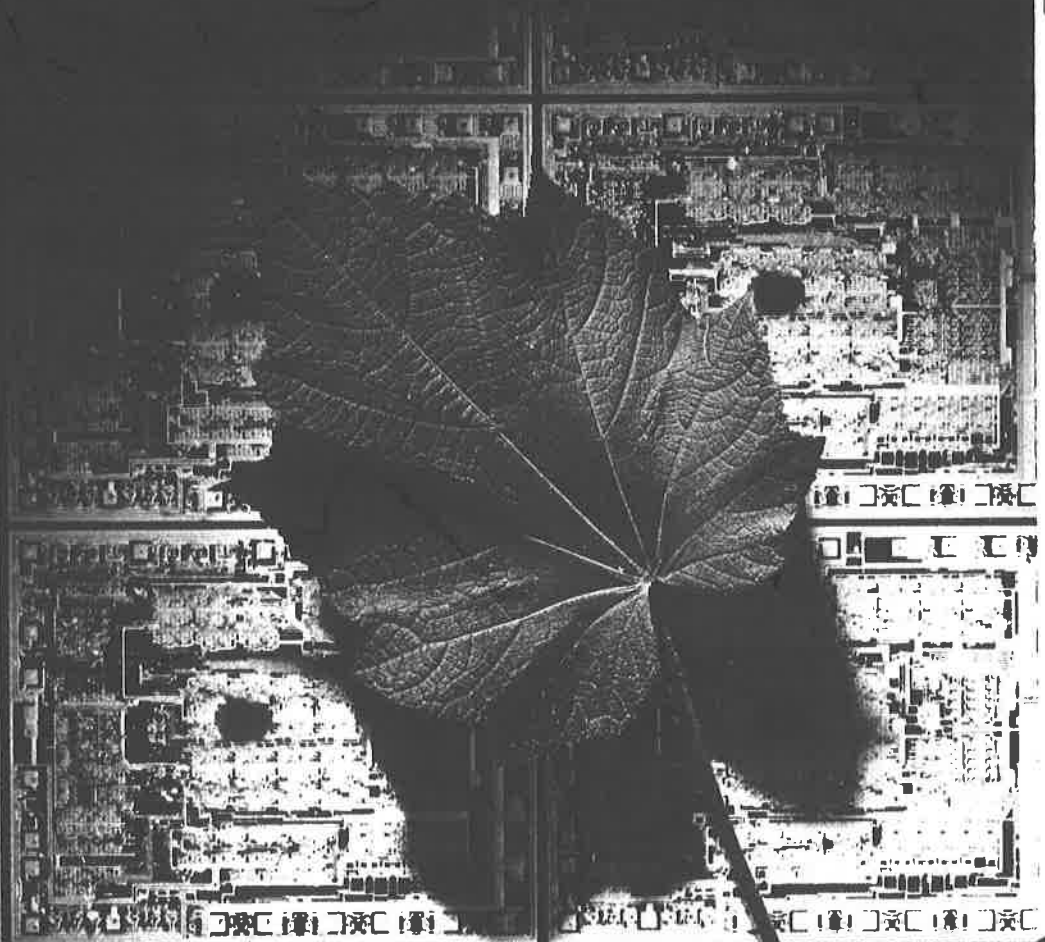


rapport van de adviesgroep

micro-elektronica



INHOUDSOPGAVE

blz.	hoofdstuk	aantal tabellen	aantal figuren	titel
				Inhoudsopgave
5				Aanbiedingsbrief
7	Hoofdstuk 1			Uitgangspunten en algemene gedachtengang
13	Hoofdstuk 2		8	Micro-elektronica
38	Hoofdstuk 3	14	1	Mogelijke gevolgen voor de Nederlandse economie
65	Hoofdstuk 4			Sociale en culturele invloeden van micro-elektronica
81	Hoofdstuk 5			Onderwijs
84	Hoofdstuk 6			Beleid
92	Hoofdstuk 7			Aanbevelingen
95	Bijlage 1			Namenlijst van de leden van de Adviesgroep en medewerkers
96	Bijlage 2		3	Begrippenlijst micro-elektronica
117	Bijlage 3	4		Macro-economische gevolgen (CPB)
126	Bijlage 4			Lijst van toepassingen van micro- elektronica

In deze uitgave zijn ten opzichte van de oorspronkelijke tekst van het rapport enkele correcties aangebracht. Deze hebben met intussen beschikbaar gekomen statistische gegevens (tabel 3.10) van doen en beïnvloeden de eerder getrokken conclusies niet. Ook zijn illustraties toegevoegd.

AANBIEDINGSBRIEF VAN DE VOORZITTER AAN DE MINISTER VOOR WETENSCHAPSBELEID

's-Gravenhage, 5 november 1979

Aan de Minister voor Wetenschapsbeleid

Hierbij biedt de Adviesgroep voor de maatschappelijke gevolgen van de Micro-Electronica u haar rapport aan.

De groep is dertien keer bijeengewees, in grotendeels meerdaagse vergaderingen. Zij heeft kennis genomen van de belangrijkste publikaties uit de omvangrijke internationale literatuur over micro-elektronica. Door verschillende leden van de groep werden congressen en laboratoria in binnen- en buitenland bezocht. Met vele deskundigen en vertegenwoordigers van maatschappelijke groeperingen in Nederland en elders werd van gedachten gewisseld. Ter bepaling van het standpunt van de groep zijn op haar verzoek een aantal pre-adviezen uitgebracht. Zij zijn van grote waarde geweest. Van verschillende kanten is ongevraagd studiemateriaal aangedragen. Voorts zij vermeld dat, in opdracht van de groep en in samenwerking daarmee, door het Engelse Adviesbureau General Technology Systems Ltd. (GTS) studies zijn uitgevoerd, waarvan een deel eerder dit jaar is verschenen.

Uit het rapport blijkt dat de ter beschikking gekomen gegevens de groep in haar mening hebben gesterkt dat de verdere ontwikkeling van de micro-elektronica op het Nederlandse economische en maatschappelijke bestel grote invloed zal uitoefenen. Over het tempo waarin zich veranderingen in de samenleving zullen voltrekken, is het moeilijk uitspraken te doen. Dege-nen die veranderingen op korte termijn verwachten – hiertoe behoren enkele leden der Adviesgroep – spreken van een revolutionaire ontwikkeling. Toch meent de groep zich voorzichtig te moeten opstellen. Zoals te verwachten was, is het niet mogelijk geweest het geheel van mogelijke toepassingen te overzien en de kansen op verwerkelijking daarvan te bepalen.

In het advies wordt de technologie van de micro-elektronica slechts in grote lijnen geschetst, terwijl economische ontwikkelingen en de werkgelegenheid summier worden behandeld. Ook de sociale gevolgen worden slechts op enkele punten aan een nadere beschouwing onderworpen.

De Adviesgroep is tot de conclusie gekomen dat voor Nederland bestaande opties moeten worden opgehouden. De uit de micro-elektronica voortkomende techniek vraagt echter om zorgvuldige bewaking. Het advies en de voorstellen daarin gedaan, worden door deze overtuiging gedragen.

De Adviesgroep heeft meer tijd nodig gehad dan de zes maanden die haar aanvankelijk waren toegemeten. Mede hierom verzoekt zij haar rapport zo spoedig mogelijk te publiceren en in ieder geval nog voordat de Regering haar standpunt ten opzichte van het rapport heeft bepaald. De groep acht het namelijk van bijzonder belang dat haar advies over deze belangrijke materie uitgangspunt kan vormen voor een discussie in brede kring.

De voorzitter,

G. W. Rathenau

Hoofdstuk 1. Uitgangspunten en algemene gedachtengang

1.1. ALGEMEEN

Iedere afweging van het belang voor de samenleving van nieuwe wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen als die van de micro-elektronica, impliceert in laatste instantie een waarde-oordeel en zal daardoor een politiek karakter dragen.

De Adviesgroep is zich hiervan bewust en heeft daarom gemeend dat het noodzakelijk is haar advies te openen met een korte uiteenzetting van de uitgangspunten die bij haar beraadslagingen een rol hebben gespeeld en die ook ten grondslag liggen aan haar uiteindelijke advies.

Deze uitgangspunten zijn van tweeeërlei aard. Een aantal berust op inzichten en opvattingen waarvan de Adviesgroep meent te mogen aannemen dat zij algemeen in de Nederlandse samenleving worden aanvaard. Een aantal andere vloeit voort uit enige speciale kenmerken van de positie van Nederland in Europa.

De inzichten en opvattingen, waarop zojuist werd gedoeld, betreffen allereerst de identiteit van Nederland in de internationale volkerengemeenschap. De Adviesgroep is ervan uitgegaan dat het beleid van iedere regering, hoe ook samengesteld, gericht zal zijn enerzijds op het voortbestaan van een Nederlandse samenleving, anderzijds op het bevorderen van internationale samenwerking en in het algemeen op het behoud van de vrede of op het tot stand brengen daarvan.

.Binnen de Nederlandse samenleving zal, naar de Adviesgroep heeft aangenomen, het beleid van de overheid blijvend erop gericht zijn om:

1. een evenwichtige rechtsorde na te streven en waar deze bestaat te handhaven;
2. de sociale mobiliteit te bevorderen;
3. discriminatie van individuele burgers en van bevolkingsgroepen tegen te gaan;
4. de democratische staatsvorm te handhaven.

Daarnaast zal ieder overheidsbeleid ernaar streven om:

1. het Nederlandse milieu tegen aantasting te behoeden;
2. de gezondheidszorg voor allen op een hoog niveau te brengen, c.q. te handhaven;
3. de individuele burger van een adequate huisvesting te verzekeren;
4. in het algemeen de leden der Nederlandse samenleving die omstandigheden te bieden waarop een ieder naar huidig inzicht recht kan doen gelden.

Hieronder dient eveneens begrepen te worden een verbetering van de geestelijke levensomstandigheden van het individu door:

1. verhoging van de kwaliteit van het onderwijs in alle geledingen;
2. het verruimen van mogelijkheden om aan culturele behoeften van uiteenlopende aard te voldoen;
3. de vermeerdering van kennis en inzicht;
4. in het algemeen aan allen de kans te bieden tot geestelijke ontplooiing naar de mate van ieders mogelijkheden.

Voorts heeft de Adviesgroep verondersteld dat de Nederlandse overheid steeds zal streven naar een hoge graad van werkgelegenheid, naar een zekere weloverwogen selectieve economische groei, waardoor verhoging van het levenspeil mogelijk blijft en naar een evenwichtige betalingsbalans.

Wat de positie aangaat van Nederland in Europa en ruimer in de gehele geïndustrialiseerde wereld, een belangrijk gegeven in dit verband is de aanwezigheid in Nederland van goed ontwikkeld wetenschappelijk en technisch onderwijs dat de basis kan bieden voor de uitbreiding van de wetenschappelijke kennis van de micro-elektronica en voor het stimuleren van creatief toepassen van de verkregen inzichten op dit terrein in de Nederlandse kleine en middelgrote bedrijven. In de tweede plaats is de micro-elektronische technologie weinig belastend voor het milieu, legt slechts een gering beslag op energie en kent geen wezenlijk grondstoffenprobleem, waardoor Nederland als dichtbevolkt, hoogontwikkeld en grondstoffenarm land bij uitstek geschikt is als plaats van vestiging van wetenschappelijke en industriële activiteiten op micro-elektronisch terrein. Dit nog afgezien van het gunstige effect dat toepassing van micro-elektronica kan hebben, zowel met het oog op het energie- en grondstoffenverbruik als op de belasting van het milieu door andere vormen van technologie. Ten derde beschouwt de Adviesgroep als een belangrijk feit dat Nederland een van de weinige landen in Europa is waar een concern gevestigd is dat internationaal een leidende positie heeft op het gebied van de micro-elektronica. Het zal zaak zijn hieruit een aantal positieve conclusies te trekken.

Een uiteenzetting van de uitgangspunten die de Adviesgroep heeft aangenomen, zou ernstig onvolledig zijn, als niet met een enkel woord werd ingegaan op twee punten:

1. de opvatting van de Adviesgroep ten opzichte van de introductie van nieuwe technologieën in het algemeen en de rol die de overheid daarbij heeft in al de functies die zij in de samenleving vervult (b.v. van werkgever, van ondernemer, van beschermer van individuele belangen);
2. de eigen aard van de micro-elektronica als basistechnologie.

1.2. TECHNOLOGIE, SAMENLEVING EN OVERHEID

De Adviesgroep is van oordeel dat invoering van micro-elektronica op vele terreinen zeker zal plaatsvinden, gezien het Europese bestel waarvan Nederland deel uitmaakt. Dit ontslaat de overheid niet van de taak de invoering en de toepassing ervan te volgen en waar nodig met zorg te bewaken. Het ligt op de weg van de overheid ertoe bij te dragen, dat iedere nieuwe technologie een verrijking van de samenleving inhoudt en geen aantasting van haar grondslagen. Dit impliceert tevens dat de overheid de taak heeft instrumenten te ontwikkelen en te gebruiken, waarmee zij een sturende, d.w.z. hier stimulerende en daar remmende, invloed kan uitoefenen op de plaatsvindende ontwikkeling. De Adviesgroep is er namelijk van uitgegaan dat technologische ontwikkelingen allerminst te beschouwen zijn als autonome, niet door de samenleving en haar organen beïnvloedbare, processen. Zij kunnen dit autonome karakter alleen krijgen als de samenleving door onoplettendheid of uit onverschilligheid dit toelaat. De Adviesgroep is ervan overtuigd dat de overheid zich tegenover technologische ontwikkelingen actief heeft op te stellen. Daarbij moet bedacht worden dat uitvoering van iedere nieuwe technologie zowel positieve als negatieve aspecten kan hebben en zowel bijdragen kan leveren tot oplossing van belangrijke maatschappelijke problemen als leiden kan tot voor de maatschappij ongewenste ontwikkelingen. De overheid mag zich naar het oordeel van de Adviesgroep niet onttrekken aan deze regulerende taak. Dit houdt in dat steeds opnieuw de vraag moet worden beantwoord of voor een probleem de technologie wel de te verkiezen oplossingsmethode bieden kan. Het kiezen voor technologie mag geen automatisme zijn. Technologie speelt haar voornaamste rol in de instrumentatiefase van het beslissingsproces; de fundamentele keuzen, zowel op het politieke als op het organisatorische niveau, dienen aan de instrumentatie van de gekozen oplossingen vooraf te gaan. Die keuzen zijn echter steeds mede gebaseerd op de verwachtingen van wat de technologie zal brengen.

gen. Technologie werpt haar schaduw vooruit, en zowel de hoop als de vrees hebben invloed op degenen die de beslissing nemen.

Technologie en samenleving zijn nauw verweven. Tussen beide, ieder op zichzelf uiterst complexe grootheden, bestaat een wisselwerking die geen van beide onberoerd laat. Dit maakt op zichzelf reeds de vraag naar de sociale en economische gevolgen van een nieuwe ontwikkeling moeilijk te beantwoorden. Diepere kennis van technologische veranderingen en hun consequenties, hoe noodzakelijk op zichzelf ook, zullen echter zelfs niet bij benadering leiden tot voorspelbaarheid van de gevolgen, alleen al om de fundamentele reden dat in laatste instantie technologische ontwikkelingen en toepassingen een zaak zijn van creativiteit en vindingrijkheid. Dit houdt in dat op dit terrein de overheid geen vaste beleidsprogrammering moet nastreven, maar een flexibel beleid moet ontwikkelen, dat rekening houdt met de onzekerheden, mogelijkheden en risico's, die zich steeds op dit terrein van de technologische ontwikkeling zullen blijven voordoen.

1.3. DE EIGEN AARD VAN DE MICRO-ELEKTRONICA ALS BASIS TECHNOLOGIE

De term micro-elektronica is slechts betrekkelijk adequaat. Hij brengt tot uitdrukking slechts een van de eigenschappen van de elektronische producten door deze nieuwe techniek vervaardigd, zij het ook een zeer belangrijke: hun geringe afmetingen. Het oppervlak waarop ook zeer gecompliceerde functies worden gerealiseerd, is niet groter dan enkele millimeters in het vierkant en nog steeds wordt gestreefd naar verdere reductie van de omvang. De ontwikkeling van submicrontechnologieën ligt in het verschiet.

Een tweede karakteristiek van de micro-elektronica is dat zij geïntegreerde elektronica is. Dat wil zeggen dat de verzameling van elektronische elementen (cellen) met hun onderlinge verbindingen een functionele eenheid vormen en als één geheel wordt ontworpen, gefabriceerd en toegepast. Ten derde zou men micro-elektronica oplage-elektronica kunnen noemen. Een eenmaal ontworpen elektronisch produkt, hoe gecompliceerd ook, kan en zal veelal in grote oplagen worden vervaardigd, waarbij de meerkosten per kopie, evenals bij een krant, nagenoeg te verwaarlozen zijn. Micro-elektronica is in de vierde plaats algemeen toepasbare elektronica. Het is moeilijk bij voorbaat grenzen aan te geven voor haar toepassing, al is het wel zo dat de toepassingsmogelijkheden mede afhankelijk zijn van vorderingen op ander gebied. Ten slotte vergt micro-elektronische technologie bijna geen zeldzame of dure grondstoffen.

Micro-elektronica zal ongetwijfeld verder toepassing vinden in de infrastructuur die wij thans op het gebied van de informatievoorziening kennen (PTT, omroep, voorlichting, onderwijs) en zal daardoor deze structuren zelf veranderen. De toepassingsmogelijkheden zijn weliswaar niet nauwkeurig te omschrijven, maar zij lijken toch moeilijk te overschatten. Door de geringe afmetingen en lage prijs worden technische en economische barrières overwonnen die tot voor kort (verdere) automatisering in de weg stonden. Zuinigheid met micro-elektronica is niet nodig. Gecompliceerde taken, voorheen in één centrale, dure computer ondergebracht, kunnen nu verdeeld worden over desnoods grote aantallen elektronische componenten. Hiervan profiteert bij voorbeeld de robot-technologie.

Op grond van de hierboven gegeven karakteristiek van micro-elektronica is de verwachting gewettigd, dat micro-elektronica zal gaan werken als een katalysator van reeds eerder zichtbaar geworden maatschappelijke tendensen. Niet alleen versnelling van reeds in gang zijnde ontwikkelingen, maar ook kwalitatieve veranderingen liggen in het verschiet. Zo zal blijken dat functies die tot nu toe gereserveerd zijn voor menselijke uitvoering, binnen het bereik van de elektronica komen te liggen.

1.4. ALGEMENE GEDACHTENGANG

Micro-elektronica is een veelomvattende techniek. In hoofdstuk 2 en in de bijlagen 2 en 4 wordt aangetoond dat zeer veel meer aan de orde is dan de befaamde kleine en goedkope micro-processor of de computer met mogelijkheden voor decentralisering. Een hele wereld van nieuwe elektronische componenten komt ter beschikking. Deze componenten sluiten goed aan bij het cultuurpatroon van de geïndustrialiseerde samenleving. Overal worden toepassingsmogelijkheden zichtbaar (zie bijlage 4). De fantasie schiet te kort. Aan de ene kant kunnen de nieuwe componenten dienen om nieuwe producten en systemen in Nederland te ontwerpen en economisch te exploiteren. Dit past in het kader van de Innovatienota en het innovatiebeleid van de overheid. Daarbij is het mogelijk op verschillende facetten van de selectieve groei goed in te spelen. Verminderd gebruik van energie en grondstoffen, betere bescherming van het milieu, humanisering van de arbeid worden mogelijk. Anderzijds wordt de vraag acuut hoe de stormachtige technologische ontwikkeling kan worden beheerst en ongewenste gevolgen kunnen worden vermeden. Op deze vraag wordt in hoofdstuk 4 ingegaan.

Is in het kader van de innovatie voor Nederland ook een rol weggelegd met betrekking tot de produktie van micro-elektronische componenten als zodanig? In hoofdstuk 2 wordt beredeneerd dat die rol bescheiden zal moeten zijn. De kaarten zijn al geschud. De zetel van een van de grote halfgeleider-industrieën is in Nederland. De Adviesgroep stelt dat men van dit gegeven een verstandig en verantwoord gebruik moet maken.

Voor Nederland, afgezien van Philips, gaat het om het toepassen van micro-elektronica bij de vernieuwing en kwaliteitsverbetering van bestaande producten. Het gaat ook om nieuwe producten en systemen, die pas voor micro-elektronica werkelijkheid kunnen worden. Is er voldoende technologische deskundigheid in ons land om de kansen te benutten? Hoewel aan de creativiteit van de Nederlandse technicus en ondernemer niet getwijfeld wordt, wordt door de Adviesgroep gesteld dat de kennis en kunde te kort schieten om de geboden mogelijkheden en begrenzingen te onderkennen. Met name het aantal deskundigen op gebieden als systeemanalyse, ontwerpstechnieken en software-ontwikkeling wordt veel te klein geacht. Dit geeft aanleiding tot beschouwingen en aanbevelingen tot scholing en bijscholing o.a. in de hoofdstukken 5, 6 en 7.

Evenals de Innovatienota schenkt de studie van de Adviesgroep bijzondere aandacht aan kleinere ondernemingen. In het kader van hulp hiervoor wordt met name in de hoofdstukken 6 en 7 het stichten van een centrum van deskundigheid en ontwerp voor micro-elektronica voorgesteld. Dit centrum krijgt een ambitieuze taak toegemeten. Het zal een kenniscentrum worden. Zoveel mogelijk gebruik makend van bestaande kanalen zal het de ondernemer bewust moeten maken van de nieuwe uitdagingen. Het zal de bedrijven bij het ontwerpen van geschikte producten en produktiemethoden ter zijde moeten staan. Zeker zolang de achterstand in het aantal beschikbare deskundigen op het gebied in kwestie niet is ingelopen, zal men zich tot één centrum moeten beperken. Het is van eminent belang alle krachten nu te bundelen.

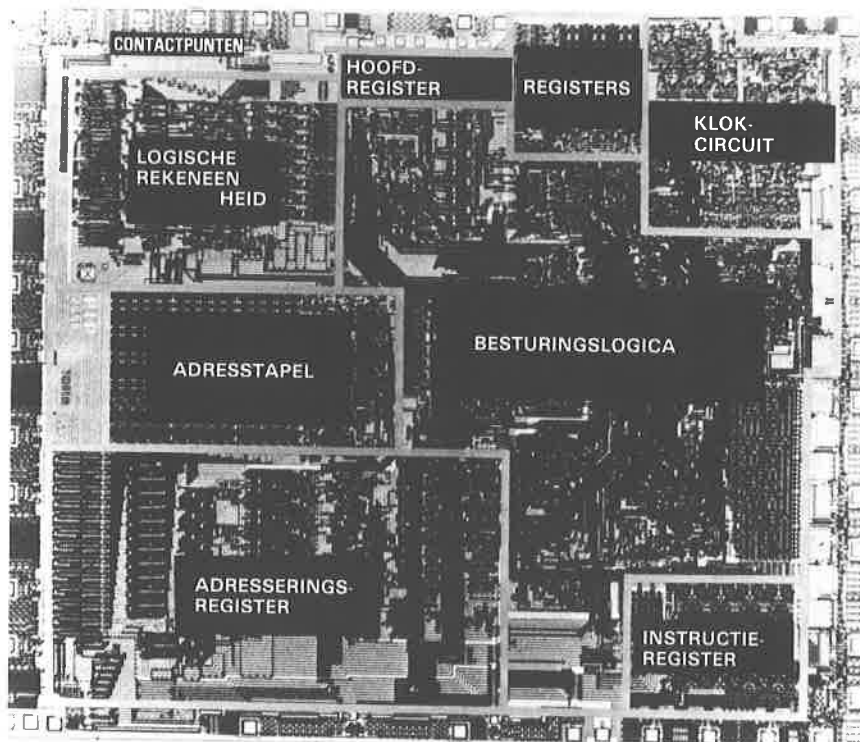
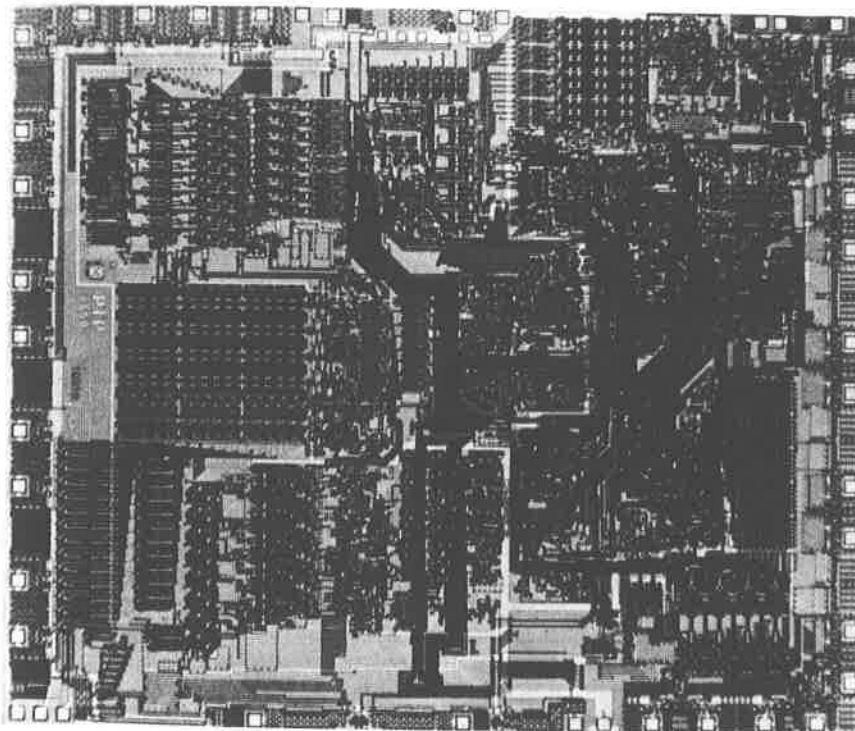
Is het op verantwoorde wijze ontwerpen en vervaardigen van nieuwe op micro-elektronica berustende producten en systemen een in het vernieuwingsbeleid passende activiteit – overigens ook gestimuleerd door de concurrentie die Nederlandse bedrijven op buitenlandse markten en in eigen land ondervinden –, grote problemen worden in fabriek en kantoor opgeroepen door op micro-elektronica berustende nieuwe vervaardigingstechnieken en administratiemethoden. Weliswaar leiden deze technieken meestal tot meer geavanceerde en waardevollere producten bij gegeven prijs, maar niet zelden is tegelijkertijd sprake van veranderingen in het werk en van verlies van werkgelegenheid door automatisering. Het is een open vraag of evenveel nieuwe werkgelegenheid door het ontplooiën van nieuwe activiteiten kan ontstaan. De Adviesgroep heeft aan de belangrijke economische

ontwikkelingen en de gevolgen voor werkgelegenheid en betalingsbalans veel aandacht gegeven. Hoofdstuk 3 gaat met de beschikbare economische theorieën op de problematiek in. Vanuit verschillende invalshoeken worden vooruitberekeningen uitgevoerd. De resultaten daarvan tonen aan dat het in het algemeen afremmen van de toepassing van micro-elektronica voor Nederland geen zinvolle strategie is. De concurrentiekracht van het land zou op ontoelaatbare wijze worden aangetast. De werkgelegenheid zou meer schade leiden dan in het geval van het goed inspelen op en gebruiken van de onderhavige technologie. Evenals op zee het opmaken van het bestek ertoe dient door tijdig herkennen van ondiepten en obstakels deze te vermijden, zo dienen de vooruitberekeningen van hoofdstuk 3 en bijlage 3 ertoe de resultaten geen werkelijkheid te laten worden. De Adviesgroep beoogt wel een duidelijke waarschuwing te geven. De situatie die al met betrekking tot de werkgelegenheid bestond en door micro-elektronica verergerd wordt, dwingt ertoe. Met betrekking tot werkgelegenheid en werksituatie dienen maatregelen genomen te worden, die ernstig rekening houden met de structurele problematiek. De Adviesgroep heeft zich wat concrete voorstellen betreft terughoudend opgesteld. Aanbevelingen tot zorgvuldige studies ter zake worden in de hoofdstukken 3, 4 en 7 gegeven.

De Adviesgroep heeft de overtuiging dat de sociale en culturele betekenis van de toepassing van micro-elektronica op den duur het meest belangrijk zal blijken. Hoofdstuk 4 gaat hierop nader in. Ondanks het ontbreken van betrouwbaar feitenmateriaal heeft de groep getracht zicht te krijgen op de voornaamste mogelijkheden en meest dringende problemen. Zij heeft voorts een strategie willen aangeven voor de sturing van deze en andere technologische ontwikkelingen. In hoofdstuk 4 worden achtereenvolgens behandeld: de wisselwerking tussen technologie en samenleving in het algemeen, meer specifiek de invloed van computers in de samenleving, de mens en micro-elektronica in organisaties, aspecten van privacy, sociale gezichtspunten bij werkgelegenheid en kwaliteit van de arbeid en de invloed van micro-elektronica op internationaal vlak. Haar beschouwingen leiden tot voorstellen voor zinvolle besturing en bewaking (technology assessment) van technologische ontwikkelingen, welke nader worden uitgewerkt in hoofdstuk 6.

Onderwijs is een van de meest efficiënte instrumenten van sturing door de overheid. Veranderingen in de organisatie en de leerplannen van het onderwijs worden nodig, wanneer nieuwe kennis moet worden overgedragen. Dit is in het bijzonder van toepassing als, zoals in het geval van de micro-elektronica, met de kennisvernieuwing economische, sociale en culturele gevolgen van betekenis gepaard gaan. Hoofdstuk 5 geeft een aanzet voor toekomstig onderwijsbeleid in dit verband.

In de hoofdstukken 6 en 7 ten slotte komen respectievelijk aan de orde het beleid voor de lange termijn en de direct uitvoerbare maatregelen die de Adviesgroep aanbeveelt.



Vergroting van een microprocessor, zoals die door Philips in grote series wordt gemaakt. De chip is in werkelijkheid 25 vierkante millimeter groot; de logische schakelingen zijn uitgevoerd in de n-kanaal MOS-techniek. In de tweede foto zijn de verschillende deelfuncties van de microprocessor ingetekend. (Foto's: Philips).

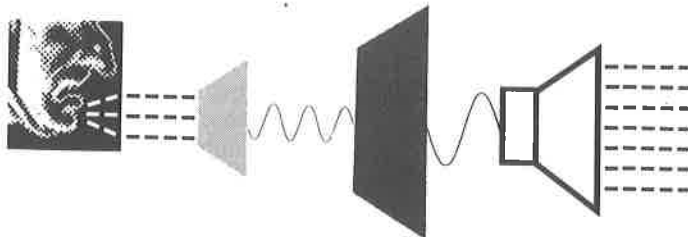
Hoofdstuk 2. Micro-elektronica

Doel van dit hoofdstuk is het fundamentele karakter van de micro-elektronica te laten zien en tevens een eenvoudig beeld te geven van de voornaamste technische aspecten. De begrippen die hier aan de orde komen, worden in bijlage 2 nader toegelicht.

2.1. DE ONTWIKKELING VAN DE MICRO-ELEKTRONICA

Sinds de uitvinding van de elektronenbuis door Lee de Forest in 1906 heeft het gebruik van elektrische stromen en spanningen als dragers van allerlei signalen een enorme vlucht genomen. Het eerst voor radio, maar allengs in toenemende mate voor velerlei andere toepassingen. Met de uitvinding van de transistor door Shockley, Bardeen en Brattain in 1947 is deze ontwikkeling verder versterkt, zodat nu vrijwel geen enkel gebied van technische bedrijvigheid door elektronica onberoerd is gelaten. Aanvankelijk werden voornamelijk continu met de tijd variërende elektrische stromen en spanningen toegepast. Deze werden versterkt, gefilterd, gecombineerd, gescheiden, getransformeerd, gemoduleerd en gedetecteerd. Dit is het gebied van de zogenoemde «analoge» elektronica. Met name voor geluidsapparatuur, radio, telefonie en televisie heeft deze een grote rol gespeeld en speelt dat nog steeds. (figuur 2.1)

analoog



stem microfoon versterker luidspreker

Figuur 2.1: Een analoge signaal is een continu met de tijd veranderend signaal. Als de menselijke stem in een microfoon in een elektrisch signaal wordt omgezet, dan «draagt» het analoge signaal dat uit de microfoon komt de klanken van de stem. De microfoon kan worden aangesloten op een versterker om dat signaal krachtiger te maken. Uiteindelijk kan met dat krachtiger signaal een luidspreker worden bediend, die het elektrische signaal weer omzet in geluidstrillingen. Het analoge signaal wordt meestal afgebeeld als een doorlopende golf, op de tekening overigens sterk vereenvoudigd.

Naderhand werden signalen ook afgebeeld op, gedragen door, reeksen van korte stroom- en/of spanningspulsen. Bij telegrafie en telefonie en met name ook bij radar heeft deze, zogenoemde «digitale», elektronica een sterke ontwikkeling meegemaakt. De komst van de elektronische rekenmachine in de veertiger jaren heeft deze ontwikkeling sterk bevorderd, met name in de richting van binaire (ofwel tweetallige) digitale elektronica. (figuur 2.2)

digitaal



Figuur 2.2: Een digitaal signaal verloopt niet continu. Het bestaat uit «treintjes» enen en nullen waarvan de volgorde natuurlijk wel belangrijk is. De invoer kan via een normaal toetsenbord verlopen, maar allerlei andere methoden zijn ook mogelijk. De uitvoer is vaak een beeldscherm. Analoge signalen kunnen in digitale worden omgezet en omgekeerd.

Globaal kan men stellen dat analoge elektronica bij uitstek het domein van de consumentenartikelen is en digitale elektronica het gebied van de professionele apparatuur. Er komen, zoals bij televisie en telefonie, ook allerlei mengvormen voor. Eveneens globaal kan men verder stellen dat in Europa veel aandacht is besteed aan de ontwikkeling van consumentenartikelen en bijgevolg aan analoge elektronica, terwijl in de Verenigde Staten (onder invloed van de ruimtevaart, militaire toepassingen en digitale rekenmachines) meer de nadruk op professionele apparatuur en derhalve op digitale elektronica werd gelegd.

Twee belangrijke, nauw met elkaar verbonden aspecten van zowel analoge als digitale elektronica zijn precisie (getrouwheid) en bereik. Het eerste heeft te maken met de nauwkeurigheid waarmee signalen zijn weer te geven en te herkennen, het tweede met het aantal verschillende signalen, waarvan de verschillende sterkten nog onderling te onderscheiden zijn.

Bij geluidsapparatuur komen deze aspecten tot uiting in enerzijds getrouwe, onvervormde weergave en anderzijds in de dynamiek (betrekking tussen zachte en luide passages). Bij TV vinden we deze aspecten terug als respectievelijk beeldscherpte en contrast (verschil tussen lichte en donkere delen). Voor digitale elektronica vinden deze aspecten bij computers bij voorbeeld hun uitdrukking in de te kiezen precisie en de grootte van getallen.

Er is met betrekking tot deze aspecten enorme vooruitgang geboekt. Dit moge duidelijk zijn voor wie de kwaliteit van huidige HiFi-installaties vergelijkt met die van geluidsapparatuur van een kwart eeuw geleden.

