

Mensdom en electronen

Citation for published version (APA):

Zaalberg van Zelst, J. J. (1965). *Mensdom en electronen*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1965

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.

MENSDOM
EN
ELECTRONEN

REDE

UITGESPROKEN BIJ HET AANVAARDEN VAN
HET AMBT VAN HOGLERAAR
IN DE AFDELING DER
ELEKTROTECHNIEK
AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL
TE EINDHOVEN
OP VRIJDAG 7 MEI 1965
DOOR
DR. J. J. ZAALBERG VAN ZELST

*Heren Curatoren, Mijnheer de Secretaris,
Heren leden van de Senaat,
Dames en Heren leden van de wetenschappelijke, technische, administratieve
en huishoudelijke staven van deze Technische Hogeschool,
Dames en Heren Studenten aan deze Hogeschool en voorts Gij allen, die door
Uw aanwezigheid luister bijzet aan deze plechtigheid,*

Zeer geachte toehoorders,

Het is geen geheim dat inaugurele redes geacht worden een dusdanig gehalte aan wijsheid te bevatten dat hun vereeuwiging in druk als geboden wordt beschouwd. Het gebruik wil dat hun tekst per eerstvolgende postbestelling wordt bezorgd bij hen die deze wijsheid van node hebben. Daar aan de andere kant niemand deszelfs urgentie zo hoog zal aanslaan dat de nachtrust van de drukker er aan moet worden geofferd volgt hieruit dat deze redes niet à bout portant worden afgevuurd maar reeds enige tijd van te voren worden opgesteld, met het gevaar dat de inhoud door tussentijdse gebeurtenissen wordt doorkruist. Dit gevaar neemt ernstige afmetingen aan als in ruim een maand tijds drie oraties over zeer verwante vakgebieden worden uitgesproken. U zult kunnen aanvoelen dat de derde spreker met argusogen toeziet hoe ver zijn voorgangers hun zeisen door het zorgvuldig gecultiveerde gras voor zijn voeten zullen slaan.

De eerste spreker betrok de mensen in zijn beschouwingen en wenste zijn gehoor zelfs toe getroffen te zullen worden door de vruchten van onze technische hogeschoolse appelboom, een wens die veel vriendelijker is dan hij lijkt daar hij naast een enkele buil wel een lang leven moet inhouden.

Ook de tweede spreker bracht de mensen ten tonele en deed zijn toehoorders riskante experimenten op gladde wegen aan de hand met de goede bedoeling hen in het rechte spoor te houden.

Het menu van hedenmiddag is met het oog op de gevarieerdheid der gasten licht gehouden en bevat als hoofdschotel de relaties tussen de mensen en de wereld van het electron.

Wat doet de kok als de gasten genood en het voorgerecht verzuurd en de pasteitjes lichtelijk oudbakken blijken te zijn? Hij vervaardigt uit beschikbare ingrediënten een nieuw voorgerecht en versmeuigt de pasteitjes met de middelen die hem ten dienste staan.

Indien U hedenmiddag sporen van deze handeling zult bemerken dan is dit een bewijs hoezeer de mens bij deze technische hogeschool in het middelpunt van de belangstelling staat.

Nu heeft de uitdrukking „de mens” twee betekenissen, een individuele waarbij men een bepaalde mens op het oog heeft, en een verzamelende, waardoor de mensheid als geheel omvat wordt. Wanneer wij zeggen dat de mens de door hem in de natuur opgedane ervaringen steeds te zijnen nutte heeft trachten aan te wenden dan heeft deze uitspraak, voor zover het de oudheid betreft, vooral betrekking op de mens als individu. Zijn uitvindingen werden voornamelijk rechtstreeks ten eigen gerieve gedaan en hadden zelfs vaak een tegenover zijn medemens onvriendelijk karakter. Denkt men bij het woord „bijl” misschien nog aan huishoudelijke bezigheden, het woord „knots” wekt slechts associaties van geheel andere aard.

Over het nut van zijn prestaties voor de gehele mensheid bekommerde de primitieve mens zich waarschijnlijk niet in het minst. Daartoe ontbrak hem naast het gemeenschapsbewustzijn ook de noodzaak en de mogelijkheid, want de ontwikkeling van zijn vondsten verliep zo traag dat hij alle gevolgen zeker niet kon voorzien. De uitvinder van het wiel kon weinig bevroeden dat door zijn vindingrijkheid thans, wie weet hoeveel eeuwen later, jaarlijks tienduizenden mensen het leven zouden laten bij verkeersongevallen.

In de moderne samenleving wendt de mens zijn kennis nog slechts zelden voor direct privé gebruik aan. Een modekoning ontwerpt zijn baljaponnen niet om er zijn vrouw en dochters mee te tooien en koestert stellig niet het voornemen ze zelf te dragen. Hij verkoopt zijn creaties en maakt daarmee een deel van de mensheid gelukkig. Van de opbrengst koopt hij een auto. Hoe groter het geluk is dat hij verspreidt des te mooier kan de auto zijn. Men zal de plank wel niet ver mis slaan als men aanneemt dat zijn streven meer gericht is op het bezit van de fraaie auto dan op het geluk van zijn medemens, maar het bevat niettemin een positief element.

Het eigenbelang kan echter ook leiden tot handelingen met slechts negatieve aspecten. Het zou niet vriendelijk klinken hiervan een voorbeeld te geven. De bedrijver in klein bestek komt vaak in conflict met de wet. Sommige grote instellingen zijn in 's lands belang gedwongen tot het doen van lijnrecht tegen het heil van de mensen gerichte vindingen en het is geen wonder dat de hierbij betrokken wetenschapsbeoefenaren zich zijn gaan bezinnen op de inhoud van hun werk en dat van hen uitgaande zich een groeiend besef is gaan vormen van de verantwoordelijkheid die de wetenschap voor het geluk en het welzijn van de mensheid draagt.

