experimenteel stadium bevindt. Mogelijkheden om zonder de onvoordelige stoomfase direct elektriciteit te verkrijgen door gebruik te maken van de hoge temperaturen der kernenergie zoals door thermionische, thermomagnetische of magnetodynamische systemen, mogelijkheden met gebruik van foto-elektrische omzetting of door een verbranding van gassen met ionenuitwisseling, deze zeer uiteenlopende mogelijkheden worden heden in vele laboratoria naarstig onderzocht. Enkele ontwikkelingen zijn voor het rendement veelbelovend en het lijkt lang niet uitgesloten dat de naaste toekomst revolutionaire verbeteringen op het gebied der elektriciteits-opwekking te zien zal geven. Of dán de huidige centralisatie van de opwekking in grote elektrici-

teitsbedrijven nog aantrekkelijk zal blijven, lijkt in het tegenwoordige stadium een moeilijk te beantwoorden vraag.

Richten wij thans onze aandacht op de ontwikkeling van die andere belangrijke toepassing van elektriciteit: de verbreding van de informatie. Het overbrengen van berichten is sinds *onheuglijke tijden op weinig technische wijze* geschied, veelal per koerier, doch aan het einde der 18e eeuw had men tussen Parijs en Toulon over een afstand van 800 km een kostbare optische telegraaf ingericht, die werkte met op 120 torens aangebrachte, door mankracht bediende semaphoren; deze telegraaf kon signalen in 12 minuten overbrengen.

Nadat men met behulp van de elektrostatische elektriciteit de geleiding had ontdekt, was daarmee nog geen bruikbare oplossing gevonden om hiermede berichten over te brengen. De pogingen om een communicatieverbinding met elektrische middelen tot stand te brengen bereikten voor het eerst enig succes, toen men kon beschikken over een constante stroombron, de batterij van Volta. Gebruik makende van Oerstedts ontdekking van het elektromagnetisme ontwierpen *Cook en Wheatstone* een telegraafverbinding met meerdere lijnen, waarmede zij een aantal magneetnaalden konden besturen, waarvan de standen moesten aangeven welke letters er bedoeld waren.

Het was de vindingrijke Amerikaanse kunstschilder *Samuel Morse*, die zich ten doel gesteld had een praktische telegraafverbinding te maken en hieraan met grote vasthoudendheid werkte; hij bracht enige belangrijke verbeteringen aan o.a. door de ontwikkeling van een magnetisch bestuurd schrijver. Hij verlengde bovendien de overbrugde afstand met behulp van magnetische relais en wist de apparatuur belangrijk te vereenvoudigen door invoering van de sinds 1865 internationaal aanvaarde code van punten en strepen. Door deze en verdere ontwikkelingen bleek men in staat tenslotte zeer grote afstanden over land te kunnen overbruggen en het lag voor de hand, dat ook pogingen werden ondernomen om de elektrische kabels zodanig te verbeteren, dat zij bestand zouden zijn tegen zeewater. In 1851 kon inderdaad de eerste zeekabel in gebruik genomen worden en wel tussen Engeland en Frankrijk. Omstreeks dezelfde tijd en bovendien vrijwel tegelijkertijd vonden een aantal onderzoekers een nieuw en zeer belangrijk communicatiemiddel. De eerste, *Alexander Graham Bell*, verkreeg de octrooirechten op de elektrische verbinding per telefoon. Reeds twee jaar later werd in New Haven de eerste telefooncentrale in bedrijf gesteld; zij telde 22 aangeslotenen.

De mogelijkheid om communicatieverbindingen zonder draad over grotere

afstand tot stand te brengen met behulp van elektromagnetische golven werd succesvol aangetoond door *Marconi*. Hij verbeterde daartoe de coherer van *Sir Oliver Lodge* - een primitieve detector waarmee men de aanwezigheid van deze golven kon aantonen - en voerde het gebruik in van vangnetten of antennes, waarmee hij zelfs in staat bleek om in 1901 een transatlantische verbinding tot stand te brengen.

