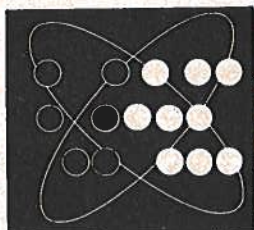
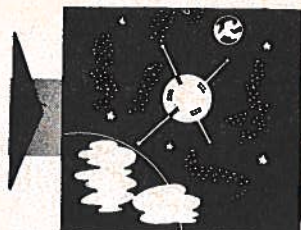


15 AUGUSTUS 1968



Wat zijn elektronische rekenmachines en waarvoor kunnen ze worden gebruikt?



(Vervolg van blz. 172)

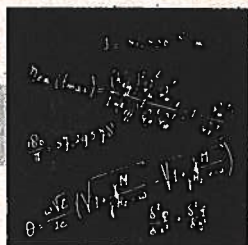
## Het tweetallig stelsel

Pogingen om „automatisch” te rekenen zijn niet uitsluitend van de laatste jaren. Blaise Pascal bouwde al in 1642 een machine, die bij het berekenen van belastingen behulpzaam moest zijn. Nu, ruim driehonderd jaar later, resulteren deze pogingen in elektronische rekenmachines, waarmee het oplossen van de meest ingewikkelde wetenschappelijke formules kan worden teruggebracht tot het indrukken van een knop. Berekeningen die enkele jaren geleden niet of nauwelijks konden worden opgelost, worden nu uitgevoerd. Plannen, waarvan de mensheid tot voor kort nog zelfs niet durfde dromen, kunnen dank zij deze machtige hulpmiddelen worden uitgewerkt. Elektronische rekenmachines zijn gecompliceerd in hun opbouw en in de manier waarop ze de toegevoerde gegevens verwerken. Het is daarom ook in dit deeltje van de serie „Wij en de elektronentechniek” niet mogelijk een volledige uiteenzetting te geven, maar toch kunnen veel vragen worden beantwoord.

Om het mogelijk te maken automatisch bepaalde bewerkingen uit te voeren met getallen, moet de machine deze getallen kunnen „lezen”. Hiervoor is het nodig voor elk cijfer een „symbool” te kiezen, bijvoorbeeld een elektrische spanning van een voor elk cijfer bepaalde grootte. In ons normale (tientallig stelsel) gebruiken we de cijfers 0 t/m 9, dat wil zeggen dat een elektronische rekenmachine die met deze getallen werkt, tenminste 10 symbolen moet gebruiken. Een dergelijke machine is zeer ingewikkeld en duur. De meeste elektronische rekenmachines werken dan ook met een tweetallig stelsel, dat dus maar twee symbolen kent. Meestal worden deze laatste voorgesteld door de cijfers 1 en 0. In de elektronentechniek kunnen deze twee symbolen worden verwerkt met schakelaars die geopend of gesloten zijn, met het wel of niet aanwezig zijn van een elektrische spanning of van een magnetisch plekje enz. Het decimale getal 523 bij voorbeeld ziet er in het tweetallig stelsel uit als 10.0000.1011. Dit laatste getal bevat een veel groter aantal symbolen dan het eerste, maar het heeft hiervan maar twee soorten en is in feite dus veel eenvoudiger. Dit komt ook tot uiting bij het maken van berekeningen in beide



Wat zijn elektronische rekenmachines en waarvoor kunnen ze worden gebruikt?



getallenstelsels, zoals in figuur 1 is aangegeven. Het tweetalig stelsel is verreweg het eenvoudigst, maar vergt bij de verwerking wat meer tijd. Bij gebruik van elektronische rekenmachines valt dit bezwaar weg door de enorme snelheid waarmee gewerkt wordt.

Alle rekenkundige bewerkingen zoals aftrekken, vermenigvuldigen, delen, machtsverheffen en worteltrekken, kunnen in principe tot optellingen worden herleid. Volgens deze regel werken vrijwel alle elektronische rekenmachines, waarbij nog kan worden opgemerkt dat optellen in het tweetalig stelsel op overeenkomende wijze gebeurt als in het tientalig stelsel.

Tientalig stelsel	Tweetalig stelsel		
1	1	6	110
2	10	+3	+11
3	11	9	1001
4	100		
5	101		
6	110	7	111
7	111	-4	-100
8	1000	3	11
9	1001		

Fig. 1. Een vergelijking tussen het tientalig en het tweetalig stelsel. Links zijn de getallen 1 t/m 9 in beide stelsels gegeven; rechts een voorbeeld van een optelling en van een aftrekking.

## De opbouw

Vrijwel alle elektronische rekenmachines zijn opgebouwd uit vijf elementen, die schematisch zijn weergegeven in figuur 2. We zullen deze opbouw eerst eens van nabij gaan bekijken.

De gegevens die verwerkt moeten worden kunnen op verschillende manieren aan de machine worden toegevoerd. Vaak wordt gebruik gemaakt van ponskaarten, dat zijn kaarten waarin volgens een bepaald systeem gaatjes zijn aangebracht, die in het *invoerorgaan* worden afgetast. Dit is te vergelijken met de manier waarop een draaiorgel het in het een „draaiboek” aangebrachte gaatjespatroon aftast. Veel elektronische rekenmachines zijn zo ingericht, dat ze gegevens die volgens het tientalig stelsel zijn vastgelegd, zelf in de tweetalige „machinetaal” omzetten.

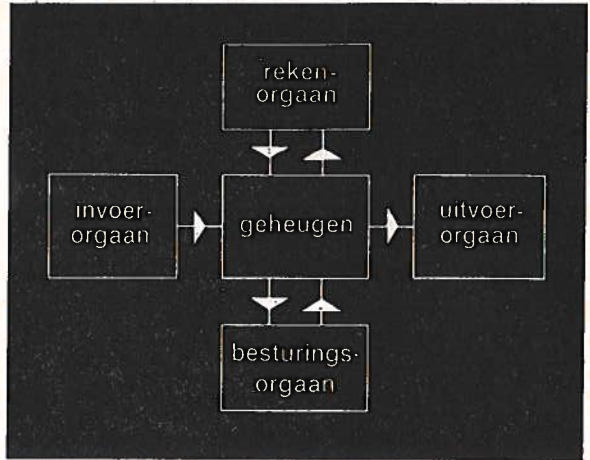


Fig. 2. Schematische indeling van de verschillende organen van een elektronische rekenmachine. De pijlen geven de mogelijke bewegingsrichtingen van de informaties aan.

Andere invoermethoden zijn gebaseerd op het gebruik van ponsbanden of magnetische banden (zie het vorige deel VIII uit deze serie). Ook worden combinaties van deze mogelijkheden gebruikt.

Het *uitvoerorgaan* komt in grote trekken met het invoerorgaan overeen, maar de werking is juist omgekeerd. De met de rekenmachine verkregen resultaten

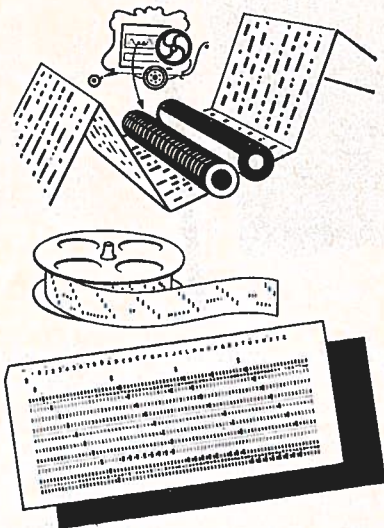
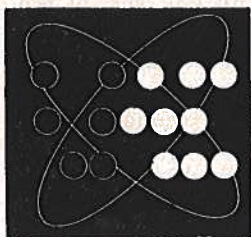
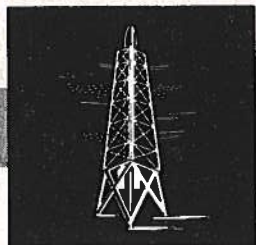


Fig. 3. Boven: voor een draaiorgel wordt de muziek vastgelegd in een „draaiboek“ met ponsgaten. Dit draaiboek wordt in het orgel afgetast.  
Midden: een ponsband voor een elektronische rekenmachine, die met het orgeldraaiboek is te vergelijken.  
Onder: een ponskaart voor een elektronische rekenmachine.



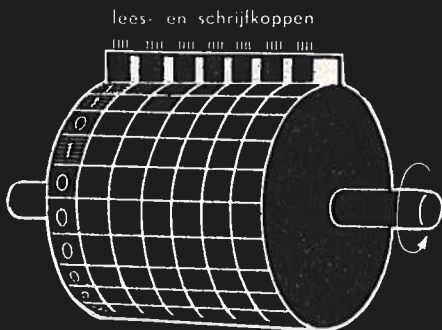
Wat zijn elektronische rekenmachines en waarvoor kunnen ze worden gebruikt?



worden hiermee dus bijvoorbeeld in kaarten of banden geponst, zodat ze voor verdere verwerking beschikbaar zijn.

Het *geheugen* is het belangrijkste element van een elektronische rekenmachine. Het heeft als functie de gegevens vast te houden, tot ze voor de verwerking nodig zijn en vertoont in dit opzicht dus enige overeenkomst met een blad papier, waarop met behulp van een potlood, pen of schrijfmachine notities worden gemaakt. Er bestaan verschillende uitvoeringsvormen van geheugens. De meeste zijn gebaseerd op magnetische registratie <sup>\*</sup>), waarbij de gecodeerde gegevens worden vastgelegd in de vorm van wel of niet magnetische plekjes op het oppervlak van een trommel, een schijf of een band. Bij een ander systeem wordt gebruik gemaakt van een groot aantal ringetjes van een bijzonder magnetisch materiaal (ferroxcube), die in een netwerk van draden zijn opgenomen.

Fig. 4. Schematische voorstelling van een geheugentrommel. De linker schrijfkop heeft op het zich onder die kop bevindende spoor een getal geregistreerd (een gearceerd vakje stelt een „1" voor).



In figuur 4 is een geheugentrommel in principe weergegeven. Het is een snel ronddraaiende metalen cilinder, die zorgvuldig is uitgebalanceerd en waarvan het oppervlakte is bedekt met een magnetisch gevoelige stof. Dicht bij de cilinder is een rij „schrijfkoppen" aangebracht, die overeenkomen met de in het vorige deeltje van deze serie genoemde opnameknoppen. Het gedeelte van

<sup>\*</sup>) Zie „Wij en de elektronentechniek", deel VIII.

het cilinderoppervlak dat onder elke kop doordraait wordt een *spoor* of band genoemd. Wanneer aan een schrijfkop gedurende korte tijd een elektrische spanning (een impuls) wordt toegevoerd, ontstaat op het zich onder die kop bevindende spoor een klein magnetisch plekje. Het toevoeren van een reeks impulsen die overeenkomen met de symbolen van een tweetallig getal (bij voorbeeld 10.0000.1011 waarbij elke 1 door een elektrische impuls wordt vertegenwoordigd) doet een magnetisch patroon ontstaan, dat met dat getal overeenkomt. Het zal duidelijk zijn dat een eenmaal op deze wijze geregistreerd getal door het inschakelen van een „leeskop” (weergavekop) op elk gewenst ogenblik weer kan worden afgelezen.

In de praktijk worden trommels gebruikt, waarop vaak tienduizenden symbolen kunnen worden geregistreerd. Elk spoor van zo'n trommel bestaat uit een aantal vakjes („woorden” genoemd), die elk weer een zeker aantal symbolen kunnen bevatten. De plaats van elk vakje is bepaald door een nummer, dat *adres* genoemd wordt. Verder zijn er aparte schrijf- en leeskoppen aanwezig en zijn er voorzieningen getroffen om er voor te zorgen dat de trommel met de juiste snelheid ronddraait. Het is mogelijk een gegeven precies in een bepaald „woord” (d.w.z. op een vastgesteld adres) te registreren. Om een idee te geven hoe dit gebeurt kan de vergelijking met een postbode dienen, die door het adres op een brief te lezen weet in welke stad, in welke straat van die stad en vervolgens op welk huisnummer de brief moet worden gepost.