De vraag of een nieuw product het geluk van het mensdom bevordert kan echter in slechts weinig gevallen zonder voorbehoud in positieve zin beantwoord worden. Het genoemde voorbeeld van het er als vinding zo onschuldig uitziende wiel maant in dezen tot voorzichtigheid. Het wiel heeft naast onnoemelijk veel nut toch ook een onvoorziën bedenkelijke kant getoond. Natuurlijk kan men opmerken dat niet het wiel maar het onjuist gebruik ervan de kwade gevolgen veroorzaakt, maar het onjuist gebruik is een door het bestaan geschapen mogelijkheid. De waarde van een vinding wordt grotendeels door de gevolgen ervan bepaald en juist over de te verwachten consequenties kunnen de oordelen sterk uiteenlopen. Er zijn gebruiksvoorwerpen, zoals de bril, wier bestaan vrijwel iedereen een zegen voor de mensheid zal noemen, maar er zijn andere die volgens sommigen rechtstreeks naar de ondergang van de wereld zullen voeren terwijl anderen ze als een duidelijke stap in de richting van paradijselijke toestanden zien. Ook de electronica staat voor de vraag of haar bestaan voor de mensheid rampzalig dan wel heilzaam zal blijken te zijn. Men kan niet anders zeggen dan dat haar manifestaties op het eerste oog een vrij onschuldige indruk maken, maar spreekt men van de verschrikkingen van de atoombom dan vergete men niet dat het gebruik van dit wapen voor een groot deel mogelijk wordt gemaakt door de electronische navigatie-instrumenten van aanvalsvliegtuigen en geleide projectielen. De productie van deze instrumenten staat ethisch op gelijk niveau met het fabriceren van atoombommen. Kan men beide categorieën nog openlijk vijandige, dus min of meer „eerlijke” wapens noemen, daarnaast openen de electronische communicatiemiddelen de slinkse weg van de vergiftiging van de opinie onder het mom van de heilige. Deze communicatiemiddelen, in het bijzonder die met éénrichtingsverkeer, zijn gevaarlijke machtsmiddelen geworden en het geniepig

element in de electronica schuilt dan ook vooral in de telecommunicatie-sector.

Laten wij de negatieve aspecten verder rusten en wenden wij ons tot de positieve zijde, dan valt moeilijk te ontkennen, dat het gebruik van de eigenschappen van het electron een bijdrage levert tot de veiligheid en het comfort van een toenemend gedeelte van het mensdom. Als men in de woningen de weergavetoestellen voor geluid en beeld, in laboratoria en ziekenhuizen de electronische meetapparatuur, in de bedrijven de geautomatiseerde machines en in schepen en vliegtuigen de electronische navigatie- en communicatie-instrumenten ziet dan kost het moeite zich te realiseren dat de ontwikkeling hiervan zich in slechts een halve eeuw heeft voltrokken en dat het electron, het dingetje dat dit alles mogelijk maakt nog maar weinig langer geleden een onbekende grootheid, beter gezegd een onbekende kleinigheid was.

Hoewel het electron een electriche geaardheid heeft betekent onbekendheid van de mensen met het electron nog niet onbekendheid met electriciteit. Integendeel, men was daar door allerlei verschijnselen - men denke aan de bliksem - reeds zeer lang mee vertrouwd, het onderscheid in twee soorten, positieve en negatieve electriciteit was reeds lang onderkend en de wetmatigheden ervan waren opgemerkt en zelfs nauwkeurig in wiskundige vorm vastgelegd. Daarnaast was ook op ander gebied veel kennis vergaard en het was al geruime tijd geen geheim meer, dat men een willekeurig materiaal niet onbegrensd in steeds kleinere hoeveelheden kan verdelen, zodat voor iedere stof een minimum hoeveelheid bestaat die men een molecule noemt. Van dit standpunt beschouwd was het dus niet zo verrassend dat ook de electriciteit deze eigenschap toont te bezitten en er derhalve een kleinste portie bestaat die niet verder kan worden gesplitst.

Als belangrijke omstandigheid komt in dit verband de gebondenheid van de electriciteit aan de materie naar voren, zodat zo'n kleinste portie electriciteit gewicht heeft, waarbij de negatieve electriciteit verreweg het „lichtst" blijkt te zijn. Deze „lichtste" portie electriciteit heeft de naam electron gekregen. Naast zijn electriche hoedanigheden geeft het bezit van gewicht aan het electron de specifieke eigenschappen van alles wat gewicht heeft, er zijn krachten voor nodig om het van beweging te doen veranderen, het te versnellen of te remmen en zijn electriche karakter stelt ons nu juist in staat de daarvoor benodigde krachten uit te oefenen. In dit opzicht liggen de verhoudingen

zelfs bijzonder gunstig, want electronen zijn uitzonderlijk licht. De hoeveelheid electriciteit van een miljoen donderwolken weegt in de vorm van electronen ongeveer zo veel als één waterdruppel. Het is dan ook met bescheiden middelen mogelijk electronen in zeer korte tijd enorme snelheden te geven of weer af te remmen. Men kan ze in verkeerstermen vergelijken met bromfietsen met het motorvermogen van een slagschip, ideale koeriers als men ze maar de ruimte geeft. Toen dan ook Edison de middelen vond om electronen in het luchtledige te brengen, waar zij ongehinderd door ander stoffen hun capriolen kunnen volvoeren waren de grondslagen voor de electronica gelegd. Zij was daarmee echter nog niet geboren. Haar wieg stond bij Lee de Forest die de verzamelde ideeën in 1907 wist te realiseren in zijn triode die later door andere elementen onder de verzamelnaam electronenbuizen werd gevolgd. Men kwam zelfs tot het inzicht dat electronen ook in samenleving met andere stoffen aantrekkelijke eigenschappen kunnen vertonen mits deze samenleving goed geordend is. De technologen vonden de benodigde geordendheid in kristallen en de transistoren zagen het levenslicht.