In de tweede helft van de 19e eeuw valt er een andere, in het begin weinig belangrijk schijnende lijn van ontwikkeling aan te wijzen, die echter tesamen met de reeds opgesomde ontdekkingen in zeer aanzienlijke mate de ontwikkeling der elektrotechniek van de 20e eeuw zou gaan beïnvloeden. *Plücker* ontdekte in 1859 de kathodestrallen bij stroomdoorgang in nagenoeg luchtledige buizen. In 1897 kon *J. J. Thomson* aantonen, dat de stroomdoorgang in vacuüm bestond uit partikeltjes, de elektronen, en daarmee kon hij tevens het effect verklaren, dat reeds Edison had ontdekt, namelijk, dat een gloeiende draad in vacuüm een elektrische stroom naar een metalen plaat kon veroorzaken. *Sir John Ambrose Fleming* deed weliswaar een principiële stap door deze vondst van Edison als diode toe te passen voor het detecteren van radio-trillingen, doch zijn praktische succes was gering. Pas nadat *Lee de Forest* tussen gloeidraad en plaat een rooster had aangebracht om de stroomovergang te besturen, bleek, dat met deze triode een versterkte detectie mogelijk was. De aldus verkregen versterkerbuis opende een nieuwe deur naar de ontwikkeling van een gebied, dat tot het meest spectaculaire behoort van ons hedendaags technologisch kunnen.

Met de triode bleek een aanzienlijke versterking van zeer snelle signalen mogelijk, zodat grote afstanden konden worden overbrugd. De hiermede bereikte successen trokken de aandacht en na een langzame aanloop konden aan radiozenders en ontvangers belangrijke verbeteringen worden aangebracht; door de terugkoppeling kwam een goede zender voor ongedempte trillingen ter beschikking en kon golfnengttransformatie worden ingevoerd. Door verdere vaak zeer geraffineerde verbeteringen van de elektronenbuizen en ontvang-apparaten en door het opvoeren van het vermogen der zendstations werden de overbrugde afstanden voortdurend groter en omspanden tenslotte de gehele aarde. Hoever de radioverbinding thans reikt, wordt misschien het best gedemonstreerd door het radiocontact, dat wordt onderhouden met de onlangs gelanceerde Amerikaanse kunstmatige planeet om de zon.

Op het gebied van de techniek der grote-afstand-communicatie bestaat een interessante wedloop tussen de radio en de kabeltechniek. Dank zij de toe-

passing van versterkerstations in de kabelverbindingen kunnen abonné's over bijna ongelimiteerde afstanden worden verbonden. Voor gebruik in landkabels zijn versterkersystemen ontwikkeld met een capaciteit van 1200 telefoonkanalen, die men in de toekomst nog hoopt op te voeren tot 2700 telefoonkanalen op één paar geleiders. Juist de noodzaak van het gebruik van tussengelegene versterkers maakte echter, dat een verbinding over zee van bijvoorbeeld Amsterdam naar New York zonder meer technisch niet mogelijk was. Voor dit verkeer was men dus aangewezen op de radioverbinding. Deze is echter over grote afstand door storingen niet altijd betrouwbaar. Gunstige ervaringen met enige kleinere projecten leidden ertoe, dat de Engelse P.T.T. en de American Telegraph and Telephone Company een overeenkomst sloten voor het leggen van twee zeekabels die voorzien waren van ingebouwde versterkers. Deze verbinding, die in september 1956 in bedrijf gesteld werd, is een groot succes geworden. Aanvankelijk had het systeem een capaciteit van 36 gelijktijdige telefoongesprekken; met behulp van zeer ingenieuze middelen hoopt men dit aantal in de loop van dit jaar op te voeren tot 60 à 70. Een soortgelijke verbinding is einde 1959 tussen Frankrijk en Amerika in bedrijf gesteld. De versterkers, die op ongeveer 60 km afstand van elkaar liggen, worden van de landzijde uit via de kabel gevoed. Men neemt aan dat deze versterkers een levensduur zullen hebben van tenminste 20 jaar. Het is dan ook duidelijk dat aan de materialen die hierin gebruikt worden, zeer bijzondere eisen van betrouwbaarheid moeten worden gesteld.