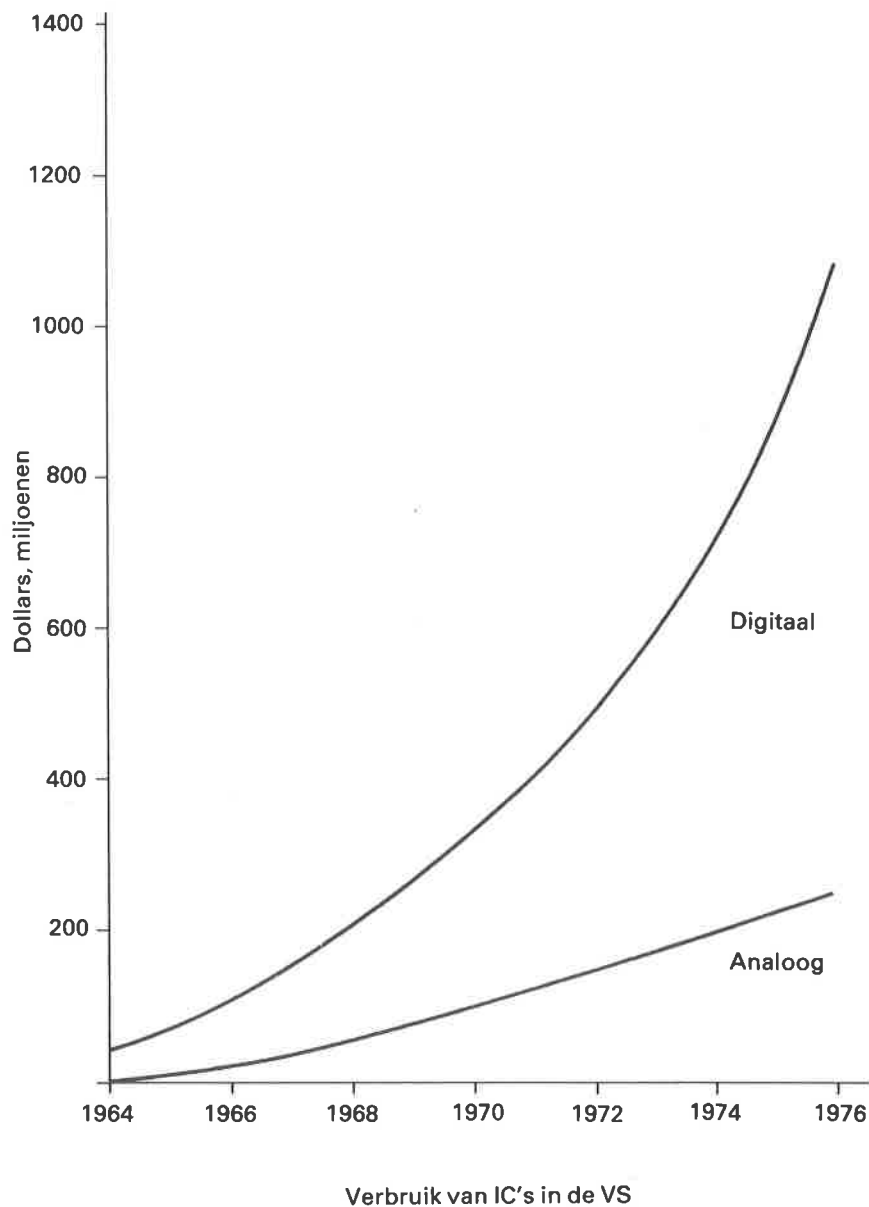
Er is nog een derde aspect dat een belangrijke rol speelt: snelheid. Deze komt tot uitdrukking in begrippen zoals frequentiebereik, schakelsnelheid en verwerkingscapaciteit. Men zou zich terecht mogen verwonderen over de korte tijd waarin een TV-beeld wordt overgezonden, een telefoonverbinding met Tokio tot stand komt of grote aantallen giro-overschrijvingen worden verwerkt.

Tot op zekere hoogte beïnvloeden de drie aspecten precisie, bereik en snelheid elkaar. Het hangt van de toepassing af welk aspect het belangrijkste is. De ontwerper kan hiermee spelen en voor de gewenste apparatuur tot een goed compromis komen.

Wat snelheid betreft is analoge elektronica in het voordeel. Precisie en bereik zijn gemakkelijker met digitale elektronica te realiseren.

Omstreeks 1960 werden door Kilby en door Noyce enkele transistoren, gezamenlijk en onderling verbonden tot één schakeling, gelijktijdig op het oppervlak van één enkel siliciumkristal aangebracht. Het geïntegreerde circuit, het IC, was geboren. Een van de eerste toepassingen van analoge elektronica was die in een gehoorapparaat. De ontwikkeling gaat daarna snel tot waar nu reeds tien- tot honderdduizenden transistoren op één siliciumkristal worden aangebracht.

In Europa wordt vooral het analoge IC sterk ontwikkeld, terwijl in Amerika het digitale IC meer aandacht krijgt. Europa heeft een voorsprong op het eerste, Amerika op het tweede gebied. Beide, Amerika en Europa, dreigen nu door Japan te worden voorbijgestreefd.



Figuur 2.3

Er is nu een ontwikkeling gaande die Europa in een verder nadelige positie dreigt te plaatsen. Analoge elektronica moet steeds meer van haar terrein prijsgeven aan digitale elektronica, zie figuur 2.3. Dit is het gevolg van een aantal ontwikkelingen. Ten eerste blijken, met de steeds toenemende elektronische inhoud en functionele complexiteit van IC's, deze steeds moeilijker te ontwerpen, te controleren en te testen. Op dit punt is het digitale IC, en met name de binaire of tweetallige soort, sterk in het voordeel. In de tweede plaats blijkt de snelheid van digitale elektronica in de voorbije decennia voortdurend te zijn toegenomen, waardoor diverse toepassingen, die aanvankelijk niet of moeilijk digitaal waren te verwezenlijken, zich daar nu wel toe lenen.

Een belangrijke, misschien wel de belangrijkste, reden waarom digitale elektronica meer en meer veld wint ten opzichte van analoge elektronica is

nog de volgende. In analoge elektronica zijn de elektrische signalen (stromen of spanningen) in zekere zin altijd een getrouwe afbeelding van het over te dragen bericht. Is een geluid sterk, dan is het elektrische signaal dat eveneens; is de toonhoogte groot, dan is de elektrische frequentie hoog. Voor een uiteindelijke getrouwe weergave van het oorspronkelijke bericht moet het elektrische signaal na transmissie, opslag en alle mogelijke transformaties nog steeds een nauwkeurige afbeelding van het bericht zijn. Maar er treedt verzwakking op door demping, verminking door storende signalen en verontreiniging door ruis. In digitale elektronica heeft men hiervan minder last. In digitale elektronica hoeft slechts onderscheiden te worden tussen iets of niets, tussen wel stroom of géén stroom, tussen nul of één. Is dat, na enige afstand (bij transmissie) of na enige tijd (bij onthouden), eenmaal correct gebeurd, dan kan het oorspronkelijke signaal (bericht) weer perfect worden hersteld zoals dat bij de tam-tam en de oorspronkelijke telegrafie ook gebeurde. Bovendien wordt een bericht niet direct afgebeeld, maar gecodeerd op het elektrische signaal. Een bericht kan zo uitgespreid worden in de tijd (er is dan meer tijd beschikbaar om het te herkennen). Bovendien kan het gecodeerd worden in een vorm die minder gevoelig is voor optredende fouten; redundantie in de voorstelling (code) maakt automatische foutherkenning en, tot op zekere hoogte, fout-herstel mogelijk. Men kan veilig aannemen, dat communicatie over interplanetaire afstanden zonder digitale codering niet mogelijk is. Eveneens zouden betrouwbare computergeheugens niet snel, klein en weinig energie gebruikend zijn als niet van digitale technieken gebruik was gemaakt. Met (binaire) digitale representatie kunnen grote afstanden met gegeven betrouwbaarheidseis overbrugd worden. Digitale binaire codering houdt ook een grotere mate van abstractie in. Iedere codering is een stap verder verwijderd van de voorgestelde concrete werkelijkheid.

Door deze ontwikkelingen zijn steeds meer functies, die tot het domein van de analoge elektronica behoorden, met digitale elektronica te verwezenlijken. Met de voordelen van gemakkelijker te verkrijgen precisie en bereik gebeurt dit dan ook. Op traditioneel analoge gebieden als geluid- en radio-apparatuur begint nu, in de zeventiger jaren, digitale elektronica duidelijk een rol te spelen. Men spreekt reeds van digitale audio voor de nabije toekomst.

2.2. DIGITALE MICRO-ELEKTRONICA

In de wereld om ons heen kunnen veel zaken stabiel in een aantal van elkaar te onderscheiden toestanden verkeren. Dat is het geval voor zowel materiële als immateriële grootheden. De stand van het uitzetijzer van een klapraam op de pin, de plaats van een schijf op een dambord, het volgnummer in een wachtrij zijn enkele voorbeelden.

Zulke van elkaar te onderscheiden toestanden noemt men discrete toestanden. Dat onderscheiden kan echter lang niet altijd even precies gebeuren. Ook in het geval van discrete toestanden is niet altijd met zekerheid vast te stellen in welke toestand een systeem verkeert. De grenzen tussen de toestanden zijn vaak niet scherp. Er kan een verglijden van de ene in de andere toestand plaatsvinden. Dit brengt onzekerheid en fouten met zich mee. Van een slecht geplaatste damschijf is de plaats niet met zekerheid vast te stellen.

In gevallen waar slechts twee toestanden voorkomen, kan de vaagheid vaak aanzienlijk geringer zijn. Bovendien is een keuze uit twee heel wat eenvoudiger dan een keuze uit vele toestanden. Het denken in zwart-wit-schema's is gemakkelijker dan genuanceerd oordelen in een scala van grijs-tinten. Er zijn dan ook vele in de praktijk gehanteerde «twee-toestanden» (binaire) onderscheidingen. Waar-onwaar, wel-niet, op-neer, aan-uit, goed-slecht, mooi-lelijk zijn even zovele voorbeelden. Ook in technische zin zijn er vele praktische binaire dingen: een slot, een schakelaar, een klep, een

pal. Een «keuzemogelijkheid uit twee toestanden» heet in de vaktaal een «bit» (afkorting van **b**inary **d**igit).

Een binair, geïntegreerd circuit is een samenstel van zeer vele «twee-toestanden»-elementen. Deze elementen zijn onderling verbonden zodat hun «toestanden» een toestandsruimte vormen, waarvan de afzonderlijke elementen door transformatie in elkaar kunnen overgaan onder externe invloeden.

De binaire elementen kunnen dienen als de materiële representanten of dragers van immateriële grootheden zoals waar-onwaar of 1-0. Het samenstel, de binaire elementen en hun onderlinge verbindingen, kan daarmee functioneren als materiële drager van abstracte, discrete systemen. Micro-elektronica is daarom een machtig gereedschap voor het uitvoeren van formeel logische, rationele processen.

De mens heeft al lang in zijn denken precisie en exactheid willen vatten en willen kunnen vaststellen wat «waar» en wat «onwaar» is. Hij heeft daarom al vanouds de wereld, de dingen en de verschijnselen om hem heen opgedeeld in meer eenvoudige. En die weer op hun beurt. Tot vragen ten slotte met een simpel ja of nee zijn te beantwoorden, stellingen eenvoudig waar of onwaar zijn of groottes met een enkel getal precies zijn weer te geven. Met behulp van eenvoudige, elementaire dingen is dan een beter te begrijpen, te beheersen en te beheren beeld van de wereld op te bouwen.

Zo heeft de mensheid, zeker in de Westerse wereld, heel veel aspecten van zijn leven en zijn samenleving geordend en vorm gegeven met behulp van deze vorm van rationeel, formeel-logisch, wetenschappelijk denken. Vele systemen en organisaties van beheer, bestuur, administratie en controle zijn op deze wijze ingericht.

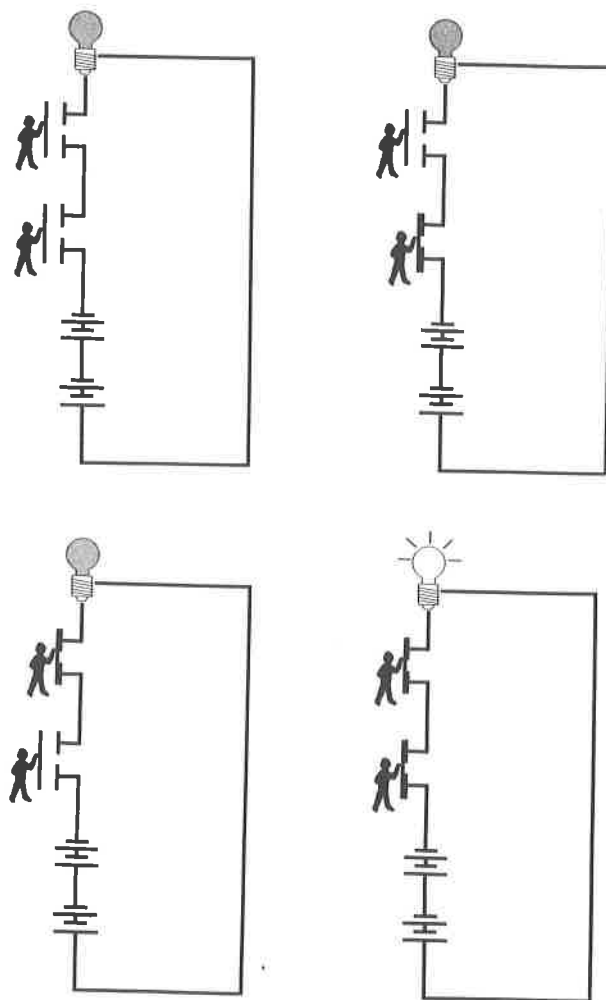
Onze methoden van ontwerpen, bouwen, fabriceren en onderhouden hebben zo vorm gekregen. Het zijn bij uitstek deze facetten die in onze beschaving zo tot ontwikkeling zijn gekomen. De Adviesgroep is van mening dat dit een groot goed is, een kostbare erfenis. Ons leven, materieel en geestelijk, wordt erdoor gedragen en is zonder dat niet meer denkbaar. Men dient zich er evenwel bewust van te zijn dat er vele dingen in het leven der mensen zijn, die zich niet zo laten beschrijven en beheren. De precisie heeft haar grenzen, grenzen hebben vaagheid en marges zijn essentieel.

Intussen is de micro-elektronica een machtig werktuig juist voor de formeel-wetenschappelijk te beheersen facetten van de samenleving.

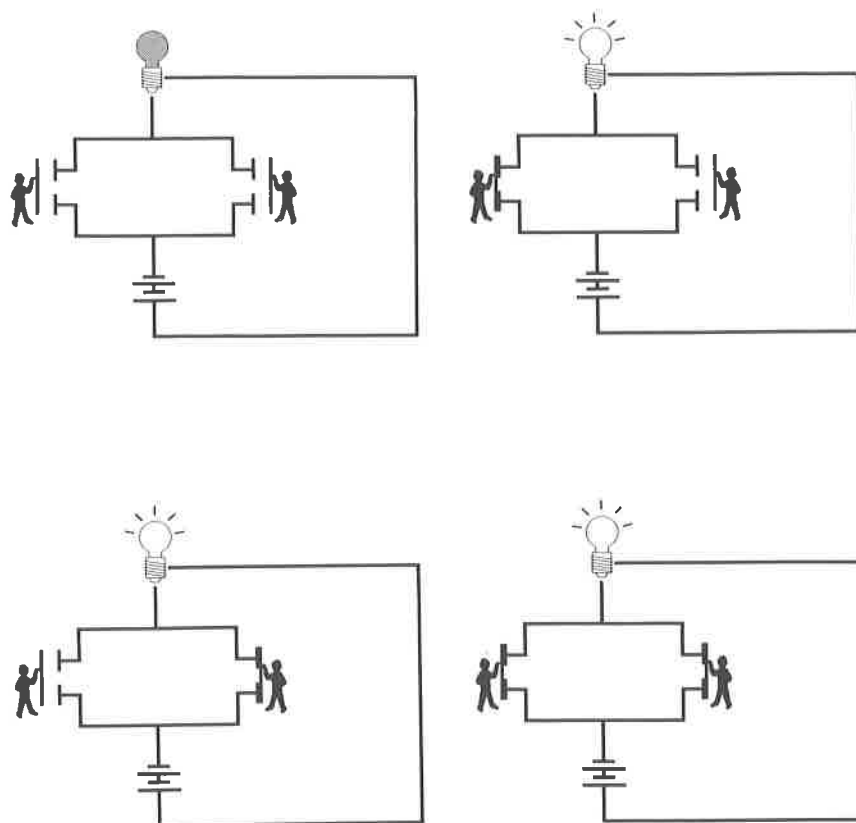
De «logische» elementen van een digitaal IC kunnen worden opgevat als door stromen of spanningen gestuurde schakelaars. Deze kunnen stromen of spanningen schakelen die op hun beurt weer andere schakelaars besturen.

Met zulk een schakelaar kunnen veel functies worden verricht. Er kan een keuze uit een tweetal richtingen mee worden gemaakt. In de ene stand de ene kant op, in de andere stand de andere kant op. Met schakelaars kan men bestemmingen kiezen, men kan ermee adresseren. Met één schakelaar kan men kiezen uit twee adressen. Schakelt men daar weer een laag andere schakelaars achter, dan heeft men de keuze uit vier adressen. Drie lagen van schakelaars geven acht adressen. Vervolgens 16, 32, 64, 128, ... met respectievelijk 4, 5, 6, 7, ... opeenvolgende lagen van schakelaars. Zet men dit voort, dan wordt de keuze al snel heel groot. Op deze wijze worden met de kiesschijf gegevens (binaire stroomsignalen) vertaald in het adres van de abonnee met wie men een telefoongesprek wil voeren. De verbindingsweg naar hem toe wordt zo gekozen en opgebouwd. Dit is een keuze van één uit velen, zeer velen in dit geval.

Schakelt men twee (of meer) schakelaars in serie, dan moeten beide (alle) stuursignalen aanwezig zijn, wil een verbinding tot stand komen. Er wordt een signaal afgeleverd als de twee (alle) ingangssignalen gelijktijdig aanwezig zijn. Zo'n schakeling representeert, draagt, wat in wiskundige logica de «EN» heet. (Engels: AND), (zie figuur 2.4).



Figuur 2.4: Voorstelling van een EN-schakeling. De lamp brandt alleen als *beide* schakelaars gesloten zijn, én de een én de ander.



Figuur 2.5: Voorstelling van een OF-schakeling. De lamp brandt als óf de ene óf de andere óf beide schakelaars zijn gesloten.

Schakelt men twee (of meer) schakelaars parallel, dan komt er een verbinding tot stand als er één (of meer) stuursignalen aanwezig zijn. Er wordt een signaal afgeleverd als er één, of twee (of alle) ingangssignalen aanwezig zijn. Zo'n schakeling representeert, draagt, wat in wiskundige logica de «OF» heet. (Engels: OR), (zie figuur 2.5).

De schakelaar kan ook worden omgekeerd. Hij gaat open als er stroom (ingangssignaal) is en hij sluit als er géén stroom (ingangssignaal) is. Er wordt een signaal afgeleverd als er geen ingangssignaal is, en omgekeerd. Zo'n schakeling («inverter» genoemd) representeert, draagt, wat in wiskundige logica de «NON» (of negatie) (Engels: NOT) heet. In geïntegreerde circuits worden op grote schaal combinaties van de EN-NON en de OF-NON gebruikt, die men dan NAND respectievelijk NOR circuits noemt.

Met de drie elementen EN, OF en NON (of de NAND respectievelijk de NOR) kan de hele «wiskundige logica» (Booleaanse algebra) worden beschreven. Zij kan dus worden gedragen door een samenstel van onderling verbonden schakelaars, waar schakelaars de signalen geven die andere schakelaars sturen. Met deze elementen zijn verder geheugenelementen te bouwen.

Met EN- en OF-elementen zijn de uitgangssignalen van geheugenelementen te combineren op vele manieren. Eén manier is het rekenkundig optellen. En kan er worden opgeteld, dan zijn ook aftrekken, vermenigvuldigen, delen enz., dat wil zeggen alle rekenkundige bewerkingen mogelijk. Dat houdt in dat alle numerieke wiskunde kan worden uitgevoerd. Met uitgebreidere middelen kunnen meer algemeen, alle wiskundige bewerkingen met dit soort logica worden uitgevoerd.

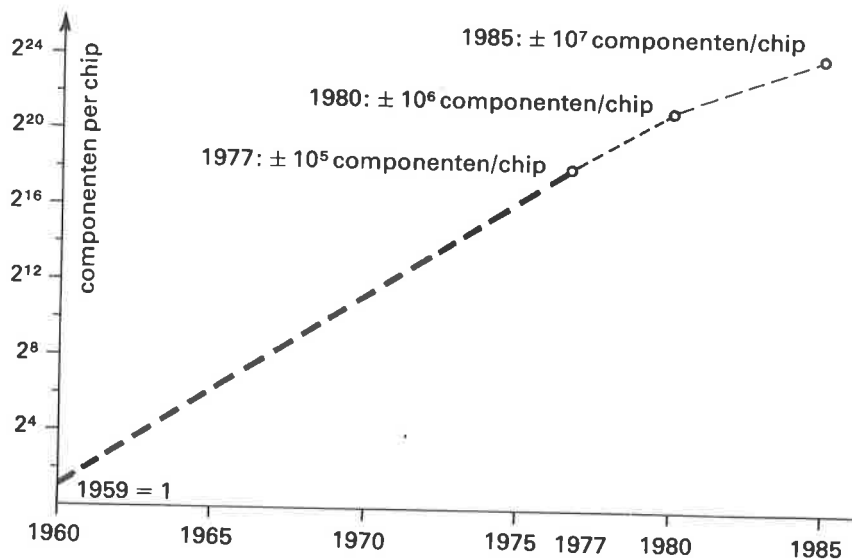
Stroomgestuurde schakelaars (relais) zijn (betrekkelijk) groot, duur en vooral traag. De eerste rekenmachines, die met dit soort schakelaars werden

gebouwd, waren dan ook omvangrijk, uiterst kostbaar en een eenvoudige som kostte al veel rekentijd.

Een transistor is een enorme verbetering vergeleken met het relais. Zij is veel kleiner en verbruikt heel wat minder energie. En als dan meerdere transistors op één kristalletje worden samengebracht en gezamenlijk gemaakt worden, nemen de mogelijkheden verder toe. Steeds meer en immer kleiner wordende transistoren, die per stuk steeds minder energie gebruiken en voortdurend sneller schakelen, worden op één kristal samengebracht. Dit betekent dat grote aantallen EN-, OF-, NON-elementen, geheugenelementen, optellers enz. binnen een klein doosje (behuizing) kunnen worden bijeengebracht. Een machine van het kaliber van de eerste rekenmachines kan nu worden gebouwd binnen een lucifersdoosje.

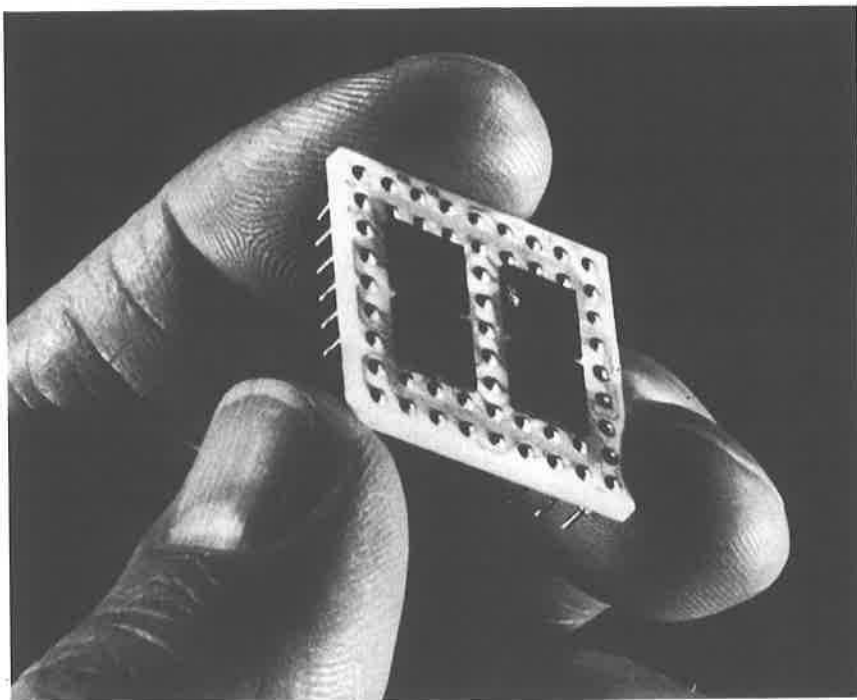
Daarmee zijn voor wat de kosten, de afmetingen en het energieverbruik betreft deze logisch-wiskundige machines binnen het bereik van het individu gekomen. Hierin schuilt de grote betekenis van de (digitale) micro-elektronica.

De steeds toenemende complexiteit «Moore's law»

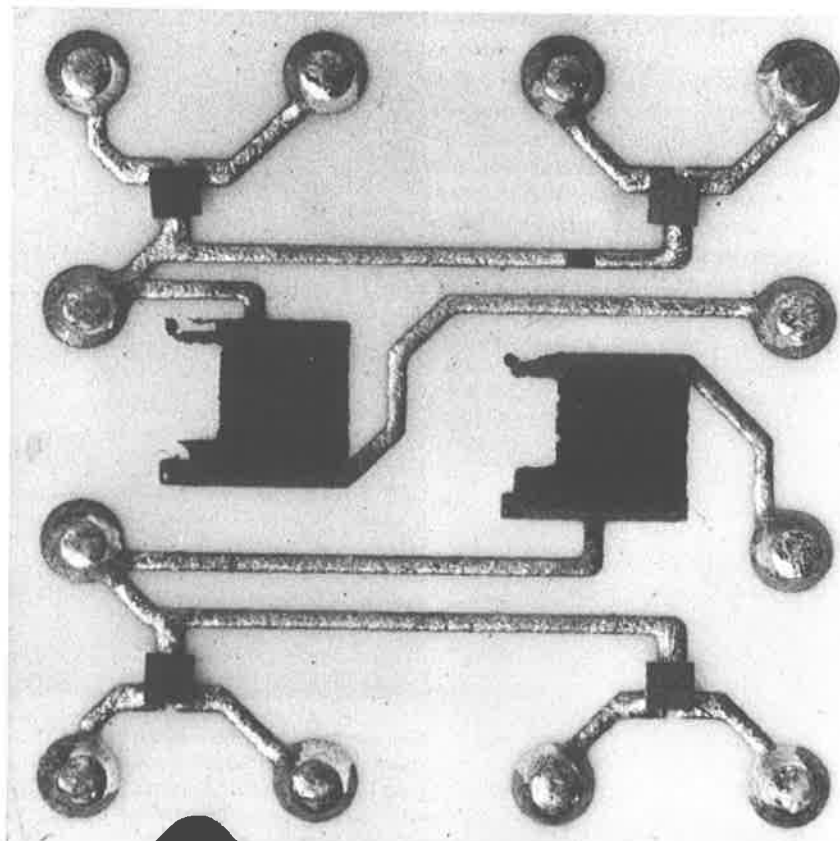


Moore's law: Het aantal componenten per schakeling verdubbelt ongeveer ieder jaar. De complexiteit neemt toe.

Figuur 2.6



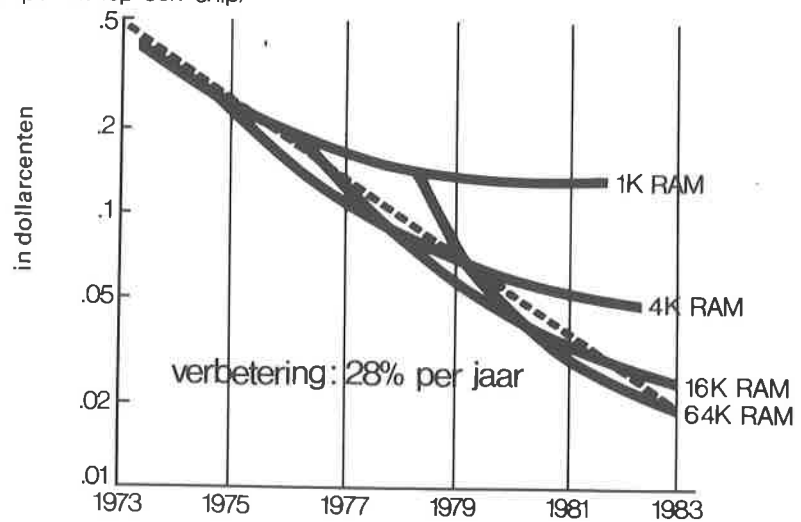
Een moduul uit een moderne IBM 4300 computer, waarop vier geheugenchips zijn gemonteerd. Elk van deze chips kan ± 64 kilobits (± 64.000 bits) informatie bevatten. Het gaat hier om een zogenaamd Random Access Memory, een geheugen dat telkens weer kan worden uitgelezen en gevuld met nieuwe informatie. De totale capaciteit van 64 kbits is voldoende voor 32.768 tekens en dat komt overeen met ruim 80 normaal volgetikte pagina's van het formaat A4. Deze chips komen als werkgeheugen voor in moderne computersystemen. Moet de informatie bewaard, dan kan deze worden «overgeschreven» in een andere soort geheugen, bij voorbeeld een magneetband of een dun soort schijf («floppy disc»). (Foto: IBM).



Ter vergelijking met het moduul van de vorige pagina, een geïntegreerde schakeling van IBM uit de periode 1965–1970. Deze schakeling, uit het «Small Scale Integration»-tijdperk, kan 2 bits informatie bevatten. De transistoren zijn de vier zeer kleine vierkantjes op deze foto, in werkelijkheid nauwelijks met het blote oog zichtbaar. De zwarte rechthoeken in het midden zijn koolstofweerstand. (afkomstig van prof. ir. A. Heetman, THE; foto: Joop van Reeken).

Random Access Memory (RAM)

kosten per bit (op een chip)



Figuur 2.7

bron: scientific american 9/77

1K = 2^{10} = 1024 bits

2.3. TECHNISCHE ASPECTEN VAN MICRO-ELEKTRONICA

Micro-elektronica is de verzamelnaam voor elektronische schakelingen met de volgende kenmerken:

- zij worden in geïntegreerde vorm simultaan in één procesgang vervaardigd;
- de geïntegreerde vorm heeft tot gevolg dat er geen losse componenten meer aanwezig zijn;
- de geïntegreerde vorm heeft eveneens tot gevolg dat een hoge betrouwbaarheidsgraad kan worden bereikt;
- de simultane vervaardiging maakt het mogelijk «en masse» schakelingen op één halfgeleidedrager te plaatsen;
- door hun geringe afmetingen zijn zeer complexe schakelingen mogelijk, zie figuur 2.6 en de twee foto's op pagina 12;
- bovengenoemde kenmerken leiden ertoe dat de prijs per schakeling erg laag kan zijn. Figuur 2.7 geeft een voorbeeld voor wat betreft geheugenelementen.

In het totale gebied van ontwikkeling, ontwerp, fabricage, testen en toepassingen van micro-elektronica spelen een groot aantal wetenschappelijke disciplines een rol. Enig inzicht daarin is noodzakelijk wil men tot uitspraken kunnen komen omtrent nog te verwachten ontwikkelingen.

We onderscheiden in het onderstaande vier deelgebieden, die we verzamelen onder de noemers: **materiaal, cel, IC en architectuur**.

2.3.1. Materiaal

Halfgeleider-materialen vormen de basis voor de micro-elektronica. Deze danken hun naam aan het feit, dat hun geleidende eigenschappen liggen tussen die van isolatoren en geleiders, tussen die van bijvoorbeeld porselein en koper. Men gebruikt deze materialen voornamelijk in monokristallijne vorm. Dit houdt in dat via een smeltings/stollings-proces ervoor gezorgd moet worden dat er slechts één, ononderbroken kristalrooster groeit. Dit in tegenstelling tot de normale polykristallijne vorm, waarbij vele kristalgrenzen aanwezig zijn die de geleiding ernstig kunnen belemmeren.

Om met de noodzakelijke precisie de eigenschappen van het materiaal te kunnen bepalen en beheersen is bovendien een hoge zuiverheidsgraad nodig. Met de huidige technieken bereikt men dat in het normale uitgangsmateriaal op de 10 miljard gewenste atomen er ongeveer één vreemde voorkomt.

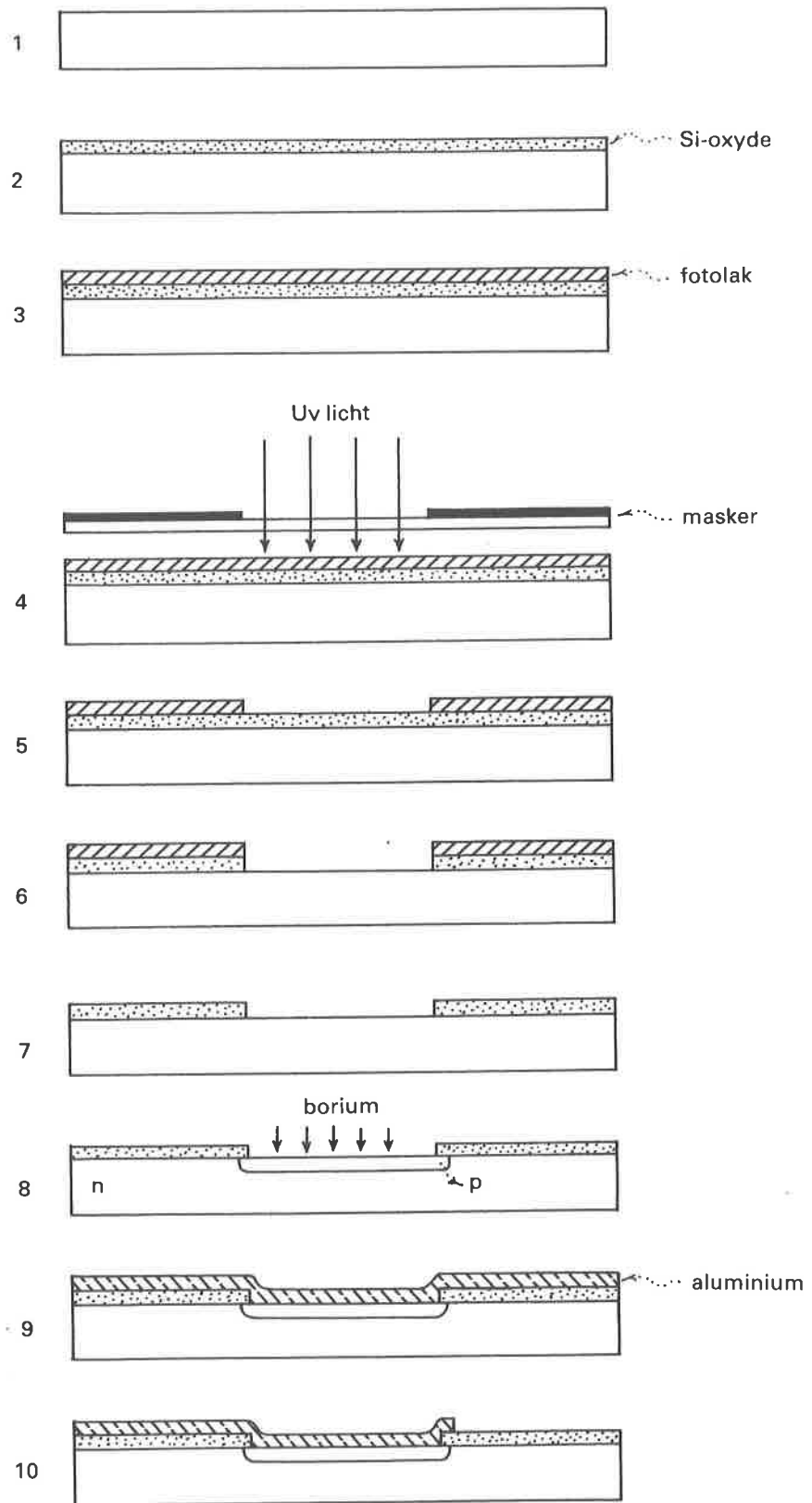
Bekende halfgeleider-materialen zijn germanium (Ge) en silicium (Si). Op het ogenblik wordt voor geïntegreerde schakelingen voornamelijk silicium gebruikt. In research-laboratoria zijn recentelijk enkele successen geboekt met andere materialen, zoals met gallium-arseen (GaAs), dat als voordeel een grotere beweeglijkheid van de elektronen heeft en derhalve hogere schakelsnelheden toelaat, die in vele toepassingen essentieel zijn.