Het is voor de electronische ontwerper in eerste aanleg niet van belang welke processen zich in de buizen en transistoren voltrekken maar wel wat het uitwendig resultaat is van de werking van deze elementen. Het meest frappant en daardoor het meest bekend is de mogelijkheid met behulp van deze onderdelen electriche signalen te versterken, beter aansprekend gezegd domme electriche energie in intelligente electriche energie om te zetten.

Men kan namelijk aan alle energie een zekere mate van domheid en intelligentie toekennen. Zo levert een automotor domme energie. Wanneer men er mede volstaat de motor te starten en in verbinding met het voertuig te brengen dan kan men veilig aannemen niet op de plaats te komen waar men wenst te zijn. Er is daartoe ook intelligente energie nodig die het stuurwiel bedient. De bestuurder wordt geacht deze voort te brengen. Bij de moderne automobielen met stuurbevrachting wordt zijn intelligente energie versterkt, dat wil zeggen dat een deel van de domme motorenergie wordt omgezet in hem helpende intelligente energie, waardoor hij zich minder hoeft te vermoeien.

Als men echter aan het stuurwiel draait zonder dat de motor loopt komt men ook niet ver. De domme energie kan niet gemist worden en slechts de juiste samenwerking tussen intelligente en domme energie leidt tot goede resultaten.

Bij elektrische energie kan men een overeenkomstig onderscheid maken. De in een accu vervatte energie is evenzeer als die van de automotor dom te noemen. Het lichtnet wordt voornamelijk als leverancier van domme energie gebruikt.

Toch is de lichtnetenergie niet volslagen dom maar vertoont nog een zekere intelligentie, zij het een zeer enge maar wel nauwkeurige intelligentie. Er kan een klok op lopen die, van de correcte stand uitgaande, over lange duur merkwaardig goed de tijd aanwijst. Aan de andere kant kan een microfoon, mits op de juiste wijze toegesproken, hoogintelligente energie voortbrengen.

Er geldt vrij algemeen dat energie zwakker pleegt te zijn bij hogere graad van intelligentie. Er is dan ook veel meer domme dan intelligente energie in de wereld beschikbaar. De buizen en transistoren maken een toenemen van de beschikbare intelligente energie mogelijk.

Dit houdt niet onvoorwaardelijk een vooruitgang in; want de intelligentie zelf stijgt niet in gehalte en is bovendien niet synoniem met de wijsheid.

De gebondenheid van de electriciteit aan de materie heeft naast de geschetste mogelijkheden nog een tweede consequentie. Zij betekent dat de electriciteit mede onderworpen is aan alle trillingen die in de materie voortdurend optreden. De electriciteit verkeert om zo te zeggen in een permanente staat van onrust waarvan de gevolgen van nature weinig merkbaar zijn, maar die aanleiding geeft tot elektrische signalen, die bij versterking hun invloed kunnen doen gelden en zelfs de beschikbare intelligente energie kunnen overheersen. Deze onrust is een factor waarmede de electronicus gedoemd is steeds rekening te houden.

Het kan, zo zou men zeggen, niet de bedoeling van een gelegenheid als deze zijn dat de spreker zijn gehoor verveelt met technische bijzonderheden van zijn vak. Daarvoor zijn de colleges. U gelieve de voorgaande episode dan ook allerminst te zien als een wetenschappelijk verantwoord exposé maar veeleer als een voorbereiding tot enige juist minder technische beschouwingen over de electronica en haar merkwaardigheden in verband en in vergelijking met andere wetenschappen en met het leven van alledag.

De aangestipte merkwaardigheden komen voor een belangrijk deel voort uit de onvolmaaktheden, waaraan de onderdelen waarmede de electronicus bij het realiseren van zijn projecten te maken krijgt, mank gaan en wel in een mate die de grondstoffen voor de meeste

andere technieken verre te boven gaat. Men kan nu onder volledige negatie van al deze onvolmaaktheden, dus alle onderdelen ideaal veronderstellend, een electronische theorie opbouwen. Deze kan dan zeer fundamenteel zijn maar men hoede zich ervoor ze rechtstreeks toe te passen daar men er in de praktijk even bedrogen mee uitkomt als wanneer men er in het dagelijkse leven van uitgaat dat alle mensen engelen zijn. Hoewel deze basistheorie zich daarenboven slechts langzaam ontwikkelt en nog betrekkelijk mager is moet zij toch belangrijk worden genoemd daar zij de grondslagen legt voor de ruimere "praktische theorie" die, zo goed als nodig of mogelijk is, met de onvolkomenheden van het materiaal rekening houdt en principes en werkwijzen zoekt om de schadelijke gevolgen van deze onvolkomenheden te reduceren of te ondervangen. Men moet over de omvang van deze laatste niet gering denken. Wanneer men van een bepaald element een vrij volledige lijst van zijn ondeugden opmaakt en deze kritisch beschouwt dan moet men er zich soms wel over verbazen dat zo'n element nog enige bruikbaarheid toont en nog veel verbazingwekkender is het dat met een soms zeer uitgebreide verzameling van dergelijke elementen de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid realiseerbaar zijn die men in de huidige electronische apparatuur kan aantreffen.