Bij het telegraafbedrijf per radio had men echter ook niet stilgezeten, doch naar middelen gezocht om de verbinding te verbeteren. Nadat reeds vóór 1940 en in snel tempo ná 1945 het telexverkeer in Europa zich voorspoedig had ontwikkeld, wilde men ook de radioverbindingen hiervoor zodanig verbeteren, dat ze bruikbaar zouden worden voor het intercontinentaal telexverkeer. Pogingen om de kabel eenvoudig te vervangen door een radioverbinding waren echter weinig succesvol. De normale voor kabelgebruik toegepaste telegraafcode bleek te gevoelig voor storing. Door het gebruik van zogenaamde foutensignalerende codes heeft men nu een zeer grote verbetering verkregen. Met deze codes bereikt men, dat de ontvangende machine kan constateren of een binnenkomend teken met fouten is besmet. In dat geval wordt het zendend station automatisch gewaarschuwd, waarna het foutieve deel van de tekst door dit station wordt herhaald. Dank zij deze werkwijze, waarin onze landgenoot *dr. ir. van Duuren* van de P.T.T., een groot aandeel heeft gehad, is het op dit ogenblik mogelijk om als Nederlands telexabonné te corresponderen met abonné's in Noord- en Zuid-Amerika en in een aantal landen in Azië.

In 1920 begon in de radiotelefonie een ontwikkeling, die ons als merkwaardig fenomeen in onze beschavingsgeschiedenis heden nauwelijks meer opvalt. Ik bedoel het feit, dat de radiotelefonie ophield alleen maar een verbinding tussen een spreker en een hoorder te zijn, maar tegen iedereen kon en wilde spreken: zij ging zich als radio-omroep ontplooiën. Wat dit betekent is moeilijk te overzien en ik ben mij ervan bewust, dat het soms slechts is een moeilijk te verdragen fysieke kwelling in decibells. Doch ondanks de aanvankelijke slechte weergavekwaliteit van wat men als dé radio is gaan beschouwen, heeft de wereld dit collectieve draadloze samenzijn gretig aanvaard. En we mogen dankbaar zijn, dat door deze nieuwe dimensie in onze behoeften imposante radio-industrieën konden ontstaan. Want hierdoor heeft men vele onderdelen voor de radioapparaten, zoals bijvoorbeeld de moeilijk te vervaardigen elektronenbuizen, betrouwbaar en goedkoop in massaproductie leren vervaardigen. De kennis hiervan werd verdiept, vele verbeteringen kwamen tot stand en de weg werd geopend om deze onderdelen ook voor andere doeleinden te benutten, zoals voor lijntelefonie, televisie, radar en regeltechniek, automatie, in rekenmachines en bij vele fysische onderzoeken en apparaten.

Zeer veel theoretisch en experimenteel werk was echter nodig om tot de huidige stand van de techniek te geraken. Dit blijkt bijvoorbeeld als men nagaat, hoe pioniers van de televisie als *Baird* in Engeland en *Jenkins* in de Verenigde Staten laat in de jaren twintig met zeer primitieve mechanische middelen zijn begonnen om het beeld van een over te brengen scène te ontleden; thans beschikt men over geraffineerde ultrasnelle elektronische middelen, die het mogelijk maken alle details van een gecompliceerde scène in een vijftwintigste seconde over te brengen.

Een naar Amerika geëmigreerde Rus, *Vladimir Kosma Zworykin*, ontwikkelde een speciale elektronenbuis voor beeldopname, de iconoscoop, de eerste in een rij van beeld-buizen, waardoor tenslotte de perfecte beeldweergave van nu tot stand kon komen. In 1941 begonnen in de Verenigde Staten de eerste televisie-omroepuitzendingen in zwart-wit, in 1954 volgde moeizaam de uitzending in kleuren. Popularisering der kleurentelevisie wacht al jaren op een „brainwave”, die vereenvoudiging vermag te brengen in het huidige te gecompliceerde systeem. De radio, die ook het isolement ter zee heeft opgelost - zelfs zo, dat volgens Vestdijk geen echte scheepsavonturen meer zullen worden geschreven - is voorts de loods geworden bij het binnenleiden van vliegtuigen en schepen. Daarbij wordt zij gesecondeerd door de radar. Maar deze dient ook de meteorologen bij de weervoorspelling om buien en stormen te lokaliseren. Astronomen gebruiken soortgelijke systemen in radiotelescopen die straling

opvangen uit de interstellaire ruimte buiten ons zonnestelsel, waardoor zij volkomen nieuwe feiten kunnen ontdekken, die zelfs met de sterkste optische telescopen niet kunnen worden waargenomen. Men stemt ze af op de ultrakorte radiogolven, welke door astronomische stoffen van galactische nevels in de wereldruimte worden uitgezonden en die men heeft kunnen detecteren op een afstand van 300 miljoen lichtjaren.