Berekeningen worden in een elektronische rekenmachine uitgevoerd met behulp van een aantal elektronische schakelaars in het *rekenorgaan*. Een gesloten schakelaar stelt bijv. een 1 voor in het tweetallig stelsel en een open schakelaar

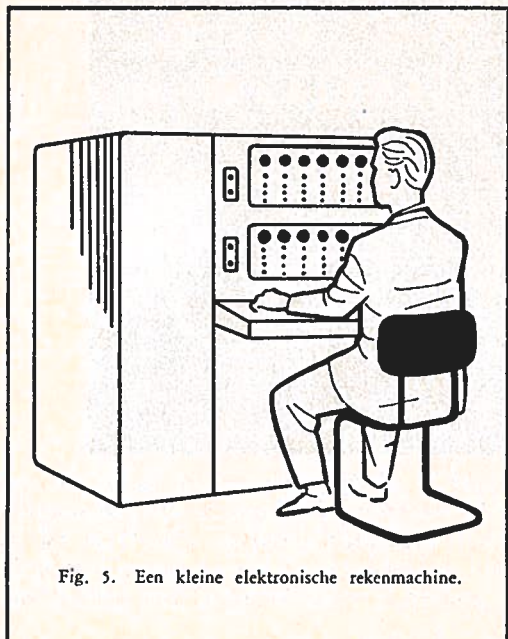
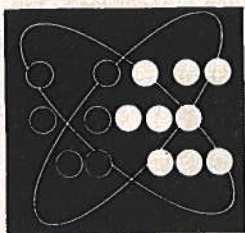


Fig. 5. Een kleine elektronische rekenmachine.



Wat zijn elektronische rekenmachines en waarvoor kunnen ze worden gebruikt?



een 0. Wanneer bijvoorbeeld een tweetallig getal wordt opgeteld bij een ander, doet elke 1 in dat getal een schakelaar omspringen. In figuur 1 is aangegeven, hoe zo'n optelling in het tweetallig stelsel tot stand komt.

Tenslotte bevat een rekenmachine een *besturingsorgaan*: het centrale zenuwstelsel dat er voor zorgt dat alle bewerkingen in de juiste volgorde en met de juiste gegevens plaats vinden. Het besturingsorgaan zorgt er voor, dat opdrachten worden uitgevoerd die in de vorm van een code via het invoerorgaan in het geheugen kunnen worden gebracht. Wanneer er een reeks van opdrachten is (zo'n reeks wordt een programma genoemd), wordt elke opdracht op een afzonderlijk band van het geheugen geregistreerd. De code bestaat uit een voor elke opdracht vastgestelde combinatie van cijfers, waarop ingenieus geconstrueerde elektronische schakelaars reageren. In een opdracht is vastgelegd, wat de machine met een gegeven, dat bijv. op een bepaalde plaats van het geheugen staat, in het rekenorgaan moet doen (optellen, aftrekken e.d.) en welke opdracht vervolgens moet worden uitgevoerd.

De machine kan zo worden gestart, dat de eerste opdracht van het geheugen in het besturingsorgaan wordt gebracht. Daar wordt de code „vertaald”, waarna de opdracht wordt uitgevoerd. Daarna wordt de tweede opdracht in het besturingsorgaan gebracht enz. De te verwerken gegevens (dus bijv. de getallen van de uit te voeren berekening) kunnen tegelijk met het programma op het geheugen worden geregistreerd. Een andere mogelijkheid is dat het programma zo wordt ingericht, dat de machine opdracht krijgt een kaart te lezen waarin de te verwerken gegevens zijn uitgeponst en de gegevens op het geheugen over te brengen.

## **Elektronisch rekenen**

Hoe de in het voorafgaande genoemde hoofdonderdelen van een elektronische rekenmachine in principe worden gebruikt voor het uitvoeren van een berekening kan het beste aan de hand van een voorbeeld worden toegelicht.

We willen met een elektronische rekenmachine, die voorzien is van een in- en uitvoer voor ponskaarten, een berekening uitvoeren die we voorstellen door

$$\frac{(A + B) \times C}{D} = E.$$

Het is hiervoor dus nodig dat programma op te stellen, terwijl de bekende

gegevens A, B, C en D in het geheugen moeten worden opgeborgen, bijvoorbeeld op de volgende adressen:

- getal A op adres 7
- getal B op adres 8
- getal C op adres 9
- getal D op adres 10.

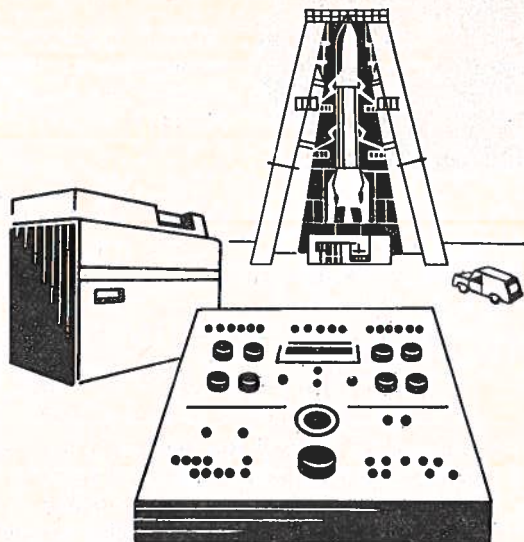


Fig. 6. Rekenmachines vervullen een belangrijke rol bij het lanceren van kunstmatige satellieten.

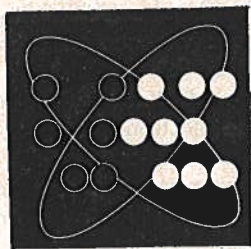
Het programma kan er nu — eenvoudig voorgesteld — als volgt uitzien.

Adres    Inhoud van de opdracht

1.    Lees getal **A** op adres 7 en breng dit getal in het rekenorgaan: **A**. Ga verder met opdracht 2.
2.    Lees getal **B** op adres 8, breng dit getal naar het rekenorgaan en tel het op bij **A**: **A + B**. Ga verder met opdracht 3.
3.    Lees getal **C** op adres 9, breng dit getal naar het rekenorgaan en vermenigvuldig **A + B** met **C**: **(A + B) × C**. Ga verder met opdracht 4.
4.    Lees getal **D** op adres 10, breng dit getal naar het rekenorgaan en deel **(A + B) × C** door **D**:  $D: \frac{(A + B) \times C}{D} = E$ . Ga verder met opdracht 5.
5.    Pons het resultaat **E** via het uitvoerorgaan in een kaart. Ga verder met opdracht 6.
6.    Stop.

De zes opdrachten worden te zamen met de getallen A, B, C, en D via ponskaarten en het invoerorgaan op de adressen 1 t/m 10 van het geheugen gebracht waarna de machine wordt gestart. De gehele berekening is dan na enkele seconden uitgevoerd.





Wat zijn elektronische rekenmachines en waarvoor kunnen ze worden gebruikt?



In de praktijk is de bewerking nog ingewikkelder, omdat bijvoorbeeld gegevens niet direct op een bepaald adres van het geheugen kunnen worden geregistreerd en ook niet direct kunnen worden uitgeponst. Verder kunnen verschillende schakelingen worden gebruikt om de snelheid te vergroten. Voor het gereedmaken van de programma's zorgen mensen die zich gespecialiseerd hebben in het uitwerken van problemen tot een voor de machine bruikbare vorm: de *programmeurs*.

## Toepassingen

Een typerend voorbeeld van de interessante mogelijkheden die elektronische rekenmachines bieden, is de berekening van de meest gunstige plaats voor een waterkrachtcentrale bij de Nijl, die enige tijd geleden is uitgevoerd. 48 jaar lang heeft men maandelijks op 30 verschillende plaatsen de waterstanden van deze rivier gemeten. Na een uitvoerige voorbereiding loste een vrij kleine elektronische rekenmachine het probleem in 13 minuten op. Verschillende technische en wetenschappelijke ontwikkelingen van de laatste tijd zouden ondenkbaar geweest zijn zonder elektronische rekenmachines. Het lanceren van een kunstmatige satelliet bijvoorbeeld vereist een zo grote nauwkeurigheid dat vele geleerden jarenlang werk zouden hebben aan de voor één lancering benodigde berekeningen. Elektronische rekenmachines met een grote reken capaciteit, die per seconde bijvoorbeeld 40.000 optellingen kunnen verrichten, nemen deze taak over.

Een ander, zeer uitgebreid werkterrein voor elektronische rekenmachines is de administratie van grote hoeveelheden gegevens, zoals loon- en belastingadministratie, het bijhouden van voorraden enz. Er is een belangrijk verschil tussen het gebruik van rekenmachines voor wetenschappelijke en voor administratieve doeleinden. In het eerste geval zijn er in het algemeen maar weinig gegevens, waarmee echter vaak een groot aantal ingewikkelde bewerkingen moet worden uitgevoerd. Bij administratief gebruik is in het algemeen sprake van zeer grote hoeveelheden gegevens, maar de bewerkingen zijn eenvoudig, bijv. optellen, aftrekken, vergelijken met bekende gegevens uit een tabel enz.

De mogelijkheden van dit soort machines zijn zeer zeker niet beperkt tot het maken van berekeningen. Ze kunnen ook worden gebruikt om bepaalde productieprocessen, zelfs gehele fabrieken te besturen en te controleren, of om op snelle wijze rapporten van bijvoorbeeld de posities van vliegtuigen of schepen te verwerken.

Dergelijke indrukwekkende toepassingen geven vanzelfsprekend aanleiding tot verwarring en onbegrip. Zullen rekenmachines het werk van mensen overnemen? Zullen robots straks niet te machtig worden? Wanneer we voor ogen houden dat geen enkele machine ooit in staat zal zijn zelf het initiatief te nemen tot een bepaalde handeling en dat alles wat een elektronische rekenmachine moet doen punt voor punt door mensen moet worden gereed gemaakt, is het antwoord op deze vragen niet moeilijk te geven. Elektronische rekenmachines zijn machtige hulpmiddelen — en niet meer dan dat — die voor vele voorheen onoplosbare problemen een oplossing mogelijk maken.

(wordt vervolgd)

## Telecommunicatie in telescopisch beeld<sup>1)</sup>

60-68

Prof. dr. ir. R. M. M. Oberman

*Telecommunicatie raakt tegenwoordig ieder mens in zijn eigen en zijn beroepsleven. Voor vele zaken is goede telecommunicatie een levensnoodzaak. Hoe was en is de ontwikkeling en wat kan op grond daarvan voor de toekomst verwacht worden voor onze samenleving?*

Een overdenking van toekomstmogelijkheden, in welk gebied dan ook, zal zonder voorafgaand overzicht van hetgeen met dit gebied wordt bedoeld en van hetgeen hierin reeds tot stand is gekomen, vaak weinig vruchtdragend zijn. Indien een ontwikkeling van een bepaald gebied weergegeven zou kunnen worden met behulp van de een of andere kromme in een plat vlak, dan zou men inzicht kunnen krijgen in het verdere verloop daarvan in de naaste toekomst door bepaling van de raaklijn aan het einde van die kromme, de groeisnelheid en de versnelling van het einde van die kromme. De raaklijn geeft de richting aan waarin de ontwikkeling waarschijnlijk zal gaan, terwijl de bepaalde snelheid en versnelling niet te veel zullen afwijken van de vermoedelijke groeisnelheid en versnelling.

Het bovenstaande kan ook met andere woorden worden gezegd. Wanneer men

zich een inzicht in de mogelijke toekomstige ontwikkeling van een bepaald gebied wil verwerven, is het nuttig zich eerst een beeld van de historische ontwikkeling daarvan te vormen, waarmede tevens duidelijk wordt wat daaronder wordt begrepen. Men leert daaruit vaak, dat het niet mogelijk is met enige zekerheid ver in de toekomst te schouwen. Niettemin zal het steeds verstandig zijn te proberen zich met behulp van de tekenen van het heden een beeld van de mogelijke toekomst te vormen.

Zou een schrijver van honderd jaar geleden in een toekomstbeeld omtrent de telecommunicatie iets over de radio hebben kunnen aangeven? En als hij dat al gedaan zou hebben, zou men hem dan niet voor een fantast hebben uitgemaakt?

Op dat moment waren elektromagnetische golven of wel radiogolven nog volledig onbekend. De theorie hiervan en de daaruit voortgevloeide radio- en televisietechnieken hebben in technisch en economisch opzicht inmiddels zo'n geweldige invloed op onze samenleving uitgeoefend, dat elk toekomstbeeld van honderd jaar geleden daarbij in het niet zinkt.