De ontwerper bereikt deze hoge kwaliteit van zijn product door in een adequate configuratie zijn elementen met grote zorgvuldigheid zodanig te plaatsen dat hun gunstige eigenschappen zo goed mogelijk tot hun recht komen en de genoemde slechte hoedanigheden ófwel een ondergeschikte rol spelen ófwel door de goede van andere elementen worden gecompenseerd of gecorrigeerd. Voor sommige functies is het daarbij noodzakelijk hoogwaardige elementen te gebruiken terwijl elders met minder kan worden volstaan. Uiterst belangrijk in een goed ontwerp is dat geen enkel onderdeel overbelast wordt. Bovendien kan een slechts geringe fout de werking van het geheel volledig verstoren.

Toch komt de eer voor de behaalde resultaten slechts ten dele aan de ontwikkeling van fundamentele principes in de „praktische" theorie toe. Ook deze laatste vordert namelijk slechts langzaam. Het moet tot schande van de electronici worden gezegd dat zij in stede van de hand in eigen boezem te steken hun moeilijkheden voor een groot deel hebben afgewenteld op de rug van de technologen die voor de vervaardiging van de onderdelen verantwoordelijk zijn. De grote vlucht van de goede electronische toepassingen is voor een belangrijk deel mede aan hèn te danken.

Mogelijk is het U opgevallen dat de laatste passages met geringe wijzigingen in de tekst op mensen betrekking zouden kunnen hebben. De beschouwing van een volledige lijst van de ondeugden van een willekeurig persoon zal al gauw het gevoel wekken dat het hier een onmogelijk individu betreft. Een enkele maal terecht, maar in de meeste gevallen blijkt het slachtoffer een zeer redelijk mens te zijn, vaak met onvermoede kwaliteiten. Ons electronisch voorbeeld wekt de verwachting dat met een veelheid van dergelijke mensen in de juiste configuratie een perfect werkend mechanisme moet kunnen worden verkregen, waarin niemand overbelast behoeft te zijn. Er zijn voorbeelden in het maatschappelijke leven die deze verwachting bevestigen. Daarentegen zijn er ook voorbeelden waar een geheel niet naar behoren of zelfs slecht functioneert. Onze analogie gaat nog veel verder. Zelfs uitgesproken slecht functioneren kan het gevolg zijn van een op zichzelf geringe fout en kan door eenvoudige wijzigingen omslaan in een uitstekende werking. Er kunnen ook grotere, moeilijker te corrigeren fouten zijn en de meest funeste situatie is die, waarbij het ontwerp niet deugt. Er is geen minder bevredigende werkzaamheid voor een electronicus denkbaar dan een verkeerd ontworpen instrument "op te lappen". Tenslotte wordt in het dagelijkse leven ook de analoge weg bewandeld die de electronici namen. De verbetering moet van de technologen komen, vertaald: het onderwijs moet meer en „betere” mensen leveren. Wij komen hier nog nader op terug.

Vervolgen wij liever eerst nog even de ontwikkeling van de electronica, niet zozeer om haar levensloop dan wel om nog enkele van haar aspecten nader te leren kennen. Wij zien haar dan reeds in de kinderschoenen, dat wil zeggen in de twintiger jaren, twee begerenswaardige eigenschappen bezitten: gevoeligheid en snelheid, wel niet de gevoeligheid en zeker niet de snelheid de haar thans kenmerken maar zij waren precies wat men nodig had voor het over grote afstand draadloos overbrengen en waarneembaar maken van signalen.

De radio deed zijn intrede. Zij was vooral voor de scheepvaart en de luchtvaart van groot belang, maar voor het publiek was zij aanvankelijk een spectaculair vermaak en niemand in die tijd zal hebben voorspeld dat zij later regeringen zou doen vallen. Wel bleek spoedig, dat zij door het binnen vrijwel ieders bereik brengen van goede muziek en waardevolle informatie culturele kwaliteiten bezit en zij kwam tot grote bloei, begeleid door het radio-amateurisme.

Uit deze periode stammen twee misvattingen. De eerste is de vaak gehoorde stelling, dat de radio een stimulerende invloed op de electronische ontwikkeling zou hebben gehad. Tot op zekere hoogte, langs indirecte weg namelijk, schuilt hier een element van waarheid in. De voor de radio benodigde massaproductie van onderdelen maakte deze gemakkelijk en tegen betrekkelijk lage prijs verkrijgbaar. Afgezien van deze factor echter komt men eerder tot de conclusie dat althans in ons land de radio op vele activiteiten verdragend heeft gewerkt en nog werkt, onder andere in het lager technisch onderwijs, dat nog voor een deel op de radiotechniek ingesteld is. Deze bestrijkt slechts een klein gebied in het electronisch veld en er wordt nog steeds veel tijd verspild aan het studeren op bijzonderheden die in groot verband van weinig belang zijn en op dit niveau van onderwijs nauwelijks het inzicht bevorderen.