Verder wordt er in research-laboratoria, om nog hogere snelheden te bereiken, geëxperimenteerd met nieuwe materialen, zoals supergeleidende metalen bij uiterst lage temperatuur (Josephson junction). Deze ontwikkelingen dienen nauwgezet gevolgd te worden.

De processen voor het bewerken van de halfgeleider-materialen worden wel samengevat onder de naam **fotolithografische processen**. In figuur 2.8 worden de diverse stappen daarin schematisch weergegeven.

1. Uitgegaan wordt van een plak één-kristallijn silicium (Si). Deze kan in twee vormen voorkomen, nl. positief en negatief geleidend, d.w.z. dat geleiding mogelijk wordt gemaakt door een tekort dan wel een overmaat aan elektronen ten opzichte van het normale (niet geleidende) silicium.

Schema plak-bewerking



Figuur 2.8

2. De silicium-plak wordt (bij een temperatuur van ca. 1000° C en onder invloed van waterdamp of zuurstof) overdekt met een laagje silicium-dioxyde (SiO_2), waarvan de voornaamste eigenschap is dat het een vrijwel volmaakte isolator is en bestand tegen vele chemische stoffen.

3. Het oxyde wordt bedekt met een lichtgevoelige lak die bestendig is tegen bepaalde chemische etsstoffen.

4. Met behulp van een masker wordt bepaald welke delen wel belicht zullen worden en welke niet. Hierna vindt belichting plaats.

5. Het masker wordt verwijderd en de belichte oppervlakken worden ontdaan van de laklaag.

6. De silicium-plak wordt vervolgens gedompeld in een vloeistof waar de laklaag wel tegen kan, maar de oxydelaag niet; in het oxyde ontstaan openingen, die weer toegang bieden tot het onderliggende silicium.

7. Men verwijderd de resterende laklaag.

8. Via de openingen in het siliciumoxyde wordt het silicium gedoteerd, dat wil zeggen dat er vreemde atomen worden ingebracht via gasdiffusie bij hoge temperaturen of moderner: bij lage temperaturen elektrisch ingeschoten, de z.g. ionen-implantatie. De bedoeling van het inbrengen is het oorspronkelijk positief geleidend silicium (p-silicium) om te werken tot negatief geleidend silicium (n-silicium) of omgekeerd. De ingebrachte ionen zetten het tekort aan elektronen om in een overschot aan elektronen of met andere ionen omgekeerd.

9. In een latere fase wordt aluminium opgedampt.

10. Met behulp van maskers en etsen wordt overbodig aluminium verwijderd, zodat de verbindingslijnen overblijven.

De stappen 2 tot en met 8 kunnen een aantal malen worden herhaald waarbij, via steeds andere maskers, meer of minder ingewikkelde patronen van n- en p-geleidende velden kunnen worden aangebracht. Een resulterend n-veldje kan bij voorbeeld zelf weer voorzien worden van een p-veldje.

De details van de aangebrachte structuren hebben afmetingen van enkele micrometers, zodat het gehele circuit slechts enkele mm's in het vierkant in beslag neemt. Op deze wijze kunnen enkele honderden circuits tegelijk op één plak worden aangebracht.

In het fotolithografische proces spelen meer technieken een rol dan in dit korte bestek kunnen worden genoemd. Feit is bovendien dat die technieken nog in ontwikkeling zijn. Het is bepaald niet zo, dat alle apparatuur voor deze processen op de markt verkrijgbaar is; de apparatuur die er is, moet in vele gevallen door de gebruiker/afnemer worden aangepast aan de rest van het eigen fabricageproces. Daarbij komt dat halfgeleider-fabrikanten zich maar een geringe achterstand kunnen veroorloven ten opzichte van de nieuwste stand van elk der technieken. Investerings in apparatuur moeten in korte tijd worden terugverdiend en vervangende apparatuur is veelal duurder dan die van de vorige generatie. Dit geldt in het bijzonder voor de apparatuur voor implantatie, voor het maken van maskers met behulp van elektronenstralen en voor het optisch uitrichten.

Hoezeer op materiaalniveau de dingen nog in ontwikkeling zijn, wordt ten slotte geïllustreerd door de grote inspanning die men zich getroost wat betreft de zuiverheid en de afmetingen van de plakken. Zo hadden de plakken die worden gezaagd van staven monokristallijn silicium tot ca. 1970 een diameter van 5 cm. Sindsdien zijn plakken van 7,5 cm populair geworden, de eerste fabricagelijnen voor plakken van 10 cm zijn in bedrijf genomen en in laboratoria worden proeven met plakken van 15 cm genomen.

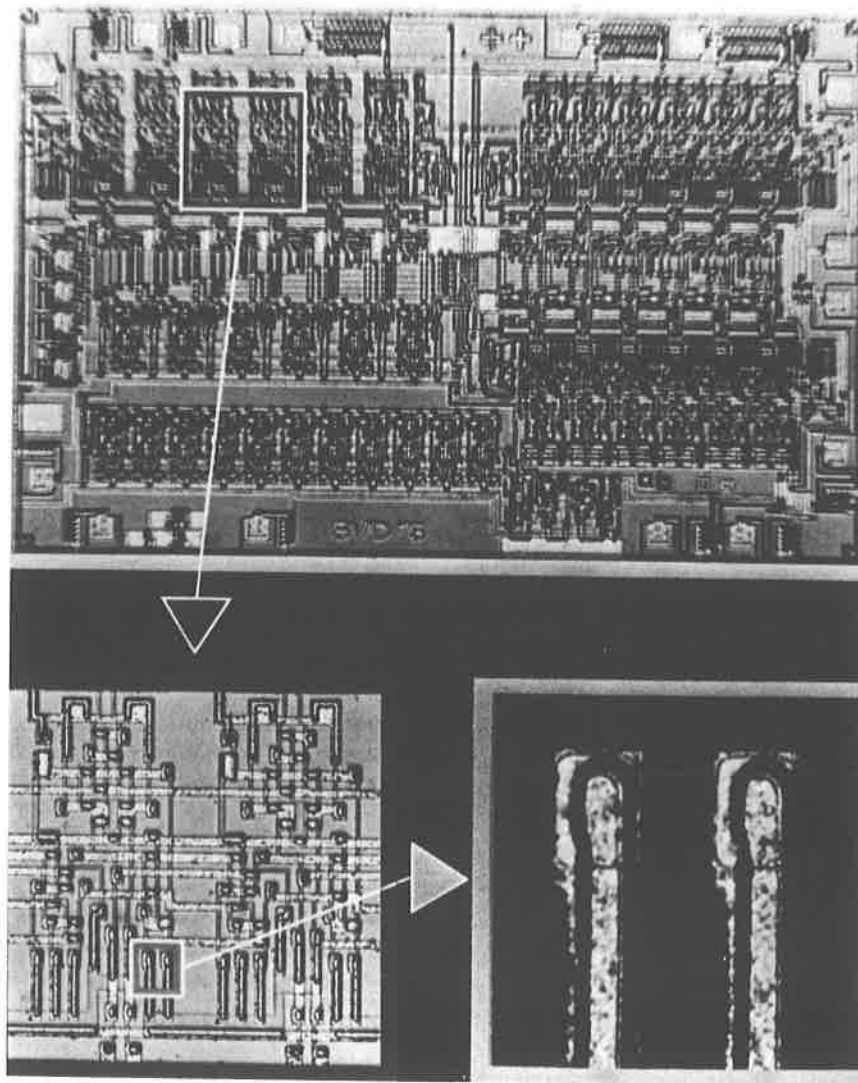
Een uitermate belangrijke relatie is die tussen plak-diameter en fabricage-apparatuur. Het rendement van het fabricageproces neemt met grotere plak-diameter aanzienlijk toe. Evenwel moet veel apparatuur worden vervangen als de diameter van de te verwerken plakken toeneemt. Met name uitricht- en belichtingsapparatuur, maar ook de ovens en etsapparatuur zijn ogenblikkelijk aan vervanging toe als de plakken er niet meer in passen. Ho-

ge investeringen zijn het gevolg, en toch kan een bestaande fabriek zich niet permitteren de mogelijkheid van een grotere plak-diameter aan zich voorbij te laten gaan.

2.3.2. Cel

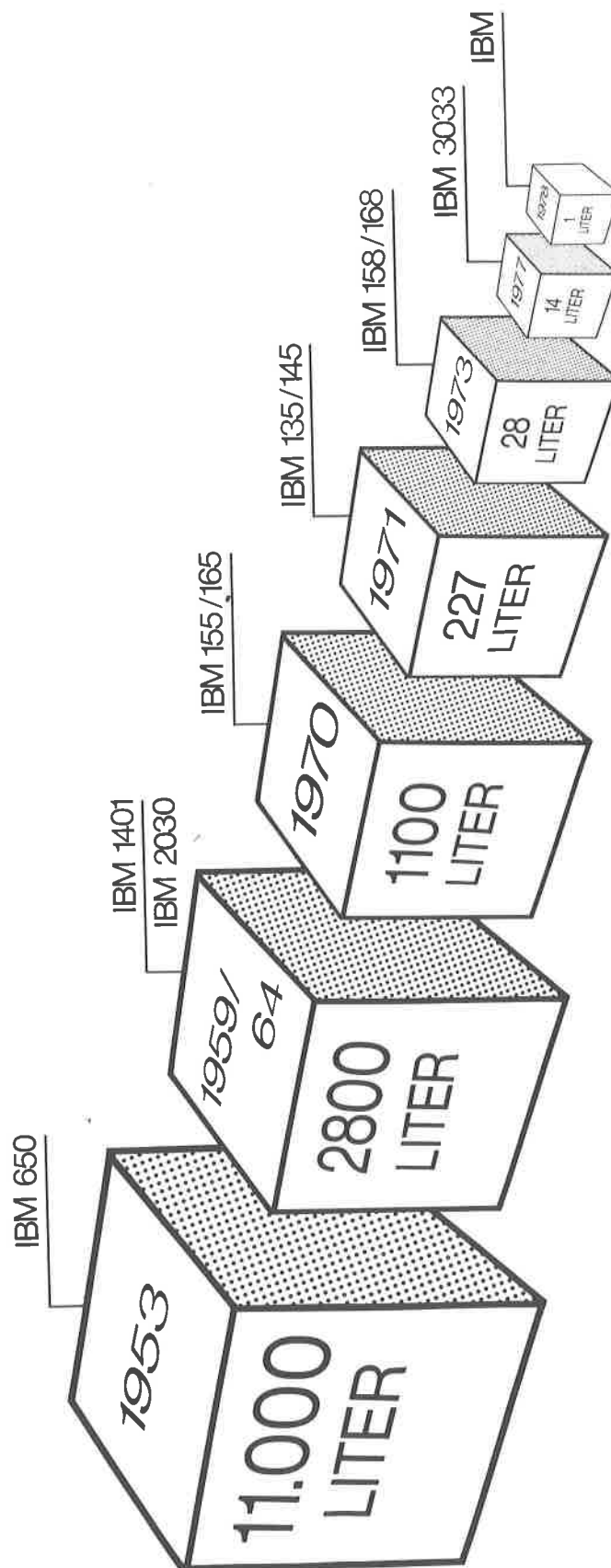
Onder cel wordt hier verstaan de elementaire elektronische schakeling waaruit het geïntegreerde circuit wordt opgebouwd. Voorbeelden zijn o.a. geheugencellen en elementen die logische functies vervullen. De cellen worden meestal opgebouwd uit één of meer transistoren.

In de loop der jaren zijn twee typen transistoren ontstaan: bipolaire en MOS (Metal Oxide Semiconductor). De bipolaire, de oudste, onderscheiden zich positief ten opzichte van MOS in schakelsnelheid. Ze zijn evenwel complexer van opbouw en vergen daardoor meer procesgangen.



Een geïntegreerd circuit in drie vergrotingsstappen gefotografeerd. Dit circuit is uitgevoerd in de p-kanaal MOS-techniek met behulp van een ionenimplantator voor de doringen. Het circuit meet in werkelijkheid 3,8 bij 2,5 millimeter en bevat 1600 transistoren. De foto linksonder laat de teller uit de schakeling zien, de foto rechtsonder twee transistoren uit de teller die één logische functie vervullen. (Foto: Siemens).

Volume per miljoen karakters van computergeheugens
(in liters ofwel kubieke decimeters, dm^3)



Verbetering qua volume:

11.000 maal

Menselijke hersenen:

nog steeds 1 miljoen maal "beter"

■ Menselijke hersenen
één - miljoenste liter

Figuur 2.9: Beeld van de miniaturisering van de elektronica in ongeveer 25 jaar. (Bron: Lewis M. Branscomb, IBM).

MOS-transistoren zijn vooralsnog trager, maar hebben het voordeel van de eenvoud. In de praktijk hebben deze verschillen er onder andere toe geleid dat vooral de industrie van consumentengoederen het accent gelegd heeft op bipolaire technieken; voor geheugens is overwegend voor MOS gekozen op grond van de hoge integratiegraad die te bereiken is.

Hoofdmotieven voor de onderzoeks- en ontwikkelingsinspanning van de afgelopen 30 jaar op het gebied van elektronica-cellen zijn geweest: het bereiken van een grotere pakingsdichtheid (figuur 2.9 geeft de ontwikkeling voor geheugens aan), verhoging van de duurzaamheid, vermindering van de warmte-ontwikkeling per cel en vergroting van de schakelsnelheid. Fysica, elektronica en logica ontmoeten elkaar in deze cellen. Vooral in de traditie van bipolaire transistoren hebben een aantal methoden voor het groeperen van transistoren tot functionele cellen wereldwijde bekendheid gekregen: ECL (Emitter Coupled Logic), I²L (Integrated Injection Logic), TTL (Transistor-Transistor Logic, één van de oudste) en ISL (Integrated Schottky Logic, één van de nieuwste).

Ieder van deze bovengenoemde soorten van cellen heeft zijn specifieke voor- en nadelen met betrekking tot de snelheid, pakingsdichtheid, warmte-ontwikkeling, waardoor ze meer of minder geschikt is voor speciale toepassingen.

Bij MOS-technieken zijn de lay-out-overwegingen minder belangrijk. Deze hebben geleid tot P-MOS (oudste en traagste) en N-MOS (nieuwer en sneller), C-MOS (weinig warmte-ontwikkeling) en CCD's (Charge Coupled Devices, grote geheugendichtheid).

Ieder van deze cel-technieken vereist zijn eigen specifieke apparatuur en kennis. Fabrikanten zijn daardoor gedwongen een keuze te maken. De meest succesvolle hebben dit dan ook gedaan. Dit geldt ook voor research- en ontwikkel-laboratoria, onafhankelijk van het feit of zij een industriële dan wel een meer fundamentele onderzoekstaak hebben.

2.3.3. IC

De cellen vormen de bouwstenen voor grotere functionele eenheden, de z.g. integrated circuits (IC's).

Primair is het van groot belang dat de ontworpen structuren fysisch realiseerbaar zijn met de gekozen technologie.

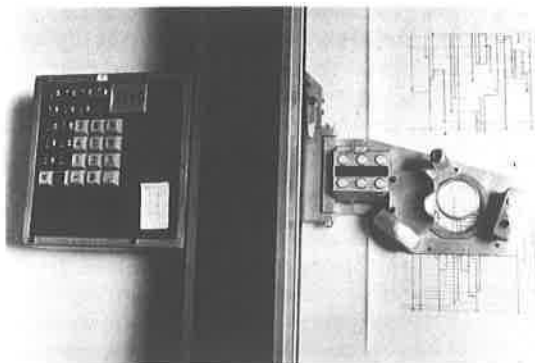
Het fundamentele probleem dat zich hierbij voordoet is het vraagstuk van de plaatsing van de cellen en hun onderlinge verbindingen. Naarmate de circuits gecompliceerder worden, nemen deze problemen drastisch in omvang toe. Om deze problemen te kunnen oplossen worden voor deze z.g. lay-out-technieken (foto's blz. 29) in toenemende mate rekenautomaten als hulpmiddel gebruikt, voor de z.g. Computer Aided Design (CAD).

Naast deze ruimtelijke ordening speelt het simuleren en toetsen op juiste logische en elektronische werking een belangrijke rol.

Voor het onderzoek van het eindprodukt (het IC) op zijn juiste werking dient een testprocedure opgesteld te worden. Al deze activiteiten vormen een essentieel deel van de CAD. Naarmate de IC's gecompliceerder worden, vergt het vaststellen van de testprocedure en het testen zelf steeds meer aandacht. Indien bij grote circuits in de eerste ontwerpfasen hiermee geen rekening wordt gehouden, wordt de toetsing van het eindprodukt in feite onmogelijk.

Voorbeelden van deze gecompliceerde circuits zijn geheugens van $64 \cdot 2^{10}$ bits en 8 of 16 bits microprocessoren, codeer- en decodeercircuits (CODEC) voor de telecommunicatie alsmede signal processors voor meet- en regel-doeleinden en telecommunicatie. Bij deze laatste toepassing is een combinatie van analoge en digitale technieken op één en hetzelfde IC aanwezig.

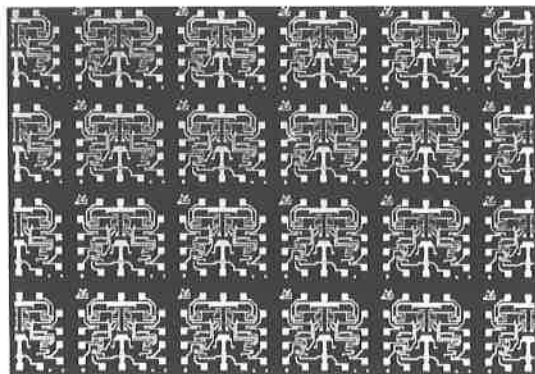
Vele van deze analoge functies kunnen door digitale worden overgenomen. Dit gebeurt reeds in toenemende mate. Dit houdt in dat een ontwikke-



Hier is een deel van zo'n gerepeteerd masker te zien; het bevat het patroon van de aluminium geleiders op een schakeling (Foto: Siemens).



Detail van een «digitizer», waarmee een door de ontwerper gemaakte lay-out van de schakeling wordt gecodeerd in een ponsband. De lay-out is opgespannen op een te-
kentafel. Een zogenaamd assenkruis kan in de x-(horizontaal) en in de y-(verticaal) richting over de tafel worden verplaatst. Met behulp van een loep kan men nauwkeurig positioneren. Met een aantal knoppen kunnen de verschillende commando's en de coördinaten van de afgetaste tekening in de ponsband worden aangebracht. (Foto: Philips).



Deze foto geeft een beeld van het maken van maskers. Ook rechts aan de wand bovenste foto is een dergelijk masker te zien. Duidelijk is dat de maskers op groot formaat worden gemaakt. Pas in een later stadium worden ze verkleind tot chipformaat en gerepeteerd, teneinde een hele plak met chips te vullen. (Foto: Siemens).

ling van deze digitale circuits de aandacht van onderzoekers en halfgeleider-industrieën verdient. Het is uiteraard van groot belang de juiste technologie en circuittechniek voor deze digitale IC's te kiezen.

De ontwerpkosten van IC's zijn zo groot dat bij de fabrikanten de begrijpelijke neiging bestaat een beperkte familie van (programmeerbare) standaard-IC's te voeren. Dit beperkt echter de flexibiliteit van het ontwerpen van produkten waarin deze IC's kunnen worden toegepast. De ontwerper van deze produkten wordt hierdoor gedwongen zijn oplossingen in de vorm van specifieke programma's te zoeken. Dit werkt zeer vaak sterk kostprijsverhogend.

De gebruiker zal vaak behoefte hebben aan z.g. «dedicated» IC's, die hem bovendien een zekere voorsprong en een beschermde positie ten opzichte van zijn concurrenten verschaffen. Zoals in bijlage 2 beschreven, zijn deze IC's voor het vervullen van een specifieke functie in een gedefinieerd apparaat ontworpen.

Het ontwerpen van dedicated circuits vergt zeer hoge kosten en dit impliceert dat de seriegrootte aan een zekere minimumeis dient te voldoen (om de gedachte te bepalen ongeveer 10 000 per jaar). Toch kan het voorkomen dat de kosten verbonden aan het ontwerpen van dedicated circuits voor kleine series zich gunstig verhouden tot die welke verbonden zijn aan het ontwerpen met standaard-IC's. Men moet ook de kosten van programmering in rekening brengen. Bij het gebruik van standaard-IC's kunnen deze zeer hoog zijn, maar worden vaak als kostenfactor niet herkend.

2.3.4. Architectuur

Behalve over de materiële aspecten is het ook van belang over structuren van systemen te spreken. Deze worden vaak samengevat onder het begrip architectuur.

De architectuur stelt een gebruiker in staat, zonder over details van de samenstellende delen te beschikken, een systeem goed en naar tevredenheid te gebruiken. Zo kan men een telefoon gebruiken zonder kennis te bezitten van de details en de werking van het uitermate complexe telefoniesysteem.

Architectuur geeft evenzeer de ontwerper en de bouwer van een systeem het overzicht, zodat hij met een deel van dat systeem kan bezig zijn zonder zich voortdurend de details van de andere delen bewust te zijn.

De structuur van grote systemen, waarvan hier sprake is, is zodanig dat hierin afzonderlijke onderdelen, die als eenheden kunnen worden opgebouwd, kunnen worden onderscheiden. In deze eenheden is een min of meer specialistische kennis «verpakt». Deze delen zijn hierdoor qua functie overdraagbaar op mensen, die deze verpakte specialistische kennis niet behoeven te bezitten; de eenheden kunnen bestaan uit een of meer IC's, al dan niet aangevuld met niet-elektronische componenten. Hierdoor kan een voor de mens zinvol apparaat ontstaan.

Het begrip architectuur is ook van toepassing op de opbouw van complexe IC's zelf.

Enige voorbeelden:

- een microprocessor en de geheugen-IC's vormen een micro-computer. Met behulp hiervan kan een ontwerper een gespecialiseerd apparaat tot stand brengen.
- Dedicated IC's, al dan niet gecombineerd met geheugens, kunnen worden verenigd met (elektro-)mechanische componenten en aldus worden opgebouwd tot uiteenlopende apparaten, zoals medische instrumenten, televisie-speeltuig, geleide projectielen, automobiel-diagnose instrumenten.

Een uiterst belangrijk aspect van de ontwikkelingen op architectuurniveau vormt de koppeling tussen de elektronische componenten en de omgeving, waarin deze worden geplaatst en ten gunste waarvan ze moeten werken. In

architectuurtermen spreekt men van «interfaces» (Nederlands: scheidingsvlakken of raakvlakken). Het gaat hier om transducers, d.w.z. signaalopnemers (stroom, spanning, druk, temperatuur, stroming e.d.) en signaalafgevers, waarmee elektronica-componenten met hun omgeving kunnen communiceren.

Een dergelijk communicatie-instrumentarium dient qua technologie, prijs, prestatie en omvang aan te sluiten op de IC's; de ontwikkeling daarvan ligt evenwel nog achter en hierin ligt waarschijnlijk een kans voor de Nederlandse industrie.

De architectuur van een produkt is bepalend voor de mate waarin en de wijze waarop de mens met het produkt kan omgaan. Het is via de architectuur dat produkten worden opgenomen (of juist niet) in bestaande netwerken en systemen en in bestaande maatschappelijke ontwikkelingen en trends.

2.3.5. Enige conclusies

Uit het voorgaande moet duidelijk zijn dat, wie de totale activiteit van het ontwikkelen, fabriceren en toepassen van micro-elektronica wil beheersen, deskundig moet zijn op een breed terrein.

Op alle besproken niveaus zijn ontwikkelingen gaande, alle van wezenlijk belang voor de kwaliteit van het eindprodukt en de kansen daarvan op de wereldmarkt.

Het beeld, dat de bestaande industrie biedt, maakt duidelijk dat het kunnen beheersen van de totale activiteit vrijwel ondoenlijk is. Alleen de grootste industrieën zijn actief over een breder front en houden in die deelgebieden, waarin zij zelf niet actief zijn, via onderzoek de vinger aan de pols. Het merendeel van de industrieën specialiseert zich; òfwel «verticaal», door te kiezen voor bij voorbeeld alleen MOS-technieken van een bepaald type en daarvan het gehele traject van onderzoek tot en met productie te volgen, òfwel «horizontaal», door zich te beperken tot enkele fasen in het traject, bij voorbeeld het maken van maskers, het assembleren van eindprodukten, het ontwikkelen van software voor micro-computers e.d.

Nieuw te starten activiteiten zullen dergelijke keuzen als uitgangspunt dienen te hebben; dat geldt ook voor nieuwe, in Nederland te starten activiteiten. Men realiseert zich daarbij wel dat het van vitaal belang is dat de juiste keuze wordt gemaakt. Wie kiest voor een MOS-transistor van een type dat korte tijd later door de ontwikkeling wordt achterhaald, maakt goede kans te eindigen met een fabricagelijns die produkten levert, die niemand meer nodig heeft. Wie zich vastlegt op een keuze in een fase, waarin men nog onvoldoende de technologie en de achterliggende wetenschap beheerst, maakt goede kans te eindigen met projecten, die niet concurrerend zijn op de wereldmarkt.

Hoewel het vervaardigen van grote systemen doorgaans voor kleine landen bezwaarlijk kan zijn, kan het leveren van kwaliteitsprodukten voor zulke grote systemen, zoals misschien in- en uitvoerapparatuur en sensoren (zie ook bijlage 2), zeer aantrekkelijk zijn.

2.4. TOEPASSINGEN VAN MICRO-ELEKTRONICA

2.4.1. Algemeen

Uit wat eerder gezegd is over architectuur van systemen volgt dat de ontwerper van systemen tot specificaties van eenheden kan komen die door middel van IC's zijn te realiseren. Vervolgens staan twee wegen open. De ontwerper kan een programma ontwerpen dat door een standaard-IC kan worden uitgevoerd of de specificatie kan leiden tot een dedicated circuit.

Wil een systeemontwerper tot een efficiënt en optimaal systeem komen, dan dient hij niet zonder meer zich tevreden te stellen met de bouwstenen, die de IC-fabrikant hem als standaard biedt. Het is noodzakelijk dat hij inzicht bezit of verkrijgt van de mogelijkheden die de micro-elektronica hem biedt, zowel wat standaardelementen als het ontwerp van dedicated elementen betreft, opdat hij vanuit het systeem gezien een verantwoorde keuze kan maken. Hij zal, om bij het eventueel ontwerpen van dedicated elementen een actieve rol te spelen, toegang moeten hebben tot ontwerp-faciliteiten en zich in ruime mate moeten kunnen oriënteren over de mogelijkheden. Dit kan bepalend zijn voor het voortbestaan van de industrie, waarin de toepassing van micro-elektronica een rol speelt of kan spelen.

Niet alle industrieën bezitten het inzicht of de kennis dat micro-elektronica deze rol in hun industrie dient te spelen. Deze rol heeft zowel op hun productie als hun produktiemiddelen betrekking, zie o.a. bijlage 4.

2.4.2. Micro-elektronica en microprocessor

De hierboven aangeduide industrieën moeten begrijpen dat micro-elektronica niet identiek is met microprocessoren. Er zijn ook vele andere standaardelementen die zij zullen kunnen benutten. Zo zijn er talloze toepassingen van complexe micro-elektronica elementen, die een bepaalde functie aanzienlijk sneller kunnen verrichten dan microprocessoren. Voorbeelden hiervan zijn programmeerbare logische schakelingen, signaal-bewerkings-elementen, signaal-generatoren en -detectoren. Kenmerk van deze micro-elektronica elementen is het parallel verrichten van vele logische functies. Dit in tegenstelling tot de microprocessor, die de bewerkingen stap voor stap verricht. Er zijn zelfs vele toepassingen van de micro-elektronica waar dit stap-voor-stap-mechanisme een te traag proces blijkt te zijn.

De ontwikkeling van deze elementen komt voort uit de systeem-architectuur. In deze architectuur wordt bepaald welke afzonderlijke functies tot een zinvol parallel werkend geheel kunnen worden geïntegreerd. In de telecommunicatie en meet- en regeltechnieken zijn hiervan vele voorbeelden te vinden. Verder kondigen nieuwe ontwikkelingen van IC's op het gebied van spraakherkenning en -synthese zich reeds aan. Zulke elementen zijn voorbeelden van IC's die geconcepieerd zijn vanuit de eisen van hun toepassing. Zij maken duidelijk dat complexe IC's niet alleen ontstaan vanuit een bijeenbrengen van mogelijkheden die micro-elektronica cellen bieden, maar juist ook van de architectuur van een systeem uit.

2.4.3. Standaardisatie van elementen en software

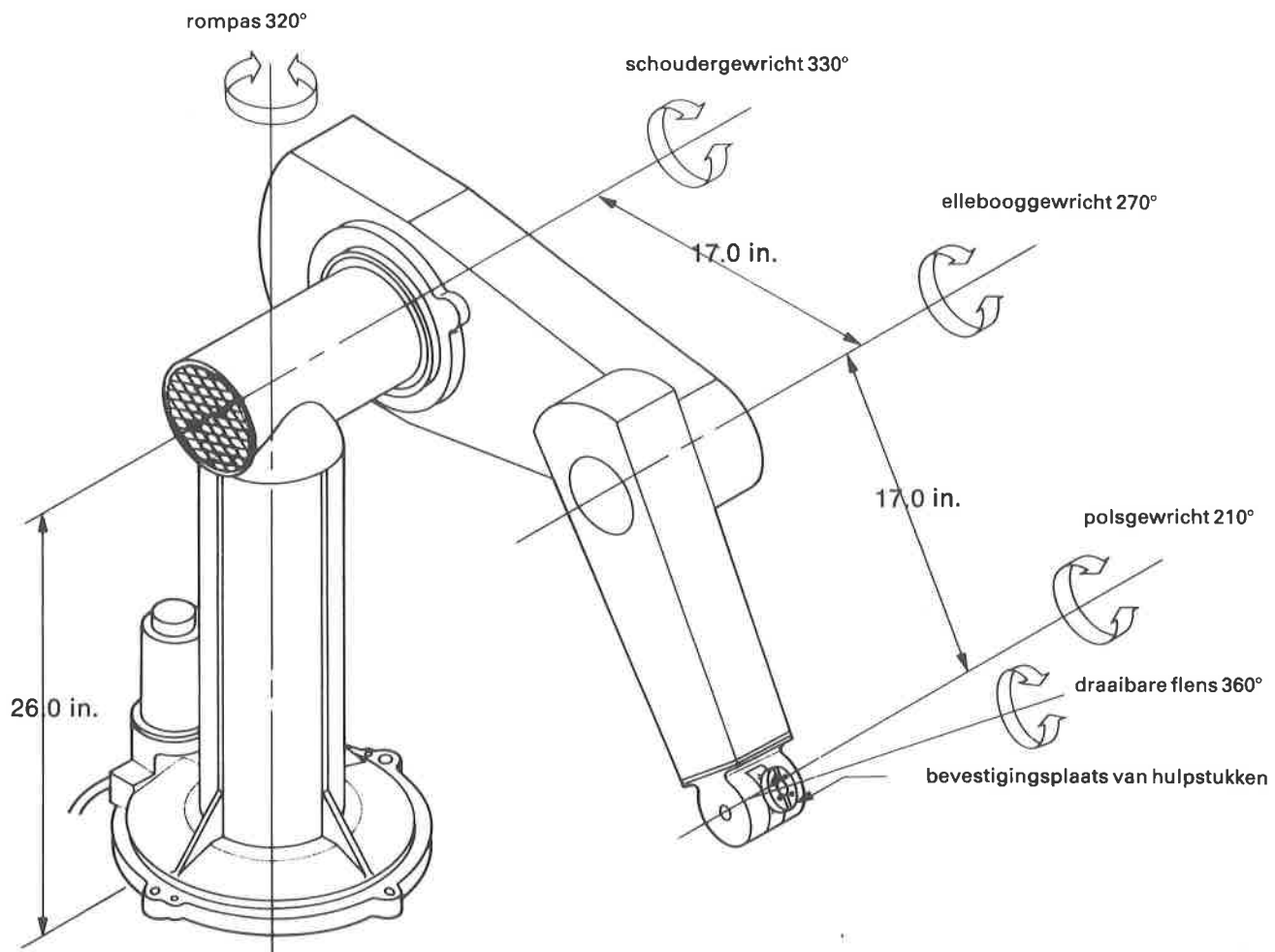
De ontwikkelingskosten van systemen zullen in het algemeen relatief hoog zijn. Bij een grote productie zal het niet bezwaarlijk zijn deze kosten in de prijzen van de produkten door te berekenen. Bij een gering aantal produkten zullen de ontwikkelingskosten echter een soms onaanvaardbare last vormen. Ten einde deze kosten zoveel mogelijk te beperken is standaardisatie in sterke mate gewenst. Deze standaardisatie heeft niet alleen betrekking op de micro-elektronica, maar vooral ook op interfaces en software (zie hiervoor bijlage 2). Er worden reeds pogingen ondernomen om tot deze standaardisatie te komen.

Als voorbeeld voor de interfaces kunnen dienen de IEEE-bus (communicatie in microprocessoren), de CAMA, de interface voor de instrumentatie-industrie. Veel aanbevelingen voor de standaardisatie van interfaces kunnen nog versterkt worden, in het bijzonder ten behoeve van perifere apparaten.

Grote zorg ten aanzien van de standaardisatie vormt de software voor micro-computersystemen. Pogingen tot standaardisatie worden reeds ondernomen bij het uniform maken van de programmeertaal PASCAL. Standaardisatie

satie van andere software, in het bijzonder de applicatie software, is vrijwel niet aanwezig.