Men denke echter niet dat belangrijke

<sup>1)</sup> Overgenomen uit: „De Ingenieur”.

ontdekkingen en uitvindingen, als daarnet met een enkel woord aangeduid, tot het verleden behoren en dat er nu geen dingen meer zullen gebeuren, die de ontwikkeling van wetenschap en techniek zo sterk zullen beïnvloeden als de radio dit gedaan heeft. In het gebied van de telecommunicatie hebben de ontwikkeling van de transistor in de richting van de microtechniek, en die van de satelliet in de richting van de microtechniek, zojuist opnieuw een belangrijke beïnvloeding van het toekomstbeeld ingeleid, die men nauwelijks twintig jaar geleden voor volstrekt onmogelijk zou hebben gehouden. Telecommunicatie vindt zijn oorzaak in de behoefte van de mens om zich met zijn medemens te verstaan, een behoefte die hem aangeboren is. Uitte deze zich vele eeuwen lang in een kleine kring van familie- of stamverband in de regel op vreedzame wijze, tussen volkeren waar het elkaar onderling verstaan ontbrak leidde dit vaak tot oorlog. Onbekendheid met de ander, zijn bedoelingen en omstandigheden, doet licht vrees voor die ander ontstaan, welke vrees door goede communicatie kan worden verminderd of weggenomen. Is de recente oorlog in het Midden-Oosten hier niet een voorbeeld van?

De ontwikkeling van wetenschap en techniek in de loop van de eeuwen heeft de behoefte aan communicatie met een steeds grotere kring van mensen doen groeien. Betrof deze communicatiebehoefte in hoofdzaak uitwisseling van handelswaren en naderhand uitwisseling van informatie in gedrukte of geschreven vorm, pas sinds ongeveer een eeuw werd, door de uitvinding van telegraaf en telefoon, ook een directe niet-materiële uitwisseling van schriftelijke en mondelinge berichten voor privé-, zakelijke en vooral ook militaire doeleinden in het leven geroepen.

Gedurende de laatste vijf decennia is de

mogelijkheid om zich met zijn medemens te verstaan nog uitgebreid met de eenzijdig werkende radio-omroep en de eveneens eenzijdig werkende televisie. Daarmede vindt op auditieve en visuele basis verspreiding van informatie plaats naar groepen van personen, gehele volkeren en continenten. Deze verspreiding kan zelfs, zowel voor radio als voor televisie, de gehele aarde omvatten dank zij de ontwikkeling van satellieten.

De materiële uitwisseling van gedrukte en geschreven informatie vindt reeds eeuwenlang met steeds toenemende snelheid over zeer grote afstanden plaats. De zeer snelle niet-materiële verspreiding van berichten door middel van telegraaf en telefoon was aanvankelijk wat betreft de afstand beperkt. Door de ontwikkeling van kabels met aderpennen die een gering vermogen voor informatietransport hebben, ofwel een geringe bandbreedte kunnen doorlaten, naar coaxiale kabels en straalverbindingen met een zeer grote bandbreedte, en van de onversterkte verbinding naar de versterkte verbinding waarmede grote afstanden kunnen worden overbrugd, heeft de telecommunicatie van heden echter een mondiaal massakaracter gekregen; en zelfs meer dan een mondiaal karakter, nl. door de mogelijkheid om wetenschappelijke gegevens en foto's, via naar de maan of de planeten gezonden waarnemingsstations, naar de aarde over te brengen.

Mchtig van omvang zijn de middelen, om zich met zijn medemens en medevolkeren te verstaan, in het heden tot massa-communicatie geworden; machtig door het vermogen een onderlinge verstandhouding tussen mensen en volkeren te bevorderen, doch minstens even machtig door het vermogen deze verstandhouding te verstoren, zoals de recente geschiedenis nog eens duidelijk heeft getoond.

Voor de technische verwezenlijking van

deze mogelijkheden tot telecommunicatie is een langdurige en moeilijke technisch-wetenschappelijke ontwikkeling nodig geweest, die over een grote breedte en diepte heeft moeten plaatsvinden en nog plaatsvindt. Een einde is daarbij nog niet in het zicht. Wellicht zal op sommige deelgebieden de grens van het theoretisch mogelijke bereikt zijn. Het is dan echter waarschijnlijk, dat op een geheel ander technologisch gebied een oplossing wordt gevonden met nog weer veel verder gaande perspectieven. Iets dergelijks heeft zich namelijk voorgedaan met de gewone optische microscoop, die in de twintiger jaren van deze eeuw tot de grens van zijn vergrotingscapaciteit was gebracht. De gedurende de laatste decennia ontwikkelde elektronenmicroscoop heeft echter de optische microscoop in bepaalde opzichten verre overtroffen en daardoor een geheel nieuw veld van mogelijkheden geopend.

Voordat onze blik op de toekomst van de telecommunicatie gericht kan worden, is het nodig de technologische grondslagen en de geschiedenis in het kort door te nemen.

De ontwikkeling van de hedendaagse telecommunicatie is reeds meer dan honderd jaar geleden begonnen met de ontdekking van het feit, dat een elektrische stroom in een bepaald ritme onderbroken, of anders gezegd volgens een bepaald programma gestuurd, met grote snelheid over een grote afstand door een geïsoleerde koperdraad kan worden gezonden, en aan het einde daarvan weer voor de menselijke zintuigen waarneembaar kan worden gemaakt. Dit is de telegraaf, waaraan de naam van Morse op onverbreekelijke wijze is verbonden.

Het programma van interruptie van de stroom vormt de codering van het telegrafische bericht, dat geen gelijkenis meer vertoont met hetzelfde bericht in gesproken vorm.

Enige decennia na het uitvinden van de elektrische telegraaf werd ook gevonden, hoe door de mens gesproken berichten op een elektrische stroom als drager kunnen worden aangebracht of gemoduleerd, als ook deze aan het einde van een verbinding weer voor de mens hoorbaar gemaakt kunnen worden of wel gedemoduleerd. Het modulatieproces houdt in wezen het beïnvloeden van een elektrische stroom naar sterkte en frequentie van het gesproken woord in, hetgeen met behulp van een microfoon geschiedt. Het demodulatieproces is het weer beïnvloeden van de lucht in de frequentie van de trillingen van de overgebrachte elektrische stroom met behulp van een telefoon, zodat de het woord voorstellende trillingen het oor van de ontvanger van het bericht kunnen bereiken. Aan deze telefoon is de naam van Alexander Graham Bell verbonden.

Het technologische probleem betrof aanvankelijk niet zozeer de mechanische realisering van de eindapparatuur van een telefoonverbinding, dan wel het wetenschappelijke probleem van het beheersen van de transmissie-eigenschappen van de elektrische verbindingsweg met het doel, een zo groot mogelijke afstand te overbruggen. Het begrip van versterking van signalen ontbrak aanvankelijk. Hierbij wordt opgemerkt, dat de niet-vormgetrouwe versterking van telegrafiesignalen eigenlijk nooit een ernstig probleem heeft gevormd door het vrij snel beschikbaar zijn van een mechanisch perfect uitgevoerd polair telegraafrelais.

De uitvinding van de drie-elektrodenbuis door Fleming, in het begin van deze eeuw, heeft er veel toe bijgedragen het probleem van de vormgetrouwe versterking van spraak- en telefoniesignalen op geheel elektrische wijze op te lossen, waarmede de ontwikkeling van de versterkertechniek werd ontsloten.

Met de mogelijkheid van vormgetrouwe

versterking en door spraak opgewekte elektrische signalen was de telefonie echter slechts gedeeltelijk ontdaan van de beperkingen in de mogelijkheid tot overbruggen van grote afstanden. Een andere beperking in de overbrenging van het gesproken woord als deel van een gesprek ligt in de tijdsduur van deze overbrenging. Deze mag nl. niet te groot (ong.  $\frac{1}{2}$  s) worden, omdat een heen-en-weer-gesprek anders vrijwel onmogelijk wordt.

De radiotransmissie heeft geleidelijk aan de telefonie en ook de telegrafie tot een mondiaal middel van telecommunicatie gemaakt, waarbij het gebruik van kunstmatige aardsatellieten op dit moment een eindfase lijkt. Ik zie niet, dat op dit gebied nog veel te wensen is overgebleven.

Naast de vormgetrouwe overbrenging van het woord over grote afstanden heeft ook die van het stilstaande beeld in de vorm van beeldtelegrafie en als televisie voor de overbrenging van bewegende beelden een hoge graad van ontwikkeling bereikt. Hierbij wordt opgemerkt dat slechts economische redenen verhinderen, dat deze automatische telefonie naast het spreekkanaal ook niet reeds met een kijkkanaal is uitgerust. Reeds in 1935 werd dit gedemonstreerd op een telefoonverbinding tussen een speciale telefooncel in Berlijn en een in Leipzig.

Was aanvankelijk de telecommunicatie beperkt tot hetzij telegrafische, hetzij telefonische uitwisseling van berichten tussen twee mensen, het is nu ook mogelijk om aan één of zelfs beide zijden van een telegraafverbinding de mens door een machine te vervangen, terwijl sinds enige decennia de magnetische band in het bijzonder zich ertoe leent om de mens aan één of beide zijden van een telefoonverbinding te vervangen.

Tot de realiteit van het heden behoort de reeds bereikbare communicatie tussen

rekentuigen. Deze is geen technisch probleem meer, maar een economisch probleem. Het verkeer met rekentuigen in zgn. 'time-sharing' is echter nog wel een technisch probleem.

De telecommunicatie drong hiermede ook binnen in het gebied van het op afstand waarnemen van karakteristieke grootheden in allerlei soorten van processen en het evt. door rekentuigen trekken van conclusies omtrent het al dan niet gemene met betrekking tot een gewenste of ongewenste gang van zaken in het op afstand waargenomen proces. In dit laatste geval kunnen over telecommunicatiekanalen besturingsbevelen worden teruggegeven om te trachten het proces te corrigeren. Hierbij doen de begrippen vermeting, verbesturing en datatransmissie hun intrede ter completering van het omvangrijke gebied der telecommunicatie. Afstandsbeperkingen spelen geen rol meer.

Al deze telecommunicatiemogelijkheden zijn langzamerhand onmisbaar geworden bij de afwikkeling van vrijwel alle soorten van verkeer. Plaats- en snelheidsbepaling op afstand van verkeersdeelnemers zijn van het hoogste belang om bij zeer druk lucht- en landverkeer een veilige verkeersafwikkeling te bevorderen. Rekentuigen nemen daarbij een belangrijke plaats in om het in de naaste toekomst optredende verkeersbeeld te voorspellen.

In het voorgaande werd slechts de transmissiezijde van de telecommunicatie beschouwd, d.w.z. het overbrengen van het bericht, van welke aard ook, als er een rechtstreeks kanaal tussen de zender en de ontvanger ter beschikking staat.

Naast dit zeer voorname algemene probleem bestaat in de telecommunicatie ook nog het probleem van het maken van een verbinding tussen één bepaalde berichtgever uit een grote groep met een bepaalde uit een eventuele andere grote groep. De afstand tussen beide posten

kan uiteraard de halve aardomtrek bedragen. Zowel voor de telefonie als voor de telegrafie is de ontwikkeling thans zo ver gevorderd, dat mondiale automatische telefonie en telegrafie technisch mogelijk, en op beperkte schaal ook reeds verwezenlijkt zijn. Het is nog slechts een economisch vraagstuk, dat afhankelijk is van de behoefte tot telecommunicatie, hoe ver deze automatisering zal worden doorgezet. Technisch is het geen probleem meer.

De automatische toestellen, benodigd voor het verbinden van een paar willekeurige personen via een telefoonkanaal, werden aanvankelijk, reeds beginnende aan het einde van de vorige eeuw, op elektromechanische wijze gemaakt. In het heden zijn deze toestellen bezig te evolueren naar volledig-elektronische systemen. Voor automatische telegrafie zijn deze systemen reeds uitvoerbaar, voor automatische telefonie verkeren zij nog in het experimentele stadium. Wel hebben half-elektronische systemen voor automatische telefonie sinds kort het praktische stadium bereikt. Hierin lopen de spreekwegen nog over mechanische contacten, die echter op elektronische wijze bestuurd worden. Hoewel de nog op te lossen problemen van de volledig-elektronische automatische telefooncentrale niet eenvoudig zijn, mag verwacht worden dat dit type automatische telefooncentrale eerlang tot praktische uitvoering zal worden gebracht.