Een tweede misvatting, waartoe vooral het radio-amateurisme aanleiding heeft gegeven bestaat hierin, dat de electronica een bezigheid zou zijn die door iedereen met een klein beetje verstand van zaken met goed gevolg zou kunnen worden bedreven. Een overeenkomstige opvatting in het dagelijkse leven is deze, dat pianospelen veel gemakkelijker is dan vioolspelen, want na een half jaar les speelt Pietje al zo aardig piano terwijl Jantje op de viool niet aan te horen is. Men verwacht twee zaken. Uit de aangevoerde argumentatie moet men niet de gevolgtrekking maken dat Pietjes vorderingen beter zijn dan die van Jantje. Ze klinken alleen in de oren van een leek beter. Men kan Chopin niet met zóveel wanklanken vermoorden als Paganini. Deze uitlating is niet bedoeld om naar voren te brengen dat de goede electronici zulke knappe jongens zijn, maar U zult zien dat de gewraakte opvatting ook al weer leidt tot verspilling van tijd en energie. We gaan nog even verder en moeten dan nog één belangrijke mijlpaal in de electronische ontwikkeling memoreren. Deze is niet, zoals U wellicht verwacht de uitvinding van de transistor, maar de ontdekking van het principe van de tegenkoppeling door Black. Het bestaat hierin, dat men van een versterkt signaal een deel aan het oorspronkelijke signaal toevoegt en opnieuw het proces laat doorlopen. Deze simpele verrichting opent een zodanige rijkdom aan perspectieven, dat zij heden ten dage nog niet volledig overzien zijn en ver over de electronische grenzen heenreiken. Hoewel veel en veel minder spectaculair dan de uitvinding van de transistor is Black's vondst fundamenteel gezien veel belangrijker. De transistor heeft wel in technisch opzicht een ware revolutie veroorzaakt, maar voegde aan de electroni-

ca niet of nauwelijks iets wezenlijks toe; de tegenkoppeling schonk haar echter, althans in eerste aanleg, de enige belangrijke eigenschap die haar nog ontbrak, de nauwkeurigheid. Men behoefde geen profeet te zijn om na kennis te hebben genomen van de eerste consequenties van Black's ontdekking te kunnen voorspellen dat het belang van de electronica voor wetenschappelijke en technische doeleinden dat van het amusement verre zou overtreffen en op den duur zelfs in economisch opzicht zou overvleugelen. Er zijn kleine firma's die dit tijdig hebben onderkend en thans op dit gebied een wereldnaam hebben verworven.

Door de nauwkeurigheid werd een nieuwe fase ingeleid waarin zeer veel toepassingen het licht zagen. Slechts een ervan is voor onze beschouwingen van belang, namelijk wat niet-taalzuiveraars nog steeds een analoge rekenmachine of simulator noemen. Deze is veel meer dan de elektrische rekenlineaal die ondeskundigen er soms in zien. Men kan er processen die zich op totaal andere gebieden afspelen, elektrisch mee imiteren of simuleren. Het nut hiervan zit in de factor snelheid en in het gemak waarmee men de omstandigheden kan variëren. Men kan zo in korte tijd de uitslag leren kennen van processen die in de werkelijkheid zeer langzaam verlopen.

Wij hebben thans voldoende verven op ons palet verzameld om een electronisch beeld van de maatschappij te kunnen schilderen, als ieder schilderij onvolledig en subjectief. Wij hebben de onrust, de domme en intelligente energie, de onvolkomenheid van de elementen en de terugwerking gesignaleerd, die ook duidelijk in de natuur en in de samenleving voorkomen. Ook de versterkende elementen zijn er aanwezig in de vorm van groei, groei van individuen, verenigingen, ondernemingen, staten, maar ook in andere vormen als verspreiding van kennis of informatie en propaganda. Er moeten zich wel processen in het leven afspelen die overeenkomst vertonen met die, waarmee de electronicus te maken krijgt. Door zijn vertrouwdheid met de verschijnselen van zijn vak zal hij het mechanisme van deze processen doorzien en de factoren kunnen aangeven die er een rol bij spelen.

Een van de gevolgen van terugkoppeling kan een activering van het versterkend mechanisme zijn, zich uitend in een verhoogde graad van versterking. U herinnert zich de permanente staat van onrust van de electriciteit, die normaal onmerkbaar is. Maar bij verhoogde versterking gaat zij zich manifesteren en kan bij voldoende versterking-

graad zelfs tot heftige verschijnselen aanleiding geven, die nog weer allerlei vormen kunnen aannemen. De overal in de natuur en de maatschappij voorhanden onrust - onrust in ruimere zin opgevat - is op zichzelf van weinig belang, maar bij versterkende factoren en een geringe terugwerking kan het aspect totaal veranderen.

Eerst een paar detailvoorbeelden.

Het klassieke is dat van de haaien en de roggen. Het verhaal luidt, dat haaien zich voornamelijk met roggen voeden. Worden er evenveel roggetjes geboren als de haaien aan roggen opeten, dan is de toestand in evenwicht. Maar stel dat het geboortecijfer van de roggen iets daalt. Er ontstaat een steeds nijpender tekort aan roggen, en door voedselschaarste treedt een hoge sterfte onder de haaien op. Op een paar kleine na sterven ze uit. De levenskans voor de roggen stijgt, ze vermeerderen zich sterk en er komen veel roggen. De haaien vinden nu een overvloed van voedsel, groeien en nemen weer zo snel in aantal toe, dat ze de roggenstand snel verminderen. Door voedselgebrek sterven nu de haaien weer bijna uit en dit proces herhaalt zich periodiek. Op ongeveer gelijke wijze verloopt de redenering voor economische crises. Het electronisch analogon is de multivibrator.