Het is een zeer zorgelijke zaak daar software-ontwikkeling vaak zeer kostbaar is. De software wordt door industrieën voor eigen gebruik ontworpen. Het gebrek aan communicatie over deze software en de angst voor concurrentie bevordert het isolationisme. Veelal ontbreekt bij de software de beschrijving over de werking, maar vooral ook de probleemspecificatie, die tot het ontwerp aanleiding gaf. Een handelscentrum voor deze software zou kostenbesparend kunnen werken en bovendien de ontwikkelingstijd van produkten sterk bekorten. Hier zou een ondernemerstaak kunnen liggen, een taak die niet eenvoudig is, maar waarvan de vervulling een harde noodzaak lijkt.



Schematische tekening van een elektronisch gestuurde industriële robot. (Bron: Unimation Inc.)

2.4.4. Robots en kunstmatige intelligentie

Een robot (industrial manipulator) kan worden beschreven als een kunstmatige hand met vijf, soms zes, vrijheidsgraden van beweging. Hij wordt aangedreven door een aantal elektrische of hydraulische motoren. Deze worden op hun beurt gestuurd door een computer. Een robot kan een aantal gecoördineerde handelingen van een zich herhalend karakter aan een werkstuk verrichten.

Doordat robots door een computer gestuurd worden zijn ze zeer flexibel in de te verrichten werkzaamheden. Bovendien kan met de computer de besturing worden aangepast aan signalen uit de omgeving (b.v. stand en plaats van het werkstuk). Om deze flexibiliteit nog te vergroten wordt er nu veel aandacht besteed om robots te voorzien van camera's (gezicht) en tasters (gevoel), die verdere informatie over de werkomgeving aan de besturingscomputer kunnen toevoeren.

Micro-elektronica kan (en zal) een grote invloed hebben op robots en hun gebruik. Niet alleen zal het besturingsorgaan (de computer) goedkoper en/of machtiger worden, maar bovendien kan de besturing ingebouwd worden in het apparaat, verdeeld over diverse plaatsen, zodat de informatie verwerkt kan worden op de plaats en tijd waar dat nodig is zonder dat alles centraal hoeft te gebeuren.

Automaten en automatisering bestaan al lang in de industrie. In feite is daardoor de goedkope massafabricage mogelijk geworden. Maar de bestaande automatisering is een starre automatisering. Slechts vaste, nauwkeurig voorgeschreven handelingen kunnen (in eindeloze herhaling) worden verricht. Robots openen de weg naar flexibele automatisering. De handelingen behoeven van tevoren minder nauwkeurig te worden omschreven. Ze zijn ook gemakkelijker te wijzigen. Robots kunnen dienen om handelingen te verrichten, die zich tot dusver niet of moeilijk lieten automatiseren. Bovendien laten ze op gemakkelijkere wijze variaties in producten en productie toe. Dit opent misschien mogelijkheden voor de kleine en middelgrote industrie.

Robots worden nog slechts op beperkte schaal toegepast. Schattingen lopen uiteen van 5000 tot 10 000 robots over de gehele wereld. Globaal mag gesteld worden, dat een robot wordt ingezet als hij een productiebijdrage, gelijk aan die van drie mankrachten, kan leveren. In totaal kan de productie van de ingezette robots dus gelijkgesteld worden met die van 15 000 tot 30 000 man. Dit betekent nog niet veel. Evenwel dient bedacht te worden dat het daadwerkelijk inzetten van robots voor echte industriële productie pas sinds kort op gang is gekomen en in de komende jaren enorm kan toenemen. Er wordt echter verwacht dat robots in de industriële productie uiteindelijk niet meer dan ongeveer 5 % van de direct daarbij betrokken arbeidsplaatsen overbodig zullen maken. In de gehele industriële bedrijvigheid maakt het aantal mensen, dat direct de productie uitvoert, echter maar een betrekkelijk klein deel uit (minder dan 50 %) van allen die bij de productie betrokken zijn. Ingrijpender zal misschien de invloed zijn indien administratieve of organisatorische automatisering veel van die andere arbeidsplaatsen overbodig zal maken.

Robots zullen goedkoper en flexibeler inzetbaar worden. Een groot deel van de prijs wordt echter bepaald door de mechanische, hydraulische en elektrische constructies. Micro-elektronica zal daarop weinig invloed hebben. Wel is te verwachten dat in de toekomst veel dure, conventionele starre automaten door flexibelere, robot-achtige zullen worden vervangen.

Daarnaast zullen strengere eisen ten aanzien van de arbeidsomstandigheden en het steeds vaker voorkomen van gevaarlijk werk (oliewinning op de zeebodem en hanteren van gevaarlijke stoffen), de vraag naar en het inzetten van robots stimuleren. Ook sommig geestdodend werk kan door robots worden overgenomen.

De digitale logische functies van een robot betreffen voornamelijk een direct besturende taak aan de hand van de tevoren ingevoerde gegevens en directe signalen uit de omgeving. In principe is het heel goed voorstelbaar

dat hieraan begrijpende, lerende en interpreterende functies worden toegevoegd. Dit is het terrein van de kunstmatige intelligentie (artificial intelligence). De Adviesgroep meent hierover kort te kunnen zijn. Dit soort toepassingen is nog vrijwel geheel in het onderzoekstadium. Nu reeds toepasbare resultaten zijn nog uiterst beperkt. Het gebied is dermate ingewikkeld en moeilijk en nog onbegrepen dat hierin op korte termijn geen spectaculaire veranderingen mogen worden verwacht. Wel is het zo dat micro-elektronica de dragende materiële middelen hiervoor enorm verruimt.

2.5. COMPUTERS EN MICRO-ELEKTRONICA

Wie de samenhang tussen computers en micro-elektronica wil begrijpen moet allereerst inzien dat enerzijds zonder de uitvinding van de transistor de commerciële computer nooit zo'n succes zou hebben gehad en dat anderzijds de computerindustrieën een vroege commerciële markt vormen van de micro-elektronica. Deze bestond tot dusver alleen bij de gratie van de Amerikaanse overheid ten behoeve van ruimtevaart en defensie.

Inmiddels is, ook technologisch, de verbondenheid van computer en micro-elektronica toegenomen. Op alle hiervoor beschreven deelgebieden van de micro-elektronica hebben computers hun intrede gedaan: voor de automatische besturing van uitrichtmachines, ovens, z.g. ion-implantators en patroongeneratoren, voor ondersteuning bij het ontwerpen van nieuwe schakelingen, voor het vergaren van statistische informatie omtrent opbrengst en uitval en het analyseren van fout-oorzaken in het fabricageproces, voor het administratief begeleiden van het fabricageproces per plak, bij een productie van 700-1000 plakken per dag en het «onderweg» zijn van zo'n 15 000 plakken geen overbodige luxe.

Kortom, er zijn wellicht weinig industrieën in de wereld, waarin de mogelijkheden van computers zo volledig zijn uitgebuit als in de micro-elektronica industrie. Dit vindt ten dele zijn verklaring in haar jeugd: er waren geen bestaande structuren te doorbreken om automatisering mogelijk te maken.

De relatie tussen computer en micro-elektronica geraakte in een nieuwe fase door het in 1969 algemeen bekend worden van de microprocessor. Babbage's Analytical Engine (1840) werd samengevat in één IC dat, aangevuld met een geheugen-IC, als computer kan functioneren. Hiermee wordt in de micro-elektronica tevens de problematiek geïntroduceerd, die in de computerwereld al enkele decennia actueel was: die van de software. De computer is te definiëren als een automaat die handelingen verricht in een nog nader te omschrijven volgorde. Dit impliceert dat handelingsvoorschriften (programma's) moeten worden opgesteld. Een microcomputer verschilt in dit opzicht niet van andere typen computers.

De software-problematiek lijkt overigens op die van het ontwerpen van IC's. Beide technieken moeten de aansluiting tot stand brengen tussen gestandaardiseerde componenten en de werkelijkheid. Wat verschilt is het standaardisatieniveau; wat ook verschilt, is de wetenschappelijke omgeving, waarin de werkzaamheden passen. Een wetenschappelijke basis voor een software-technologie is nog nauwelijks gelegd; werkmethode en professionele gedisciplineerdheid zijn lang niet zo ver ontwikkeld als in de elektronica.

In de nabije toekomst mag een interessante wedijver om de toepassingen verwacht worden tussen software- en IC-ontwerpers.

2.6. DE IC-INDUSTRIE

Tot slot nog een enkele opmerking over de IC-industrie zelf. Globaal kan deze industrie in drieën worden verdeeld.

– Het eerste deel omvat de eigenlijke productieprocessen. Dit deel is nu als industrieel volwassen te beschouwen. De processen en procesappara-

tuur zijn in principe bekend evenals de problemen die zich daarbij voordoen. Hoewel ze zeker niet altijd gemakkelijk zijn op te lossen, is toch min of meer aan te geven hoe dat zou kunnen. De grenzen van de mogelijkheden zijn te schatten. Spectaculaire vernieuwingen zijn niet direct te verwachten.

– Het tweede deel omvat de activiteiten die dienen om de eigenlijke produkten te definiëren en te ontwerpen; de systeemfuncties zoals ze door IC's worden gedragen. Tot nu toe beperkt zich dit nog voornamelijk tot microprocessoren, geheugen-IC's en een klein aantal dedicated IC's. Bij de eerste twee wordt de produktdefinitie aan de afnemers/gebruikers gelaten. Op het terrein van produktdefinitie en -ontwerp zal de IC-industrie in sterke mate met haar klanten, de apparaten- en systeembouwers, moeten samenwerken. Dit staat nog pas aan het begin. Vooral hier zijn nog veel vernieuwingen te verwachten.

– Het derde deel bevindt zich tussen de bovengenoemde delen. Het omvat de middelen om de produkten te ontwerpen, zodat ze in fabricageprocessen kunnen worden gemaakt. De CAD-systemen, de meet- en testapparatuur en -methodieken, de maskerfabricage e.a. behoren tot dit deel. Dit gebied is zeker nog niet rijp en er zijn nog een aantal fundamentele problemen op de lossen. Er wordt echter grote voortgang geboekt en het gebied begint, naarmate de omvang van IC's toeneemt, sterk aan belangrikheid te winnen. Vooral voor de industrie die zich met toepassingen bezighoudt, is het van belang hierbij betrokken te zijn, daar zij van deze middelen gebruik zal moeten maken om toegang tot het eerste deel, de eigenlijke IC-industrie, te hebben.

Gezien de industriële volwassenheid van het eerste deel is het moeilijk daar nu nog van de grond af te beginnen. De industriële kaarten zijn min of meer geschud, zie ook figuur 2.10. Japan is een uitzondering, doordat het in staat is in te springen op volwassen technologieën. Indien bekend is hoe iets gedaan kan of moet worden, wordt het in Japan ook zo gedaan. Hierin schuilt een bedreiging voor zowel Amerika als Europa. Wel kan men zich afvragen of Japan met evenveel succes op het terrein van de produktendefinitie kan opereren. De Adviesgroep meent echter te moeten waarschuwen tegen al te lichtvaardige veronderstellingen in dit opzicht.

Productie-aandeel in %	Hoofdkantoor in		
	Verenigde Staten	Europa	Japan
>10	IBM Texas Instruments		
5.... 10	National SC Motorola Intel	Philips	
2.... 5	Fairchild Western Electric AMD Mostek RCA	Siemens	NEC Hitachi Toshiba
1.... 2	Hewlett Packard Harris Gen. Instruments Rockwell ITT AMI	Thomson-CSF	Mitsubishi MEC Fujitsu
Totaal productie-aandeel in %	67	10	16

Figuur 2.10: De belangrijkste producenten van geïntegreerde circuits. (Bron: dr. W. Edlinger, Philips, in lezing op congres «Chips en Werk», TH-Twente, september 1979).

Hoofdstuk 3. Mogelijke gevolgen voor de Nederlandse economie¹

3.1. INLEIDING

De mogelijke gevolgen voor de economie van de introductie op grote schaal van micro-elektronica worden in dit hoofdstuk op drie niveaus beschouwd, het macro-, het meso- en het micro-niveau. Deze driedeling is gekozen omdat de achterliggende verschillen in de wijze van benadering het mogelijk maken:

- a. schattingen van de effecten, met name die op een macro- en meso-niveau, met elkaar te vergelijken;
- b. uitspraken te doen over de relevantie van mogelijke door de overheid te nemen maatregelen (zie hoofdstukken 6 en 7). Vele van die maatregelen kunnen wat de effectiviteit ervan betreft verschillen al naar gelang b.v. de bedrijfstak, de grootte van de organisatie en de regio waarin organisaties zijn gevestigd of zich willen gaan vestigen;
- c. relatie te leggen tussen de economische, de sociale en de sociaal-psychologische aspecten van het onderhavige vraagstuk (zie hoofdstuk 4).

Op macro-niveau worden economische systemen beschreven en onderzocht met behulp van modellen, die een samenhang weergeven tussen een aantal variabelen, zoals inkomen, werkgelegenheid, consumptie, investeringen, in- en uitvoer, enz. Deze variabelen worden veelal gedefinieerd op het niveau van een volkshuishouding, d.w.z.: zij geven de totale consumptie en de totale investeringen van een bepaald land weer. Aan de hand van bepaalde criteria kunnen uitspraken worden gedaan over het functioneren van het systeem. Door de samenhang tussen de variabelen wordt de toestand waarin een economisch systeem verkeert, bepaald door een groot aantal factoren. Bij het vaststellen van het effect van een verandering in één van die factoren, in dit geval de technologie, zal rekening moeten worden gehouden met mogelijke effecten die optreden door veranderingen in andere factoren.

De Adviesgroep is van mening dat de introductie van micro-elektronica ook economisch als een ernstig vraagstuk moet worden beschouwd. Dit in het bijzonder door het feit dat die introductie samenvalt met een ontwikkeling van enkele andere factoren, die het adequaat functioneren van het economische systeem negatief beïnvloeden. Voor een juiste bepaling van de invloed van micro-elektronica is het van belang de invloed van deze andere factoren te onderkennen:

1. Een technologische ontwikkeling, die in de secundaire sector, voor een deel overigens waarschijnlijk reeds mede door de invloed van de micro-elektronica, de laatste jaren leidt tot een z.g. groei zonder arbeidsplaatsen (jobless growth), zie tabel 3.1.¹ Het betekent dat ondanks een groei in de bedrijvigheid in de industriële sector het aantal arbeidsplaatsen in die sector de komende jaren waarschijnlijk zal afnemen, zie ook punt 2. Deze ontwikkeling kan niet alleen worden verklaard, zoals weleens wordt gesuggereerd, door de verplaatsing op grote schaal van arbeidsintensieve productieprocessen

¹ Een literatuurlijst is aan het einde van dit hoofdstuk toegevoegd. Ook de tabellen zijn aan het einde van dit hoofdstuk verzameld.

vanuit geïndustrialiseerde landen naar ontwikkelingslanden. De in- en uitvoercijfers in tabel 3.2 en de cijfers in tabel 3.3 bevestigen de hypothese dat de wereldhandel voornamelijk wordt bepaald door de handel tussen geïndustrialiseerde landen en de export van deze naar ontwikkelingslanden.² Zo er al sprake is van een export van arbeidsintensieve productieprocessen, kan deze ontwikkeling door automatisering met behulp van micro-elektronica gedeeltelijk worden tegengehouden, zie paragraaf 3.2.2 en vergelijk ook paragraaf 4.8.

Alhoewel er in kringen van deskundigen geen eenstemmigheid bestaat over de invloed van het proces van kapitaalintensivering voor de verklaring van de huidige werkloosheid, wordt door diegenen die gebruik maken van de z.g. jaargangmodellen aan die factor relatief veel gewicht toegekend. Zo stelt men: «The Dutch economy appears to be characterized by labour shortage in the sixties and capital shortage in the seventies, with the consequence for the seventies that there is a considerable amount of structural unemployment. The main cause of this bad structural unemployment situation is unquestionably the strong rise in Real Wages in the late sixties and the early seventies. Due to this, entrepreneurs scrapped old labourintensive vintages at an accelerating rate, and replaced them with new, more capital intensive equipment. In this respect the seventies differ strongly from the thirties, in which capital shortage was mainly due to the very low level of gross investment and in which unemployment also contained an important expenditure component.»³

Aangenomen mag worden dat een verdere uitbreiding van de micro-elektronica, zie ook de volgende paragraaf, leidt tot een toeneming van de kapitaalintensivering en daarmee tot een continuering van een toestand van groei zonder arbeidsplaatsen. Deze conclusie steunt op twee feiten:

- de mogelijkheden van het gebruik van micro-elektronica bij de automatisering van productieprocessen zullen de komende jaren, naar men algemeen aanneemt, snel toenemen;
- de steeds gunstiger wordende prijs/prestatie-verhouding van micro-elektronica (zie ook hoofdstuk 2) zal, zeker bij een te verwachten toename van het reële loon, economisch gezien leiden tot een vervroeging van het proces van substitutie van arbeid door kapitaal.

2. De groei in de vraag naar eindprodukten uit de secundaire sector in de geïndustrialiseerde landen neemt de laatste jaren af. Een vergroting van de afzet van een bepaalde organisatie kan in deze situatie vaak alleen worden bereikt ten koste van de afzet van concurrenten in binnen- en buitenland. In de concurrentiestrijd worden veelal marktinstrumenten, prijs en reclame, gehanteerd die dikwijls een verlaging van het rendement bewerkstelligen. Naast de druk op de winst door belastingen en de sterk gestegen loonkosten kan dit betekenen dat de rentabiliteit van organisaties op een zodanige wijze wordt aangetast, dat onvoldoende risicodragend vermogen beschikbaar is voor het uitvoeren van innovatieprogramma's ten behoeve van productie-ontwikkeling. De cijfers in tabel 3.4 tonen aan dat de verhouding eigen versus vreemd vermogen de laatste jaren drastisch is veranderd en dat met name de reserveringen in de sector industrie gemiddeld tot nul procent zijn gedaald.⁴ Voor de ontwikkeling van de micro-elektronica geldt dat de investeringen in het ontwikkelingswerk en in de productiecapaciteit relatief hoog zijn. Schattingen van de omloopsnelheid van het totale vermogen leveren voor verschillende organisaties uitkomsten op van 1,1–1,6.⁵ Gebrek aan risicodragend vermogen kan de ontwikkeling van de micro-elektronica en de verdere toepassingen daarvan afremmen. Drie factoren hebben tot nu toe voorkomen dat een gebrek aan risicodragend vermogen de ontwikkeling van de micro-elektronica in ernstige mate heeft beïnvloed:

- a. Slechts weinig organisaties produceren uitsluitend geïntegreerde schakelingen. De productie van deze organisaties wordt geschat op minder dan 10% van de wereldproductie. Ongeveer 50% van de wereldproductie komt van multinationale elektronische concerns, die door het brede assortiment

dat zij aanbieden het risico kunnen spreiden, een zeker minimum-rendement kunnen bereiken, zie tabel 3.4, en die doorgaans reeds uit anderen hoofde beschikken over omvangrijke onderzoekafdelingen.⁶ Vergelijk ook figuur 2.10.

b. De overheid heeft in bepaalde landen, met name in de VS en in Japan, als afnemer een zekere minimum-afzet gegarandeerd.

c. De overheid heeft voorts in vele landen door een pakket van verschillende maatregelen, zoals subsidies, hoge invoerrechten en het verstrekken van financiële middelen tegen lage tarieven, de ontwikkeling van de micro-elektronica bevorderd.

Voor al in de beginjaren van die ontwikkeling, toen relatief weinig overheden maatregelen namen, zijn die waarschijnlijk effectief geweest. Dit gezien het feit dat twee-derde van de wereldproductie van geïntegreerde schakelingen wordt verzorgd door de VS, 16% door Japan en slechts 10% door Europa. Indien het merendeel der overheden van geïndustrialiseerde landen nu ook maatregelen gaat treffen, moet er sterk aan worden getwijfeld of die een vergelijkbare effectiviteit zullen hebben. Op de consequenties daarvan wordt in de paragrafen 3.2.1 en 3.5 nader ingegaan.

3. Veranderingen in de werkgelegenheid door technologische ontwikkelingen zijn in de geïndustrialiseerde landen geen onbekend verschijnsel. In vele Westeuropese landen, waaronder Nederland, werkte direct na de tweede wereldoorlog meer dan 30% van de beroepsbevolking in de sector landbouw. In het merendeel van die landen is dit percentage gedaald tot beneden de 5%. Het overschot aan arbeidskrachten door het vervallen van arbeidsplaatsen in de primaire sector is opgevangen door een toenemend aantal arbeidsplaatsen eerst in de secundaire en later in de tertiaire sector. Velen menen ook nu nog dat de tertiaire sector in de toekomst in staat zal zijn een discrepantie tussen vraag en aanbod van arbeid op te heffen, zie bij voorbeeld rapport nr. 15 van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR).⁷ De Adviesgroep meent dat in hoge mate moet worden betwijfeld of de in het komende decennium verwachte groei in het aanbod van arbeidskrachten, zie de genoemde WRR-nota, kan worden opgevangen door alleen een groei van het aantal arbeidsplaatsen in de tertiaire sector. Daarvoor zijn ten minste twee redenen:

a. Een ook in het genoemde WRR-rapport gesignaleerd streven van de overheid de groei in de overheidsuitgaven te stabiliseren. Dit streven vindt o.a. de neerslag in een beperking van de groei van het aantal arbeidsplaatsen in de overheidssector.

b. Het arbeidsintensieve karakter van de tertiaire sector zal juist door de introductie van micro-elektronica veranderen. Ook het verschijnsel van de groei zonder arbeidsplaatsen, tot nu toe typerend voor de technologische ontwikkeling in de primaire en secundaire sector, zal waarschijnlijk voor vele onderdelen van deze sector kenmerkend worden, zie ook paragraaf 3.3.

4. Economische groei wordt de laatste jaren niet meer gezien als het enige middel voor de oplossing van economische en dikwijls ook andere maatschappelijke problemen. Selectieve groei wordt gepropageerd, zie ook WRR-nota nr. 15, waarbij keuzen gemaakt moeten worden tussen alternatieven met meer of minder economische groei, meer of minder gebruik van schaarse grond- en hulpstoffen, meer of minder aantasting van de omgeving, grotere of kleinere verschillen tussen arme en rijke landen. Afweging van die alternatieven is geen eenvoudige zaak, omdat in vele gevallen noch over de mogelijke gevolgen van de alternatieven, noch over de waardering van de verschillende alternatieven eenstemmigheid bestaat. Gezien deze grote mate van onzekerheid is de politiek van de overheid erop gericht zoveel mogelijk principiële beslissingen ten aanzien van de keuze-problematiek te vermijden en, indien enigszins mogelijk, een afwachtende houding aan te nemen. Een kenmerk van de technologische ontwikkeling in de laatste de-

cennia is dat de introductietijd, dat wil zeggen de tijd nodig vanaf het begin van de produktontwikkeling tot het op relatief grote schaal aanbieden op een markt, steeds korter wordt. Dat geldt zeker ook voor micro-elektronica, waar voor deze categorie nog aan kan worden toegevoegd dat de gemiddelde economische levensduur van het eindprodukt nu reeds wordt geschat op 4 à 6 jaren.⁸ Deze twee factoren te zamen betekenen dat organisaties het zich niet kunnen permitteren een afwachtende houding aan te nemen ten aanzien van nieuwe produktontwikkeling. Het betekent naar de mening van de Adviesgroep dat ook de overheid dat op dit moment niet meer kan. In paragraaf 3.5 wordt op dit punt nader ingegaan.

3.2. HET MACRO-GEZICHTSPUNT

In deze paragraaf zal een aantal mogelijke economische gevolgen van de introductie van micro-elektronica aan de hand van de volgende punten worden besproken:

- De implementatie van de micro-elektronica.
- De betalingsbalans en de micro-elektronica.
- Kwalitatieve veranderingen in de vraag naar arbeid en de micro-elektronica.
- Kwantitatieve veranderingen in de vraag naar arbeid en de micro-elektronica.

Alvorens deze punten te bespreken zal enige aandacht worden besteed aan enkele methodologische vragen. Zonder gedetailleerd op de technische merites van verschillende methoden voor het schatten van toekomstige effecten van veranderingen in te gaan, meent de Adviesgroep dat het van belang is aan te geven welke wegen zijn gevolgd en waarom die keuze is gemaakt.

Er kunnen ten minste vier verschillende wegen voor het maken van schattingen van de economische effecten van veranderingen worden onderscheiden:

1. Macro-economische modellen, zoals in Nederland die van het Centraal Planbureau (CPB), definiëren de samenhang tussen een aantal economische variabelen, die doorgaans worden gedefinieerd op een landelijk niveau. Het CPB heeft op verzoek van de Adviesgroep met behulp van een z.g. jaargang-model een schatting van de mogelijke gevolgen gemaakt. Het aan de Adviesgroep uitgebrachte rapport is als bijlage 3 aan dit rapport toegevoegd. In paragraaf 3.2.4 wordt aan dit rapport nadere aandacht besteed. Een van de grote voordelen van het gebruik van dit soort modellen is dat de samenhang tussen economische variabelen kwantitatief is gespecificeerd. Een nadeel is de hoge graad van aggregatie van de variabelen en het feit dat men voor de genoemde kwantitatieve specificatie gebruik maakt van waarnemingen uit het verleden. Indien men van mening is dat de toekomst geheel andere samenhangen zal vertonen dan die in het verleden, rijst de vraag in hoeverre, en in het bijzonder voor welke periode, men de op dit moment valide kwantitatieve interpretatie mag gebruiken.

2. Vooral als het gaat om het schatten van de effecten van technologische veranderingen, ligt disaggregatie van macro-economische modellen naar het niveau van de belangrijkste sectoren van het economische systeem voor de hand. Het in de economie van oudsher gebruikte instrument voor de aanpak van dit vraagstuk zijn de z.g. «input-and-output»-modellen. Deze modellen definiëren de samenhang, dat wil zeggen de onderlinge leveringen, tussen een aantal bedrijfstakken en de import en export van deze bedrijfstakken. In Oostenrijk wordt op dit moment het onderzoek naar mogelijke effecten van de technologische verandering onder invloed van micro-elektronica langs deze weg uitgevoerd.⁹ De Adviesgroep heeft deze weg niet gekozen,

omdat de beschikbare tijd daarvoor te kort was. Juist door de disaggregatie geldt dat een kwantitatieve specificatie op basis van waarnemingen uit het verleden niet zonder meer kan worden gebruikt. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk om de parameters in het model, zoals die in de toekomst zullen gaan gelden, te schatten.

3. Een aggregatie van bedrijfstakken naar sectoren en het schatten van de effecten per sector. De Adviesgroep heeft deze weg gekozen; een nadere behandeling ervan vindt plaats in de volgende paragraaf. Een bezwaar tegen deze weg is dat er geen samenhangen tussen de verschillende sectoren en tussen deze sectoren en andere economische variabelen zijn gespecificeerd. Het is daarmee onmogelijk bij voorbeeld aan te geven wat het effect is op de import en export, of te schatten wat de effecten zijn van mogelijk door de overheid te nemen maatregelen.

4. Een micro- of, wat men zou kunnen noemen, voorbeeldbenadering. Daarbij wordt op grond van waarnemingen in een bepaalde organisatie een schatting gemaakt van de mogelijke effecten in een bedrijfstak of sector. De Adviesgroep heeft deze weg niet gekozen, omdat ze deze methodologisch voor aanvechtbaar houdt. De organisatie die wordt gekozen is doorgaans een voorloper en als zodanig niet representatief voor wat er in een bedrijfstak, laat staan in een sector, gaat gebeuren. De Adviesgroep is dan ook van mening dat deze weg ten onrechte vaak als een aparte methode wordt gehanteerd. Veel van de, op dit moment nogal speculatief aandoende, uitspraken over mogelijke effecten berusten op deze aanpak, uitgaande van een verzameling impliciet aangenomen vooronderstellingen, waaraan doorgaans niet wordt voldaan, zie paragraaf 3.4.

Beschrijvingen van toekomstige situaties met behulp van economische modellen worden niet gekenmerkt door een hoge mate van betrouwbaarheid. Enkele van de belangrijkste oorzaken daarvoor zijn in het voorgaande reeds genoemd. Dat betekent dat de in dit rapport weergegeven schattingen van bepaalde gevolgen van de toekomstige ontwikkeling moeten worden beschouwd als ruwe indicatoren van die gevolgen. Dit geldt te meer als men de termijn die wordt gehanteerd, namelijk 10 jaren, mede in de beschouwing betreft. Indien die indicatoren echter in dezelfde richting wijzen, hetgeen ten aanzien van de werkgelegenheid het geval is, moet de informatieve waarde ervan niet worden onderschat.

3.2.1. De implementatie van de micro-elektronica

De bijlage 4 bevat een lijst van toepassingen van de micro-elektronica, die duidelijk aangeeft dat de mogelijkheden voor toepassing bijzonder talrijk zijn, terwijl voorts mag worden aangenomen dat die lijst de komende jaren nog aanzienlijk zal worden uitgebreid. De totale omzet op de micro-elektronica markt wordt in 1978 op 12 mld. gulden geschat.¹⁰ Groeipercentages in de omzet van 10 à 15 % per jaar zijn de laatste jaren normaal. Aangenomen wordt dan ook doorgaans dat in het komende decennium de omzet ten minste zal verdubbelen en waarschijnlijk nog sterker zal toenemen. Betreft men daarbij de te verwachten prijsdalingen, dan moet de afzet op deze markt nog veel sterker groeien. Tabel 3.5 geeft voor 1978 een procentuele verdeling van de markt naar typen van toepassing en werelddeel, waar de toepassing plaatsvond.¹⁰ In tabel 3.6 wordt een overzicht gegeven van de verschillen tussen productie en gebruik van micro-elektronica in diverse landen en werelddelen.¹¹ Aangenomen wordt veelal dat er een geleidelijke verschuiving zal plaatsvinden van de VS naar andere landen. Daarbij gaat men er overigens vanuit dat die verschuiving niet groot zal zijn en dat de VS de leidende positie in de productie zullen blijven behouden.

Uit tabel 3.5 blijkt dat 70% van de toepassing plaatsvindt in de kapitaal-goederenindustrie, in het bijzonder in het eindproduct computers. Over het

algemeen wordt niet aangenomen dat de procentuele verdeling 70 – 30% tussen toepassing van micro-elektronica in kapitaalgoederen- en consumptiegoederenindustrie het komende decennium sterk zal veranderen. Wellicht kan worden verondersteld dat het percentage van toepassingen in de consumentengoederenindustrie zal toenemen.

In verband met het feit dat vele overheden stimulerende maatregelen nemen voor de ontwikkeling c.q. groei van een nationale micro-elektronica-industrie is het van belang de vraag te beantwoorden of een zekere specialisatie zinvol zou kunnen zijn. Eén mogelijkheid voor specialisatie ligt als het ware voor de hand, namelijk die waarbij men zich niet richt op de productie van micro-elektronica in de vorm van geïntegreerde schakelingen, maar op het gebruik daarvan in consumptiegoederen c.q. kapitaalgoederen. Uit tabel 3.7 blijkt dat die markten, wat de grootte van de omzet, het te verwachten werkgelegenheidseffect en de verwachte groei betreft, veel interessanter zijn dan de micro-elektronica-markt sec.¹² Alhoewel specialisatie een te overwegen alternatief schijnt te zijn, is er ten minste een factor die een dergelijke specialisatie, op dit moment zeker, niet zonder meer uitvoerbaar maakt. Dat is het feit dat het ontwerp van geïntegreerde schakelingen voor toepassing in kapitaal- of consumptiegoederen een technische know-how en een samenwerking tussen producent en afnemer vereist, die zonder een zekere relatie tussen producent en afnemer van micro-elektronica doorgaans niet tot stand komt. Dit punt is zeker, naast de reeds genoemde grote investeringen in ontwikkelingswerk en productiecapaciteit één van de factoren die hebben geleid tot een grote concentratie van de micro-elektronica-productie in multinationale elektronica-concerns. Het verklaart tevens het verschijnsel van de regelmatig optredende z.g. voorwaartse integratie, waarbij producenten van micro-elektronica hun eigen afnemers overnemen. Het zal van de toekomstige ontwikkeling, o.a. bij voorbeeld op het gebied van het onderwijs, afhangen of deze situatie in de toekomst zal blijven bestaan. Zoals de situatie nu ligt, lijkt een politiek, gericht op een specialisatie op één of enkele produkten waarin micro-elektronica wordt verwerkt, zonder over know-how en de capaciteit voor de productie van micro-elektronica te beschikken, een niet haalbare opgave. Voor ons land speelt de zojuist genoemde beperking bij het implementeren van een politiek van specialisatie in mindere mate een rol. Het centrum van één van de multinationale elektronica-concerns, werkzaam op het gebied van micro-elektronica-productie, is in ons land gevestigd, zodat er een zekere garantie kan worden gecreëerd voor het toeleveren van de noodzakelijke kennis.

Zoals reeds eerder is opgemerkt, zijn micro-elektronica en computers geen synoniemen. Eén ding hebben ze in bepaalde gevallen gemeen, namelijk dat er programmatuur – software – nodig is om ze te laten functioneren. Uit tabel 3.8 blijkt dat met name de software-markt de laatste jaren sterk is gegroeid en, naar wordt verwacht, zal die groei zich de komende jaren voortzetten.¹³ Een specialisatie op het produkt software ligt, gezien de hoge toegevoegde waarde en het arbeidsintensieve karakter van de productie, voor een land als Nederland voor de hand. De overheid zal, wil zij dit bevorderen, de nodige maatregelen moeten nemen op het gebied van het onderwijs, zeker dat in de informatica, zie ook de hoofdstukken 5, 6 en 7.

De implementatie van micro-elektronica geschiedt voor een belangrijk deel door de introductie van nieuwe produkten en door een verandering in de eigenschapsspecificatie van bestaande produkten. De introductie van nieuwe produkten creëert nieuwe werkgelegenheid. Meestal gaat echter de introductie van nieuwe produkten ten koste van de afzet van andere, reeds bestaande produkten, tenzij het nationale inkomen in reële termen sterk toeneemt, zoals in de jaren '50 en '60. Het laatste wordt voor de komende jaren niet verwacht, zodat het netto-werkgelegenheidseffect van de introductie van micro-elektronica door middel van nieuwe consumptiegoederen, zie ook de volgende paragraaf, op nul wordt geschat. De implementatie van micro-elektronica door middel van nieuwe kapitaalgoederen, leidende tot nieu-

we productieprocessen, zal naar de mening van de Adviesgroep netto resulteren in het afstoten van arbeidsplaatsen. Op de omvang wordt in de paragrafen 3.2.4 en 3.3 nader ingegaan.