Zeer gewaardeerde toehoorders, tot nu toe heb ik voor U een wel gevariëerd maar toch in zekere zin homogeen deel van de geschiedenis der elektrotechniek beschreven. Homogeen is het namelijk in dit opzicht, dat het betrokken blijft op de gebieden van zintuiglijke waarneming. Maar mocht men verwachten, dat deze stormachtige ontwikkeling van de techniek - die in gelijke mate een explosieve ontplooiing van het menselijk kunnen betekende - hier halt zou houden?

De elektrotechniek is reeds jaren bezig door te dringen in het mysterie der hersenfuncties. Schrikt U niet bij de gedachte dat ook dit deel van ons wezen onteigend zal worden, zoals ons somtijds het grote goed van de stilte ontnomen wordt. De elektronische rekenmachine zal onze slavin blijven, die ons echter het probleem laat haar op de juiste wijze te instrueren. Zij vraagt voor de uitvoering van het routine-hersenvolk van ons misschien een super-intellect. De meesten onzer verkeren in de situatie, dat we het bestaan van de elektronische rekenmachine kennen uit herhaalde berichten en publikaties, en daardoor reeds gewend zijn geraakt aan haar aanwezigheid. Maar het heeft zin ons over haar te verwonderen. De grondprincipes zijn op zichzelf beschouwd eigenlijk niet ingewikkeld. Het bijzondere van deze machines is, dat ze door hun enorme snelheid problemen kunnen oplossen, waaraan men vroeger wegens te grote bewerkelijkheid praktisch niet kon beginnen of waaraan men zelfs in het geheel niet had gedacht.

De analoge rekenmachine bootst mathematische functies en bewerkingen elektrisch na; een ander type, de digitale rekenmachine, kan in het tweetalig stelsel zeer ingewikkelde becijferingen uitvoeren. De bruikbaarheid hangt direct af van de snelheid waarmee hun „geheugen“ werkt en van het aantal gegevens dat zo'n geheugen kan herbergen. Voor deze elektronische geheugens zijn reeds velerlei methoden beproefd, zoals speciale elektronenstraalbuizen met magnetisch materiaal of met secundaire emissie, zoals halfgeleiders, ferrietringen, ponsband en een magnetische trommel of band, welke laatste tot zeer grote snelheden in staat blijkt.

De eerste rekenmachines waren zeer volumineuze apparaten, uitgerust met gewone elektronenbuizen. Men tracht zoals ook elders bij elektronische apparatuur, miniaturisering toe te passen door gebruik van de veel kleinere halfgeleiders die weinig warmte ontwikkelen, gedrukte bedrading en verkleining der gebruikte onderdelen, zoals weerstanden, condensatoren enzovoort. Specialisten overwegen zelfs microminiaturisering van het gehele digitale systeem. Beneden bepaalde afmetingen is reparatie echter praktisch niet meer mogelijk en men zou bij storing de gehele eenheid moeten weggooiden. Dit nu is zeer kostbaar en daarom wil men deze eenheden van de rekenautomaat goedkoop in massaproductie maken door een geheel automatische fabricage, die op haar beurt weer gestuurd en gecontroleerd wordt door rekenmachines. Programmeren, dat wil zeggen een probleem pasklaar maken voor machinale verwerking, eist getrainde deskundigen en is buitendien tijdrovend. Ook hier hoopt men elektronische hulpparatuur of zelfs autocodering te ontwikkelen.

Dat dergelijke machines snel salaris- en pensioenberekeningen kunnen uitvoeren is U uiteraard bekend. Lijkt het U dan nog moeilijk voor die machines om ingewikkelde sterrekundige berekeningen uit te voeren, of correcties van optische lenzen? Zij kunnen ook het gedrag simuleren van bijvoorbeeld denkbeeldige motoren en generatoren, zelfs onder extreme omstandigheden, en bij automatische fabricage het programma van handelingen van verschillende apparaten regelen en ook nog het resultaat controleren.