Een modern toeristisch voorbeeld. Iemand ontdekt dat het doorbrengen van de vakantie aan de Riviera aangenaam en goedkoop is en maakt bij zijn terugkeer propaganda voor dit oord in toeristische bladen. De komende jaren drommen meer en meer vakantiegegers naar de Riviera, de accommodatie wordt er schaarser en de prijzen stijgen. Een ondernemende toerist zoekt zijn heil aan de Costa Brava. Hij ontdekt dat het er ook heel aangenaam en nog steeds goedkoop is en plaatst bij zijn terugkeer een stukje hierover in de toeristische bladen. De volgende jaren verplaatst zich de toeristenstroom naar de Costa Brava en de prijzen stijgen ook hier. Nu probeert iemand het in Joegoslavië. Hij ontdekt dat het ook in Joegoslavië aangenaam toeven is en dat de prijzen er nog laag zijn. Mijn verhaal wordt eentonig, zeer geachte toehoorders. U voelt hoe het verder gaat. Er volgen achtereenvolgens nog enige vakantieoord. Inmiddels klagen de hoteliers aan de Riviera steen en been en verlagen hun prijzen om toeristen te trekken. Als ontdekt wordt dat het er weer rustig en goedkoop is, begint het spel van voren af aan. De deskundigen onder U zullen het mechanisme van de ringteller en de decimale telbuis herkennen.

Psychologisch-fysiologische voorbeelden zijn er vele. Een ervan is het blozen. Iemand voelt zich verlegen en er stijgt meer bloed naar

zijn hoofd. Het gevoel een kleur te krijgen versterkt zijn verlegenheid en er stijgt nog meer bloed naar zijn hoofd. Dit gaat door tot de aderen in zijn hoofd niet meer bloed kunnen bevatten. Er wordt een natuurlijke grens bereikt, die vrij onschuldig is. Ernstiger wordt het bij iemand die zich boos maakt, zorgen heeft of voortdurend ergernis ondervindt. Het proces zelf verloopt evenzo, maar er hoeft geen onschuldige begrenzing te zijn. Het kan oplopen tot razernij of overspannenheid. Electronisch gezien zijn dit alle aanlopende oscillatoren. En nu de maatschappij in haar geheel.

Onze voorouders in de oertijd voelden slechts geringe behoeften. Zij waren reeds blij als zij zich konden beschutten tegen de invloeden van het weer en zich het benodigde voedsel konden verschaffen. Met deze bezigheden was hun tijd zozeer in beslag genomen dat hun weinig restte om over andere wensen na te denken en deze waren dan nog in de eerste plaats zich beter te beschutten en op effectiever wijze het voedsel te bemachtigen. Maar door hun kennis te vermeerderen en op het nageslacht over te dragen konden zij in de primaire levensbehoeften beter en gemakkelijker voorzien. Hiervoor waren werktuigen nodig en men kreeg behoefte aan werktuigen. Het leven werd geregelder en daardoor minder emotioneel en men voelde behoefte aan verstrooiing. Men begon te spelen en hiervoor waren werktuigen nodig. U ziet hoe het bevredigen van een behoefte nieuwe behoeften schept en herkent het proces van de aanlopende oscillator. Onze maatschappelijke oscillator loopt nog steeds aan. Als U een voorbeeld wilt: Een electronisch ontwerper werkt op een fabriek in zijn omgeving. Hij fietst van huis naar de fabriek en vice versa. Voor zover hij in zijn vrije tijd niet aan zijn werk denkt wijdt hij zich aan zijn gezin en zijn liefhebberijen. Op zekere dag krijgt hij een aanbieding van een verder gelegen fabriek met hoger salaris en hij aanvaardt deze. Hij fietst nu langer en heeft minder tijd voor zijn gezin en zijn liefhebberijen. Het late thuiskomen en de lange fietstocht beginnen hem te vervelen en hij denkt over een auto. Als versterkende factor treedt op dat zijn buurman al enige tijd per auto naar zijn werk gaat, en de auto komt er. Hij blijkt al gauw meer te kosten dan begroot is; want de kinderen die er nooit naar getaald hebben tonen nu een grote liefde voor autorijden en men trekt in de weekeinden naar buiten. Het bezit van de auto soupeert zijn hele salarisverhoging op en zelfs meer en derhalve besluit hij 's avonds wat extra werk aan te nemen. Vanwege zijn vermoeienissen heeft hij behoefte aan een betere vakantiebesteding en denkt deze in Italië te vinden. Versterkingsfactor: ook zijn collega

gaat naar Italië. Het reisje slokt een groot deel van zijn bijverdiensten op. Daar velen evenzo reageren moeten de wegen verbreed en uitgebreid worden en de belastingen verhoogd. Het proces tekent zich voor U af.

Dat in dit voorbeeld een van de vele elektronische ontwerpers als acteur werd gekozen is niet om U te suggereren dat juist deze lieden voor de verbreding der wegen of de hoge belastingen verantwoordelijk zouden zijn. Onze man kan in zijn eigen geval het proces herkennen en misschien stopzetten. Maar wij zullen hem in zijn werktijd gadeslaan. Als hij komt ziet hij door het raam de tuinman het rozenperk bijharken. Wil het werk door zijn oververmoeidheid of zorgen niet vlotten dan kijkt hij uit het raam en ziet de tuinman het rozenperk bijharken. Bij zijn naar huis gaan ziet hij de tuinman nog steeds het rozenperk bijharken en hij verbaast zich dat men kan bestaan van het bijharken van het rozenperk. Had de tuinman naar binnen gekeken dan zou hij zich misschien verbaasd hebben dat men van het tekenen van streepjes en slangetjes kan bestaan. Maar de tuinman kijkt niet naar binnen. Hij harkt het rozenperk bij en geniet onderwijl van de fraaie vorm en de heerlijke kleuren en geuren van de bloemen. Zijn huisje staat op de hoek van het terrein en hij denkt niet aan een auto, misschien aan het wonder van de natuur en waarschijnlijk aan zijn avondmaaltijd, die ook voor hem klaar zal staan. De wereld zal door hem niet oscilleren.