3.2.2. De betalingsbalans en de micro-elektronica

De schattingen van de effecten op de werkgelegenheid, ten gevolge van de introductie van micro-elektronica in de vorige paragraaf gegeven, zouden positief kunnen uitvallen als Nederland in staat zou zijn een meer dan evenredig deel van de te verwachten groei in afzet te verkrijgen door middel van export. Er zijn weinig argumenten die de vooronderstelling rechtvaardigen dat dit zal plaatsvinden. In de eerste plaats omdat de micro-elektronica-markt wel wordt aangeduid als een wereldmarkt. De productie is sterk geconcentreerd en de mate van concentratie neemt nog voortdurend toe. Dit is enerzijds een gevolg van de hoge aanloopkosten van de productie die leidt tot grote series. Dit heeft dan weer een marketing met een relatief sterke «push»-politiek ten gevolge. Anderzijds zijn de transportkosten zeer laag, zodat de productie ook geografisch geconcentreerd kan worden uitgevoerd. Ook bij vele van de produkten waarin micro-elektronica wordt toegepast, b.v. computers, telecommunicatieapparatuur en de auto-, radio- en televisie-industrie, heeft een sterke concentratie in de laatste decennia plaatsgevonden. Indien men geen sterke positie in deze markten heeft, is het vrijwel onmogelijk die met behulp van micro-elektronica te veroveren. Nu zijn er voor de geïndustrialiseerde landen mogelijkheden in de sfeer van toepassing van micro-elektronica door de ontwikkeling van nieuwe produkten. Ten aanzien van dit punt kan op dit moment, per definitie, niet worden gesproken van een leidende positie. Er zijn voor Nederland zeker mogelijkheden. Pluspunten voor ons land zijn de in de vorige paragraaf genoemde gunstige startpositie ten aanzien van de mogelijkheden voor specialisatie en het feit dat Nederland beschikt over de nodige ervaring op het terrein van de buitenlandse handel. In de tweede plaats moet, zonder het nemen van daarvoor geëigende maatregelen, worden gewaarschuwd voor overdreven verwachtingen ten aanzien van de effecten van nieuwe produktontwikkelingen, zeker op de korte termijn. De Adviesgroep sluit zich dan ook aan bij de schattingen door het CPB gemaakt (zie bijlage 3). Tussen de beide alternatieven door het CPB onderscheiden wordt, zonder dat maatregelen door de overheid worden genomen, geen onderscheid gemaakt in het effect op de in- en uitvoer, in volume gemeten. In beide alternatieven is het effect van de introductie van micro-elektronica dat de uitvoer met 5% en de invoer met 10% toeneemt. Eerst onder invloed van de overheidsmaatregelen treden er tussen beide alternatieven verschillen op. Die verschillen lijken dan vooral een gevolg te zijn van een verschil in één van de overheidsmaatregelen, namelijk een loonbeperking van 1% ten opzichte van 0,5% per jaar.

Dikwijls wordt verondersteld dat uitbreiding van de buitenlandse handel kan plaatsvinden door export naar ontwikkelingslanden. Nu is de categorie ontwikkelingslanden niet homogeen. Neemt men het inkomen, waarover ontwikkelingslanden kunnen beschikken, als een criterium voor een indeling, dan is het duidelijk dat de OPEC-landen een afzonderlijke categorie vormen. In deze landen is een aantal mogelijkheden, bij voorbeeld op dit moment op het gebied van telecommunicatie-apparatuur, aanwezig die voor de afzet van geïndustrialiseerde landen interessante perspectieven bieden. Op niet al te lange termijn geldt dat zeker ook voor andere produkten, bij voorbeeld computers met aangepaste software. Neemt men de export uit ontwikkelingslanden van produkten uit de secundaire sector als criterium, dan is een andere onderverdeling mogelijk. Ongeveer 45% van de export uit de ontwikkelingslanden van produkten uit de secundaire sector blijkt te komen uit vier landen, namelijk Zuid-Korea, Taiwan, Spanje en Hongkong. Bij toevoeging van de volgende acht landen, Joegoslavië, Brazilië, India, Mexico, Israël, Portugal, Singapore en Griekenland, heeft men 80% van die export

verklaard. De Adviesgroep is van mening dat, de zojuist genoemde niet onbelangrijke uitzonderingsgevallen daargelaten, er niet van kan worden uitgegaan dat de export van geïndustrialiseerde landen naar ontwikkelingslanden op de korte of de middellange termijn op enigszins grote schaal als schepper van werkgelegenheid kan fungeren. Eerder het omgekeerde mag worden verwacht. Alleen door een vergroting van de invoer van de geïndustrialiseerde landen kunnen middelen aan de ontwikkelingslanden ter beschikking worden gesteld die een proces van economische ontwikkeling in die landen bevorderen. Juist micro-elektronica kan, zoals in paragraaf 3.1 reeds is opgemerkt, het proces van internationale arbeidsverdeling door een export van arbeidsintensieve productieprocessen naar goedkope (ontwikkelings-)landen vertragen, zo niet voor een deel verhinderen. Op de korte termijn betekent dit voor de geïndustrialiseerde landen het behoud van een stuk werkgelegenheid en het biedt wellicht de mogelijkheid tot een vergroting van de export. Gezien op een lange termijn moet worden betwijfeld of deze ontwikkeling moet worden toegejuicht. Het blokkeert reële mogelijkheden voor de oplossing van de problematiek van rijke versus arme landen, zie hoofdstuk 4. Gezien het belang van dit punt worden de belangrijkste argumenten ter ondersteuning van de stelling dat micro-elektronica de «export» van arbeidsintensieve productieprocessen zal vertragen in de volgende drie punten samengevat.

1. Automatisering verkleint het aandeel van de directe arbeidskosten in de totale kosten en verlaagt in vele gevallen de totale kosten, in elk geval de totale variabele kosten.
2. Automatisering maakt dat vele traditionele productieprocessen onder invloed komen te staan van ontwikkelings- en ontwerponderzoek. Dit leidt ertoe dat makkelijker kan worden voldaan aan hogere kwaliteitseisen, die aan het eindproduct worden gesteld of die daaraan uit een oogpunt van marketing worden opgelegd.
3. Automatisering maakt het mogelijk de kwaliteit van het management in de geïndustrialiseerde landen te verhogen en de voorsprong op dit punt op de ontwikkelingslanden te behouden of nog verder te vergroten.

3.2.3. De kwalitatieve veranderingen in de vraag naar arbeid en de micro-elektronica

Vrijwel algemeen wordt aangenomen dat de introductie van micro-elektronica invloed zal uitoefenen op de aard van de vraag naar de productiefactor arbeid, zie voor een beschouwing over de aard van deze veranderingen hoofdstuk 4. Die verandering in de vraag zal o.a. tot uitdrukking komen in een grotere vraag naar geschoolde arbeidskrachten en een vermindering van de vraag naar ongeschoolden. Een ontwikkeling die overigens al jaren waarneembaar is. Extrapolatie van die ontwikkeling leidt dan tot een schatting van de te verwachten situatie, zoals weergegeven in tabel 3.9.¹⁴ Betwijfeld moet echter worden of de in tabel 3.9 geschetste verschillen tussen vraag en aanbod door de introductie van micro-elektronica geheel zullen verdwijnen.¹⁴

De Adviesgroep verwacht dat de verschillen in tabel 3.9 door de micro-elektronica ontwikkeling op het hoogste en laagste niveau kleiner en op het middenniveau groter (in de zin van een groter aanbod dan vraag) zullen worden. Om een evenwichtiger ontwikkeling van vraag en aanbod te bereiken is het noodzakelijk dat er in ons onderwijssysteem veranderingen worden ingevoerd, die bewerkstelligen dat:

- a. het gebruik van apparatuur met micro-elektronica als een normaal onderdeel in lesprogramma's wordt geïntegreerd, zodat leerlingen vertrouwd raken met de mogelijkheden die daardoor worden geboden. Een minimumvoorwaarde die men in dit verband kan stellen is, dat leerlingen een aantal technische faciliteiten, van wat men wel noemt de informatiemaatschappij, kennen. Daarnaast moet het onderwijs meer aandacht besteden aan de mo-

gelijkheden, die apparatuur met micro-elektronica biedt op het terrein van het z.g. algoritmisch denken. Voorts moet uiteraard kennis van en vaardigheid in het implementeren van micro-elektronica worden onderwezen;

b. de frequentie waarmee technologische en andere maatschappelijke veranderingen optreden hand over hand toeneemt. Dat betekent dat het onmogelijk wordt iemand een opleiding te geven die adequaat is voor zijn gehele werkzame leven. Dit feit wordt al vele jaren onderkend en heeft reeds geleid tot enkele wijzigingen in ons onderwijssysteem. Deze wijzigingen zijn evenwel onvoldoende om de gevolgen van de introductie van micro-elektronica op te vangen, enerzijds omdat de huidige beroepsbevolking op dat gebied vrijwel geheel ongeschoold is, anderzijds omdat de introductie van micro-elektronica een inhoudelijke aanpassing van het huidige onderwijssysteem vereist. Dit betekent dat in de komende jaren vele her- en bijscholingscursussen moeten worden georganiseerd om de gewenste aanpassingen te kunnen realiseren. Van wezenlijk belang in dit verband is, dat op korte termijn wordt vastgesteld welke structuur men in het onderwijssysteem denkt aan te brengen om de gevolgen van micro-elektronica op te kunnen vangen. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 wordt een aantal voorstellen en maatregelen besproken.

Her- en bijscholingscursussen zijn onder meer noodzakelijk om de flexibiliteit in het aanbod van de arbeid te vergroten. Voor een deel kan dit ook worden bereikt door een vergroting van de flexibiliteit van de arbeidsmarkt. Daarbij kan, naast een serie andere maatregelen, zeker ook worden gedacht aan automatisering van de noodzakelijke dataverwerking.

3.2.4. De kwantitatieve veranderingen in de vraag naar arbeid en de micro-elektronica

De verschillen van mening over de consequenties van de invoering van micro-elektronica zijn maximaal zodra het gaat over de omvang van de werkloosheid die zal ontstaan. Sommigen beweren dat een nieuwe industriële revolutie zal ontstaan, die net als de voorgaande zal leiden tot een grote economische expansie en grote vraag naar arbeid. Anderen voorspellen werkloosheidscijfers van 10 à 20% van de beroepsbevolking. In het begin van deze paragraaf is opgemerkt dat de Adviesgroep twee van de vier mogelijke wegen voor het schatten van de gevolgen van de introductie van micro-elektronica voor de werkgelegenheid heeft bewandeld. Het CPB heeft op verzoek van de Adviesgroep schattingen gemaakt met behulp van een macro-economisch model. Gezien de relevantie van het rapport van het CPB heeft de Adviesgroep besloten dit rapport als bijlage 3 op te nemen. Van wezenlijk belang zijn de volgende uitkomsten in het rapport:

1. Het verschil tussen scenario A en B in het CPB-rapport ligt in de mate van meedoen met de micro-elektronica ontwikkeling. Scenario A veronderstelt meedoen, scenario B het aannemen van een afwachtende houding ten opzichte van c.q. het afremmen van die ontwikkeling. Zonder maatregelen van de overheid blijken de verschillen in uitkomsten, vooral ten aanzien van het effect op de werkgelegenheid, zeer klein.

2. Met de door het CPB voorgestelde beleidsmaatregelen, namelijk loonbeperkingen en extra-investeringen, blijkt het in scenario A mogelijk het negatieve effect op de werkgelegenheid om te zetten in een positief effect. Met dezelfde maatregelen, zij het kwantitatief verschillend, slaagt men daarin in scenario B niet. De belangrijkste reden daarvoor is dat de geringere toename van de arbeidsproductiviteit in scenario B het politiek niet mogelijk maakt beide beleidsmaatregelen in dezelfde omvang uit te voeren.

Samenvattend kan worden opgemerkt dat de berekeningen van het CPB aantonen dat een politiek van afwachten en/of afremmen van de micro-elektronica ontwikkeling een onverstandige politiek zou zijn. Zeker als men me-

de in de beschouwing betreft de mogelijke effecten van een dergelijke politiek op een langere termijn dan tot 1990. De Adviesgroep wil nogmaals herhalen wat aan het begin van deze paragraaf is gesteld, namelijk dat de betrouwbaarheid van de uitkomsten verkregen met behulp van economische modellen, zeker wanneer die uitkomsten betrekking hebben op een relatief lange periode, doorgaans niet groot is. In dit verband is echter vooral van belang het feit dat, door de samenhangen in het door het CPB gehanteerde model, blijkt dat een politiek van afwachten c.q. afremmen op de middellange termijn geen adequate oplossing biedt. Die conclusie staat voor een belangrijk deel los van de mate van betrouwbaarheid van de uitkomsten. Het eventueel niet betrouwbaar zijn van de uitkomsten geldt voor beide scenario's in dezelfde mate.

Technisch gezien zijn er grenzen gesteld aan de mate van detail die men in een model van een economisch systeem kan meenemen. De Adviesgroep is de mening toegedaan, dat de door het CPB gekozen uitgangspunten de werkelijkheid, gegeven de door het model opgelegde beperkingen, acceptabel weergeven. De Adviesgroep betreurt het dat het om allerlei redenen niet mogelijk bleek het scenario 0 verder te specificeren.* De uitkomsten van de scenario's A en B zouden daarmee meer informatieve waarde hebben verkregen. In de volgende paragraaf zal worden geprobeerd die omissie gedeeltelijk op te heffen.

3.3. HET MESO-GEZICHTSPUNT

Bij een beschouwing vanuit een meso-gezichtspunt wordt een economisch systeem gesplitst in delen, die afzonderlijk of in een bepaalde samenhang worden bestudeerd. Onderverdelingen zijn naar vele gezichtspunten mogelijk. Bekende onderverdelingen zijn die naar regio's, bedrijfstakken of produkten. De Adviesgroep zal in deze paragraaf twee zaken behandelen. In de eerste plaats zal aandacht worden besteed aan de stand van zaken ten aanzien van het gebruik van computers. Zoals in hoofdstuk 2 reeds is opgemerkt, zijn micro-elektronica en computers geen synoniemen. Een belangrijk deel van de gevolgen van de micro-elektronica revolutie zal echter, vooral in het komende decennium, door het gebruik van computers worden geïmplementeerd. Het heeft daarom zin de huidige penetratiegraad van computers vast te stellen en een schatting te maken van de gevolgen van de technologische ontwikkelingen rond de computer en de gevolgen van de uitbreiding van het aantal computers. In de tweede plaats zal het Nederlandse economische systeem worden onderverdeeld in een aantal sectoren. Dit is de derde in paragraaf 3.2 omschreven benadering, waarbij met behulp van verschillende cijfers betreffende de arbeidsproductiviteit zal worden aangegeven wat de consequenties zijn voor de ontwikkeling van het aantal arbeidsplaatsen. Daarbij zal een aantal alternatieven ten aanzien van de groei van het aantal arbeidsplaatsen, de groei van de productie en het aanbod van arbeid worden beschouwd.

De discussie over de effecten van de introductie van micro-elektronica op de werkgelegenheid zijn voor een deel herhalingen van soortgelijke discussies in de afgelopen 20 jaren ten aanzien van vergelijkbare effecten van de introductie van de computer. Het vergelijkbare zit zowel in de aard van de gehanteerde argumenten als in het ontbreken van data om langs statistische weg een empirisch ondersteunde uitspraak te kunnen doen.¹⁵ Op geen enkele manier is tot nu toe aangetoond dat macro-economisch de introductie van de computer heeft geleid tot toenemende werkloosheid. Wel wordt meer en meer door velen onderkend, dat de ontwikkeling van de computer en de micro-elektronica niet als de enige «schuldigen» voor het disfunctioneren van een aantal componenten van ons economische en maatschappelijke systeem kan worden aangewezen (zie ook paragraaf 3.1.). Leyder vat een en ander als volgt kort samen: «De nieuwe technologie met toenemend vermogen tegen een lagere kost zal een grotere aktieradius kennen, en zich

* Overigens wordt voor de betekenis van het 0-scenario verwezen naar bijlage 3, waar door het CPB een en ander nog nader is uiteengezet.

voornamelijk richten naar tertiaire beroepen waarvan de produktiviteit kan en zal toenemen. De groei is uit de westerse economieën, dalende produktiviteiten verminderen de competitiviteit, terwijl bij afnemende winstcapaciteiten de investeringsgenegenheid eveneens stagneert. Bovendien zorgt de toename van de potentieel actieve bevolking voor een groter aanbod op de arbeidsmarkt.»¹⁶ Kenmerkend voor de discussie is het ontbreken van data. De Adviesgroep meent er daarom goed aan te doen enkele kerngetallen over het gebruik van computers in de beschouwing te betrekken. Die kerngetallen zijn opgenomen in tabel 3.10.¹⁷

Een beschouwing van deze tabel leert:

- a. dat de jaarlijkse kosten van de automatisering in procenten van de omzet laag zijn, met een voor de hand liggende uitzondering van de computer service bedrijven. In de literatuur worden cijfers genoemd van 3 à 5 %;
- b. dat dezelfde conclusie als onder a kan worden getrokken ten aanzien van het percentage automatiseringspersoneel ten opzichte van het totale personeel. In bedrijfstakken waar sterk is geautomatiseerd, zoals in het bankwezen, de verzekeringswereld, bij wetenschappelijke instellingen en de wettelijke sociale zorg liggen de bedragen beduidend hoger;
- c. dat de gemiddelde automatiseringskosten per werknemer nogal verschillen per bedrijfstak;
- d. dat op het totaal van de automatiseringskosten het percentage van de personeelskosten een relatief hoog en per bedrijfstak vrijwel gelijk ($\pm 50\%$) getal blijkt te zijn.

Alvorens conclusies te trekken wordt het volgende nog opgemerkt:

1. De populatie op het moment van de steekproeftrekking omvatte ± 3500 computers. Van het totale arbeidsvolume van werknemers in 1977 van 3 994 000 manjaren maakt de steekproef $\pm 20\%$ uit. Van het totaal aantal bedrijven in Nederland, zonder landbouwbedrijven, detailhandelsbedrijven, de overheid, ziekenhuizen en het onderwijs, in 1975 meer dan 210 000, maakt de steekproef van 540 maar een fractie uit.¹⁹
2. Van het totaal aantal toepassingen van de computer blijkt het aantal toepassingen in de sfeer van de administratie ruim 90 % te zijn.²⁰
3. In de steekproef is het aantal computers uit de klasse van minder dan f 8000 huur per maand ondervertegenwoordigd. Daarmee moet rekening worden gehouden bij de interpretatie van de getallen in tabel 3.10.

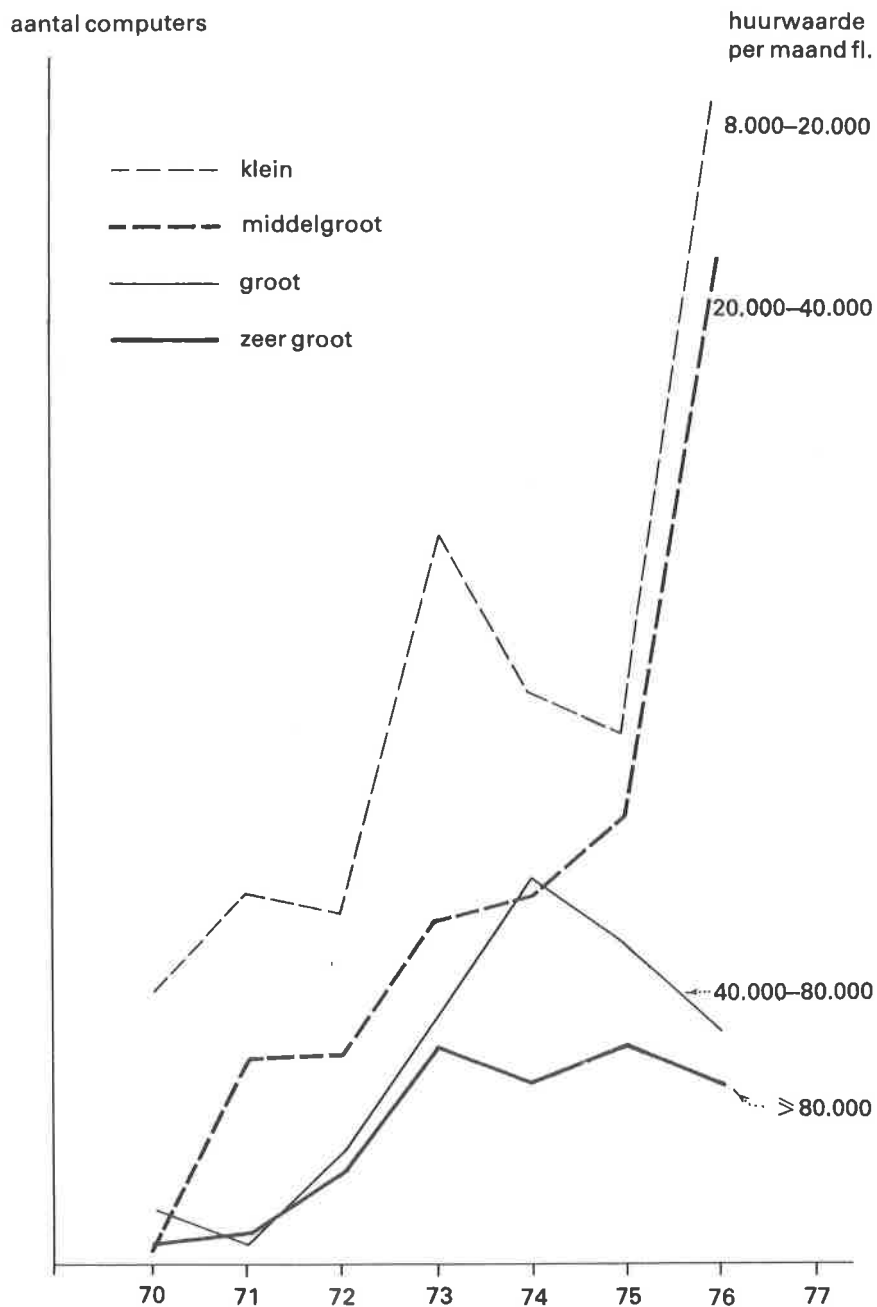
Uit het cijfermateriaal kunnen enkele belangrijke conclusies worden getrokken:

- I. Het blijkt dat de automatisering tot nu toe maar in een zeer klein aantal organisaties direct wordt toegepast. Uiteraard zijn dit de grote organisaties, die een belangrijk deel van de nationale produktie verzorgen, maar niet een evenredig deel van de werkgelegenheid.
- II. In de sfeer van de toepassingen blijkt het gebruik van de computer voornamelijk te liggen op het gebied van de administratie.

Beide punten verklaren waarschijnlijk waarom er geen duidelijk verband kan worden gevonden tussen werkloosheid en het gebruik van computers. Het merendeel van de arbeidsplaatsen in het economisch systeem is niet direct, en veelal zelfs niet indirect, geconfronteerd met een computer. Voor zo-ver confrontatie plaatsvindt, heeft die doorgaans alleen betrekking op zeer specifieke functies, liggende in de sfeer van de dataverwerking en de data-opslag voor administratieve doeleinden. De Adviesgroep wijst er in dit verband uitdrukkelijk op dat het ook de laatste 10 jaren al mogelijk was computers voor andere doeleinden in organisaties te gebruiken. Dat dit niet op grote schaal is geschied, is wellicht het gevolg van het ontbreken van voldoende geschoolden om de vereiste complexe systemen te construeren, echter vooral ook van de wijze waarop organisaties doorgaans op veranderende omstandigheden reageren.

Wat de naaste toekomst betreft is de Adviesgroep van mening dat de volgende ontwikkelingen kunnen worden verwacht:

1. Een grote groei van het aantal computers. Men verwacht een groei met een factor 4 à 5 van de huidige aantallen, waarbij in 1990 het aantal mini-



Figuur 3.1

Verhouding tussen de aantallen verkochte grote, middelgrote en kleine computers¹⁸

computers 80 à 90% van het totale aantal zal zijn.²¹ De cijfers vanaf het begin van de jaren '70 in figuur 3.1 geven aan dat een verschuiving in de verhouding tussen grote en middelgrote computers (minder dan f 40 000 huur per maand) enerzijds en kleine computers anderzijds voor de hand ligt. De Adviesgroep neemt aan dat deze factor 4 à 5 niet aan de overdreven kant is. Dit te meer omdat de prijzen waarschijnlijk nog drastisch zullen dalen. De genoemde groei zou voor Nederland betekenen dat er in 1990 enkele tienduizenden computers zouden zijn geïnstalleerd, waarvan het merendeel mini's. Een groot gedeelte van de computers zal worden geïnstalleerd bij het midden- en kleinbedrijf. Het eventueel niet gehaald worden van deze op het eerste gezicht astronomisch lijkende getallen kan door een aantal nog te bespreken factoren worden veroorzaakt. Bij de genoemde groei van het aantal computers wordt verondersteld dat die in het merendeel der gevallen zullen worden toegepast in het gebied dat nu in organisaties gebruikelijk is, namelijk voor de dataverwerking en de data-opslag voor administratieve doeleinden.

2. Er zal meer micro-elektronica worden gebruikt voor de automatisering van bepaalde delen van productieprocessen. Duidelijke voorbeelden daarvan vindt men in de sfeer van laboratoriumwerkzaamheden, zie ook tabel 3.7. Andere nu bekende voorbeelden zijn opgenomen in bijlage 4. Met welke snelheid dit zal gebeuren, dat wil zeggen hoeveel er zal worden geautomatiseerd vóór 1990, is moeilijk te schatten. Voor zover die automatisering plaatsvindt in de sfeer van de overheid, kan deze, rekening houdende met de werkgelegenheid, die ontwikkeling afremmen. Alhoewel het bij de overheid ongebruikelijk is over arbeidsproductiviteit te spreken, betekent het afremmen van dergelijke ontwikkelingen wel een verlies aan arbeidsproductiviteit. In dit geval betekent dit dat de middelen niet voor andere doeleinden binnen de overheidssfeer kunnen worden gebruikt.

3. Het gebruik van computers als middel voor de besturing van complexe processen, vooral die in organisaties, zie hoofdstuk 4. Dit kan overigens langs twee verschillende maar parallelle wegen verlopen. De eerste weg is die van het gebruik van de computer in de cognitieve sfeer, dat wil zeggen het uitvoeren van complexe planningvraagstukken ten behoeve van de beslissingsvoorbereiding. De andere weg is die dat de computer, in het bijzonder door de mogelijkheden voor data-opslag, wordt gebruikt als een vraagbaak en eventueel intermediair bij de communicatie. Beide mogelijkheden vereisen een niet onbelangrijke verandering in de wijze waarop organisaties nu opereren. Om die veranderingen te bereiken zal het onderwijssysteem aangepaste opleidingen dienen te gaan verzorgen, terwijl organisaties bereid zullen moeten zijn die veranderingen te implementeren. De Adviesgroep verwacht niet dat dit voor 1990 in enigszins grote omvang zal plaatsvinden.

Het is niet eenvoudig op grond van de steekproef een schatting te maken van het aantal personen, werkzaam in de sfeer van de automatisering met behulp van computers. Uit een enquête blijkt dat in de steekproef 2,1% van het totaal aantal werknemers in automatiseringsfuncties werkzaam was. Leyder schat dat, rekening houdende met personen werkzaam in de sfeer van de office computer, terminals, special purpose computers en de minicomputers, in België ongeveer 2% van de beroepsbevolking in automatiseringsfuncties werkzaam is.²² Als een ruwe schatting acht de Adviesgroep dat percentage ook voor Nederland op dit moment hanteerbaar. Daarbij moet met het volgende rekening worden gehouden. Het getal van 2,1% heeft op bedrijven betrekking die geautomatiseerd hebben. In de enquête zijn de softwarehouses en bedrijven die computerapparatuur produceren niet opgenomen. Voorts is geen rekening gehouden met functies die slechts gedeeltelijk met automatisering te maken hebben.

De vraag kan worden gesteld of het zo juist genoemde getal van 2% in de toekomst zal gaan stijgen. Er kunnen zowel argumenten voor als tegen een bevestigend antwoord op die vraag worden gegeven. Vóór een stijging pleit de verwachte toename van het aantal processors. Vooral kleinere organisaties zullen processors gaan gebruiken. Anderzijds zal installatie van proces-

sors de verdere groei van personeel in administratieve en managementfuncties afremmen. Vóór pleit tevens de toeneming van de automatisering door met micro-elektronica uitgeruste apparatuur op het terrein van de productieprocessen. Indien men voorts uitgaat van het feit dat de grote uitbreiding van toepassingen zal liggen op het terrein van het beschikbaar stellen van data, zal het aantal functies dat slechts gedeeltelijk van het beschikbaar zijn van data door middel van processors afhankelijk is, sterk toenemen. Indien men deze afhankelijkheidsrelatie in de beschouwing meeneemt, zal het percentage zeker stijgen.

Tegen een stijging kan worden aangevoerd dat in de sfeer van het gebruik van processors een aantal zaken zich zal wijzigen. In de eerste plaats moet in dit verband worden genoemd dat een groei met een factor 4 of 5 van het aantal processors, uitgaande van de in tabel 3.10 weergegeven cijfers, alleen mogelijk is als op korte termijn het aantal deskundigen sterk wordt uitgebreid. Afgezien van de kostenfactor voor de betrokken relatief kleine organisaties, mag er niet van worden uitgegaan dat het onderwijssysteem een dergelijke uitbreiding op de termijn tot 1990 kan realiseren. Verwacht mag daarom worden dat op het gebied van de software door de fabrikanten van processors de nodige stappen zullen worden ondernomen om standaardpakketten te ontwikkelen, die voor dataverwerking en data-opslag door het merendeel der organisaties met kleine aanvullingen en wijzigingen op micro- en eventueel miniprocessors kunnen worden toegepast. Een ontwikkeling die de laatste jaren al kan worden waargenomen en die een verandering in de relatie tussen de groei van het aantal processors en het aantal programmeurs met zich zal meebrengen. Door de ontwikkeling van hogere programmeertalen en de zogenaamde preprocessors zal in het algemeen de afhankelijkheid van de functieprogrammeur in de toekomst gaan afnemen. Een zelfde ontwikkeling en waarschijnlijk in nog sterkere mate, alhoewel de periode waarin dit zal worden gerealiseerd nog niet duidelijk valt af te bakenen, mag worden verwacht van de relatie tussen het aantal processors en het aantal functionarissen dat de data-invoer moet verzorgen. Op dit moment is ongeveer 1/3 deel van het aantal automatiseringsfunctionarissen belast met de data-invoer. De grote afhankelijkheid van personeel voor de data-invoer zal afnemen, vooral omdat het met micro-elektronica mogelijk zal worden het registreren te automatiseren. Bekende voorbeelden zijn de zogenaamde point of sales-systemen en een aantal systemen waarmee waarnemingen aan patiënten wordt vastgelegd.

Gezien het feit dat elkaar, voor zover het de effecten op de werkgelegenheid betreft, tegenwerkende ontwikkelingen kunnen worden onderkend, is het moeilijk, zo niet onmogelijk, op dit moment enigszins betrouwbare uitspraken te doen over een percentage van de beroepsbevolking dat in de toekomst in automatiseringsfuncties werkzaam zal zijn.

Hetzelfde geldt voor het doen van uitspraken over de werkgelegenheidseffecten per bedrijfstak of categorie van functies. Door extrapolatie van bestaande situaties en het hanteren van voorbeelden kunnen schattingen worden gemaakt. Een bezwaar daartegen is in paragraaf 3.2 al besproken. Dat bezwaar kan worden aangevuld met een ander, namelijk dat het wellicht mogelijk is schattingen te maken van het verlies aan arbeidsplaatsen in bestaande productieprocessen, alhoewel ook die schattingen bijzonder tijd- en plaatsgebonden zijn, maar dat het bijzonder moeilijk is schattingen te maken van de toename van het aantal arbeidsplaatsen door de implementatie van nieuwe producten en nieuwe productieprocessen. De Adviesgroep heeft daarom besloten af te zien van schattingen van de ontwikkeling van de werkgelegenheid per bedrijfstak of categorie van functies.²³ Zij zal enkele projecties uitvoeren met behulp van het begrip arbeidsproductiviteit voor enkele sectoren van de Nederlandse economie. Voor de keuze van de sectoren en de ontwikkeling van het arbeidsvolume wordt gebruik gemaakt van de cijfers die in de meer genoemde WRR-nota worden gehanteerd. De Adviesgroep kan zich, zolang niet anders wordt vermeld, met de in die nota beschreven projecties verenigen. De keuze van de arbeidsproductiviteit als

uitgangspunt voor de analyse ligt voor de hand. Immers een verbetering van de reële economische omstandigheden van werknemers kan alleen worden bereikt door een toename van de arbeidsproductiviteit, terwijl er economisch alleen van een micro-elektronica revolutie kan worden gesproken als die micro-elektronica de toename van de arbeidsproductiviteit kan handhaven c.q. kan verbeteren.

In tabel 3.11 wordt een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de werkgelegenheid (arbeidsvolume) in de afgelopen jaren. De cijfers in de tabel ondersteunen de in paragraaf 3.1 gedane uitspraken over de toestand van een groei zonder arbeidsplaatsen, voor zover het tenminste het totaal van het arbeidsvolume in bedrijven en overheid betreft. Het arbeidsvolume in landbouw en industrie neemt af; die afname wordt gecompenseerd door een toename bij de diensten en de overheid.²⁴ Een zelfde ontwikkeling wordt in de WRR-nota verondersteld, zie tabel 3.12.²⁵ Er zijn enkele verschillen, o.a. door een in de WRR-nota andere indeling van bedrijfstakken in sectoren, een minder sterke groei van de productie en verschillen in de uitbreiding van de werkgelegenheid in de sector overheid en in de sector diensten. De Adviesgroep heeft, ondanks deze verschillen, besloten de cijfers in tabel 3.12 als uitgangspunt voor de berekening te kiezen. Dit vooral omdat zij slechts de effecten van bepaalde ontwikkelingen wil laten zien, dit mede in relatie met de in de WRR-nota veronderstelde ontwikkeling in het aanbod van arbeidskrachten.