Een ander punt van toekomstverwachting, dat enkele jaren geleden de openbaarheid bereikte, vormen de druktoets-telefoon-toestellen. Deze toestellen, die hun sturende werking ontleenen aan het door een druk op de knop uitzenden van verschillende combinaties van twee tonen van verschillende frequentie of twee elektrische stromen van verschillende sterkte, openen de mogelijkheid tot het uitzenden van zestien uiteenlopende kiescri-

teria, tegen tien bij de kiesschijf-toestellen. Men zou deze extra kiescriteria bijv. kunnen gebruiken door verkorte nummers in te voeren voor de veelbenodigde relaties van elke abonnee. Het lijkt dan alsof elke abonnee, naast de algemene mogelijkheden om iedereen te bereiken, ook zijn eigen privé-net heeft. In de druktoetstoestellen van openbare telefooncellen zouden de extra kiescriteria bijv. gebruikt kunnen worden om door één druk op de knop verbinding met brandweer, politie of geneeskundige dienst te krijgen. Dit laatste systeem zou zelfs over de gehele wereld gelijk gemaakt kunnen worden, daar het nog in geen enkel land voorkomt!

Het druktoetstoestel is echter bij de heden daagse stand van de techniek nog geen economische propositie voor openbare telefoonnetten; de reeds jaren geleden voorspelde en nog steeds voortschrijdende kostendaling van micro-elektronische produkten maakt het evenwel waarschijnlijk, dat tegen de tijd dat over voldoende aantallen voldoende snel werkende semi-elektronische of geheel-elektronische telefooncentrales kan worden beschikt, ook het druktoetstoestel economisch verantwoord zal zijn.

Het druktoetstelefoon-toestel zal de gebruiker grotere faciliteiten geven dan het kiesschijf-toestel; sneller kiezen van de aangeslotene waarmee men het meeste contact heeft, het automatisch omleiden van gesprekken bij afwezigheid van de opgeroepene, het gireren per telefoon, het opvragen van de kosten van gevoerde automatische internationale telefoon-gesprekken, alsmede een betere reproductiekwaliteit van telefoon en microfoon van het toestel. Dit laatste is het gevolg van de mogelijkheden van het bouwen van ultrakleine zgn. geïntegreerde circuits en het gebruik van piëzo-elektrische materialen voor telefoon- en microfoonkapsel.

Bij de mogelijkheid van gireren per telefoon zou ik nog even willen stilstaan.

Het lijkt, oppervlakkig gezien, erg eenvoudig, maar het is het niet door het fraude-probleem. Er zijn nl. nog enkele problemen t.a.v. identificatie van aansluiting en abonnee, welke in de Nederlandse netopbouw voorlopig nog niet opgelost zijn. Als het voldoende zou zijn alleen de persoon, die een overschrijvingsopdracht per telefoon geeft, met behulp van een door hem op te geven codenummer te identificeren, wat uiteraard losstaat van het toegepaste systeem van automatische telefonie, dan lijkt de weg naar fraude open te liggen. Het zal daarom naar alle waarschijnlijkheid noodzakelijk zijn, de mogelijkheid van telefonisch gireren te beperken tot de eigen aansluiting van een abonnee. Deze kan nl. bij daarop ingerichte automatische telefoonsystemen door de girodienst worden geïdentificeerd. De identificatie-apparatuur ligt daarbij geheel in PTT-handen. Het zal nog belangrijke ambtelijke overwegingen en beslissingen vergen om in de mogelijkheid te gaan voorzien en dan zal het nog vele jaren duren eer deze aan het publiek ter beschikking kan worden gesteld.

Daar het voor een telefoonadministratie om economische redenen niet doenlijk is het bestaande, technisch nog goede en niet afgeschrevene aanstonds door het betere elektronische te vervangen — dit nog afgezien van produktiecapaciteit bij de industrie — zal de invoering van half- en geheel-elektronische automatische telefooncentrales in de nabije toekomst niet op grote schaal kunnen plaatsvinden en dus ook geen spectaculaire veranderingen op grote schaal tot gevolg hebben. Helemaal werd in Nederland twintig jaar geleden de kans gemist om tot een elektronisch bestuurd, elektromechanisch automatisch telefoonsysteem te komen waarop reeds druktoetstoestellen konden wor-

den aangesloten. Dit systeem zou een redelijk goede aanpassing aan volledig-elektronische automatische systemen hebben gegeven.

Voorts mag verwacht worden dat de elektromechanische gesprekkentellers in de komende elektronische en semi-elektronische automatische telefooncentrales, die in technisch opzicht zeer verwant aan elektronische rekentuigen zullen zijn, niet meer zullen voorkomen. In dergelijke centrales kan de registratie van het aantal en de duur van de gevoerde gesprekken beter met behulp van magnetische middelen geschieden, en wel op zodanige wijze, dat de periodieke nota voor verschuldigde gesprekskosten daaruit zonder menselijke tussenkomst door een verrekentuig kan worden opgemaakt. Automatische inning van een van tevoren aangewezen postgiro of bankgirorekening zal dan vanzelfsprekend ook kunnen plaatsvinden, waardoor de abonnee niet langer wordt lastig gevallen met een rekening die hem in vele gevallen niet interesseert, en daarom een nodeloze belasting van een noodlijdende postdienst vormt.

De systemen voor automatische telefonie waren gedurende de eerste dertig jaar van deze eeuw beperkt tot lokale telefooncentrales. Geleidelijk aan werden de problemen van de besturing van een zich op grote afstand bevindende andere centrale overwonnen. Het verkeer nam zo in omvang toe, dat de bedieningskosten dusdanig groot werden dat tot automatisering van het interlokale verkeer kon worden overgegaan. Via de automatisering van regionale netten verkreeg het gehele systeem al snel een landelijk karakter.

Technisch is er in wezen, behalve het vraagstuk van de kostenverrekening, ook geen beletsel meer voor internationale telefoonautomatiseringen. Met onze buurlanden is er reeds een aanvang mede gemaakt, omdat dit door de grootte van

het verkeer economisch verantwoord kan zijn. Hoe dit zich in de toekomst verder zal ontwikkelen, wordt in de eerste plaats bepaald door de handels- en toeristische relaties tussen de verschillende landen.

In tegenstelling tot de automatische telefontie heeft de veel later begonnen automatische telegrafie vrijwel van het begin af een landelijk karakter gehad. Zeer snel volgde daarop de totstandkoming van een uitgebreid internationale automatisch telegraafstelsel in Europa, waarop intercontinentaal via de radio kon worden ingekomen. De (automatische) telegrafie is wat betreft de grootte van het internationale verkeer ten opzichte van de telefoon steeds daar in het voordeel geweest, waar de taal een barrière vormt.

Men zou zich kunnen voorstellen, dat de taalbarrière in de communicatie tussen mensen op den duur met behulp van rekentuigen overwonnen zal worden. De oplossing van dit probleem ligt weliswaar niet in het vlak van de telecommunicatie, maar houdt daarmede zo nauw verband, dat er in een lezing over telecommunicatie niet aan voorbij mag worden gegaan. Het is in beginsel mogelijk, vertalingen van de ene taal in de andere met behulp van een rekentuing uit te voeren. Moeilijkheden worden daarbij o.a. gevormd door de homoniemen, de synoniemen van de talen in kwestie, het vrij grote aantal grammaticale regels voor de zinsbouw en het beperkte geheugen van zelfs het grootste rekentuing. Dit laatste maakt vertalingen uit deelgebieden van een taal met een beperkte woordenschat en een niet te groot aantal grammaticale regels mogelijk, echter door de altijd tijd kostende toegang tot de geheugens niet als onmiddellijke vertaling. Een zin kan in wezen pas vertaald worden als deze voltooid is. Een universele tussentaal zou in het telecommunicatieverkeer tussen verschillende volkeren dit als voordeel hebben, dat men slechts met twee vertaal-

programma's voor elke taal te maken heeft, maar waarschijnlijk het nadeel opleveren van een geringere nauwkeurigheid.

Op alle soorten van transmissiekanalen komen storingen voor. Door het gebruik van foutendeteterende codes op telegrafiekkanalen kon men praktisch foutloos over voor storingen gevoelige intercontinentale kanalen kiezen en telegraferen.

Het is ook mogelijk, telegraafcodes te ontwikkelen waarmee aan de ontvangzijde van een telegrafiekanaal één of meer fouten kunnen worden gecorrigeerd, ja, zelfs vastgesteld dat er meer fouten zijn dan er kunnen worden gecorrigeerd. Dergelijke codes kunnen worden toegepast bij het overzenden van berichten van ruimtewaar-nemingsstations naar de aarde, waar het er niet zozeer om gaat een bericht met de grootste snelheid, dan wel met de grootste zekerheid dat het een *goed* bericht is over te brengen. Ook kunnen dergelijke codes wellicht toepassing vinden bij de geheugenbescherming van rekentuigen bij uitvallen van de netspanning, zoals dit van bijzonder belang kan zijn voor de rekentuigen die bij de luchtverkeersbeveiliging in gebruik zijn.

De telecommunicatie van heden berust op het gebruik van elektrische stromen en elektromagnetische golven als dragers van informatie. Het extreme hierin is het gebruik van lichtstralen als informatie-dragers. Licht is immers ook een elektromagnetisch golfverschijnsel. Het gebruik van de gewone vormen van lichtstralen als informatiedragers voor telegrafie is reeds zeer oud; voor telefonie echter is men niet veel verder gekomen dan experimenten. Gedurende de laatste jaren is gevonden hoe stralen monochromatisch gepolariseerd licht continu kunnen worden opgewekt, zgn. coherent licht, welke stralen bijzonder nauw gebundeld kunnen worden en vrij gemakkelijk met informatie gemoduleerd, c.q. gedemodu-



leerd. De in een dergelijke lichtstraal van zeer hoge frequentie beschikbare bandbreedte voor informatietransport is schier onbegrensd. Met stralen coherent licht kan in de toekomst elke gewenste hoeveelheid informatie van elk punt op aarde naar elk ander punt op aarde worden overgezonden, dit met behulp van satellieten. Welke invloed deze in embryo aanwezige mogelijkheid tot massainformatietransport op onze samenleving zal hebben, valt niet te overzien.

De toepassing van stralen coherent licht is niet beperkt tot de telecommunicatie. In de kleine diameter van een dergelijke lichtbundel kan nl. veel energie worden geconcentreerd, waardoor deze stralen kunnen worden gebruikt voor het snijden van materialen met een hoog smeltpunt als bijv. kwarts. Vanzelfsprekend kan met deze stralen ook worden gelast, nog afgezien van mogelijk destructief gebruik.

Voor telecommunicatiedoeleinden schuilen in coherent licht nog de volgende technische toepassingsmogelijkheden. Een straal van zulk licht kan door een elektrisch gepolariseerd kristal over een bepaalde hoek worden afgebogen van zijn rechtlijnige voortplanting. Dit betekent, dat het in beginsel mogelijk is zo'n straal met behulp van een digitale besturing op een bepaald doel te richten, waardoor enerzijds de mogelijkheid wordt geopend tot het maken van automatische telefooncentrales waarin de spreekwegen over stralen coherent licht lopen, anderzijds die tot het vormen van beelden op een scherm als bij televisie. Hierbij kunnen helderheden worden bereikt van tot nu toe ongekende grootte, zoals deze bijv. wenselijk zijn bij de 'display' van de resultaten van rekenruiten in commandocentra voor satellietbesturing en militaire doeleinden.

Grootbeeldtelevisie, zoals deze technisch al enige jaren mogelijk is met zgn. 'Schmidt-optieken' en het 'Eidophor'-be-

ginsel (met kathodestrallen te moduleren olielfilm), zal wellicht een grote concurrent in projectie met bestuurde stralen coherent licht krijgen.

Een volgende toepassing van stralen coherent licht heeft zich aangekondigd in het opwekken van driedimensionale beelden in kleuren, de zgn. holografie. Deze mogelijkheid werd gedurende de laatste jaren op verschillende plaatsen reeds gedemonstreerd.