Wij hoeven niet te beslissen wie gelukkiger en wat beter is. De maatschappij zal verder trillen en er zal moeten blijken of het eindigt met blozen, razernij of overspannenheid.

Ons huidig technisch kunnen zou ons ongetwijfeld in staat stellen met een minieme inspanning de materiële behoeften, zoals de primitieve mens die had, te bevredigen en mogelijk zelfs met wat meer moeite de gehele wereld een goede welvaart te verschaffen. Dat deze niet of slechts langzaam wordt verwezenlijkt ligt voor een deel aan de organisatie en aan de driften van de menselijke natuur. Er is te kort op sommige plaatsen en verspilling op andere. De westerse economie gaat gepaard met en is zelfs ten dele gebaseerd op verspilling. Verspilling van materiaal, van energie, van intellect. Nu kan men zich verspilling veroorloven van datgene wat in overvloed beschikbaar is. Het specifieke intellect dat voor het in stand houden en uitbreiden van wetenschap en techniek vereist wordt is niet in overvloed aanwezig. Het onderwijs wordt geacht in het tekort te voorzien, op hoger niveau in

het bijzonder het hoger onderwijs. Het onderwijs kan echter wel de intelligente energie versterken, maar niet de beschikbare intelligentie vergroten. De technische hogescholen schieten als paddestoelen uit de grond maar al zou dit doorgaan tot er in ons land meer technische hogescholen dan paddestoelen waren, dan zou het arsenaal van technische intelligentie niet rijker worden. Er is een beschikbaar kwantum dat nog niet uitgeput is, maar het zeker zal worden en men zal zich op beperking van de verspilling van technische intelligentie moeten bezinnen. Dat deze op grote schaal aanwezig is kan men opmaken uit het aantal dergenen die zich met andere werkzaamheden bezighouden dan waarvoor zij opgeleid zijn. Het komt voor dat zij deze door aanleg of verworven kennis bijzonder goed verrichten maar vaak is het resultaat averechts, zoals in de volgende vormen:

Een van de bezigheden die een sterke aantrekkingskracht op anders opgeleiden hebben is de electronica. Velen hebben haar als bijvak beoefend omdat zij met electronische apparatuur te maken zullen krijgen, niet om ze zelf te produceren. Toch wagen zij zich met veel enthousiasme aan ingewikkelde ontwerpen en zijn dan als de kok die in het restaurant de pianist vervangt. Met intens genoeg vermoordt hij Chopin terwijl de gasten hongeren. Mochten er restaurateurs in de zaal zijn: laat hen een pianist nemen om de muziek te verzorgen.

Een ander veelvoorkomend geval is dat van de expert in zijn vak, stel een instrumentmaker, die tegen zijn salarisplafond loopt. Hij is zo goed dat men hem hoger moet honoreren, maar de schaal laat dit niet toe. Hij krijgt een organisatorische functie en deelt nu werk uit en tekent bonnen. Zijn plaats wordt door een slechter instrumentmaker ingenomen. In elektrische termen: een concertluidspreker is aangesloten op een grammfoonversterker, maar kan veel meer energie verwerken. Hij wordt daarom vervangen door een klein luidsprekertje en men gebruikt hem nu verder als zoemer voor de huisbel.

In het laatste voorbeeld wordt het nog eens erger: er is een instelling die producten van velerlei aard voortbrengt. Deze is dus ook weer te vergelijken met een luidspreker. Als leidinggevend persoon kiest men iemand die met veel energie aan het tot stand komen van een van deze producten heeft meegewerkt. Het kan een goede keus zijn, maar 's mans energie kan ook de eenzijdigheid hebben van het lichtnet. Wat dan op den duur het gevolg zal zijn kan de electrotechnicus in korte tijd experimenteel bepalen. Hij hoeft slechts de luidspreker op het lichtnet aan te sluiten.

De wonderlijkste vorm van verspilling van intellect is die aan „eer” en „status”. Hier past geen electrisch analogon doch slechts de wijsheid van de oud-Perzische wiskundige en dichter Omar Chayyam. Om met zijn woorden te spreken:

„Ik begrijp de wijnverkopers niet, want wat kunnen zij kopen dat beter is dan wat zij verkopen”. In nuchtere taal: „welke eer is waard gekocht te worden met de eer een eerlijk en welke status met die van een goed mens te zijn?”

Dames en Heren,

Het is geen wonder dat juist onder hen, die deze wijsheid tot de hunne hebben gemaakt, zich degenen bevinden tot wie ik mij aan het slot van deze beschouwingen in het kort wil richten.

Aan Hare Majesteit de Koningin betuig ik mijn dank voor Haar besluit mij te benoemen tot hoogleraar aan deze Technische Hogeschool.

Naar U, Heren Curatoren, gaat mijn erkentelijkheid uit voor het vertrouwen dat uit Uw voordracht tot deze benoeming spreekt. Ik hoop dat het mij gegeven moge zijn aan de ermede verbonden verwachtingen te voldoen.

Heren leden van de Senaat,

Wat mij naast de hartelijkheid waarmede U mij in Uw midden hebt opgenomen het meest getroffen heeft is Uw vermogen de luchtigheid van de geest te combineren met de bloei van Saguntum. Ik ben mij bewust dat het een zware taak zal zijn hierin naar evenredelijkheid bij te dragen.