In tabel 3.13 is een aantal berekeningen uitgevoerd met ten opzichte van tabel 3.12 verschillende arbeidsproductiviteitscijfers voor de sectoren nijverheid en diensten. Uitgaande van de productiecijfers voor 1990 in tabel 3.12 is de werkgelegenheid in de sectoren nijverheid en diensten herberekend. De Adviesgroep acht de middelste van de drie scenario's, dat wil zeggen een arbeidsproductiviteitsverbetering per jaar in 1990 van de sectoren nijverheid en diensten van resp. 5 en 4 %, de meest waarschijnlijke. Onder bepaalde voorwaarden en uitgaande van de specificatie in de WRR-nota zou dat een grote werkloosheid kunnen betekenen.²⁶ Bij deze berekeningen moet het volgende worden opgemerkt:

1. De getallen suggereren een nauwkeurigheid die, zoals aan het begin van dit hoofdstuk al is gesteld, niet aanwezig is. Bij voorbeeld:
 - de cijfers betreffende het arbeidsvolume in de sectoren landbouw, bouwnijverheid en waarschijnlijk overheid, zie tabel 3.11, zijn groter dan de waarden in tabel 3.13. Voor deze drie sectoren zijn geen andere alternatieven ten aanzien van de arbeidsproductiviteitsveranderingen verondersteld;
 - het getal van het arbeidsvolume uit het WRR-rapport moet als een maximum worden beschouwd. Zo is er een deeltijdse arbeid van 500 000 manjaren in opgenomen, waarvan 350 000 manjaren door vrouwen. Een groei van het totaal ten opzichte van 1980 van 200 000 manjaren. Zoals het rapport zelf ten aanzien van dit punt opmerkt: «Zou het aantal arbeidsplaatsen ernstig te kort schieten, dan komt de discrepantie slechts voor een deel tot uitdrukking in de geregistreerde arbeidsreserve: voor een deel is het gevolg dat het arbeidsaanbod afneemt in die zin dat bij voorbeeld gehuwde vrouwen, die eigenlijk wel graag tot de arbeidsmarkt zouden toetreden, geen kans zien om aan dit verlangen te voldoen.»²⁷;
 - een veronderstelde bijscholing van 77 000 manjaren in 1990 is niet in het cijfer van het arbeidsvolume opgenomen;
 - in het cijfer betreffende het arbeidsvolume in tabel 3.13 is verondersteld: «... dat de verdeling van de gestegen arbeidsproductiviteit over inkomen en vrije tijd dezelfde zal zijn als in het verleden, zodat de arbeidsduurverkortening equivalent is aan circa 1/5 van de reële inkomensstijging.»²⁸ De grootte van een manjaar in het WRR-rapport wordt in 1990 gesteld op 1782 uren. In 1980 is dat 1871 uren en in 1975 1930 uren. In het geval van hoge werkloosheid, in het bijzonder ten gevolge van arbeidsproductiviteitsverbeteringen, kan worden besloten tot een andere verdeling;

- het aantal uitkeringsgerechtigden van WAO en AAW wordt, in navolging van de WRR, geraamd op 560 000 personen in 1990;
- uitgegaan is van de toename van de productie zoals aangenomen in het WRR-rapport, variant A, namelijk een reële stijging van ruim 3 % per jaar. Daarbij moet worden aangetekend dat deze groei niet pondspondsgewijze over de sectoren is verdeeld, zie tabel 3.12, en dat bepaalde sectoren, zoals de diensten, worden verondersteld veel sneller te groeien. De Adviesgroep acht geen termen aanwezig om aan te nemen dat een hoger cijfer voor die groei waarschijnlijk is. Eerder het omgekeerde. Aangenomen mag worden dat de veronderstelde groei van 3 % alleen mogelijk is als Nederland erin slaagt met de internationaal bepaalde micro-elektronica ontwikkeling ten minste in de pas te lopen;
- in de berekeningen in tabel 3.13 is aangenomen dat de veronderstelde arbeidsproductiviteitscijfers reeds in 1980 gelden. Dit laatste is voor de varianten met hoge arbeidsproductiviteitscijfers niet voor de hand liggend. Aangenomen moet worden dat die cijfers eerst in de loop van de jaren '80 zullen worden gerealiseerd.

2. Met de effecten van door de overheid te nemen maatregelen is geen rekening gehouden. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat een aantal van die maatregelen de cijfers in tabel 3.13 alleen beïnvloeden als men erin slaagt de groei van de productie groter te laten zijn dan de veronderstelde 3 %.

3. De in tabel 3.12 weergegeven cijfers ten aanzien van de werkgelegenheid zijn zelfs zonder naar de gevolgen van micro-elektronica te kijken naar de mening van de Adviesgroep te optimistisch. Dit geldt in het bijzonder voor het aandeel van de sector diensten in de werkgelegenheid. De cijfers in tabel 3.11 illustreren dit duidelijk. Zoals in paragraaf 3.1 reeds is opgemerkt, meent de Adviesgroep dat de micro-elektronica ontwikkeling vooral de arbeidsproductiviteit in de dienstensector zal beïnvloeden. Aangezien de arbeidsproductiviteit in die sector altijd relatief laag is geweest, zal het effect op de werkgelegenheid groot zijn.

Rekening houdende met de gemaakte aantekeningen acht de Adviesgroep een totale werkloosheid liggende boven de 300 000 manjaren in 1990 voor waarschijnlijk (een van de leden van de Adviesgroep meent deze schatting nader te moeten bepalen als liggende tussen 400 000 en 600 000 manjaren). De Adviesgroep acht een dergelijk getal onacceptabel. De overheid zal derhalve maatregelen moeten nemen om die ontwikkeling tegen te gaan. Op die maatregelen wordt nader ingegaan in paragraaf 3.5 van dit hoofdstuk en in de hoofdstukken 6 en 7.

3.4. HET MICRO-GEZICHTSPUNT

Bij een beschouwing vanuit een micro-gezichtshoek gaat het om de beslissingen en de daarmee verbonden consequenties die door economische subjecten worden genomen. De beschouwing in deze paragraaf is beperkt tot de beslissingen die worden genomen door organisaties. In relatie met de micro-elektronica is de belangrijkste beslissing die organisaties de komende jaren moeten nemen, die betreffende de snelheid waarmee men bereid is nieuwe producten c.q. nieuwe productieprocessen met behulp van of door middel van de micro-elektronica te introduceren. Die snelheid zal voor een belangrijk deel worden bepaald door aanwezige technische kwaliteiten, innovatiedrang, en de mogelijkheid te kunnen beschikken over financiële middelen. Beschouwd vanuit het werkgelegenheidsgezichtspunt zijn de eerste twee zojuist genoemde factoren het belangrijkste. Voor zover het de ontwikkeling van de micro-elektronica betreft, moet ernstig worden betwijfeld of niet enkele factoren sterk remmend zullen werken.

a. Ondanks de aanwezigheid van de Philips-industrie in ons land moet de vraag worden gesteld of voldoende vakbekwame mensen voor het ontwikkelen van de complexe systemen van geïntegreerde circuits aanwezig zijn. Dit is niet alleen een nationaal probleem. Aangezien niet mag worden verwacht dat op korte termijn via de reguliere opleidingen voldoende adequate arbeidskrachten zullen worden afgeleverd, zal men in elk geval de volgende maatregelen moeten overwegen:

1. Concurreren op de internationale arbeidsmarkt met de in ons land in het algemeen aantrekkelijke primaire en secundaire arbeidsvoorwaarden.

2. Het construeren en geven van post-academisch onderwijs voor het overbrengen van de vereiste vakkennis en vakbekwaamheid.

b. Veel hangt af van twee factoren die in eerste aanleg niets of weinig met micro-elektronica hebben te maken. De eerste factor zou men het vermogen tot organiseren kunnen noemen. Het is in de organisatieliteratuur een bekend feit dat dit vermogen een schaars artikel is. Het opzetten van programma's en instituten zonder dat men over dit vermogen beschikt, levert doorgaans geen indrukwekkende resultaten op. Uit onderzoek in de VS blijkt dat ook de organisaties zelf als remmende factor kunnen optreden. In dat verband wordt in dit onderzoek een onderscheid gemaakt tussen drie typen van organisaties, namelijk de volwassene (mature), de innoverende en de jonge technologische. In tabel 3.14 wordt een aantal kenmerken van deze organisaties kwantitatief weergegeven.²⁹ Het onderzoek geeft steun aan de hypothese dat het doorvoeren van grote veranderingen, zowel wat het assortiment betreft als de wijze waarop het bedrijf wordt georganiseerd, in het ene type organisatie, in dit geval de jonge en innoverende, sneller en gemakkelijker zal verlopen dan in het andere.³⁰ Daarbij moet worden opgemerkt dat de rol en functie van volwassen organisaties in de micro-elektronica ontwikkeling, zie paragraaf 3.2, niet kan worden onderschat. Door de dikwijls ontstane financiële problemen bij jonge organisaties wordt vaak voorwaartse of achterwaartse integratie door de volwassen organisaties toegepast. Belangrijk voor de overnemende organisatie is dat het technologische ontwerp en de daarbij behorende ontwikkeling heeft plaatsgevonden en dat de consolidatie daarvan in een volwassen organisatie veilig kan worden gesteld.

De tweede factor zou men het innovatievermogen en het garanderen van de daarvoor vereiste financiële achtergrond kunnen noemen. De indruk bestaat dat in West-Europa door een veelheid van maatschappelijke en culturele factoren het innovatievermogen achterblijft bij dat in de VS. Op korte termijn zal hieraan relatief weinig zijn te veranderen. Een mogelijkheid daartoe is wellicht een verandering in de financiële garanties die de overheid bereid is te geven. Een systeem van een lump sum lijkt meer stimulerend dan het huidige, waarin de overheid in de gerealiseerde resultaten wenst te delen. De Adviesgroep meent dat de huidige fiscale wetgeving de invloed en de participatiemogelijkheden van de overheid voldoende garandeert.

In paragraaf 3.2 is er reeds op gewezen dat in vele beschouwingen over de invloed van micro-elektronica wordt gebruik gemaakt van voorbeelden die als representatief voor een bepaalde bedrijfstak worden beschouwd. De Adviesgroep acht dat methodologisch onjuist, omdat deze voorbeelden als maatgevend worden beschouwd en men op grond daarvan tot foutieve schattingen over de mogelijke effecten komt. Bepaalde organisaties vervullen een voortrekkersfunctie. Daarmee wordt echter niet aangetoond dat wat technologisch in één organisatie mogelijk is ook in andere vergelijkbare organisaties op korte termijn of zelfs ooit met vergelijkbare resultaten zal worden ingevoerd. Hetzelfde geldt voor projecties die over de technische mogelijkheden van de aangeboden apparatuur worden gemaakt. Sprekende voorbeelden vindt men nu dikwijls in het geval van tekstverwerking en de tijd die men zou kunnen besparen in de sfeer van het typewerk. Om die reden acht de Adviesgroep de schatting van de effecten van micro-elektronica ten aanzien van de verandering van de arbeidsproductiviteit in de vorige paragraaf gemaakt reëel. Ook al treden er technologische revoluties op, dan betekent

dat niet dat die revoluties op korte termijn in alle organisaties worden geïmplementeerd. De ongeveer 3500 – 4000 computers die nu in Nederland in totaal zijn geïnstalleerd, illustreren deze uitspraak het beste. Dat betekent niet dat men zich achter een dergelijke uitspraak kan en mag verschuilen, het betekent wel dat men mogelijke effecten niet moet overschatten. Dit laatste vooral wat betreft de snelheid waarin veranderingen zullen worden geëffectueerd.

Zoals reeds eerder opgemerkt, zal de vraag naar arbeid door de ontwikkeling van micro-elektronica zowel kwalitatief als kwantitatief worden beïnvloed. In het volgende hoofdstuk wordt nader ingegaan op een aantal kwalitatieve veranderingen die in de werksfeer in organisaties onder invloed van micro-elektronica kunnen ontstaan. In hoeverre deze veranderingen de omvang van de vraag naar arbeid wezenlijk zullen beïnvloeden valt op dit moment moeilijk vast te stellen. In het algemeen wordt aangenomen, dat die beïnvloeding wel zal plaatsvinden, vooral op het gebied van de lagere en de middenfuncties. De grootste problemen zullen dan waarschijnlijk ontstaan bij de groep van de middenfuncties. De Adviesgroep denkt dat deze veranderingen zich echter over een relatief lange periode zullen uitstrekken. Een oplossing voor de problematiek van de werkgelegenheid kan en zal waarschijnlijk ook worden gezocht in de sfeer van het aanbod van arbeid. Niet vergeten mag worden dat een belangrijk deel van de werkgelegenheidsproblematiek ontstaat door het feit dat het aanbod van arbeid tussen 1980 en 1990 met ruim 700 000 personen toeneemt. Oplossingen kunnen dan worden gezocht in een arbeidstijdverkorting in de vorm van meer deeltijdse arbeid, kortere werkweken en/of vijf ploegendiensten. Door althans verschillende leden van de groep wordt beklemtoond dat de arbeidstijdverkorting gebruikt zou moeten worden voor vorming en scholing. Er moet wel worden bedacht dat arbeidstijdverkorting zonder aantasting van het reële loon alleen mogelijk is door middel van verbetering van de arbeidsproductiviteit.

3.5. CONCLUSIES EN TE NEMEN MAATREGELEN

De Adviesgroep is van mening dat de introductie op grote schaal van micro-elektronica in het komende decennium moet worden beschouwd als één van de belangrijkste veranderingen in de externe factoren, die de Nederlandse economie beïnvloeden. Deze verandering is waarschijnlijk vergelijkbaar met die welke na de tweede wereldoorlog zijn opgetreden door de mechanisering in de primaire sector en door de exploitatie van het aardgas in ons land. Beide laatste hebben geleid tot aanzienlijke verbeteringen van de arbeidsproductiviteit. Ook de micro-elektronica zal een verbetering van de arbeidsproductiviteit met zich meebrengen. Uit dien hoofde zou de ontwikkeling van de micro-elektronica alleen positief kunnen worden beoordeeld, ware het niet dat de werkgelegenheid in het geding is.

Reeds meermalen is erop gewezen dat het doen van voorspellingen over een relatief lange periode over het functioneren van economische systemen geen betrouwbare uitkomsten oplevert. Voor een deel is dat een gevolg van het feit dat de veelheid van factoren, die een relatief belangrijke invloed op de resultaten van het systeem uitoefent, groot is en vaak moeilijk kan worden geschat. Zoals in paragraaf 3.1 is opgemerkt, is de micro-elektronica ontwikkeling gestart in een situatie die economisch niet als florissant kan worden gekenmerkt. Het is juist die samenhang met andere factoren die het moeilijk maakt harde uitspraken over de effecten te doen. Alhoewel in het rapport van het CPB het scenario 0 niet wordt gekwantificeerd, heeft de Adviesgroep niet de indruk dat de resultaten van haar schatting, minimaal 300 000 manjaren werkloosheid, veel van die van het CPB verschillen.*

Men kan over de rol van het voorspellen verschillend denken. Regeren, stelt men, is vooruitzien en vooruitzien heeft ongetwijfeld op een of andere wijze iets te maken met voorspellen. Dat iets kan echter verschillen. Voor-

* Overigens wordt hier nogmaals verwezen naar de betekenis van het 0-scenario, dat in bijlage 3 nog nader wordt toegelicht.

spellen kan worden gebruikt als middel om de toekomst te raden of als middel om de toekomst te beïnvloeden. De Adviesgroep is van mening dat de laatste toepassing, zie ook hoofdstuk 4, de voorkeur verdient. Zij is dan ook van mening dat de Regering maatregelen moet nemen die voor een belangrijk deel liggen in de sfeer van investeringen voor de toekomst. De belangrijkste maatregelen die zij adviseert, zie ook de hoofdstukken 6 en 7, zijn de volgende:

1. Aanpassingen in het onderwijssysteem, zowel in het reguliere als in de vorm van her- en bijscholingscursussen. In het reguliere onderwijs zal moeten worden ingespeeld op de veranderende maatschappij en de organisatie van het werk.

2. Het scheppen van mogelijkheden om de nieuwe technologie ter beschikking te stellen van die organisaties, vooral het middelgrote bedrijfsleven, die niet over de know-how noch over de financiële middelen beschikken om die technologie te kunnen toepassen. Dat vereist niet alleen het beschikbaar stellen van technische faciliteiten, zie het volgende punt.

3. Maatregelen op het gebied van het bewust worden van de problematiek in het middelgrote bedrijfsleven, men zou kunnen stellen een marketing-programma voor de verkoop van micro-elektronica, zullen moeten worden ontwikkeld. Daarnaast zullen financiële beperkingen moeten worden afgezwakt en in bepaalde gevallen wellicht opgeheven. De Adviesgroep is zich bewust van het feit dat het een en ander makkelijker gezegd dan gedaan is. Gelet op de tijd die ter beschikking stond en de samenstelling van de groep was het onmogelijk die maatregelen verder uit te werken dan nu in de hoofdstukken 6 en 7 is geschied. Wel wil de Adviesgroep er nadrukkelijk op wijzen dat zij een politiek van afwachten of afremmen, bij voorbeeld door een algemene automatiseringsheffing, op de lange termijn gezien noodlottig acht. Zij acht dit een politiek die niet is gericht op het construeren van een toekomst. Dit standpunt betekent niet dat de Adviesgroep de mening is toegedaan dat de ontwikkeling van de toekomst moet worden overgelaten aan alleen het vrije spel van de technologie. Bij de beschouwingen en constructies voor de toekomst zullen ook de invloeden van micro-elektronica op persoonlijke levensomstandigheden, de culturele en de maatschappelijke ontwikkelingen moeten worden betrokken, zie hoofdstuk 4.

4. In verband met het voorgaande is het van essentieel belang dat meer onderzoek wordt verricht naar de mogelijkheden van het construeren van toekomstige structuren, maar vooral naar de invloed van maatschappelijke en technologische ontwikkelingen op de huidige structuur van ons maatschappelijk en economisch systeem. Onderzoek met behulp van en onderzoek gericht op verbetering van technology assessment is een noodzaak. Bij dat onderzoek zal ook aandacht moeten worden geschonken aan andere modellen van economische systemen dan de op dit moment doorgaans gehanteerde econometrische modellen.

5. Naast de reeds genoemde maatregelen kan de overheid de min of meer gebruikelijke maatregelen op economisch-politiek terrein nemen. In het bijzonder kan dan worden gedacht aan de ook door het CPB genoemde maatregel, nl. het voorkomen dat de loonontwikkeling de internationale concurrentiepositie verzwakt. Export is voor ons land waarschijnlijk de aangewezen weg voor het bestrijden van de werkloosheid. In dit verband wordt nogmaals genoemd de mogelijkheid van specialisatie op de markt van de software. Engeland schijnt de laatste jaren een steeds groter aandeel op deze internationale markt te veroveren. Voor een deel verklaarbaar door de niet onbelangrijke verschillen in loonkosten.

6. Een van de zijde van de overheid duidelijker en meer op de nationale markt gericht beleid als het gaat om de aankoop van of de ontwikkeling van

nieuwe produkten of projecten. Uit economisch oogpunt is wellicht een streven door die overheid op korte termijn naar zo laag mogelijke kosten verdedigbaar. Daarbij mag een lange-termijnvisie ten aanzien van een toekomstige ontwikkeling niet ontbreken.

7. Zoals reeds meermalen opgemerkt, het is in de sfeer van de meso-analyse, zoals door de Adviesgroep uitgevoerd, niet mogelijk de effecten van overheidsmaatregelen, zelfs onbetrouwbaar, te schatten. Dit laatste vooral omdat het merendeel der maatregelen in enigszins vergelijkbare vorm in het verleden niet is uitgevoerd. In dit verband kunnen worden genoemd de voorgestelde veranderingen op het gebied van het onderwijs, maar ook die op het gebied van het functioneren van organisaties (zie hoofdstuk 4) en de verkorting van de arbeidstijd.

Tabel 3.1. Indexcijfers van de productie-omvang en de werkgelegenheid in de secundaire sector in een aantal landen (1973 = 100)

Landen	Productie in de secundaire sector				Werkgelegenheid in de secundaire sector			
	1974	1975	1976	1977	1974	1975	1976	1977
Canada	103,2	98,2	103,2	106,6	103,0	97,3	98,6	97,3
VS	99,6	90,8	100,0	105,6	99,9	91,4	94,5	97,4
Japan	96,2	86,0	95,5	99,5	99,4	94,1	91,6	90,0
Frankrijk	102,5	95,0	103,3	105,0	100,8	98,2	97,1	96,4
Duitsland	98,6	93,0	99,8	102,8	97,3	90,8	88,6	88,8
Italië	103,9	94,8	105,8	105,8	104,0	104,2	103,0	97,0
Nederland	105,0	100,0	105,9	106,7	98,9	95,7	91,4	89,2
Zwitserland	100,9	88,2	89,1	93,6	99,8	90,7	84,3	84,8
Ver.Koninkrijk	98,2	92,8	93,7	95,5	100,5	95,7	92,6	93,9
Ierland	102,5	95,8	105,0	113,4	100,9	93,9	93,7	96,4
Joegoslavië	112,0	117,6	121,6	133,6	105,5	108,5	112,1	117,3

Tabel 3.2. Veranderingen in de procentuele verdeling van de invoer uit geïndustrialiseerde (DC) landen en ontwikkelingslanden (LDC)

Trade as a % of domestic apparent consumption	UK		EEC-6		USA		Japan	
	1959-60	1973-74	1959-60	1973-74	1959-60	1973-74	1959-60	1973-74
1. Food, Beverages								
External Imports	32.71	29.21	4.67	4.98	2.73	4.28	4.41	6.34
from LDCs	7.61	5.46	2.06	1.63	1.29	1.69	3.08	2.20
from DCs	21.91	22.98	2.19	2.88	1.39	2.45	1.23	3.94
2. Textiles								
External Imports	13.97	34.13	6.10	13.28	5.53	8.57	1.07	11.18
from LDCs	5.16	6.36	0.85	3.26	1.59	3.28	0.10	2.69
from DCs	8.29	26.11	4.94	8.60	3.94	4.95	0.96	7.14
3. Clothing								
External Imports	9.48	26.77	2.38	11.45	3.47	14.31	1.42	16.81
from LDCs	3.91	10.33	0.56	4.15	0.77	6.19	0.71	8.50
from DCs	5.16	13.94	1.70	4.97	2.69	5.74	0.71	3.92
4. Wood, Paper								
External Imports	24.55	28.44	13.09	13.78	5.71	7.42	1.63	5.62
from LDCs	1.29	1.84	0.50	0.98	0.22	0.72	0.04	0.87
from DCs	20.64	24.33	11.47	11.60	5.48	6.47	1.60	4.19
5. Rubber								
External Imports	2.09	7.54	2.79	4.13	1.15	4.20	0.46	1.51
from LDCs	0.14	0.17	0.06	0.11	0.02	0.16	0.02	0.30
from DCs	1.89	7.10	2.73	3.87	1.14	3.95	0.46	1.13
6. Chemicals								
External Imports	16.13	34.23	14.47	16.17	2.44	6.28	10.18	13.84
from LDCs	2.85	3.44	2.73	2.50	0.64	1.14	0.41	1.34
from DCs	12.73	28.45	10.62	12.20	1.74	5.01	10.08	11.64
7. Petroleum products								
External Imports	30.94	38.32	7.07	5.12	3.68	11.11	10.74	8.45
from LDCs	19.63	8.58	2.83	1.23	3.61	8.72	3.68	6.96
from DCs	10.95	28.80	2.26	1.84	0.07	2.16	6.81	0.99
8. Non-metal minerals								
External Imports	3.23	8.05	2.18	3.02	2.03	3.68	0.61	0.83
from LDCs	0.03	0.10	0.03	0.06	0.10	0.36	0.00	0.14
from DCs	3.02	7.49	1.82	2.64	1.89	3.17	0.51	0.56
9. Ferrous & Non-ferrous								
External Imports	23.35	40.81	14.50	17.38	6.04	12.51	17.85	18.90
from LDCs	6.63	6.69	5.01	5.29	0.97	2.11	4.30	6.69
from DCs	16.05	31.32	8.42	10.06	5.06	10.00	13.02	9.26
10. Transport equipments								
External Imports	3.40	17.20	5.30	7.74	2.58	8.04	3.00	2.98
from LDCs	0.10	0.25	0.13	0.22	0.00	0.17	0.34	0.07
from DCs	3.29	16.61	5.07	7.22	2.57	7.80	2.66	2.90
11. Machinery and others								
External Imports	10.39	32.53	7.23	11.52	2.25	8.65	6.06	5.19
from LDCs	0.77	1.56	0.09	0.44	0.07	1.43	0.04	0.43
from DCs	9.79	30.44	6.84	10.60	2.17	6.71	5.98	4.49

Source: UNCTAD (1978).

Tabel 3.3. Toename van de handel van de geïndustrialiseerde landen in produkten uit de secundaire sector over de periode 1960-1975 op basis van actuele prijzen

	Toename van de importen in %	Toename van de exporten in %
Handel binnen West-Europa	55	38
Overige handel tussen geïndustrialiseerde landen	34	24
Handel tussen centraal geleide landen	2	6
Sub-totaal	91	68
Handel met ontwikkelingslanden	9	29
Handel met olie exporterende landen	—	3
Totaal	100	100

Tabel 3.4. Enkele balansgegevens en rentabiliteitscijfers van ter beurze genoteerde ondernemingen

	Internationale concerns	Nijverheid	Alle ondernemingen
Activa op korte termijn vastgelegd in % van het vermogen			
1965	44	58	47
1970	45	61	48
1976	58	66	58
Eigen vermogen in %			
1965	58	46	54
1970	46	36	44
1976	36	26	33
Netto-winst in % van de omzet			
1976	4	1	3
1977	3	1	3
Reserveringen in % van de omzet			
1976	2	0	2
1977	2	0	1

Tabel 3.5. Marktverdeling in procenten voor geïntegreerde schakelingen (1978)

Werelddeel	Toepassing		
VS	42	Consumptiegoederen	30
Europa	22	Computers	40
Rest van de wereld	36	Kapitaalgoederen	30

Tabel 3.6. Productie en consumptie van geïntegreerde schakelingen, in procenten

	1976		1980	
	Cons.	Prod.	Cons.	Prod.
VS	54	71	42	64
Japan	22	21	26	25
West-Europa	20	8	26	10
Rest van de wereld	4	—	6	1

Tabel 3.7. De totale vraag naar enkele belangrijke elektronische producten

	Millions of 1978 U.S. Dollars	
	1978	1990
Telecommunication Equipment	32 900 ¹	81 800
Automotive Electronics	2 410	18 743
Consumer Electronics		
— Television Sets	13 391	22 306
— Radios	4 999	9 230
Computers and Related Peripherals	18 660	36 860
— Word Processing	1 745	5 350
Semiconductors		
— Discrete	3 410	5 230
— Integrated Circuits	5 490	16 990
— Microprocessors	470	5 960
Factory Automation, including Process Control	9 220	29 900
— Instruments	3 620	11 880
Medical Equipment	5 340 ²	11 100

¹ Millions of 1977 U.S. Dollars.² Millions of 1976 U.S. Dollars.**Tabel 3.8. Jaarlijkse verkopen in Europa (miljarden Zwitserse franks)**

	1970	1973	1978	1983	1988
Software-produkten	2,9	4,2	9,5	15,9	26
Communicatie en rand- apparatuur	1,8	3,1	7,9	16	29
Computers	6,9	9,2	15,9	26,5	32

Tabel 3.9. Aanbod en vraag naar arbeid in Nederland, onderscheiden naar niveaus van opleiding (in procenten)

	1970	1980	1990	2000
Laagste niveau				
aanbod	48	27	18	12
vraag	48	37	25	20
Middenniveau				
aanbod	46	61	66	69
vraag	47	57	67	70
Hoogste niveau				
aanbod	6	12	16	19
vraag	5	6	8	10

Tabel 3.10. Enkele gegevens betreffende het gebruik van computers in diverse bedrijfstakken; de gegevens hebben betrekking op 1976¹⁷

Bedrijfstakken	kosten automati- sering in % v.d. omzet	gemidd. automat. kosten in gld. per werknemer	percenta- ge perso- neelskosten in % v.h. autom. budget	gemiddeld aantal gerealiseerde toepassings- systemen
1. Landbouw, voeding	0,3	810	54	17
2. Kleding, leer en hout	0,8	370	52	14
3. Papier, grafische ind.	1,2	1420	48	14
4. Aardolie, chemie	0,8	1520	53	17
5. Metaal, machines	0,9	850	52	18
6. Elektrotechniek, transp. midd. instr. enz.	0,5	780	50	16
7. Openbare nutsbedrijven	0,6	1460	47	14
8. Bouw en installaties	0,4	60	51	16
9. Groot- en tussenhandel	0,4	650	47	14
10. Detailhandel en horeca	0,5	290	51	14
11. Transp., opslag, commun.	1,5	1080	35	17
12. Bankwezen	0,1	3860	52	13
13. Verzekeringswezen	1,2	3740	50	14
14. Comp. service bedrijven	74,0	—	48	15
15. Zakel. dienstverlening	1,0	480	48	12
16. Openb. bestuur, defensie	3,8	1190	52	12
17. Onderwijs	2,7	470	47	7
18. Gezondheidszorg	0,7	—	53	10
19. Onderz. en wetens. inst.	4,8	3865	50	7
20. Wet. soc. verzekeringsreg.	5,2	2150	51	11
21. Overige dienstverlening	2,5	195 ¹	45	11

¹ Inclusief gezondheidszorg.

Tabel 3.11. Arbeidsvolume naar bedrijfstak, jaargemiddelde in manjaren (x 1000) en de procentuele verandering ten opzichte van het volgende jaar

Sectoren	1975	% ver- andering	1976	% ver- andering	1977	% ver- andering	1978	% ver- andering	1979	% ver- andering	1980
Landbouw, bosbouw en visserij	299	-1,3	295	-2	289	-2	283	-2	278	-2	272
Industrie	1088	-4	1044	-2,5	1018	-3	987	-1	978	-1,5	963
Bouwnijverheid	436	+0,5	438	+1,8	446	+1,5	453	+0,5	455	0	455
Handel, horeca, repa- ratie, transport en op- slag, communicatie en overige diensten	2154	+0,7	2170	+0,8	2188	+1,0	2210	+0,5	2221	+1,0	2243
Totaal bedrijven	4026	-0,7	3996	-0,2	3990	0	3990	0	3990	0	3990
Totaal overheid	630	+3,2	650	+2,8	668	+1,9	681				
Totaal bedrijven en overheid	4656	-0,2	4646	+0,26	4658	+0,28	4671				

Tabel 3.12. Schattingen van de omvang van de werkgelegenheid en de produktie in een aantal sectoren

	1975	1980	1990	2000
Werkgelegenheid: ¹	in duizenden manjaren			
Landbouw	298	259	222	200
Nijverheid	1229	1185	1150	1080
Bouwnijverheid	439	413	400	380
Diensten	2031	2222	2999	3072
Overheid	627	659	687	731
Arbeidsproduktiviteit: — % stijging per jaar, voorafgaande periode —				
Landbouw	6,6	4,9	3,3	
Nijverheid ²	7,1	4,2	4,4	
Bouwnijverheid	2,0	1,8	1,6	
Diensten	2,7	2,4	2,4	
Produktie: — miljarden gulden, prijzen 1975 —				
Landbouw	9,7	11,6	16,0	19,8
Nijverheid ²	54,4	73,9	108,6	154,4
Bouwnijverheid	13,5	14,4	16,3	18,1
Diensten	80,6	101,0	172,7	224,5
Overheid	28,0	29,5	30,8	32,8
Aardgas	7,1	8,0	4,8	1,5
Totaal	193,4	238,4	349,2	453,1

¹ Actieve beroepsbevolking, inclusief zelfstandigen.

² Exclusief aardgas.

Tabel 3.13. Werkgelegenheid in 1000 manjaren en toename van de arbeidsproduktiviteit. Drie verschillende scenario's betreffende de arbeidsproduktiviteitsverbetering en de gevolgen daarvan voor de werkgelegenheid in 1990

Sectoren	Werkgelegenheid in 1980 volgens WRR-nota, zie tabel 3.12.	Toename arbeidsprod. in % ten opzichte van het voorgaande jaar	Werkgelegenheid in 1990 uitgaande v/d produktie in tbl. 3.12. en de arbeidsproduktiviteitsverbetering in de voorgaande kolom	Toename arbeidsproduktiviteit in % t.o.v. het voorgaande jaar	Werkgelegenheid in 1990 uitgaande v/d produktie in tbl. 3.12. en de arbeidsproduktiviteitsverbetering in de voorgaande kolom	Toename arbeidsproduktiviteit in % t.o.v. het voorgaande jaar	Werkgelegenheid in 1990 uitgaande v/d produktie in tbl. 3.12. en de arbeidsproduktiviteitsverbetering in de voorgaande kolom
		(1)	(1)	(2)	(2)	(3)	(3)
Landbouw	260	4,9	220	4,9	220	4,9	220
Nijverheid	1185	4	1170	5	1070	6	970
Bouwnijverh.	413	1,8	400	1,8	400	1,8	400
Diensten	2222	3	2830	4	2570	5	2330
Overheid	659	—	687	—	687	—	687
Totaal	4739		5307		4947		4607
Arbeidsvolume			5488		5488		5488
Structurele werkloosheid			181		541		881
Frictie-werkloosheid			110		110		110
Totale werkloosheid			291		651		991

Tabel 3.14. Typering van een aantal organisaties naar omzet, nieuw geschapen arbeidsplaatsen en het aantal arbeidsplaatsen per omzet

Categorie van organisaties	Totale omzet in \$ 10 ⁶	Aantal nieuwe arbeidsplaatsen geschapen in de laatste 5 jaren	Aantal arbeidsplaatsen per \$ 10 ⁶ omzet
Volwassen organisaties, zoals General Motors en Bethlehem Steel; steekproef van 6 organisaties	36 000	25 000	0,69
Innoverende organisaties, zoals Polaroid en IBM; steekproef van 5 organisaties	21 000	106 000	5,05
Jonge, sterk technologisch georiënteerde organisaties zoals Digital Equipment; steekproef van 5 organisaties	857	35 000	40,84

Voetnoten

1. De tabel is ontleend aan R. Rothwell en W. Zegveld: **Technical Change and Employment**, rapport voor het Six Countries Programme on Government Policies towards Technological Innovations in Industry, 1979, pag. 16.
2. Tabel 2 is ontleend aan R. Rothwell en W. Zegveld te aangehaalde plaatse, blz. 20/2.
- Tabel 3 is ontleend aan Juan F. Rada: «Micro-electronics, information technology and its effects on developing countries, paper for the conference **Socio-Economic Problems and Potentialities of the Application of Micro-electronics at Work**, Zandvoort, European Coordination Centre for Research and Documentation in Social Sciences, 1979.
3. S.K. Kuipers, J. Muysken en J. van Linderen: «The Vintage Approach to Output and Employment Growth in the Netherlands, 1921 - 1976», *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 115 (1979), nr. 3.
4. Tabel 4 is ontleend aan: **Statistiek van Balans en Resultatenrekening Beurs - N.V.'s 1977**, Den Haag, CBS, 1979.
5. J.M. Waalwijk: «Wie zijn producenten van geïntegreerde schakelingen?», *Philips informatie*, Eindhoven, sept. 1979, blz. 14, tabel 10.
6. Deze cijfers zijn ontleend aan J.M. Waalwijk en J.F. Rada, t.a.p.
7. **De komende vijf en twintig jaar**, rapport nr. 15 van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR), Den Haag, Staatsuitgeverij, 1977.
8. J.M. Waalwijk, t.a.p., blz. 3.
9. P. Fleissner: «How to determine possible effects of micro-electronics on the labour market quantitatively?», **Micro Electronics Conference**, Zandvoort 1979, zie voetnoot 2.
10. J.M. Waalwijk, t.a.p., blz. 4.
11. J.F. Rada, t.a.p., blz. 16.
12. Tabel 7 is ontleend aan: **A Scenario of the Future Market Growth and Productive Structure of the Electronics Industry, a Worldwide View**, Arthur D. Little, 1978.
13. J.F. Rada, t.a.p. blz. 12.
14. Zie Rothwell en Zegveld, t.a.p., blz. 50.
15. Een uitvoerig overzicht over de diverse argumenten die nu en in het verleden zijn gebruikt geeft R. Leyder: «De computer, de werkgelegenheid en de crises: een beschavingszorg?» *Informatie*, jaargang 21 (1979), nr. 7/8.
16. R. Leyder, t.a.p., blz. 420.
17. De getallen zijn ontleend aan: **Tabellen eerste Landelijke Automatiseringsenquête 1977**, Amsterdam, Studiecentrum NOVI, 1979. De onderverdeling naar bedrijfstakken wijkt op een aantal punten af van de gebruikelijke aggregaties van de standaardbedrijfsindeling (SBI) van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Voor een overzicht van de samenhang tussen SBI en de indeling gehanteerd in tabel 3.10 wordt men verwezen naar bovenstaande publikatie, blz. 25. Voor verdere uitwerking van deze enquête zie: R. J. Hammink, *Administratieve automatisering in Nederland 1976-1981*, Amsterdam, Studiecentrum NOVI, 1979, blz. 20 e.v.
18. Zie R. J. Hammink t.a.p.
19. De cijfers zijn ontleend aan het **Statistisch Zakboek 1978**, Den Haag, Centraal Bureau voor de Statistiek, 1978. Voor nadere detaillering wordt de lezer naar die publikatie, blz. 105 en 125, verwezen.
20. Zie **Tabellen eerste Landelijke Automatiseringsenquête**, t.a.p., tabel 4.13.
21. Zie bijv. de verwachte toename in de omzet van computers in tabel 7, en J.F. Rada, t.a.p., blz. 11.
22. R. Leyder, t.a.p., blz. 410.
23. Er zijn in en voor verschillende landen en sectoren profetieën gemaakt over de toekomstige ontwikkeling; zie voor Duitsland: **Mikroprozessoren und Mikrokomputer**, Frankfurt/Main, Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft, 1978.
24. De cijfers in tabel 11 zijn ontleend aan: **Statistisch Zakboek 1978**, t.a.p., blz. 105; **Macro-Economische Verkenning (1979)**, Den Haag, CPB, 1978, blz. 57; **Macro-Economische Verkenning 1980**, Den Haag, CPB, 1979, blz. 80.
25. Tabel 12 is ontleend aan: **De komende vijf en twintig jaar**, t.a.p., blz. 122.
26. Hierbij moet worden opgemerkt dat de frictiewerkloosheid wordt verondersteld 2 % te bedragen van het totale arbeidsvolume. In de WRR-nota staat het getal van 120.000 personen. Indien men rekening houdt met de deeltijdse arbeid, zal het aantal manjaren lager zijn.
27. **De komende vijf en twintig jaar**, t.a.p., blz. 112.
28. **De komende vijf en twintig jaar**, t.a.p., blz. 91.
29. **Technical Change and Employment**, t.a.p., blz. 47.
30. De verschillen tussen deze drie groepen van organisaties worden bepaald door een groot aantal factoren. Zo is het een bekend feit dat jonge technologische organisaties dikwijls worden opgericht door ex-medewerkers van volwassen organisaties. Dit betekent veelal dat een deel van de kosten voor de ontwikkeling van nieuwe producten of ideeën daarvoor door de volwassen organisaties zijn betaald.