De mogelijkheid tot het opwekken van beelden welke een driedimensionale indruk geven, kan als volgt worden ingezien. Gewoon licht is in wezen een vrij ordeloos verschijnsel wat betreft continuïteit, frequentie en fase. Coherent licht daarentegen is continu uitgezonden monochromatisch licht, d.w.z. van constante frequentie en fase. Het is geordend licht. Wordt een voorwerp met coherent licht beschenen, dan bevat het waargenomen beeld in de fase van het teruggekaatste licht tevens informatie over de afstand van het terugkaatsingsvlak tot de lichtbron. Dit is in wezen analoog aan radar. Deze afstands-informatie kan in een foto worden vastgelegd, welke weer de illusie van een driedimensionaal beeld kan opwekken door referentie aan het bij de opname gebruikte coherente licht. Hoe ver wij verwijderd zijn van 3-D-T.V. in onze huiskamer, valt met geen mogelijkheid te voorspellen.

In alle moderne communicatie-apparatuur speelt de transistor als plaatsvervanger van de hoogvacuümbuis, reeds een belangrijke rol. Het zal daarom niet ongehoofwaardig klinken, als ik hier stel dat de transistor de hoogvacuümbuis (radio-buis) geheel zal gaan verdringen, behalve wellicht voor grote hoogfrequente vermogens. Voor het grote publiek is dit reeds geschied door draagbare radio's, hoorapparaten en dergelijke. Als grijpbare component echter zal de transistor waarschijnlijk ook niet blijven bestaan, maar

worden verdrongen door een microschaakeling waarin hij is opgenomen.

De transistor vormt het versterkende element in de telefonietransmissie, doch kan ook voor telegraaftransmissie worden gebruikt. De eerste betrouwbare toepassing van transistoren heeft echter gelegen in automatische schakelingen van de soort zoals deze in elektronische reken-tuigen worden gebruikt. Hierin is zelfs sprake van massa-toepassing, met als gevolg enerzijds het als paddestoelen uit de grond verrijzen van fabrieken voor de vervaardiging van transistoren, anderzijds het ontstaan van fabrieken voor reken-tuigen die deze transistoren verwerken.

Was men aanvankelijk pessimistisch gestemd t.a.v. de hoog frequente mogelijkheden van de als laagfrequentversterker uitgevonden transistor, de kennis van de halfgeleidermaterialen en de te bereiken nauwkeurigheid bij microfabricage zijn in een luttel aantal jaren zodanig uitgegroeid, dat niet alleen hoogfrequenttransistoren konden worden ontwikkeld, maar ook gehele schakelingen van zeer samengestelde aard op enkele vierkante millimeters silicium konden worden samengedrongen. Een micro-geïntegreerde schakeling met ongeveer 50 transistoren, 25 dioden en 25 weerstanden op 3 mm<sup>2</sup> silicium is tegenwoordig al heel gewoon. Wij zitten nog midden in deze technologische ontwikkeling, welke grote gevolgen voor de telecommunicatie kan hebben. Iemand die deze ontwikkeling bij de uitvinding van de transistor, nu pas twintig jaar geleden, zou hebben durven voorspellen, zou door zijn vakgenoten zeker zijn uitgelachen.

Met deze micro-geïntegreerde circuits wordt bijzonder gecompliceerde communicatie-apparatuur in een heel klein bestek mogelijk, zoals die bijv. nodig is in verkennings-ruimtevaartschepen. Met deze apparatuur kunnen meetgegevens en foto's met behulp van foutencorrigerende

codes naar de aarde worden teruggezonden. Draagbare automatische radiotelefonie met geheimverkeer door middel van codesloten wordt mogelijk, waardoor onze rust ook op rustige plaatsen verstoord dreigt te worden. Micro-apparatuur voor medische onderzoeken in de mens wordt mogelijk; dit geeft een directe communicatie tussen de onderzoeker en het te onderzoeken orgaan.

Tot slot van de beschouwing over technische toekomstmogelijkheden zou ik nog aandacht willen vragen voor de verspreiding van nieuws, waarbij valt waar te nemen dat hoe sneller deze wordt, hoe groter de onrust in de wereld wordt. Gedurende de laatste drie decennia heeft zich via de telexnetten een zeer snelle nieuwsverspreiding ontwikkeld. In de USA worden via telexnetten zelfs zgn. teletypesetters bediend, welke machines een krant ineens zetten. Uitgaande van het feit, dat vrijwel ieder die een televisietoestel heeft ook nog een krant leest, zou men zich de vraag kunnen stellen of de tussenfase van de krant als nieuwsbron eigenlijk nog wel nodig is. Voor de grote meerderheid van de krantenlezers heeft het bedrukte stuk krantenpapier, nadat dit gelezen of doorgezien is, geen andere waarde meer dan die van oud papier. Waarom wordt het televisietoestel gedurende de nachtelijke uren niet gebruikt om het gewenste nieuws op microfilm of magnetische band vast te leggen? In het eerste geval kan de krant in geprojecteerde vorm worden gelezen, in het tweede wellicht duurdere, geval worden slechts de gewenste nieuwsdelen van de krant op het televisiescherm zichtbaar gemaakt. De reclame uit de krant is niet meer nodig, die komt toch wel tot ons via radio of televisie.

Er zijn enkele telecommunicatietechnieken, waarvan wij in feite nog weinig of niets afweten. Zij zijn tot nu toe in deze

op de toekomst gerichte beschouwing niet opgenomen, doch verdienen toch wel enige aandacht. Dit zijn helderziendheid en telepathie, een soort van telecommunicatie waarbij ruimte en tijd op een voor ons onbekende wijze worden overbrugd. Zij vallen nog geheel buiten ons voorstellingsvermogen en laten zich nog niet vatten in reproduceerbaar wetenschappelijk onderzoek. Maar welk een mogelijkheid van telecommunicatie zou gerichte en doelbewuste telepathie niet kunnen leveren. Zou deze niet de schrik voor alle automatische telefoonbedrijven kunnen zijn?

Een gedachte die nauw hiermede samenhangt, is het koppelen van het menselijk denken aan de machine, waarbij wij in de eerste plaats wel aan het rekenttuig denken. Maar daar — zou de mogelijkheid zich voordoen — behoeft het dan in het geheel niet bij te blijven. Zolang de grondslagen van de telepathie niet worden begrepen, zal ook dit mogelijke toekomstfacet tot de 'science fiction' blijven behoren. Het ligt waarschijnlijk dichterbij om van het informatietransport in de mens, dat via het zenuwstelsel loopt en waarvan de fundamentele werking wordt verstaan, gebruik te maken om machines te besturen. De eerste stap op deze weg is reeds gezet om het zenuwstelsel van de mens direct bij besturing van prothesen te betrekken. In het algemeen gesproken kan gezegd worden, dat hierin nog heel veel werk verzet zal moeten worden om tot bruikbare resultaten te komen. De besturingscodes, die van de hersenen uitgaan, zal men moeten leren verstaan.

Uit dit facet van een mogelijk nauwere samenwerking mens-machine zou veel goeds kunnen voortkomen, dit wellicht in tegenstelling tot de omgekeerde samenwerking nl. die van de machine met de mens om zijn herseninhoud te beïnvloeden. Gebruikt om het leerproces te

vergemakkelijken, is het een doel ten goede, maar hoe licht kan zulks niet ontaarden in hersenspoeling en slavernij?

Bij dit facet van de toekomst speelt het wezen van 'leren' en 'denken' een grote rol. Van het leerproces menen wij iets te weten, zodanig dat zo nu en dan demonstratiemachines van bepaalde facetten daarvan aan de openbaarheid worden prijs gegeven. Van het denkproces in de mens weten we eigenlijk nog niets. Zodra daarvan op ondubbelzinnige manier kan worden gedefinieerd, kan het ook machinaal worden gedemonstreerd!

Wat kunnen wij voor onze samenleving verwachten uit al de genoemde, reeds zichtbare symptomen? In de eerste plaats dient daarbij geconstateerd te worden, dat veel van het genoemde technisch zeer goed uitvoerbaar is, maar industrieel of economisch nog niet binnen ons bereik valt. Vaak is het de kwestie, of de behoefte zodanig hoog opgevoerd kan worden dat industriële massaproductie tot een economisch acceptabel resultaat kan leiden. Het is in de toekomst echter ook een vraag, of voor de industriële verwezenlijking van een technisch mogelijk project de benodigde geschikte arbeidskrachten ter beschikking zullen zijn.

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

— Van bepaalde als telecommunicatie te beschouwen gebieden (telepathie en helderziendheid) weten wij uit wetenschappelijk oogpunt nog niets af. Zou een wetenschappelijke verklaring van het begrip telepathie een doorbraak naar een geheel nieuwe ontwikkeling kunnen vormen?

— Enkele nieuwe fysische technieken zijn zojuist ontdekt (coherent licht en micro-geïntegreerde circuits). Deze zullen de toekomst van de telecommunicatie op belangrijke wijze gaan beïnvloeden, voor zover zij dit nu alreeds niet doen.

Voor de technische toepassing van coherent licht in de telecommunicatie zal nog veel technisch-wetenschappelijk werk verricht moeten worden.

— Vele elektronische technieken zijn op het ogenblik voor allerlei doeleinden beschikbaar. In technisch opzicht is het geen probleem meer, deze te gebruiken. Het is wél een economisch probleem geworden of de ontwikkeling tot fabricage op grote schaal op een later tijdstip betaald zal kunnen worden uit de voor het eindprodukt mogelijk te vragen prijs. Als het eindprodukt iets geheel nieuws brengt, zal dit gemakkelijker tot een doel leiden dan wanneer het in concurrentie moet treden met andere reeds bestaande produkten, die uit een oudere techniek resulteren. Iets dergelijks zou bijv. het geval zijn bij het op de markt brengen van een geheel vlak televisietoestel.

Ik zou hier willen besluiten met de volgende science fiction te geven als hoopvol toekomstbeeld voor hen, die aan de vergaderziekte lijden. Het vergaderen

op afstand per telefoon, eventueel geassisteerd door televisie, vormt al evenmin een technisch probleem meer, doch is zuiver een zaak van economie geworden.

De narigheid van vergaderen echter blijft, ook bij deze methode, dat men er zelf bij moet zijn.

Ik vraag mij af of de toekomst ons wellicht een vergadertechniek zal kunnen brengen, waarbij onze aanwezigheid niet meer noodzakelijk is. Zou men voor een vergadering niet zijn geprogrammeerde eigen karakteristieken, zijn kennis van, en oordeel over het te behandelen onderwerp met behulp van datatransmissie naar een centraal opgesteld vergadertuig kunnen zenden, dat daarna achtereenvolgens alle agendapunten met de ingezonden gegevens doorneemt en een lijst van conclusies, alsmede de notulen, weer terugzendt? Lijkt dit toekomstbeeld van telecommunicatie niet een verademing in te houden t.a.v. de knellende vergaderlast, waaronder de meesten van ons regelmatig gebukt gaan?

---

## Samengaan van Telegraaf- en Telefoonverbindingen

61-68

(Vervolg van blz. 163)

P. A. de Boer.

De gever van Gray uit 1876 (afb. 11) is deels geniaal maar ook ietwat naïef te noemen.

Teneinde de lezer een indruk te geven van Gray's exactheid citeren we een gedeelte uit zijn eigen beschrijving: 1)

„Op mijne tekening kan men zien, dat de persoon die de geluiden overbrengt, in een doos spreekt, over wier andere uiteinde een perkamenten vlies of een goudvlies gespannen is; aan dat vlies is een klein metalen staafje verbonden (dat den stroom eener batterij geleidt), dat staafje daalt af in eene buis, die van onderen is afgesloten door eene metalen stop, waardoor een tweede staafje loopt (waaraan de tweede draad der batterij bevestigd is).

De buis is met eene vloeistof, b.v. met water gevuld, en daar het eerste staafje het tweede staafje niet volkomen aanraakt, moet de stroom eene dunne laag vloeistof doorloopen. De trillingen van de stem bewegen het

vlies der doos en doen dus het eerste staafje rijzen en dalen, en veranderen dus de dikte der vloeistoflaag, die door den stroom wordt doorloopen.

De trillingen worden zoo naar het ontvangstation overgebracht. Daar bevindt zich een electromagneet, die op een vlies werkt, waaraan een stukje weekijzer is bevestigd. Dat vlies is gespannen over eene doos, die ongeveer gelijk is aan de doos op het eerste station. Het vlies der tweede doos ontvangt dan trillingen, die overeenkomen met die van het eerste vlies, en zoo worden dus dezelfde geluiden of woorden gehoord."

De uitvinder realiseerde zich blijkbaar niet de moeilijkheid dat zijn gever gebonden was aan de verticale stand; deze moeilijkheid werd door Hughes (ook de uitvinder van het typendruk-telegraafstoel in 1855) ondervangen door de *koolmicrofoon* (1878).