Deze rekenmachines zijn reeds nu of in de nabije toekomst echter tot prestaties in staat die nóg meer tot de verbeelding spreken. Ik denk hier bijvoorbeeld aan machinale controle van cheques of, zoals in Zweden mogelijk is, aan het invullen van belastingbiljetten, die dan echter wel weer elektronisch zullen worden nagerekend door de inspecteur. Men kan deze apparaten zeer gecompliceerde opdrachten laten uitvoeren, soms beter en meestal veel sneller dan menselijk intellect dit vermag, zoals bijvoorbeeld het lezen van gedrukte letters en het maken van vertalingen. De Russen zouden reeds een machine bezitten voor het vertalen van technisch Russisch in het Engels. Het is zeker, dat op verschillende plaatsen in de wereld intensief aan deze vertaalmachines wordt gewerkt. Aan het geheugen van een vertaalmachine worden grote eisen gesteld, omdat daarin behalve een geheel woordenboek ook nog vele aanwijzingen over meerzinnig gebruik en volgorde der woorden zullen moeten worden opgenomen.

Op recente conferenties over rekenmachines werden mogelijkheden voor de naaste toekomst besproken waarvan ik U hier enige wil noemen. Men verwacht

machines te kunnen maken die gesproken opdrachten zullen kunnen herkennen en analyseren en, na de opdracht te hebben uitgevoerd, het resultaat in spraak terug kunnen geven. Machines zullen informatie kunnen sorteren, opbergen en afgeven. Daarbij denkt men bijvoorbeeld aan een automatisch bediende bibliotheek en een dito octrooibureau. Rekenmachines worden nu reeds met andere elektronische of elektrische apparaten geïntegreerd tot één complex stelsel, zoals voor het uitvoeren van reserveringen en boekingen van vliegpassages en treinreizen vanuit verschillende plaatsen in één land. Met een elektronisch brein kan men vele vliegvelden uitsparen. Door deze apparaten wordt het mogelijk met behoud van de veiligheid een belangrijk groter aantal vliegtuigen tegelijk in- en uit te loodsen, dan de gebruikelijke middelen toelaten. Dit is van toenemende betekenis bij het steeds intensiever gebruik der luchthavens en bij de hoge snelheden der straalvliegtuigen. Hier corrigeert en stuurt een rekenmachine aan de hand van voortdurende radarwaarnemingen de geprojecteerde vlucht. Aan dit stelsel worden uiteraard eisen gesteld van uiterste nauwkeurigheid en betrouwbaarheid.

Slechts enkele mogelijkheden der elektronische rekenmachines heb ik voor U opgesomd, waaruit U echter misschien toch reeds enigszins een indruk zult hebben kunnen krijgen van de werking, die deze technische geesteskinderen van de mens in de toekomst op de menselijke samenleving zullen gaan uitoefenen.

Wij maken sinds het einde der 18e eeuw een dramatische wijziging mee van de menselijke samenleving, een duidelijke wisseling van tijdperk in de ontwikkeling van de mensheid. Van een aloude beschaving, rustende op een territoriale gebondenheid, zijn we in enkele generaties geëvolueerd naar een era van wetenschap en techniek, waarin afstanden zijn gereduceerd tot verwaarloosbare grootheden. Van deze era mag de elektrotechniek een typische exponent worden genoemd. De geschiedenis der elektriciteit is er een voorbeeld van hoe het door de Schepper aan de mens gegeven vermogen tot reflexie, gestuwd door verwondering en een schijnbaar overbodige drang tot begrijpen, geleid heeft tot de verovering en het gebruik van natuurkrachten die, primitieve voorstellingen eliminerend, van de mens een voortdurende heroriëntering vraagt van het denken in het materiële en zelfs in het geestelijke vlak.