Hoofdstuk 4. Sociale en culturele invloeden van de micro-elektronica¹

4.1. INLEIDING

Velen verwachten dat micro-elektronica als het meest revolutionaire technische element van het laatste kwart van deze eeuw de samenleving ingrijpend zal veranderen. Welke deze veranderingen zullen zijn en hoe ze zullen plaatsvinden laat zich moeilijk beschrijven en voorspellen. De richting waarin de technische ontwikkelingen zullen gaan, is nog wel enigermate aan te geven (zie hoofdstuk 2), maar de gevolgen voor economie en werkgelegenheid zijn al veel moeilijker te schatten, terwijl uitspraken met betrekking tot de sociale en culturele invloeden niet anders dan speculatief kunnen zijn. Hoop en vrees wisselen elkaar af, kunnen beide worden beargumenteerd, maar met argumenten die eveneens speculatief zijn. Het enige zekere is: onzekerheid.

Deze onzekerheid is des te klemmender voor wie zich realiseert dat op lange termijn de sociale en culturele veranderingen op zijn minst zo belangrijk zijn als de technische ontwikkelingen en zelfs economische gevolgen daarvan. De Adviesgroep is daarom van mening dat een bezinning op sociale en culturele invloeden van micro-elektronica, hoe speculatief ook, niet uit de weg mag worden gegaan. Ook de overheid dient zich actief met deze problemen bezig te houden.

Lang niet alles is nieuw, wat er aan verwachtingen en bezorgdheden in de discussie romdom micro-elektronica naar voren komt. Veel kwam al eerder aan de orde, toen computers hun intrede deden in beheer- en bestuursystemen. Micro-elektronica intensiveert een reeds gevoerde discussie, doordat zij het gebruik van computers verder verbreidt. Daarnaast geeft micro-elektronica aanleiding tot een nieuwe discussie vanwege de nieuwe mogelijkheden die zich aandienen, mogelijkheden die het huidige toepassingsgebied van computers verre te buiten gaan.

Door micro-elektronica worden computers goedkoper, kleiner in afmetingen, groter in capaciteit. Kleine organisaties en zelfs enkelingen kunnen het gebruik van computers bekostigen. Wijde verspreiding, uitbreiding van de toepassingsgebieden en, zo men wil, nivellering van het computergebruik worden door micro-elektronica mogelijk gemaakt.

Deze ontwikkeling wordt nog versterkt door het samengaan van de computertechnologie met de (tele-)communicatietechnologie, een zeer verwante technologie overigens. De combinatie van enerzijds informatieverwerking en -opslag en anderzijds overdracht van data over grote afstanden is zo niet mogelijk gemaakt, dan toch sterk verbeterd door de micro-elektronica. Opnieuw geldt dat in eerste instantie grote organisaties (ondernemingen, instituten, overheden) de mogelijkheden kunnen benutten, maar ook hier is een kostenontwikkeling waarneembaar die ertoe leidt dat kleine organisaties en particulieren van de technische hulpmiddelen gebruik zullen kunnen maken.

Of dit laatste ook werkelijk gebeuren zal, is onzeker, en ook staat niet op voorhand vast dat het beschikbaar stellen van dezelfde informatiehulpmiddelen aan in principe iedereen, ook aan iedereen dezelfde mogelijkheden biedt. Het is niet ondenkbaar dat sociale verschillen vergroot worden door verschil in inzicht en ervaring in de gebruiksmogelijkheden van de nieuwe techniek (Laudon, 1977). Bij voorbeeld kan dit leiden tot vergroten van de macht van (grote) organisaties.

¹ Een literatuurlijst is aan het einde van dit hoofdstuk toegevoegd.

De nieuwe discussie waartoe micro-elektronica aanleiding geeft, heeft betrekking op toepassing van deze technologie in allerlei en velerlei bestaande en nog te ontwikkelen produkten en processen. De noodzaak tot energiebesparing, de noodzaak tot milieubescherming en de toenemende behoefte aan beveiliging van woonhuis e.d. tegen misbruik en inbraak vormen enkele factoren die verdergaand gebruik van micro-elektronica zullen bevorderen. Micro-elektronica heeft de potentie de energie-consumptie van apparaten (van radio tot vrachtauto) te verbeteren en door betere procesregeling de uitstoot van warmte en afvalstoffen bij allerlei processen te verminderen. Micro-elektronica biedt bovendien de mogelijkheid om, via adequate sensoren, gevoelig voor luchtstromingen, warmte, geluid, licht en beweging, veranderingen in situaties te detecteren en erop te reageren (bij voorbeeld met alarm).

Het blijft niet bij deze toepassingsgebieden. De medische technologie bij voorbeeld heeft al tal van nieuwe of althans nieuwe generaties van apparaten te zien gegeven, die (via computers) hun ontstaan danken aan micro-elektronica (tomoscan en andere beeldverwerkende systemen).

Ook van andere apparaten (camera's, auto's, huishoudelijke apparatuur enz.) bestaan reeds nieuwe, verbeterde versies en dit is naar veler mening nog pas het begin. Het is niet te voorspellen welke nieuwe ideeën en uitvindingen er nog zullen komen. Zeker is dat micro-elektronica een basis biedt voor nieuwe creativiteit en inventiviteit.

Het zijn vooral de nieuwe, te verwachten maar niet te voorspellen, mogelijkheden van micro-elektronica die de discussie rondom deze technologie bepalen. Deze discussie gaat vooral over de autonomie van technologie en over de vraag naar de mogelijkheden om de technologie te beheersen. In verband daarmee staan onderwerpen ter discussie zoals: beleidsvorming, beslissingsprocedures en -strategieën, leefbaarheid in organisaties, individuele vrijheid ten overstaan van complexe organisaties, kwaliteit en beschikbaarheid van arbeid enz. Het zijn deze onderwerpen die in de nu volgende paragrafen ter sprake zullen komen. De Adviesgroep heeft ervoor gekozen hen afzonderlijk te behandelen. Het is niet de bedoeling hen te plaatsen in hun onderlinge samenhang vergt meer tijd dan de Adviesgroep ter beschikking stond en vereist ook een andere werkwijze dan die welke door de Adviesgroep kon worden gevolgd. Zoals uit hoofdstuk 7 zal blijken, meent de Adviesgroep dan ook een studie tot een structureel onderzoek op dit gebied te moeten aanbevelen.

4.2. WISSELWERKING TUSSEN TECHNOLOGIE EN SAMENLEVING

Technologie omvat het geheel aan kennis en kunde waarmee de mensheid vorm geeft aan haar omgeving en waarmee zij leven en samenleving inricht.

Technologie maakt deel uit van de samenleving (Laudon, 1974). Het gaat om een verschijnsel dat binnen de samenleving ontstaat en wordt toegepast, een uiting van de menselijke cultuur, zoals wetenschap, kunst en sociale organisatie dat zijn. Technologie ontwikkelt zich als regel in nauwe samenhang met andere menselijke uitingen, waardoor een zekere mate van evenwicht kan worden bewaard.

Het betrekkelijk isolement evenwel (defensie-industrie, ruimtevaart, computers) waarin micro-elektronica zich gedurende lange tijd heeft ontwikkeld, heeft ertoe kunnen leiden dat de micro-elektronica als het ware is vooruitgelopen op de samenleving. Dit uit zich zowel in actuele als in te verwachten problemen met betrekking tot werkgelegenheid, onderwijs, industriële activiteiten enz.

Technische hulpmiddelen worden vrijwel altijd bedacht in aansluiting op wat reeds bestaat. Werk dat reeds verricht wordt, kan met het nieuwe middel

efficiënter worden verricht; doelen die reeds nagestreefd worden, komen met het nieuwe middel binnen bereik. Bestaat het nieuwe technische hulpmiddel eenmaal, dan geeft het zicht op ander werk, andere doelen. Technische hulpmiddelen ontstaan uit het doen, denken en streven van de mens, veranderen dat doen en denken en streven: een voortdurende wisselwerking die tot ingrijpende wijzigingen in het culturele en maatschappelijke patroon van de samenleving aanleiding kan geven. Men denke daarbij aan de veranderingen die tot stand kwamen in samenhang met technische hulpmiddelen als de boekdrukkunst, de stoommachine, de elektromotor, de telefoon, de auto, de televisie enz. Langdurige en ingrijpende veranderingsprocessen vinden klaarblijkelijk hun aanleiding in technische hulpmiddelen, zelf ontstaan vanuit de behoefte van de samenleving, en raken uiteindelijk alle facetten van de samenleving: economie, politiek, cultuur en sociale organisatie.

Dat er echter inderdaad sprake is van een wisselwerking tussen technologie en samenleving, blijkt bij voorbeeld uit het succes van computers. Dit succes is niet alleen te verklaren uit de aard der apparaten. Als het formeel-logische en abstracte denken niet sterk tot ontwikkeling was gekomen en als niet dat denken de inrichting van organisaties en systemen sterk had beïnvloed, dan zouden computers niet dat succes hebben gehad. Computers komen voort uit dat denken en versterken op hun beurt de invloed ervan.

Kenmerk van een onevenwichtige technologische ontwikkeling is dat zij ten koste gaat van andere culturele aspecten, die onder invloed van de technologie en de daaraan ten grondslag liggende denkwijze dreigen te verschromelen. Dit risico is reëel als men zich realiseert dat de ontwikkeling gestuurd wordt vanuit een denken en streven dat door dezelfde technologie wordt bevorderd, en via technische middelen die dezelfde technologie schept. Er dreigt dan het gevaar van een autonome technologie die vele aspecten van de samenleving gaat domineren, vooral indien voor problemen die zij oproept, oplossingen gekozen worden die zij biedt.

Problemen die het gevolg zijn van een zich onevenwichtig ontwikkelende technologie kunnen in vele gevallen beter worden opgelost door andere facetten van de samenleving als tegenwicht te versterken. Alleen als deze weg opgehouden wordt, kan technologie als beheersbaar worden beschouwd. Zoals in het eerste hoofdstuk reeds gesteld is, vergt dit een voortdurende waakzaamheid en een flexibele, evenwichtige beleidsvoering vanuit het besef dat technologie de mensheid primair voor een cultureel-maatschappelijk probleem stelt. Voorkomen moet worden dat er een automatisme ontstaat in het zoeken naar zuiver technologische oplossingen voor zich voordoende problemen. Een dergelijk automatisme – men spreekt wel van «technological fix» (Hoos) – houdt in dat technologische oplossingen reeds gekozen worden, zonder dat zij eerst op hun sociaal-culturele merites zijn onderzocht, met opnieuw het gevaar dat louter technologische principes de maatschappelijke orde gaan bepalen. De technologie is dan autonoom geworden, wat volgens Winner (1977) tot gevolg kan hebben dat:

- de mens afhankelijk wordt van zijn eigen hulpmiddelen;
- mens en maatschappij zich moeten onderwerpen aan een door technische systemen opgelegde discipline;
- technische doelen maatschappelijke doelen gaan bepalen, en
- technische systemen gedrag en motivatie van de enkeling gaan determineren, en dat uiteindelijk
- de technische omgeving de natuurlijke omgeving van de mens tot op grote hoogte vervangt.

4.3. DE INVLOED VAN COMPUTERS

De dreiging van een autonome technologie wordt vooral gevoeld bij de ontwikkeling van computers en op basis daarvan geconstrueerde (zeer) complexe systemen (Weizenbaum, 1976, Mowshowitz, 1976, Winner, 1977,

Birch, 1979, Laudon, 1974). Het karakter van computers en de aard der systemen geven daar ook een zekere aanleiding toe.

Om te beginnen worden formalisering en logische ordening van organisaties, systemen, procedures, werkstructuren en informatie-overdracht door computers bevorderd. Formele en abstracte aspecten worden versterkt ten koste van concrete en affectieve. Dit kan leiden tot starre, onpersoonlijke bureaucratisering, waarin weinig of geen ruimte is voor individuele, creatieve activiteit. Bovendien maken computers – mede door de eliminatie van deze concrete en affectieve aspecten – de constructie van veel-, zo niet allesomvattende, systemen mogelijk. Dit bevordert de groei en de relatieve machtspositie van grote organisaties (regeringen, instituten, ondernemingen).

Dit alles brengt met zich mee dat er vooral aandacht wordt besteed aan die eigenschappen van mensen (en zaken) die precies te definiëren en te kwantificeren zijn. Inzicht in mens en ding wordt gereduceerd tot kennis van formele of formaliseerbare details. Het is een illusie te denken dat daarmee de werkelijkheid volledig begrepen wordt.

De vrees bestaat dat informatieverwerkende machines zelfs zo intelligent worden («artificial intelligence»), dat zij de mens in één van diens meest kenmerkende eigenschappen zouden kunnen vervangen of zelfs overtroeven, nl. in zijn verstandelijke vermogens.

Inderdaad blijkt al wel uit de ontwikkelingen, dat op computers gebaseerde informatieverwerkende apparatuur taken uitvoert die gerekend worden tot «hoofdarbeid». Daaruit volgt niet, volgens de Adviesgroep, dat machines superieur zijn of worden aan de mens. Ook dat de mens gebruik maakt van grote systemen en zich naar de eisen daarvan schikt, ontnemt hem zijn waarde niet, bij voorbeeld zijn bereidheid zich aan te passen aan verkeersregels of aan de dienstregeling van de Nederlandse Spoorwegen. De werkelijke vraag is echter of mensen de machine superieur zullen verklaren en elkaar zonder noodzaak willen dwingen tot onderschikking aan de technologie.

Niettemin is het gevaar reëel, dat de mens vervreemdt van de wereld waarin hij leeft, van de organisaties waarmee hij te maken heeft of waarvan hij deel uitmaakt, en van het werk dat hij verricht. Hij doorziet dan het geheel niet, voelt zich er niet bij betrokken en kan zich daardoor bedreigd voelen. Dit kan leiden tot een zich afwenden van de maatschappelijke verbanden waartoe hij behoort, en zelfs tot actief verzet.

Zoals reeds gesteld, beïnvloedt de micro-elektronica de gebruiksmogelijkheden van computers in sterke mate, een invloed die vergelijkbaar is met die van de elektromotor in het tijdperk van de dure, exclusieve, stoommachine. Ook de elektromotor maakte spreiding van de toepassing mogelijk, zodat ook kleinere bedrijven er gebruik van konden maken. Tegelijkertijd bevorderde de elektromotor grootschalige industriële productie. Ook de elektromotor drong door tot in het leven van de enkeling: in elk huisgezin zijn tien of meer elektromotoren te vinden.

Een dergelijke invloed heeft de micro-elektronica op computers en het gebruik daarvan.

Het aan computers verbonden risico kan worden aangeduid met de term «culturele eenzijdigheid». De technologie wordt in menselijke termen beschreven, terwijl omgekeerd mensen, hun activiteiten en hun organisaties, veelvuldig worden beschreven en gemodelleerd naar het formeel-logische, wiskundig-abstracte model dat ten grondslag ligt aan computers. Een verschijnsel dat ook rondom andere technologieën waarneembaar is geweest (Mowshowitz, 1976) en dat illustreert hoe er, eenzijdig, voorrang gegeven wordt aan bepaalde eigenschappen van mens en samenleving; andere eigenschappen komen daardoor in de knel.

4.4. MENSEN IN ORGANISATIES

Het behoort tot de verworvenheden van de moderne wetenschap en techniek, dat gecompliceerde problemen kunnen worden opgelost. Wetenschap-

pelijke vraagstukken die zich vroeger niet voor kwantitatieve behandeling leenden, kunnen nu worden aangepakt. Artsen kunnen diagnoses stellen op grond van een complex van waarden van verschillende klinisch-chemische parameters. Gecompliceerde organisatorische vraagstukken kunnen met behulp van moderne technieken worden geanalyseerd en met gebruikmaking van mathematisch geformuleerde modellen op mogelijke oplossingen worden beoordeeld.

Met name het laatste voorbeeld is voor deze paragraaf van belang. Micro-elektronica zal, geheel in de traditie van computers, in toenemende mate worden gebruikt bij het beoordelen van organisatorische vraagstukken en bij het voorbereiden van beslissingen daaromtrent.

Door zeer velen wordt de afhankelijkheid van onbegrepen modellen en de daaruit via elektronische hulpmiddelen afgeleide beslissingen als bedreigend ervaren. Tot op zekere hoogte is dit terug te voeren op de grote organisaties die, (mede) dank zij de technische middelen, gehandhaafd en uitgebouwd kunnen worden. Het gevoel van bedreiging is wat dat betreft niet nieuw: patiënten in een ziekenhuis en individuele burgers ten overstaan van de bureaucratie (vooral de overheid) kennen dit gevoel al lang. Al meer dan zestig jaar geleden werd deze bedreiging door Kafka onder woorden gebracht. Elektronica en de daarmee hanteerbare modellen voegen echter een nieuw element toe aan de tot vervreemding en vereenzaming leidende relatie tussen mens en organisatie. Dit zal vaak, en in toenemende mate, leiden tot een situatie waarbij degene die de beslissing neemt dat doet zonder dat hij het model en de variabelen doorziet die worden gehanteerd, terwijl anderzijds degene die de beslissing aangaat, deze evenmin kent.

In het proces van vervreemding zijn een aantal factoren in het spel. In de sociologische literatuur komen de volgende als belangrijk naar voren:

- gebrek aan inzicht van de niet-deskundige deelnemers aan organisaties; er ontstaat een gevoel van te zijn buitengesloten door de onmogelijkheid de beslissingen aangaande de eigen situatie te begrijpen;
- ongerustheid groeit uit tot een gevoel van weerloosheid ten opzichte van technische systemen; gevreesd wordt dat individuele belangen stelselmatig ondergeschikt worden gemaakt aan belangen die door de organisatie worden nagestreefd (met behulp van elektronische systemen);
- gevreesd wordt voor het ontstaan van een nieuwe elite: de deskundigen die wel begrijpen hoe de organisatie in elkaar zit en hoe (en waarom) beslissingen tot stand komen; deze elite kan de machinerie bedienen die de organisatie in stand houdt, zij zal over veel informatie beschikken en op steeds grotere afstand van de niet-deskundigen komen te staan.

Hier staat tegenover dat in de toekomst, mede door micro-elektronica, besturings- en regeltaken verder verbeterd kunnen worden, waarbij tot dusver door de mens uitgevoerde taken beter, stabiel en vaak goedkoper met behulp van een elektronisch systeem uitgevoerd kunnen worden. De grote geheugencapaciteiten bieden meer dan ooit tevoren mogelijkheden tot opslaan van allerlei informatie die tot dusver in de hoofden van medewerkers was opgeslagen. Ook beslissingsregels en besluitvormingsprocedures, zelfs evaluatie van menselijke activiteiten kunnen meer en meer worden geautomatiseerd. Het aan elkaar koppelen van systemen biedt bovendien, naast een meer effectieve informatieverwerking, ook de mogelijkheid van ver doorgevoerde controle in de organisatie.

Het zijn dergelijke gebruiksaspecten van deze «pervasive technology» die in steeds verdergaande mate de activiteiten van de organisatie zullen beïnvloeden en deze organisatie zelfs omvormen. Een verschijnsel dat zich niet slechts afspeelt op het niveau van de fabrieksvloer, maar eveneens op het niveau van management en ondernemer en van alle andere geledingen binnen de organisatie.

In de afgelopen jaren zijn er pogingen in het werk gesteld om enigermate tot andere organisatievormen te komen. In tal van bedrijfstakken heeft het gespecialiseerde, discipline-gerichte werken al plaats moeten maken voor project- of produktgerichte arbeid, georganiseerd naar toepassingsgebied. Het blijft tot op heden echter meestal bij pogingen om andersgerichte organisatievormen in te passen in de bestaande traditionele structuur. Het karakter van de technologie en het ingrijpende karakter van de toepassing lijken een meer fundamentele verandering van organisaties noodzakelijk te maken.

De sociale vraagstukken die met de complexiteit van organisaties samenhangen, vragen in dit tijdperk van steeds verder doordringende elektronificering om diepgaande studie en verstrekkende oplossingen. Ter illustratie:

- van de organisaties zal een sterk verbeterde voorlichting over doel, structuur en werkwijze worden gevraagd;
- via scholing, studie en voorlichting moeten deelnemers aan organisaties in staat worden gesteld de betekenis en het doel van hun werk te begrijpen en te beïnvloeden;
- bij het ontwerpen en veranderen van organisatiesystemen zullen de werknemers moeten worden betrokken; dit betekent: het geven van verantwoordelijkheid aan werknemers en het door hen aanvaarden van die verantwoordelijkheid.

Dat de Adviesgroep aan dergelijke algemene aanbevelingen geen nadere uitwerking geeft, betekent niet dat zij de frustraties onderschat, die door micro-elektronica bij een nog groeiend deel van de Nederlandse bevolking kunnen ontstaan. Weliswaar kan de micro-elektronica een bijdrage leveren in het streven naar «informatiegelijkheid», maar al eerder is vastgesteld dat zulks op zich zelf geen oplossing biedt en ook tot machtsongelijkheid leiden kan. Niettemin moet, naar het oordeel van de Adviesgroep, de oplossing worden gezocht in het betrekken van de enkeling in de problematiek, zeker voor zover die zijn eigen situatie betreft. Betrokkenheid zal voor een belangrijk deel door informatie-overdracht moeten worden gerealiseerd. De in dit rapport aan de orde gestelde technologie kan daartoe bijdragen, zij het binnen maatschappelijk gestelde grenzen (vgl. paragraaf 4.2 van dit hoofdstuk).

4.5. PRIVACY EN VRIJHEID

Het in toenemende mate ter beschikking komen van (elektronische) databanken beantwoordt aan de behoefte o.a. van wetenschappelijke onderzoekers om binnen korte tijd kennis te nemen van de voor hun onderzoek relevante literatuur. Daarnaast vervullen databanken in de administratie van overheid en bedrijfsleven een onmisbare functie. De moderne administratie van banken en girodiensten zou zonder de toepassing van de computer ondenkbaar zijn. Administratieve handelingen kunnen nu veel sneller en accurater worden uitgevoerd dan voorheen. Bovendien wordt door de machine geestdodend werk uit handen genomen, zij het dat soms ander geestdodend werk ervoor in de plaats komt.

Databanken vormen een sociaal probleem wanneer zij betrekking hebben op een verzameling van gegevens omtrent personen. Van 1972 tot 1976 heeft de Staatscommissie Bescherming Persoonlijke Levenssfeer in Verband met Persoonsregistraties (Staatscommissie-Koopmans) zich beziggehouden met de privacy-problematiek die aan de registratie van persoonsgegevens verbonden is. Zij zag in dat het wederom om een bekend probleem ging. Inbreuk op de persoonlijke levenssfeer kon immers ook vóór het elektronische tijdperk ontstaan, bij voorbeeld «wanneer een overijverig journalist over de schreef is gegaan». De Staatscommissie is ervan uitgegaan dat het individu in een aantal gevallen het nadeel verbonden aan een zekere beeldvorming door de registratie van persoonsgegevens, heeft te dulden. Maar de commissie beseft bij de analyse van de motieven van mensen om inbreuken op

hun privacy aanwezig te achten, dat wanneer het om min of meer gevoelige gegevens gaat – men denke aan medische en psychologische gegevens – de gedachte dat de mogelijkheid bestaat van professionele verzameling en eventueel van verspreiding, voor velen onverdraaglijk is. Dat geldt a fortiori wanneer registraties niet alleen feiten zouden opnemen, maar ook veronderstellingen: de indrukken van de arts, maatschappelijk werker of politie-ambtenaar, de hypothesen van de psycholoog over mogelijke toekomstige gedragingen e.d. Andere motieven om in de registratie inbreuk op de privacy te zien, hebben met de doelstelling van de registratie te maken, met de behoefte om beslissingen aangaande de eigen persoon te kunnen overzien en met bezwaren tegen commerciële exploitatie van persoonsgegevens. Bovendien is er het grote gevaar dat in geregistreerde feiten onvoldoende het individuele, in de tijd veranderende perspectief wordt onderkend van de mens, op wie die feiten betrekking hebben.

De Adviesgroep onderschrijft de uitgangspunten van de Staatscommissie-Koopmans voor een wettelijke regeling. Hierbij maakt zij echter twee kanttekeningen.

Ten eerste zal de gegevensopslag door de ontwikkeling van goedkope micro-elektronica nog veel gemakkelijker algemeen verbreid kunnen worden. Door het koppelen van gedistribueerde databestanden zal het mogelijk worden een al of niet vervormd totaalbeeld van personen op te roepen. Dit bespieden in optima forma kan voor de samenleving onverdraaglijk en verlamend zijn.

De tweede opmerking heeft betrekking op de wenselijkheid dat niet alleen de wetgever met sterke handen de persoonlijke levenssfeer beschermt. Met de commissie-Koopmans stelt de Adviesgroep dat het bij een onderwerp als het onderhavige zeer goed denkbaar is, dat de betrokkenen ook zelf een bijdrage leveren. Vandaar dat de Staatscommissie destijds in haar interimrapport uitdrukkelijk een beroep heeft gedaan op alle betrokkenen om die bescherming waar mogelijk zelf ter hand te nemen. De Adviesgroep meent dat voorlichting en algemene discussie in de samenleving een ethische instelling teweeg moeten brengen die uitwassen van de toepassing van micro-elektronische techniek in consensus kan beteugelen. In het initiëren van deze discussie heeft de overheid een belangrijke taak. Ter wille van het, nu zeer dringend geworden, tot stand komen van een goede regeling zal in hoofdstuk 7 ook het spoedig bepalen van een overheidsstandpunt gevraagd worden.

Naar het oordeel van de Adviesgroep zal in een standpunt met betrekking tot geautomatiseerde persoonsregistraties de software, via welke de registraties worden benaderd, in overweging genomen moeten worden. Het in de literatuur wel gemaakte onderscheid tussen administratieve en statistische databanken slaat vooral op de wijze waarop de geregistreerde gegevens worden benaderd, nl. al dan niet via statistische interpretatie. Het gevaar is dan aanwezig – en in de praktijk ook actueel – dat statistische bewerking van geaggregeerd materiaal de basis vormt voor onjuiste beslissingen met betrekking tot een bepaald persoon. Zo kan voor een bepaalde beroepsgroep gelden dat leden van de groep die gescheiden zijn meer ongelukken veroorzaken dan anderen. Op grond van deze onvolledige analyse wordt dan de voorbarige conclusie getrokken dat voor een gescheiden lid het beter is een andere functie te zoeken.

Acuut wordt deze problematiek bij wat wel genoemd worden de «intelligence» databanken. Deze worden samengesteld met het oog op informatie over bepaalde bevolkingsgroepen, in vele gevallen, maar niet per se, in de justitiële sfeer. In de interpretatie van de vastgelegde gegevens kunnen ongewenste (voor)oordelen insluipen. Gezien de mogelijkheden die micro-elektronica ook biedt op het gebied van electronic surveillance, in samenhang met telecommunicatie, is de conclusie gewettigd dat hier een toepassingsgebied ligt dat stringente begeleiding vereist. Te meer daar zulk een verdere ontwikkeling ook een internationaal aspect heeft (zie paragraaf 4.8 van dit

hoofdstuk), is het zaak spoedig stappen te ondernemen die tot afremming leiden.

Al eerder werd vastgesteld dat de mogelijke complexiteit van beslissings-procedures en de afstand tussen normstelling en uiteindelijk oordeel het risico inhoudt dat de enkeling vervreemdt van beslissingen die ten aanzien van hem worden genomen. Zeker zal dit zo zijn als de beslissingen mede genomen worden op grond van omtrent hem geregistreerde persoonlijke gegevens, terwijl hij de relatie tussen beslissing en gegevens niet ook zelf kan leggen. Hij moet maar aannemen dat de beslissing door de (data-)bank genomen wel goed zal zijn.

Aan het begin van deze paragraaf werd gesteld, met de Staatscommissie-Koopmans, dat men in een aantal gevallen de nadelen van persoonsregistratie zal hebben te dulden, namelijk om wille van aantoonbare maatschappelijke belangen. Het is aan de overheid om te bepalen waar de grenzen liggen tussen het individuele belang (óók een maatschappelijk belang; Van Braam, 1973) en het belang van de groep. De micro-elektronica heeft de potentie zulke grenzen te overschrijden. In het verkeer: vrijwel perfecte controle is mogelijk; in de gezondheidszorg: patiëntenregistratie kan te ver gaan; in de juridische sector: ter bestrijding van misdaad en terrorisme kan een maatschappelijke orde worden geschapen, waarin ieder lid van de maatschappij gezien wordt als potentiële misdadiger of terrorist.

4.6. WERKGELEGENHEID

De resultaten van het ten behoeve van hoofdstuk 3 gevoerde onderzoek wijzen, bij een ongewijzigd beleid, op een onaanvaardbaar tekort aan werkgelegenheid in de jaren negentig. In verband hiermee ontstaan vragen naar de ontwikkeling van werkgelegenheid in een nog verder verwijderde toekomst. Hierover bestaat een grote variatie aan meningen. Volgens de meest pessimistische (Adam Schaff, 1979) zal in de komende twintig tot dertig jaar vrijwel alle werk door automatisering verloren gaan. De Adviesgroep deelt dit pessimisme niet. Lang niet alle werk kan geautomatiseerd worden. Ontwerp en invoering van systemen eisen werk. In de handel- en dienstensector blijven menselijke contacten essentieel. Door micro-elektronica komen talrijke nieuwe produkten binnen bereik, die voor nieuwe werkgelegenheid kunnen zorgen; bovendien zullen veel toepassingen (regelaars e.d.) weliswaar het werk ingrijpend kunnen veranderen, maar zij doen het niet teniet. De vraag naar diensten zal nog toenemen, vooral op het gebied van informatieverzorging. Nieuwe informatiediensten zullen arbeidsintensief blijven.

Dit alles neemt niet weg dat overheid en bedrijfsleven niet passief kunnen blijven toezien.

Vooruitlopend op nader onderzoek ter zake, worden in de laatste hoofdstukken van dit rapport dan ook een aantal maatregelen voorgesteld, gericht op het versterken van de concurrentiepositie van ondernemingen, door hen bewust te maken van de kansen die toepassing van micro-elektronica biedt, en hen te helpen de nodige kennis op dit gebied te verkrijgen en toe te passen.

Toepassing van micro-elektronica zal voorts tot gevolg hebben, dat veel mensen gevraagd zal worden op een ander, veelal hoger niveau van kennis en kunde te functioneren. Adequate om- en bijscholing is daarom een eerste vereiste (zie hoofdstuk 5).

Al deelt de Adviesgroep de mening niet dat arbeid volledig zal verdwijnen, er moet naar haar oordeel wel rekening gehouden worden met een vermindering van de mogelijkheden om te werken in de gangbare betekenis van het woord. Maatregelen moeten worden getroffen om het resterende werk zinvol te verdelen. Nagegaan moet worden in hoeverre het vermoeden

juist is dat inwoners van industrielanden een minder koortsachtig bestaan verlangen. De nu als sterk bedreigend ervaren veranderingen in het werkpa-troon kunnen wellicht de overgang markeren naar een in cultureel opzicht rijker bestaan in de geïndustrialiseerde wereld.

Het gaat echter niet alleen om een absolute vermindering van werkgele-genheid, maar ook om de zekerheid van grote verschuivingen op de arbeids-markt en van ingrijpende veranderingen in de aard van veel werkzaam-heden. Deze zullen niet alleen gevolgen hebben op nationaal en internatio-naal niveau (paragraaf 8 van dit hoofdstuk), maar ook voor de enkeling. Steeds meer mensen zullen geconfronteerd worden met wijzigingen in werk en werkomgeving. Wat het laatste betreft: gedwongen overplaatsingen in grote organisaties hebben voor een deel dezelfde gevolgen als een noodza-kelijke ontslag-sollicitatie-procedure. Menigeen zal in de loop van zijn leven nieuwe opleidingen moeten volgen; menigeen zal een of meer malen van beroep of vak moeten veranderen, andere kundigheden moeten aanleren en andere kennis moeten zien op te doen.