Aardig is de gravure van afb. 12, met Bell en Gray samen; ieder zit voor zijn eigen toestel.

De veranderingen in de dikte der vloeistoflaag, waardoor de stroom moet gaan in Gray's toestel, hebben veranderingen van het magnetische veld van de ontvanger van Bell ten gevolge. Het gespannen vlies brengt het geluid voort.

De vloeistofgever van Gray dateert uit 1876; twee jaar later kwam Hughes op de gedachte een koolmicrofoon te vervaardigen. Omdat dit type uitstekend *in de praktijk* voldeed, gaat Hughes algemeen door als de uitvinder van de microfoon. De lezer mag zelf oordelen in hoeverre dit juist is; de gedachte om met kool weerstands- en dus stroomvariaties op te wekken was reeds in 1876 door Edison aangegeven, maar hij kwam niet tot een bruikbare vormgeving.

Het doet natuurlijk weinig af aan de bekwaamheid van alle tot nu genoemde onderzoekers, maar het komt vaker voor dat degene die het laatste schakeltje weet te vlechten de meeste aandacht op zich vestigt.

In afb. 13 zien we Hughes met zijn microfoon.

Hoe de vinding werd beschreven laten we hier (zeer in het kort) volgen. <sup>1)</sup>

„Een stukje kool A, aan beide uiteinden scherp toeloopende, rust met die uiteinden in twee holten, in blokjes kool BB geboord, en die aan een plankje C bevestigd zijn.

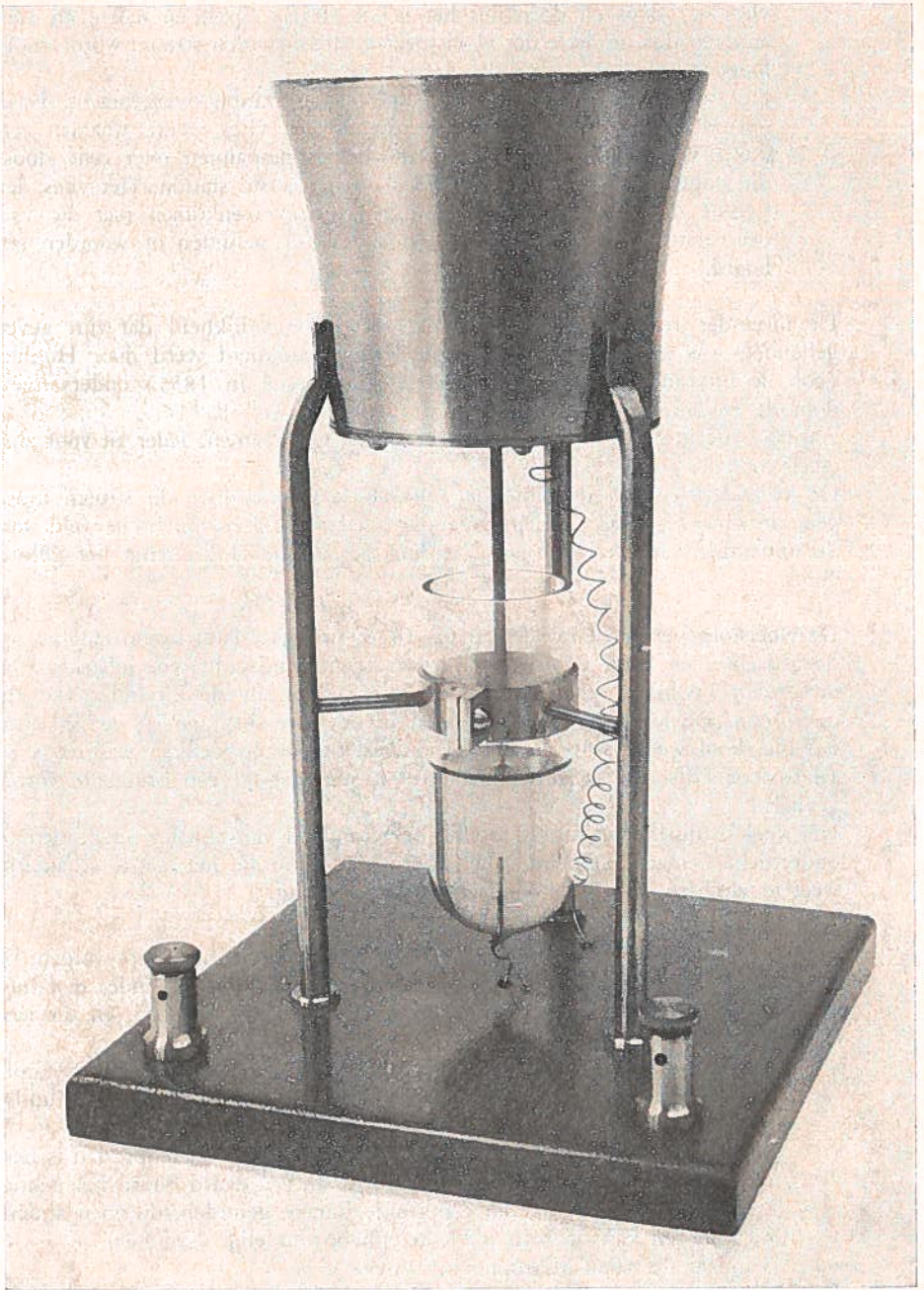
De geluidsgolven wijzigen de aanraking van het koolstaafje en de koolblokjes, en wekken daardoor magnetische trillingen op, die de geluidsgolven overbrengen naar den ontvanger.

Indien eene vlieg over het plankje van de mikrofoon loopt, dan is het, alsof men in te telephoon het getrappel van een paard hoort; het gekras van een borstelhaar of van een stukje linnen, geluiden, die men anders niet hooren kan, worden in de telephoon duidelijk vernomen.

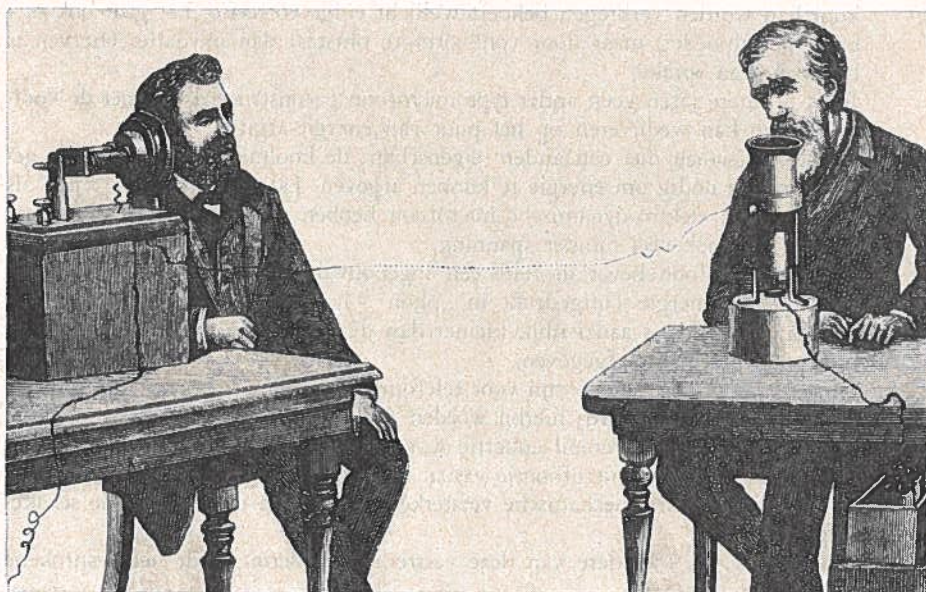
Vandaar de naam Mikrofoon, *zwakke stem*."

De koolmicrofoon heeft zich sedert 1878 voor telefonie-doeleinden onbetwist

<sup>1)</sup> „De Natuurkunde in onze tijd" (1889), pag. 132 en 133.

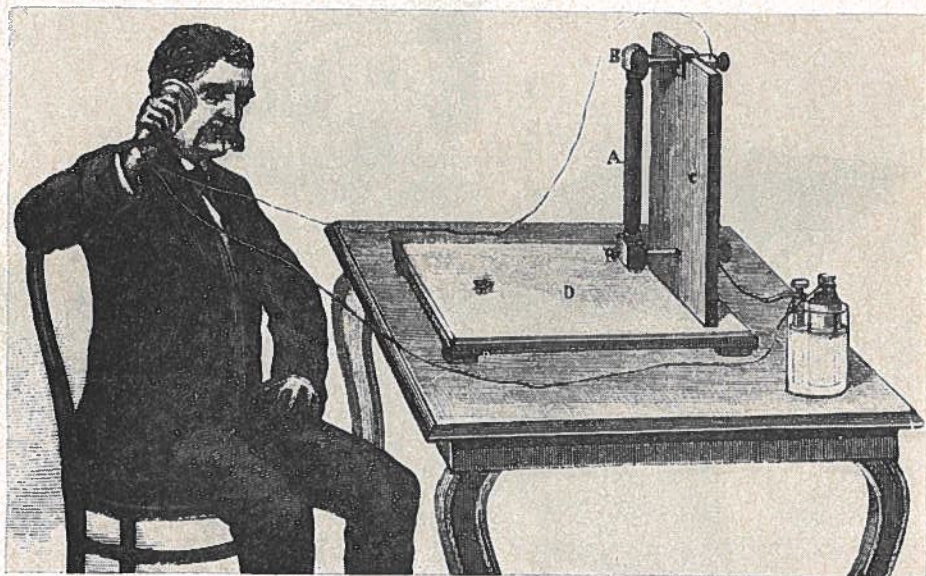


Afb. 11



Afb. 12

gehandhaafd en het ziet er niet naar uit dat hierin spoedig verandering zal komen. De enige belangrijke constructiewijziging in 90 jaar is dat de koolstaafjes vervangen zijn door koolkorrels of koolgruis. De gangbare mening dat het effect van weerstandsvariatiës *uitsluitend* met



Afb. 13

kool kan worden verkregen behoeft wellicht enige correctie: het gaat ook met bijv. metaalpoeder, maar door vonkvorming ontstaat dan oxydatie. Hiervan is bij kool geen sprake.

Er is in latere jaren geen ander type microfoon geconstrueerd dat met de koolmicrofoon kan wedijveren op het punt van energie-afgifte.

Dat hangt samen met een andere eigenschap: de koolmicrofoon heeft een gelijkspanning nodig om energie te kunnen afgeven. Later ontwikkelde typen als de kristal en elektro-dynamische microfoon hebben geen voeding nodig, maar leveren dan ook veel minder spanning.

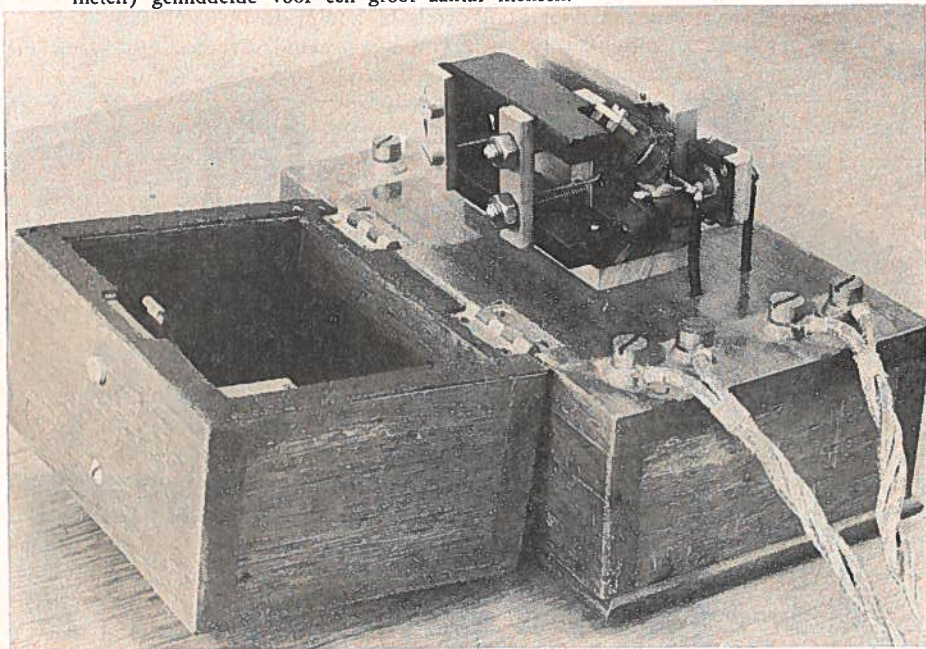
De koolmicrofoon bevat in feite een ingebouwde versterker; de hoeveelheid mechanische energie (uitgedrukt in „phon”<sup>2)</sup> die als luchttrillingen op het membraan werkt, is aanzienlijk kleiner dan de elektrische energie (uitgedrukt in  $E \times I$ ) die wordt afgegeven.