Met de elektriciteit heeft de mens aan de natuur een medium met zeer bijzondere transportkwaliteiten ontworsteld, dat als het ware de functie vervult van slagaderen, die energie voortstuwen tot in de fijnste haarvaten van onze leefwereld en daar licht, beweging en warmte als levendmakende krachten ter

beschikking stellen. Immers, hoeveel plaatsen kwamen niet tot ontwikkeling, hoeveel leven en welstand werd niet gebracht tot in de uithoeken van een land, alleen door de simpele aansluiting aan het net van een krachtcentrale, het hart der elektriciteitsvoorziening? Hoe blijkt ook niet de elektriciteit een samenbundelende werking te kunnen uitoefenen, door de functie te vervullen van een waar zenuwstelsel in de wereld van vandaag. Verlenging en intensivering van onze zintuigen, zenuw- en hersenfuncties door vérhoren en vérzien, door afstandmeting, signalering en besturing en door informatieverwerking, als regeling, automatie, lezen, rekenen, oplossen en corrigeren, beslissen en vertellen! . . . Moderne transportmiddelen hebben een revolutie in de individuele actieradius van de mens teweeggebracht. Door de mogelijkheden der elektrische communicatiemiddelen is elk individu potentiëel actief en passief tegelijkertijd aanwezig aan het geheel van zeeën en continenten, co-extensief met de gehele aarde.

In de evolutie van de mens zal de intensieve wisselwerking der afzonderlijke individuen tot gevolg hebben een krachtconcentratie van het bewustzijn, die volgens de visie van Teilhard de Chardin door een groeiende toenadering der geesten in korte tijd grote invloed zal gaan uitoefenen op de verdere ontwikkeling van mens en samenleving.

Zou dán de noodzakelijke arbeid van het routine-intellect steeds meer door machines worden overgenomen, ons aldus meer tijd latend voor fantasie en creatief denken, dan zou men de grootste verwachtingen mogen koesteren van het meest onverwachte.

Ik dank U voor Uw aandacht.

LITERATUUR

J. B. Bernal - Science in History - Watts - London - 1957.

R. J. Forbes - De mens bouwt zich een wereld - Querido's Uitg. - Amsterdam - 1952.

J. Jeans - De groei der natuurwetenschap - H. P. Leopolds Uitgeversmij. - Den Haag - 1949.

Kirby, Withington, Darling, Kilgour - Engineering in History - McGraw-Hill Book Comp. - '56.

F. L. Rhodes - Beginnings of Telephony - Harper and Brothers Publ. - 1929.

Die Entwicklung der Starkstromtechnik - Siemens-Schuckertwerken - 50 jähr. Jub.

Stolze - Ons leven van morgen - J. M. Meulenhoff - 1959.

P. Teilhard de Chardin - Het Verschijnsel Mens - Spectrum - 1958.

A Look into the Future - Automatic Data Processing Service - vol IV - 1-15 - Dec. 14 - 1959.

L. G. Austin - Fuel Cells - Scientific American - vol 201 - 72 - 4 - Oct. 1959.

E. E. Bittmann - Using thin films in high-speed memories - Electronics - 55 - June 5 - 1959.

A. D. Booth - Computers - The Next Ten Years - Journ. Br. IRE - 199 - April 1959.

Chr. Celent - Thermoelectricity - Electronic Industries - 66 - July 1959.

Cesium Cell for Power Conversion - Electronics - 78 - Jan. 29 - 1960.

S. F. Danko and V. J. Kublin - Micro-Modulus: Component Parts and Material Requirements - IRE Transactions on Production Techniques - 29 - August 1959.

J. F. Elliott - Thermomagnetic Generator - Journal of Applied Physics - 1774 - Nov. 1959.

K. G. Hernquist - Thermionic Converters - Nucleonics - 49 - 1 - vol 17 - July 1959.

J. Lauret - Les Microstrips - Toute la Radio - 311 - Sept. 1959.

J. R. Pierce - Exotic Radio Communications - Bell Laboratories Record - 323 - Sept. 1959.

Power Source of the Future - The Iron Age - 170 - Oct. 22 - 1959.

Problems of modern communication - Electronics - vol 32 - 94 - Oct. 23 - 1959.

K. H. J. Rottgardt - Die Zukunft der elektronische Bauelementen - Radiomonitor - 619 - 8 - '59.

W. Schmidt - Der Microwellen - Plasmabrenner - Elektronische Rundschau - 404 - 11 - 1959.

M. Staal - De ontwikkeling van de moderne radar - De Ingenieur - E. 75 - 22 mei - 1959.

Thermo-electric cooling - British Comm. and Electronics - 110 - Febr. 1960.

Thermo-electric cooling - Electronic Engineering - 690 - Nov. 1959.

Thermo- electric Power Sources - British Communications and Electronics vol 6 - 864 - 12 - Dec. 1959.