Heren Hoogleraren van de afdeling der Elektrotechniek,

Het besluit mij bij U aan te sluiten is sterk beïnvloed door de renommé van eensgezindheid die gij reeds thans verworven hebt. Ik moge volstaan met vast te stellen dat de werkelijkheid de faam overtreft. Met U samen te werken kan niet anders dan een groot genoeg zijn.

Hooggeleerde Groendijk,

Wij vormen een electronische Siamese tweeling, een dubbeltriode met gemeenschappelijke kathode. Ik zou ernstig te kort schieten indien de fraaie oplossingen die dit element mogelijk maakt in deze rede niet gememoreerd zouden worden, en hoop dat onze samenwerking, waarop ik mij zeer verheug, overeenkomstig goede vruchten moge afwerpen. Daarbij is het een grote steun naast mijn tussen intuïtie, ironie en sentiment slingerende geest Uw gedegen kennis en nuchter oordeel aanwezig te weten.

Dames en Heren leden van de Utrechtse Universitaire Gemeenschap,

Het is steeds weer een genoeg de sfeer te proeven, die, hoewel aangepast aan de tijd, mij herinnert aan de periode in mijn jeugd dat ik met U verbonden was.

Gedragen door Uw zinspreuk kan het niet anders dan een goede sfeer zijn. Wat kan men beter wensen dan dat zij zich moge handhaven?

Hooggeleerde Halbertsma,

Waar mij zulks nog niet eerder mogelijk was wil ik graag van deze gelegenheid gebruik maken mijn bewondering uit te spreken voor Uw inzicht in het belang van de electronica voor wetenschappelijke doeleinden en de edelmoedigheid waarmee U voor deze jonge wetenschap Uw leerstoel ter beschikking hebt gesteld. Het is, om in Uw taal te spreken, een lichtend voorbeeld, waarvoor ik U hierbij dank zeg.

Dames en Heren medewerkers aan het Philips' Natuurkundig Laboratorium,

Wanneer men meer dan de helft van zijn leven aan een laboratorium verbonden is geweest, mag men zich wel tot de oude generatie rekenen. In deze hoedanigheid mis ik dan echter de in de literatuur als karakteristiek voor derzelve leden beschouwde mening dat de oude generatie het zo goed gedaan heeft en de jonge er wel niets van terecht zal brengen. Ik stel, integendeel, alle vertrouwen in de jonge generaties en zie hun toekomst niet somber in. Het verheugt me, nog ge-

regeld contact te hebben met hen, van wie ik zoveel vriendschap en medewerking heb ondervonden.

Zeergeleerde Klein,

Wij zijn zozeer vergroeid dat tussen ons weinig woorden nodig zijn. De jaren van onze samenwerking behoren tot de gelukkigste uit mijn loopbaan. Ik hoop dat deze samenwerking zich nog lang mag voortzetten en dat daarbij gelegenheid zal zijn nog even de laatste hand te leggen aan ons bewijs van de stelling van Fermat.

Dames en Heren leden van de onderscheidelijke staven van deze hogeschool,

Een ieder die als nieuweling in Uw midden komt te verkeren moet wel de grote bereidheid opvallen waarmede U het Uw medemensen naar de zin tracht te maken. Dit is de geest die naar een betere wereld leidt en ik prijs mij gelukkig in een dergelijke sfeer te leven.

Mejuffrouw en Heren leden van de groep Elektronica,

Men doet er goed aan, wanneer men een nieuw huis betreft, zich voor te bereiden op het aan de dag treden van mankementen, tenzij de naam van de architect hiertegen borg staat. Ik heb mijn voorganger, professor Knol, lang en goed genoeg gekend om te verwachten dat ik in zijn bouwwerk niet veel inconveniënten zou aantreffen. De ervaring over toch al geruime tijd heeft deze verwachting slechts bevestigd. Ik heb de wijze waarop U mij ontvangen hebt hogelijk gewaardeerd en U zult mij al wel voldoende kennen om te weten dat het gemeend is als ik zeg Uw deskundige en menselijke kwaliteiten zo hoog aan te slaan dat ik mij geen betere medewerkers kan wensen.

Dames en Heren studenten,

Het is niet alleen op grond van de traditie dat ik mij het laatst tot U richt. Er loopt door mijn verhaal een historische draad, die begint in

het verleden en niet eindigt, maar verdwijnt in de toekomst. Aan U is die toekomst.

U bent thans als de microfoons, die, mits op de juiste wijze toegeproken, hoogintelligente energie kunnen voortbrengen. Ik zal mijn best doen U op de juiste wijze toe te spreken, maar hoop dat U de vergelijking mank zult doen gaan door energie van hogere intelligentie voort te brengen dan U hebt ontvangen.

Er bestaat een oud Chinees spreekwoord. Het luidt ongeveer: „Zo gij een dag gelukkig wilt zijn, bedrink U. Zo gij een maand gelukkig wilt zijn, treedt in het huwelijk. Maar wilt gij Uw gehele leven gelukkig zijn, wordt tuinman”. Het eerste raad ik U af. In het tweede zal ik U maar vrijlaten. En wat het derde betreft: wij kunnen niet allen tuinlui zijn. Uw aanwezigheid aan deze hogeschool beduidt dat U zich in een technische richting wilt begeven. Ik beveel U aan dan toch in Uw werk als een tuinman te zijn met liefde voor de schoonheid van de voortbrengselen Uwer wetenschap en eerbied voor de wonderen der natuur. Dan zult U ook in de techniek gelukkig zijn, en, naar ik hoop, tot heil der mensheid.

Ik heb gezegd.