Gebaseerd op dit principe zijn voor telefonie-doeleinden vroeger „mechanische versterker” geconstrueerd; hierbij worden (zwakke) stromen door een spoeltje geleid waardoor een verend ankertje wordt bewogen; aan het ankertje zit een stift die aan een koolmicrofoontje vastzit. (Fig. 15)

In afb. 14a is een „mechanische versterker” te zien en in afb. 14b de schakeling.

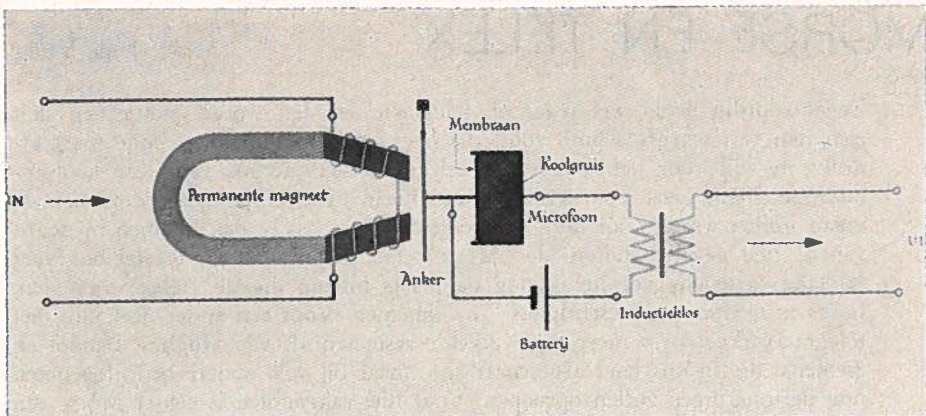
Bij gebruik van meerdere van deze versterkers in serie wordt het gesprokene

<sup>2)</sup> De eenheid *phon* wordt gebruikt bij het bepalen van geluidssterkten; 1 phon ligt op „hoorbaarheidsgocus”, d.w.z. is nog juist waarneembaar en betekent een energie aan luchtdruk vna  $10^{-16}$  watt per  $\text{cm}^2$  luchtopperlak. Dit getal is aangenomen als een (gemeten) gemiddelde voor een groot aantal mensen.



Afb. 14a





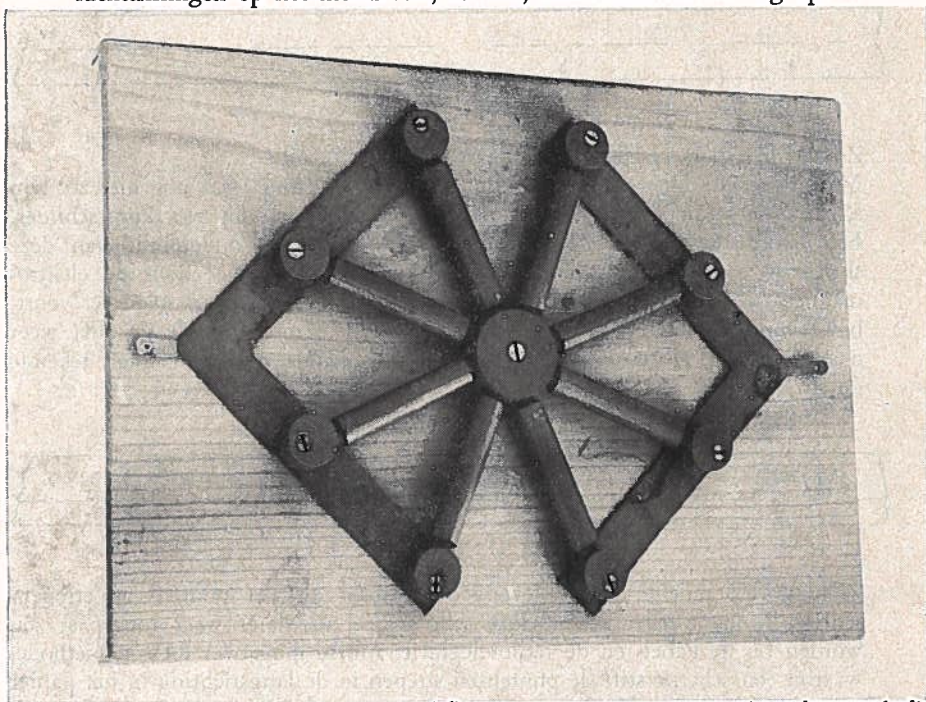
Afb. 14b

onverstaanbaar vanwege de vervorming die ontstaat; daarom is dit systeem nooit op grote schaal toegepast.

Dat brengt ons vanzelf op het volgende onderwerp: wat moeten we verstaan onder „vervorming” bij microfoons?

Hierop kan als eenvoudigste antwoord geformuleerd worden:

de uitgangsspanning dient evenredig te zijn met de sterkte (in phon) van de luchtrillingen op het membraan; zo niet, dan treedt vervorming op.



Afb. 15

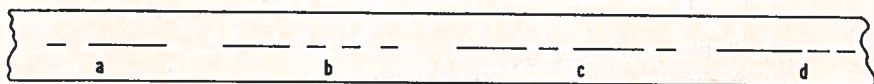
(wordt vervolgd)

# MORSE EN TELEX

M. J. de Vries.

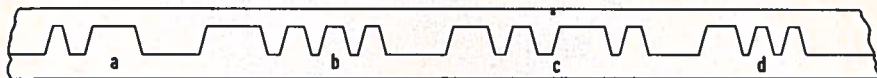
62-68

Tegenwoordig denkt wel ieder bij telegrafie aan het woord „telex” en stelt zich dan een schrijfmachine voor, die over een lijn binnenkomende tekst afdrukt, terwijl voor het seinen een zelfde toetsenbord als van deze kantoor-machine dient. Deze voorstelling is inderdaad niet ver er naast. Zou men de vraag stellen wat er vóór deze telextoestellen geweest is, dan zal men in negen van de tien gevallen horen: de „Morse”. Het is juist dat dit toestel ongeveer 50 jaren geleden gedeeltelijk nog de plaats innam, die de „telex”-toestellen, liever te noemen „verreschrijvers”, nu innemen. Voor een ander deel ging het telegraafverkeer over meer ingewikkelde systemen als van Hughes, Baudot en Siemens, die in ons land afgeschafte zijn, maar bij vele oudere bedrijfsgegoten nog herinneringen zullen oproepen. Voor niet-vakgegoten is echter Morse een bekende figuur, van wie men aanneemt, dat hij uitdacht de letters en cijfers voor te stellen door punten en strepen, dat zijn op de lijn korte en lange stroomstoten, tezamen vormende de morse-code. Voor het seinen bediende men zich van een stroomsluiter (sleutel of seingever genaamd) en aan de ontvankant werd door de stroomstoten een elektromagneet bekrachtigd, waardoor een ander werd aangetrokken, die dan met inkt punten en strepen op een voortlopende papierband schreef.



Zo zag het morsesysteem van 50 jaren geleden er uit.

Maar de eerste uitvoering van Samuel B. Morse (1838) was nog niet zo; zijn schrijffapparaat had hij gemaakt van een schildersezel; hij was kunstschilder. Een lange slinger was bovenin opgehangen; aan het onderende van deze slinger was een schrijfstift bevestigd. Wanneer de slinger door de elektromagneet werd aangetrokken bewoog de schrijfstift zich dwars over het voortbewegende papier. Na het onderbreken van de stroom keerde de stift weer naar de ruststand terug. Overeenkomstig de ontvangen stroomstoten tekende de stift dus een gegolfde lijn op het papier.

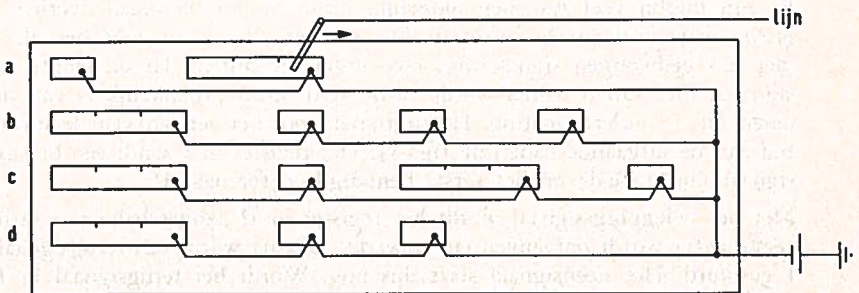


Zonder veel moeite is deze evengoed leesbaar als het punten- en strepen-schrift. Morse verliet echter deze schrijfwijze, die later weer toegepast zou worden bij de kabel- en de radiotelegrafie. Morse ging over tot een methode, waarbij een scherpe stift de punten en strepen in de langsrichting in het papier grifte. Deze waren uiteraard moeilijk waar te nemen. Anderen gingen dan ook

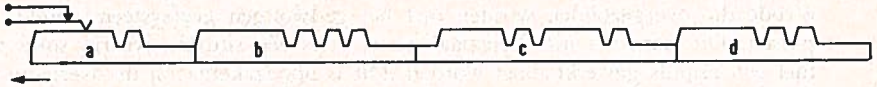
spoedig tot schrijven met inkt over. Het is opmerkelijk, dat de inventieve Morse zich hier liet passeren; het had een hele nasleep van moeilijkheden met betrekking op patentrechten.

Zeker is dat het succes van het morsesysteem pas kwam toen met inkt geschreven werd.

Ook wat het seinen betreft was men in het begin op dwaalwegen. De seinsleutel of seingever was er niet het eerst, maar de combinaties van korte en lange stroomstoten werden verkregen door geleidende strookjes, samen vormende de combinatie voor de letter of het cijfer, met een geleidende stift af te strijken.



De telegrafist moest natuurlijk gelijkmatig over dit seinbord strijken en voldoende tijd tussen de letters laten verlopen. Ook was er een uitvoering, waarbij de tekst van het telegram uit metalen blokjes werd opgebouwd.



Door een strook met deze blokjes onder een contact door te schuiven vormde men de seinen. Terzijde: het kan opgevallen zijn, dat de eerste code, die Morse bij het seinbord toepaste, afwijkingen vertoont ten opzichte van de later algemeen gebruikte: voor de afstanden tussen de delen van een letter nam Morse tweemaal de duur van een punt, wat later steeds eenmaal werd genomen. Ook paste hij langere en kortere strepen toe. Na de stroken en de blokjes kwamen de seinsleutels; eerst alleen een maakcontact, later een wisselcontact. Ook de eenvoudige „Morse” maakte dus een ontwikkeling door.

Ten slotte kan nog een interessante bijzonderheid genoemd worden. Voor het seinen met de seinsleutel moest de telegrafist de code uit het hoofd kennen en om in een tempo van 15 à 20 woorden per minuut te kunnen seinen was een opleidingstijd van enige maanden nodig. Het seinen op het beschreven seinbord van Morse eiste weinig oefening. In de eerste wereldoorlog had de Duitse luchtmacht gebrek aan geoefende morsetelegrafisten en voerde daarom toen op de vliegtuigen het seinbord weer in.

# Het multitooncode signaleringssysteem

63-68

door P. M. Koopman

(Vervolg van blz. 209)

## 12. Gedwongen geefstelsysteem

Nu rijst de vraag hoe wij die signalen zullen verzenden. Bij het beantwoorden hiervan gaan wij uit van de uitwisseling tussen registers in beide richtingen, waarbij in principe elk signaal in de ene richting een signaal in de andere richting doet ontstaan als reactie.

Er zijn hierbij veel systemen mogelijk, maar na internationaal overleg is het *gedwongen geefstelsysteem* gekozen. Dit systeem, de naam zegt het al, werkt met een gedwongen signalering; met andere woorden, dat de lengte van de signalen niet van tevoren wordt vastgesteld, maar afhankelijk is van de signalen uit de andere richting. Het initiatief voor het zenden van de informatie ligt aan de uitgaande kant (zie fig. 4). Het register in I zendt een beleggings-signaal (lijnsignaal) en het eerste benodigde cijfer naar II.

Met het beleggings-signaal wordt het register in II aangeschakeld, waarna het eerste cijfer wordt ontvangen en verwerkt. Daarna wordt een terugsignaal naar I gestuurd. Het heensignaal staat dus nog. Wordt het terugsignaal in I ontvangen, dan stopt het register in I met het zenden van het eerste cijfer; dit wordt bemerkt in II en dit register stopt met het zenden van het terugsignaal.

Is in I dit beëindigen van het terugsignaal geconstateerd, dan wordt het volgende cijfer naar II gezonden. Welk cijfer dit zal zijn, wordt bepaald door het gezonden terugsignaal.

Het gekozen MFC-systeem bestaat dus uit signalen, samengesteld uit de 2-uit-6-code die overgezonden worden met het gedwongen geefstelsysteem zonder impulsen. Dit laatste is niet helemaal waar; er is één situatie, waarin soms toch met een impuls gewerkt moet worden. Dit is noodzakelijk bij de overgang van A- naar B-signalen, als het laatste inkomende MFC-register na ontvangst van het laatste abonneecijfer niet onmiddellijk weet of de toestand van de opgeroepene bekend is, vooral als er achter het laatste MFC-register nog een systeem komt met langzame kiesinstellingen.

Er is nu de algemene eis om de door het MFC-systeem gebruikte signaal-energie zoveel mogelijk te beperken. Het gaat hierbij om de energie, gemiddeld over de lijnen en over de heen- en terugrichting. De signalen moeten dus zo kort mogelijk zijn. Dit bereikt men nu in dit geval door het inkomende register het signaal „zend het volgende cijfer” te laten zenden. Het uitgaande register stopt daardoor het zenden van het laatste cijfer, maar zendt geen volgende cijfer, omdat dit er niet meer is. De lijn is dus signaalloos.

Het initiatief voor verdere uitwisseling van informatie moet nu uitgaan van het inkomende register, want dat register weet wanneer dat weer kan. Kent het inkomende register de toestand van de opgeroepen abonnee, dan zendt het signaal „overgaan op B-signaal” als een impuls. Als deze impuls afgelopen is zendt het uitgaande register, als kwijting van dit signaal, een signaal dat

bestaat uit één van de 10 cijfers, waarmee, indien gewenst wordt, nog informatie over de oproeper (bijv. gewone abonnee, telefoniste, oproep uit routine-teststroomloop) gegeven kan worden. Dit cijfer wordt gekwetten met het B-signaal, waarmee de toestand van de opgeroepen abonnee wordt aangegeven, waarna de registers kunnen afschakelen. Voor deze ene impuls gelden de nadelen van het impulssysteem in belangrijk mindere mate. Omdat hij maar één keer voorkomt, speelt de lengte geen grote rol en de toleranties kunnen ruim zijn. Het tijdafpascircuit kan daardoor ook eenvoudig zijn.

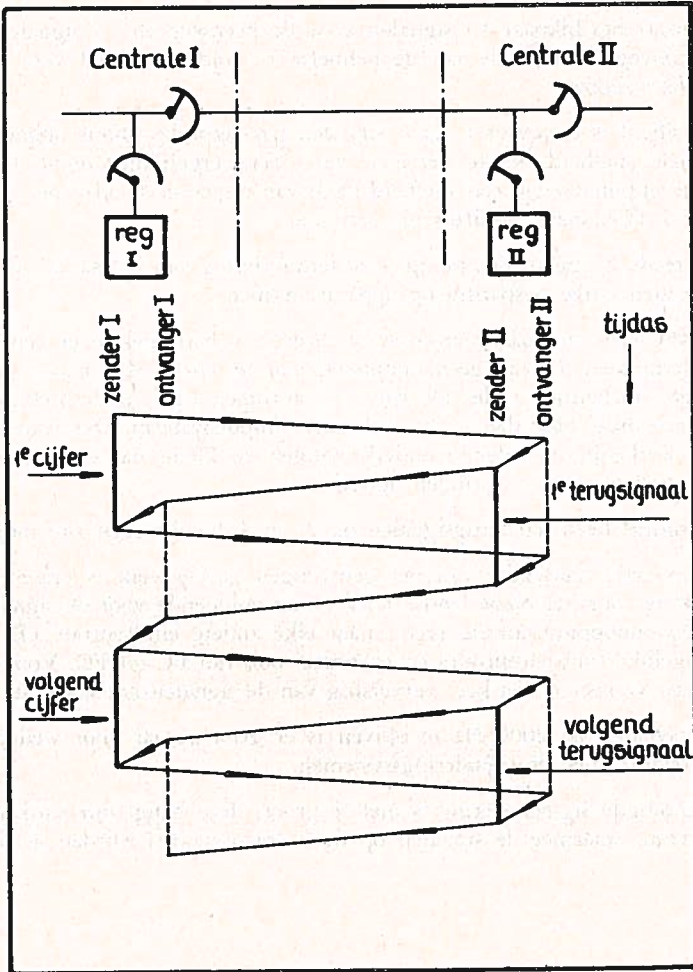


Fig 4. Tijdvolgorde diagram van het gedwongen geefstelsel

### *Opmerking*

Weet het inkomende register na ontvangst van het laatste cijfer snel (bijv. binnen 1 sec.) hoe de toestand van de opgeroepen abonnee is, dan is de impuls niet nodig. Het inkomende register zendt dan als kwijting van het laatste cijfer het signaal „overgang op B-signaal” (niet als impuls); als antwoord hierop zendt het uitgaande register weer een van de karakterkenmerken II-1 tot II-10, waarna het inkomende register het betreffende B-signaal stuurt.

Bezie men nu nog de eisen, waaraan het signaalsysteem zou moeten voldoen en gaat men na hoe het nu staat met het gedwongen geefstelsel, dan krijgt men de volgende situatie:

1. Men heeft beschikbaar 15 signalen voor de heenweg en 15 signalen voor de terugweg; hiermee is aan de behoefte te voldoen, zowel voor nu als voor de toekomst.
2. De snelheid is ongeveer 5 tot 7 signalen per seconde. Dit is ongeveer de maximale snelheid die te bereiken valt. Ter vergelijking dient, dat het huidige impulssysteem een snelheid haalt van ongeveer 1 cijfer per seconde en het 2-TF-systeem 3 cijfers per seconde.
3. Zoals reeds is opgemerkt, brengt een vermindering van het aantal benodigde signalen enige besparing op apparatuur mee.
4. Het MFC-systeem, zoals hierboven beschreven, is betrouwbaar en eenvoudig te onderhouden. Er zijn geen impulsreeksen af te tellen. Men maakt gebruik van een beschermde code. De kans op storingen t.g.v. onderbrekingen is zeker een orde lager dan voor het huidige impulssysteem. Overigens is het aantal werkelijk optredende onderbrekingen zo klein, dat er zeer weinig gevaar bestaat, dat er storingen optreden.
5. Gelijktijdige heen- en terugsignalen op 2- en 4-draadswegen zijn mogelijk.
6. De maximale reikwijdte van het gedwongen geefstelsel is ongeveer 30 dB; dat is voor het Nederlandse telefoonnet voldoende voor de signalering van een knooppuntcentrale (KC) naar elke andere eindcentrale (EC) via de mogelijke transitcentrales en eventueel ook van EC tot EC. Voor internationaal verkeer is één keer verversing van de signalen noodzakelijk.
7. Door beneden de 2000 Hz te blijven is er geen gevaar voor wederzijdse beïnvloeding met lijnsignaleringsystemen.
8. De benodigde signaalenergie is niet te groot; deze hangt uiteraard af van het niveau, waarmee de signalen op de 4-draadscircuits worden gezonden.

Antwoorden van de oefenvraagstukken XVII (blz. 214 in julinummer)

1. 9,87654
2. 10000
3. 22,2222
4. 27,9498
5. 97,2
6. 48,6
7. 6
8. 5
9. 10
10. 0,5

$$11. \quad 3\sqrt{\frac{25}{4}} - 2\sqrt{\frac{49}{9}} + \sqrt{\frac{36}{25}} = 3 \times \frac{5}{2} - 2 \times \frac{7}{3} + \frac{6}{5} =$$

$$7\frac{1}{2} - 4\frac{2}{3} + 1\frac{1}{5} = 7\frac{15}{30} - 4\frac{20}{30} + 1\frac{6}{30} = 4\frac{1}{30}$$

$$12. \quad \text{Basis} = \sqrt{30^2 - 18^2} = \sqrt{900 - 324} = \sqrt{576} = 24 \text{ cm.}$$

$$\text{Omtrek} = 2 \times 18 + 2 \times 24 = 84 \text{ cm. Opp.} = 18 \times 24 = 432 \text{ cm}^2.$$

$$13. \quad R = U : I = 110 : 2 = 55 \quad \rho = \frac{55 \times 1}{0,55} = \frac{R \times A}{l} = 100.$$

$$14. \quad U = I \times R$$

$$I.R = (R + 3)(I - 1) = I.R + 3I - R - 3.$$

$$I.R = (R - 2)(I + 1) = I.R - 2I + R - 2.$$

$$0 = 3I - R - 3$$

$$0 = -2I + R - 2 +$$

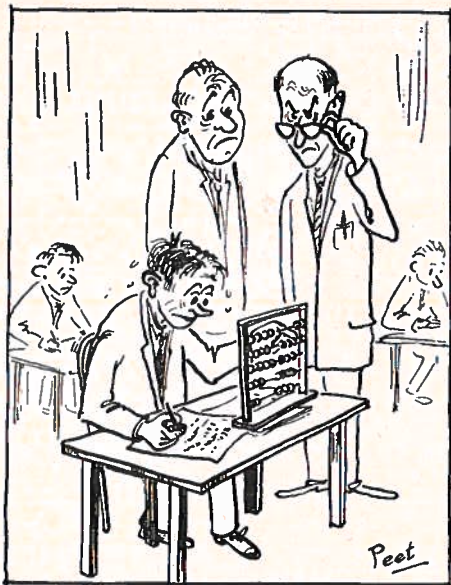
$$0 = \quad I \quad - 5$$

$$I = 5 \text{ A. } R = 3I - 3 = 15 - 3 = 12 \text{ } \Omega. \quad U = 5 \times 12 = 60 \text{ V.}$$

$$15. \quad R_w = R_k (1 + \alpha \times t_{\text{verschil}})$$

$$123,2 = 80 (1 + 0,0036 t_v) = 80 + 80 \times 0,0036 t_v$$

$$t_v = \frac{123,2 - 80}{80 \times 0,0036} = \frac{43,2}{0,288} = 150 \text{ } ^\circ\text{C.}$$



## Examenvragen

64-68

1. Noem drie methoden om wisselstroom (draaistroom) gelijk te richten.
2. Een pompinstallatie moet een waterreservoir, dat 20 m hoger staat opgesteld en een inhoud van  $100 \text{ m}^3$  heeft, vol pompen in 2 uur. De pomp wordt aangedreven door een elektromotor aangesloten op 220 V. Deze pomp heeft een rendement van 0,5, terwijl dit van de elektromotor 0,8 bedraagt. Bereken:
  - a. het vermogen in W, dat aan de elektromotor wordt toegevoerd.
  - b. de opgenomen stroom.
3. Een elektromotor aangesloten op 220 V, neemt een stroom van 15 A op. Het rendement van deze motor is 0,7.

Gevraagd wordt:

Hoe groot is het nuttig vermogen uitgedrukt in W, dat op de as wordt afgegeven?

4. Een gloeilamp aangesloten op een spanning van 220 V neemt een vermogen op van 550 W. Bij het inschakelen van deze lamp heeft de gloeidraad een temperatuur van  $15^\circ\text{C}$ .  $\alpha = 0,003$ .

Gevraagd wordt de waarde van de inschakelstroom.

5. Een draadspool heeft een ohmse weerstand van  $6 \Omega$ , terwijl de inductieve weerstand  $8 \Omega$  is. Men sluit deze spoel aan op een wisselspanning van 40 V — 50 Hz.

Bereken:

- a. de schijnbare weerstand.
- b. de waarde van de stroom.
- c. de  $\cos \Phi$  en de coëfficiënt van zelfinductie.