De Adviesgroep realiseert zich dat aan deze problematiek reeds veel aan-dacht wordt besteed, met name – en terecht – aan het rechtspositionele as-pect ervan. Zij wil echter niet nalaten nadruk te leggen op het belang dat de-zie problematiek voor het persoonlijk leven in het algemeen heeft. Er is geen reden om te verwachten dat micro-elektronica de problematiek als het ware geruisloos zal oplossen, bij voorbeeld omdat automatisering kleinschalig-heid zou stimuleren. Het tegendeel lijkt meer voor de hand te liggen, tenzij via een doelgerichte beleidsvoering de technologie zo wordt ingezet, dat de problemen althans oplosbaar worden.

Mensen moeten zinvol bezig kunnen zijn en zelf verantwoordelijkheid kun-nen en willen dragen voor de keuze van die bezigheden. Hoe het werk te ver-delen over mensen, maar ook: hoe werk, studie en recreatie te verdelen over iemands levensloop, hoe de aansluiting te vinden tussen loon en behoefte, hoe mogelijkheden te creëren om zinvol onbetaald werk te doen – het zijn evenzovele vraagstukken die op overzienbare termijn om ingrijpende oplos-singen vragen. Het is te gemakkelijk om, via kunstmatig in stand houden van verouderende arbeidsplaatsen, dergelijke problemen steeds opnieuw naar de toekomst te verschuiven. Er zijn andere oplossingen nodig. Dit wordt trouwens door veel mensen onderkend: zij begrijpen wat er gaande is en ge-loven al lang niet meer in korte-termijnoplossingen.

4.7. DE KWALITEIT VAN DE ARBEID

Het ligt voor de hand om na te gaan hoe de micro-elektronica het karakter van de arbeid en de werkomgeving kan verbeteren. Micro-elektronische ap-paraten kunnen immers automatisch op allerlei omstandigheden reageren en zich daaraan aanpassen. Er moeten dus toepassingsmogelijkheden te vinden zijn waardoor allerlei overlast en risico uit de werkomgeving van de mens kunnen worden verwijderd. Er moeten ook mogelijkheden zijn om de intrinsieke eigenschappen van de te verrichten arbeid te verbeteren.

4.7.1. Het karakter van de arbeid en van de omgeving waarin deze wordt verricht

De kwaliteit van de menselijke arbeid kan en wordt in feite op grote schaal aangetast, met betrekking tot een of meer van de volgende aspecten:

- a. door de **omstandigheden** waaronder arbeid moet worden verricht: koude, hitte, eenzaamheid e.d.;
- b. door de **gevaren** die arbeid met zich meebrengt: giftige dampen of stoffen, gevaarlijke stof, lawaai, mechanische gevaren die tot ongevallen kunnen leiden e.d.;
- c. door de **extra (onnodige) moeite** die het verrichten van arbeid vergt: lange reistijden, nachtarbeid, fysiek zware arbeid e.d.;

d. door het **ontbreken van mogelijkheden tot werkoverleg en het dragen van eigen verantwoordelijkheid**;

e. door het **ontbreken van arbeid die een beroep doet op de creativiteit en het verantwoordelijkheidsbesef** van de werker zelf.

Sommige van de genoemde bedreigingen van de kwaliteit van de arbeid kunnen met behulp van de micro-elektronica geheel of gedeeltelijk worden geëlimineerd. Te denken valt bij voorbeeld aan:

- een verbeterde klimaatregeling, zowel in grote ruimten als in beschuttende kleding;
- een betere bewaking van de uitstoot van schadelijke stoffen;
- een vergroting van de mogelijkheden tot afstandsbediening, waardoor vuil en gevaar vermeden worden;
- vermindering van lawaai, bij voorbeeld doordat mechanische koppelingen door elektrische worden vervangen;
- verdere verfijning van de mechanisatie, waardoor onnodige zwaarte van de arbeid wordt bestreden;
- verdergaande automatisering en automatische bewaking van gecompliceerde processen, waardoor zowel een deel van de eenzame arbeid in controlekamers als wellicht een deel van de nachtarbeid onnodig wordt.

Micro-elektronica kan echter ook de werkomgeving of het karakter van de arbeid nadelig beïnvloeden:

- zo kan zij maken dat de mens-machine-relatie meer en meer de mens-mens-relatie gaat vervangen: het werk wordt meer en vaker uitgevoerd door enkelingen in samenwerking met technische systemen;
- zij kan bevorderen dat door het sterk systeemgebonden karakter van het werk zozeer de nadruk komt te liggen op programmeren en geprogrammeerd werken, dat de creativiteit en het informele handelen en denken in het gedrang komen;
- zij kan de uitholling van functies veroorzaken door beslissingsbevoegdheid en verantwoordelijkheid in de programma's in te bouwen.

Ten aanzien van het beleid dat bij de verbetering van de kwaliteit van de arbeid moet worden gevoerd, bestaat nog een grote mate van onzekerheid; voor sommige van de genoemde aspecten bestaan reeds normen, voor tal van andere aspecten dienen zij echter nog te worden ontwikkeld. Bedrijfsge-neeskundig, arbeidspychologisch, veiligheidskundig en ergonomisch onderzoek op dit terrein dient aangemoedigd te worden.

4.7.2 De organisatie waarin arbeid wordt verricht

Arbeid wordt voor het grootste deel in groepsverband verricht en vergt dus organisatie. Ook andere produktiefactoren vereisen dat.

Over de mogelijke invloed van micro-elektronica en automatisering op organisaties handelden reeds enkele van de voorgaande paragrafen; hieronder wordt nog ingegaan op enkele organisatie-aspecten die in een meer directe relatie staan tot werk en kwaliteit van werk.

Micro-elektronica kan gebruikt worden voor het opvoeren van de eigen verantwoordelijkheid van mensen in hun werk, door doelgericht handelings- en beslissingsbevoegdheid te decentraliseren. De keuze die gemaakt moet worden is een beleidskeuze; de praktijk tot dusverre bewijst niet dat de keuze voor decentralisatie ook werkelijk wordt gemaakt. Literatuur over dit onderwerp (Engberg, 1978) beschrijft eerder het tegendeel. Zo wordt erop gewezen dat:

- automatisering de mogelijkheid suggereert van toenemende decentralisatie en effectieve participatie, maar de facto blijkt te leiden tot informatiesystemen op nationale en mondiale schaal ten gunste van het beleid van kleine groepen experts;

- automatisering suggereert dat het zo noodzakelijke, allesomvattende overzicht kan worden bereikt, dat dan echter wel verkregen wordt door het standaardiseren en reduceren van individuele eigenschappen en individuele verschillen;
- automatisering de mens meer plezier in zijn werk brengt door hem meer tijd te geven om dat werk te doen, terwijl diezelfde automatisering in feite het werktempo om reden van competitie verhoogt;
- automatisering leidt tot het verdwijnen van werk, terwijl wordt gesuggereerd dat werkomstandigheden door automatisering worden verbeterd.

Het zijn dergelijke paradoxale constateringën die de samenleving voor problemen stellen die in de nabije toekomst om een oplossing vragen. Gezocht moet worden naar een vorm van automatisering die individuele verantwoordelijkheid bevordert en creativiteit in het werk stimuleert. Onderzoek naar dergelijke vormen van automatisering is geboden.

Een bijzondere plaats in deze problematiek wordt ingenomen door het vraagstuk van de controle. Het vormt als het ware de keerzijde van het gebrek aan inzicht dat individuele deelnemers noodzakelijkerwijs hebben in het tot stand komen van beslissingen.

Micro-elektronica biedt mogelijkheden tot overdadige controle op mensen in hun werk. Het is de mening van de Adviesgroep dat de techniek hier meer biedt dan maatschappelijk verantwoord is en dat de grenzen van het toelaatbare expliciet moeten worden gesteld.

Uit het voorgaande zal zijn gebleken dat het vraagstuk van de invloed van micro-elektronica op de kwaliteit van de arbeid vooral een maatschappelijk vraagstuk is. De veranderingen die micro-elektronica hoe dan ook teweegbrengen zal, doen nieuwe vragen rijzen, zoals de vraag naar de nu nog vrij starre relatie tussen arbeid en inkomen. De samenleving zal zich ook op de discussie over deze vragen dienen voor te bereiden.

4.8. INTERNATIONALE ASPECTEN

Hierboven is reeds enkele malen het internationale karakter van de micro-elektronica naar voren gekomen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat ook de discussie rondom sociale en culturele invloeden van de technologie enkele internationale aspecten kent.

Een voorbeeld daarvan, dat aansluit bij de reeds besproken werkgelegenheidsproblematiek, vormt de mogelijke verschuiving van arbeid van ontwikkelingslanden «terug» naar de industrielanden. Volledige automatisering van bepaalde werkzaamheden kan het voordeel van goedkope arbeidskrachten in ontwikkelingslanden teniet doen, waarvan niet zozeer de nieuwe industrielanden (Taiwan, Zuid-Korea e.a.), maar vooral de meest kwetsbare landen in Afrika en Azië de dupe kunnen worden. De internationale verdeling van arbeid zoals die in de geïndustrialiseerde wereld wordt nagestreefd en waarbij arbeidsintensieve industrieën (schoenen, textiel e.d.) naar ontwikkelingslanden worden verplaatst, zou ongedaan gemaakt kunnen worden of althans tot stilstand kunnen worden gebracht. Naar het oordeel van de Adviesgroep zouden de gevolgen van een dergelijke ontwikkeling niet mogen zijn dat ontwikkelingslanden in concurrentiekracht inboeten, met het risico van zich verscherpende sociaal-economische tegenstellingen, zie ook hoofdstuk 3.

Ook een andere ontwikkeling is denkbaar. Het valt bij voorbeeld niet te ontkennen dat micro-elektronica ontwikkelingslanden in staat zou kunnen stellen enigszins geavanceerde industrieën op te bouwen en aan het werk te houden. In feite gebeurt dit reeds.

De gehele problematiek – die zeker gecompliceerder is dan hier wordt geschetst – heeft niet alleen ethische betekenis, maar is ook van niet te onderschatten belang voor de politieke stabiliteit in de wereld.

De Adviesgroep beveelt aan, de problematiek te onderzoeken en te bewaken, een activiteit waarbij ook de ontwikkelingssamenwerking als doelstelling een rol speelt, naast de mogelijkheid voor Nederland om door levering van kennis en kunde actief deel te nemen in de oplossing. Zeker is dat bij het onderzoek de lokale omstandigheden in de betreffende landen van belang zullen zijn, zodat gebruik moet worden gemaakt van Nederlandse instellingen die kennis ter zake bezitten.

Een heel ander internationaal aspect houdt verband met de vermoedelijke gevolgen van micro-elektronica voor de communicatie en informatie-uitwisseling. De eerste, internationaal toegankelijke, databanken bestaan reeds enkele jaren en het vermoeden is gerechtvaardigd dat, onder noemers als Viewdata, Teletekst e.d., dit toepassingsgebied zich in de komende decennia sterk zal uitbreiden. Het vraagstuk dat zich daarbij voordoet is dat van de eventuele normering en kritische beschouwing van de in databanken opgeslagen kennis en informatie; een internationaal vraagstuk dat spoedig om een oplossing vraagt. Bij voorbeeld wordt de hiervóór (paragraaf 4.5) besproken privacy-problematiek des te klemmender als men bedenkt dat persoonsgegevens ook buiten de nationale grenzen kunnen worden opgeslagen. Ook de positie van de PTT zal door de hier aangestipte mogelijkheden worden beïnvloed. Algemeen geldt dat de nationale wetgever wordt geconfronteerd met internationale problemen. Onderzoek naar wezen en reikwijdte van die problemen is op korte termijn noodzakelijk. Naar het oordeel van de Adviesgroep zouden bovendien vanuit Nederland meer initiatieven moeten worden genomen om tot internationale afspraken te komen.

4.9. EEN STRATEGIE TER STURING VAN TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

De nieuwe van micro-elektronica afhankelijke technologieën roepen vragen op naar sturing door overheid en samenleving binnen de ter beschikking staande mogelijkheden. Waar moet worden gestimuleerd, waar bevorderd, waar in de ontwikkeling vrijgelaten, waar afgeremd of niet toegestaan?

Zoals in dit rapport op verschillende plaatsen is gesteld, tekenen zich rondom de te verwachten gevolgen van micro-elektronica in de samenleving veel onzekerheden af. Het gaat echter niet alleen en allereerst om het voorspellen van de toekomst, maar om het maken van een toekomst. Beslissingen van nu zullen de ontwikkelingen van straks gaan bepalen.

Het nemen van beslissingen is een zeer gecompliceerd gebeuren, daar hierbij verschillende groepen met uiteenlopende belangen, interpretaties en waarde-oriëntaties zijn betrokken. Een houding van «wait and see» kon men zich wellicht in vroegere tijden permitteren in een wereld waarin de veranderingen relatief traag verliepen. Uit de onvoorstelbaar snelle groei van de productie van micro-elektronische componenten en in verband met de mogelijkheid van kleinschalige toepassing hiervan, kan men de conclusie afleiden dat de nieuwe technologie tot een snelle invasie in alle levensgebieden kan leiden.

Een meer actieve houding kan zijn die van voorspellen en de samenleving voorbereiden op komende ontwikkelingen. Deze benadering kan men hantieren wanneer modellen tot voorspelling en diagnose beschikbaar zijn. Wanneer deze middelen echter, gezien de fundamentele wijzigingen, niet tot onduidelijke diagnoses en voorspellingen kunnen leiden, is het noodzakelijk een andere aanpak te zoeken. Er biedt zich een benadering aan, die men wel met de woorden «interactive mode» (Trist, 1978) aanduidt. Hiermee wordt bedoeld dat getracht moet worden vast te stellen welke toestand de gewenste is en hoe deze stap voor stap kan worden bereikt. Voor deze benadering zijn een aantal bouwstenen beschikbaar:

- het richtingsgevoel dat in de samenleving bestaat, de notie van idealen, van een betere wereld, van vermindering van lijden en onrecht;
- een leerfunctie, de mogelijkheid tot vergelijking van denkbeelden en het op grond hiervan kunnen evalueren en bijsturen;
- systematische en analytische methoden tot het aanpakken en oplossen van problemen.

Een dergelijke strategie kan voorkómen dat men aan extrapolaties een al te grote waarde hecht en tevens dat gebrek aan feitenmateriaal tot besluite-loosheid leidt. Men bereikt er ook mee, dat nu genomen besluiten in de visie op de toekomst passen, een visie, waarin veel meer dan de technologie is opgenomen.

Actueel, in de discussie rondom de micro-elektronica, is het ontbreken van feitenmateriaal. De technologie mag redelijk ontwikkeld zijn, met de toepas-sing ervan in de samenleving is nog maar net een begin gemaakt. Feitelijke gegevens over culturele en maatschappelijke gevolgen zijn er nog nauwe-lijks. Het formuleren van doelstellingen voor de toekomst hoeft daardoor echter niet sterk te worden belemmerd. Deze doelstellingen kunnen in be-langrijke mate richting geven aan komende ontwikkelingen.

Essentieel voor het slagen van de geschetste strategie is, dat men bij her-haling, periodiek, de technologische ontwikkeling en de zichtbare conse-quenties hiervan alsmede de doelstellingen evalueert. Ook het beleid moet in overeenstemming hiermee worden geëvalueerd en zo nodig bijgesteld. Aan het heden ontleende mogelijkheden worden steeds opnieuw met de doelstelling van de toekomst geconfronteerd. Dit evalueren en bijstellen is voor de micro-elektronica des te meer belangrijk omdat deze technologie zo sterk met andere technologieën verweven is, een verwevenheid die in de toekomst wellicht nog sterker zal worden. Door een en ander is, zoals ook al eerder is gesteld, de sociaal-culturele betekenis van de micro-elektronica zo groot.

4.10. HET DRAAGVLAK VAN DE BELEIDSVORMING

Een verantwoord beleid dient te steunen op een brede maatschappelijke basis. Voorkomen moet worden dat er argumenten en criteria in het beleids-vormingsproces worden veronachtzaamd, terwijl ze in de samenleving wel opgeld doen; beleid dat op een te smalle basis is gefundeerd roept weer-standen op, die ondervangen hadden moeten worden.

In de vorige paragraaf werd als mogelijke strategie een «leerstrategie» geïntroduceerd, met als karakteristieken: openheid naar de toekomst, moge-lijkheid tot bijstelling en bijsturing op basis van periodieke evaluatie. Door te voorkomen dat definitieve keuzen in een te vroeg stadium worden gemaakt kan worden bewerkstelligd dat ook zich in de toekomst manifesterende ver-wachtingen en wensen in het beleid kunnen worden opgenomen.

De noodzaak tot een breed maatschappelijk draagvlak vormt reden te meer om het hierboven gekarakteriseerde beleid-in-de-tijd te kiezen; wie in brede kring discussieert moet er niet op rekenen dat alle relevante informa-tie in een tevoren vast te stellen tempo beschikbaar komt. Beslissingen-nu mogen discussies-in-brede-kring niet in de weg staan; daarentegen mag ook de discussie het nemen van noodzakelijke maatregelen-nú niet belem-meren. Openheid naar de toekomst is noodzakelijk, willen in het te voeren beleid de waarden en belangen tot hun recht komen, ter verduidelijking waarvan een brede discussie werd gestart.

Er is meer nodig. Het maatschappelijke draagvlak dient zo breed mogelijk te zijn; hetgeen enerzijds bereikt kan worden door alle beschikbare organisa-ties in te schakelen, anderzijds door via voorlichting en onderwijs grotere groepen en ook de mensen individueel te betrekken bij de problematiek rond-om technologie in het algemeen en micro-elektronica in het bijzonder.

Het is zaak alle aandacht te besteden aan het scheppen van een zodanige vertrouwensbasis, dat een reële medewerking en bereidheid om maatschappelijke veranderingen te dragen bij de bevolking ontstaat. Zulk een vertrouwensbasis kan slechts tot stand komen als de beleidsvorming zelf openstaat voor democratische controle en als er een degelijke voorlichting bestaat, zodat de betrokkenen op basis van kennis aan de meningsvorming kunnen deelnemen. De Adviesgroep legt er dan ook de nadruk op, dat overal waar zij het verrichten van studies aanbeveelt, zij ervan uitgaat dat de onderwerpen en problemen in alle openheid met betrokkenen of hun vertegenwoordigers zullen worden behandeld, en de resultaten ervan in algemeen begrijpelijke vorm zullen worden gepresenteerd.

Als elke geïnteresseerde toegang heeft tot de feiten en zich daaromtrent een mening kan vormen, kan met meer succes de vrees voor het spel achter de schermen worden vermeden. Belangrijk is dat actieve medewerking door vrouwen kan ontstaan.

Het is duidelijk, dat de hier ontwikkelde gedachtengang o.a. aan voorlichting en onderwijs een bijzonder gewichtige plaats toekent.

Algemene voorlichting kan afkomstig zijn niet alleen van de overheid, maar ook van particuliere organisaties, bedrijven en individuen. Het gaat erom belangrijke ontwikkelingen tijdig en op begrijpelijke wijze toegankelijk te maken en ter kennis te brengen van alle geïnteresseerden.

Naar de mening van de Adviesgroep neemt het belang van deze taken toe. Het tempo van de maatschappelijke ontwikkelingen ligt immers zo hoog, dat het onderwijs niet meer in staat is iedereen op voorhand die geestelijke bagage mee te geven die hij gedurende zijn leven nodig heeft. Dat kan niet alleen worden opgelost door het onderwijs over de gehele levensduur via «recurrent education», omscholing, bijscholing en vakopleiding te spreiden. Daarnaast is vereist dat de overheid en maatschappelijke organisaties zoals die van werkgevers en werknemers, media en individuele instellingen zich duidelijk bewust zijn van hun verantwoordelijkheid in dezen: de verantwoordelijkheid om centrale problemen in de samenleving hanteerbaar te maken voor diegenen die aan de beleidsvorming willen en kunnen deelnemen.

Het onderwijs heeft een dragende rol bij de voorbereiding van jonge mensen op de hedendaagse en komende samenleving. In een statische wereld kan men het grondpatroon van normen en waarden als een vanzelfsprekend gegeven beschouwen. In een dynamische wereld moeten mensen worden voorbereid op onzekerheid en veranderingen. Het gaat om begrip voor het functioneren van de samenleving, om kennis van ontwikkelingslijnen en beginselen van beleidsvoering, om bereidheid mee te zoeken bij de oplossing van dilemma's en knelpunten.

Een essentiële rol speelt de informatievoorziening. Niet omdat nu iedereen alles moet weten; wel omdat legitimering van de besluitvorming (ten opzichte van gestelde doelen) en controle op het gevoerde beleid slechts te realiseren zijn bij afdoende informatievoorziening.

In concreto dient de samenhang tussen informatievoorziening en beleid nader te worden uitgewerkt. Dit zou een hoge prioriteit moeten hebben op alle beleidsniveaus die de maatschappij kent (niet alleen overheidsorganen maar ook bedrijfstakken, individuele bedrijven, enz.). Uiteindelijk zal een en ander moeten worden opgenomen in het wettelijke kader waarbinnen ingrijpende besluitvormingsprocessen zich dienen af te spelen.

4.11. TECHNOLOGY ASSESSMENT

In de korte tijd, die voor de eerste beraadslagingen over de micro-elektronica gegeven was, is het de Adviesgroep gebleken, dat er een duidelijke behoefte bestaat aan een zo objectief mogelijke informatie over de maatschappelijke gevolgen van de technische ontwikkeling. Bij deze technische ontwik-

kelling hoort het geheel der technologieën, die van micro-elektronica gebruik maken.

In paragraaf 4.9 van dit hoofdstuk is gebleken dat voor het voeren van een doelmatige strategie, zoals de Adviesgroep die voorstaat, een periodiek onderzoek van de technische ontwikkeling en haar maatschappelijke gevolgen een van de voorwaarden is. Tot de andere voorwaarden behoren het werken van reacties van overheid en samenleving op de ter beschikking gekomen en gepubliceerde informatie. De Adviesgroep is ervan overtuigd dat in Nederland multidisciplinair wetenschappelijk onderzoek over de maatschappelijke gevolgen van de technologie der micro-elektronica door ter zake deskundige groepen moet plaatsvinden. Een gangbare benaming voor dergelijk onderzoek is technology assessment; een Nederlandse benaming: aspectenonderzoek (Wissema, 1977).

Uiteraard is het dienstig bij de voorbereiding van aspectenonderzoek in Nederland kennis te nemen van de ervaringen, die in het buitenland op dit gebied zijn opgedaan. Hierbij kan men o.a. aan het Office of Technology Assessment denken, dat het Amerikaanse Congres ter zijde staat, en aan het VDI Technologiecentrum in de Duitse Bondsrepubliek. Uitwisseling van resultaten van onderzoek over de grenzen heen zou op een later tijdstip nuttig kunnen zijn.

Voor de opzet en de organisatie van een instantie die voor Technology Assessment (aspectenonderzoek) verantwoordelijk is, kan men zeer verschillende constructies voorstellen. De Adviesgroep geeft haar opvattingen hierover in hoofdstuk 6.

Literatuur

- K. Laudon: Computers and bureaucratic reform, New York, Wiley 1974.
- L. Ellul: The Technological Society, New York, Vintage 1964.
- K. Laudon: Information Technology and participation in the political process in: A. Mowshowitz ed. Proceedings to the second IFIP conference on human choice and computers, Amsterdam, North Holland, forthcoming 1979.
- N. Briefs: The effect of computerization on human work, A. Mowshowitz ed. Proceedings to the second IFIP conference on human choice and computers, Amsterdam, North Holland, forthcoming 1979.
- P. Armer: Electronic funds transfer systems and the consumer, Technical Report, Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences, Stanford University, California 1976.
- C. Gotlieb: Computers in the home: what can they do for us and to us, occasional paper no. 4, Institute for research on public policy, Montreal, October 1978.
- R. Kling: Social issues and impacts on computing: from arena to discipline in: A. Mowshowitz ed. Proceedings to the second IFIP conference on human choice and computers, Amsterdam, North Holland, forthcoming 1979.
- S. Kwee: Technische Revoluties in Historisch Perspektief, Inleiding congres Chips en Werk, Twente, september 1979, verschijnt medio oktober 1979.
- H. E. W. Advisory Commission on automated personal data systems records, Computers and the rights of citizens, Cambridge Massachusetts, M.I.T. 1973.
- A. F. Westin: Privacy and Freedom, New York, Atheneum 1967.
- A. F. Westin: Information via Democracy, Cambridge Massachusetts, Harvard University Press, 1973.
- A. F. Westin: Databanks in a free society: a summary of the projection on computer databanks. Computers and automation, 22 January 1973, blz. 18-22.
- A. Iverath: Report of the Swedish Data Act, The Federation of Swedish Industries, Stockholm, December 1973.
- A. Mowshowitz. The conquest of will, Addison Wesley, Reading, 1976.
- D. Noble: America by Design, Kolb, New York 1978.
- H. Leavitt & C. Whistler: Computing in the 1980ies, Harvard Business Review, 1958.
- K. Laudon: Communications technology and democratic participation, New York, Praeger, 1977.
- A. van Braam: Enkele bestuurs-sociologische aspecten van het gebruik van gegevensbanken door de overheid, in: Data Base of Data Beest? Deventer 1973.
- J. Hoos: Systems analysis information handling and the research functions, working paper, California, Berkeley, 1967.
- K. Weick: Social Psychology of organizing, Addison Wesley, 1979.
- J. Weizenbaum: Computer power and Human reason, Freeman & Co., San Francisco, 1976.
- L. Winner: Autonomous Technology, MIT Press, Cambridge, Mass., 1977.
- O. Engberg: Who will lead the way to the information society, Impact of Science on society, vol. 28, 3, 1978.
- L. E. Davis & J. C. Taylor: Technology, organization and job structure in R. Dubin: Handbook of work organization and society, Mc-Nally, Chicago, 1976.
- J. F. Wissema: Technology Assessment, Deventer, 1977.
- Adam Schaff: Slotwoord tijdens de conferentie «Social-economic problems and potentials of the applications of micro-electronics at work», Zandvoort, sept. 1979.
- Staatscommissie Bescherming Persoonlijke Levenssfeer in Verband met Persoonsregistraties: Privacy en Persoonsregistratie (eindrapport), Den Haag, 1976.
- Trist: Technical, Economic, Social Cultural developments and their Implications, Aachen, 1978.
- Birch 1979: Mondelinge mededeling aan H. J. van Dongen.

Hoofdstuk 5. Onderwijs

5.1. DE NOODZAAK VAN AANVULLENDE SCHOLING

In de twee voorafgaande hoofdstukken is de verwachting uitgesproken, dat de nieuwe technologie op de gemeenschap grote invloed zal gaan uitoefenen, en zulks waarschijnlijk reeds op korte termijn. Dit impliceert dat het onderwijs – het middel bij uitstek om de opgroeiende generatie voor te bereiden op het functioneren in de samenleving – zich daarop zal moeten instellen. Doorvoering van inhoudelijke veranderingen in het onderwijs kost veel tijd en voorbereiding. De weg van de onderwijshervorming is lang, ook als de betrokkenen het eens zijn, hetgeen zelden het geval is. Dit betekent niet, dat men het streven naar verandering moet opgeven, maar wel dat her-, bij- en omscholing van hen die het onderwijs reeds hebben verlaten, hoge prioriteit heeft. Ernstig moet worden overwogen vrijkomende arbeidstijd voor onderwijs en vormingswerk te gebruiken. Scholingsactiviteiten van verschillende aard zullen een vast onderdeel dienen te vormen van ieder personeelsbeleid. Dit geldt niet slechts voor de overheid, maar ook voor het bedrijfsleven. Kennis verschaalt, en de Adviesgroep acht het waarschijnlijk dat door de introductie van micro-elektronica op ruime schaal dit verschalingsproces sneller en misschien wel aanzienlijk sneller zal verlopen dan tot dusverre het geval was. Daarbij moet bedacht worden, dat aanvullende scholing niet alleen noodzakelijk is voor hen die een bepaalde positie vervullen, hetzij bij de overheid, hetzij bij het bedrijfsleven, hetzij bij het onderwijs zelf, maar eigenlijk voor alle leden van de samenleving, willen zij opgewassen blijven tegen de nieuwe sociale en culturele omstandigheden, waarvan hoofdstuk 4 een zekere indruk heeft trachten te geven. Het gaat niet alleen om kennis, maar bij voorbeeld ook om het behouden van voldoende participatiemogelijkheden in het nieuwe, naar ondoorzichtigheid neigende maatschappelijk bestel van morgen. Kortom, de nieuwe technologie verleent aan het vraagstuk van de *éducation permanente* een grotere urgentie.

5.2. VERANDERINGEN IN HET ONDERWIJS

Veranderingen in het onderwijs in het geheel vinden veelvuldig hun beginpunt in veranderingen in het wetenschappelijk onderwijs, die dan geleidelijk de rest van de onderwijsspiramide beïnvloeden. Dit vergt tijd, zeker in een land als Nederland, waar speciaal veranderingen in het wetenschappelijk onderwijs veelal een onaanvaardbaar lange gestatieperiode hebben door te maken. Zulk een lange tijd zal ons wetenschappelijk onderwijs ten aanzien van de micro-elektronica en daarmee direct verband houdende wetenschappen niet gegund moeten worden. Het is namelijk dringend noodzakelijk om het wetenschappelijk potentieel uit te breiden en te versterken, niet alleen op het gebied van de computerkunde, systeemleer en automatisering, maar ook op dat van de natuur- en scheikunde van de vaste stof. Alleen als men erin slaagt de wetenschapsbeoefening op deze gebieden naar omvang en kwaliteit op een goed niveau te brengen en te houden, kan men verwachten dat op den duur voldaan kan worden aan de in de naaste toekomst nog sterk stijgende wetenschappelijke en maatschappelijke behoefte aan deskundige docenten, zowel voor het onderwijs zelf als voor de aanvullende scholingsactiviteiten, waarvan hierboven sprake was. Ook zullen deskundigen moeten worden opgeleid die in het bedrijfsleven ingeschakeld zullen

kunnen worden bij het zoeken naar en implementeren van toepassingsmogelijkheden van micro-elektronica.

Ten slotte is het van groot belang dat de toegepaste informatica, die door micro-elektronica sterk gestimuleerd zal worden, op ruime schaal ingang vindt in de instellingen van wetenschappelijk onderwijs.

In de volgende twee beleidshoofdstukken zal de Adviesgroep aangeven hoe in de hier signaleerde manco's het best kan worden voorzien. In dit hoofdstuk bepaalt zij zich tot de toevoeging dat postacademisch onderwijs, waarover reeds veel gesproken is maar dat nog onvoldoende van de grond is gekomen, door de snelle technologische ontwikkelingen voor alle betrokken studierichtingen onmisbaar is geworden. Het moet uitgesloten worden geacht, dat deze postacademische opleiding met de bestaande middelen tot stand kan worden gebracht. De huidige generatie docenten dient zich zelf immers ook in belangrijke mate te herscholen en de resultaten van deze her-scholing in het onderwijs te incorporeren. Als regel zal er geen tijd beschikbaar zijn voor de werkzaamheden, die een goede op wezenlijke vorming gericht postacademische opleiding vergt. Zo nodig moet gebruik gemaakt worden van vooraanstaande deskundigen van buiten.

Wat het algemeen lager en middelbaar onderwijs aangaat, de Adviesgroep is ervan overtuigd dat ook daarin veranderingen noodzakelijk zullen blijken. Onderwijs dient immers voor te bereiden op leven, dat wil zeggen functioneren en participeren in de maatschappij van morgen, een maatschappij waarvan te verwachten is dat zij aanmerkelijk anders zal zijn, juist op het gebied van de organisatie van de menselijke kennis. Alleen al het ten gevolge van de micro-elektronica op grote schaal gaan functioneren van grote gegevensbestanden, het algemeen toegankelijk worden van rekenautomaten en het beschikbaar komen van informatie van allerlei aard en van allerlei vorm maken het noodzakelijk bij het onderwijs meer dan tot dusverre te leren hoe men toegang krijgt tot moderne informatiebestanden en hoe deze functioneren. Weten hoe men toegang krijgt tot opgeslagen informatie zal belangrijker worden dan het zelf individueel verwerven van parate kennis. Ook zal het van groot algemeen belang zijn dat op ruime schaal onderwijs gegeven wordt over wat micro-elektronica en computers vermogen, in de eerste plaats met het doel om vage angstgevoelens voor moderne informatie-apparatuur weg te nemen en te vervangen door een sober, zakelijk inzicht in wat zulke apparatuur wel en niet kan.

Zulk inzicht kan alleen worden bijgebracht aan leerlingen die al vanaf het lager onderwijs het vermogen hebben ontwikkeld om redeneringen kritisch te evalueren naar hun logische consistentie en vervolgens zelf een logisch sluitend betoog hebben leren opzetten. Hierop zal, naar het oordeel van de Adviesgroep, in het lager en middelbaar onderwijs meer nadruk gelegd moeten worden dan thans het geval is. Dit zal, naar te verwachten is, leiden tot veranderingen in de bestaande leerplannen, speciaal met betrekking tot het onderwijs in de moedertaal en de wiskunde. De Adviesgroep is niet toegerust om op dit terrein expliciete aanbevelingen te doen. Wel is zij van mening dat de discussie hierover op korte termijn moet beginnen, op basis van voorstellen gedaan door de hiertoe in aanmerking komende instanties.

5.3. MICRO-ELEKTRONICA ALS EDUCATIEF HULPMIDDEL

Micro-elektronica kan zelf toepassing vinden in het onderwijs en vindt die ook nu al. Een voorbeeld is de zakrekenmachine die thans definitief als hulpmiddel haar intrede heeft gedaan. De hogere technische opleidingen hebben de examens op het gebruik van relatief gecompliceerde zakrekenmachines afgestemd, en andere scholen zullen volgen. Voor middelbaar en hoger onderwijs bieden zulke rekenmachines de mogelijkheid om het traditionele, tijdrovende rekenwerk grotendeels te elimineren en daardoor tijd vrij te ma-

ken voor belangrijker zaken zoals het beschrijven en analyseren van problemen, het formuleren van oplossingsmethodieken en algoritmen, en het gebruiken van modellen hierbij. Voorts wordt de leerling bevrijd van het gevoel dat zijn kennis en kunde te veel wordt beoordeeld op zijn rekencapaciteiten. In de naaste toekomst zal het algemeen beschikbaar komen van micro-computers die behalve rekencapaciteit, ruime programmeringsmogelijkheden en een relatief groot geheugen bevatten, nog verder als het ware van binnen uit op het onderwijs invloed uitoefenen, niet slechts in de zin dat tijd vrijkomt voor het (beter) bijbrengen van de overige, reeds bestaande stof, maar ook voor onderwijs van nieuwe vaardigheden en voor het bijbrengen van nieuwe inzichten.

De Adviesgroep wijst er uitdrukkelijk op, dat de nieuwe hulpmiddelen geheel andere vaardigheden van de samenstellers van de leerstof vergen dan tot nu toe gebruikelijk is. Het opstellen en vervaardigen van het lesmateriaal zal een interdisciplinaire activiteit worden.

Meer in het algemeen acht de Adviesgroep het waarschijnlijk dat computers en andere met micro-elektronica toegeruste instrumenten in toenemende mate in uiteenlopende vakken gebruikt zullen worden. In combinatie met andere technologieën (glasvezel-, laser-, communicatie- en computer-technologie) zal de micro-elektronica kunnen leiden tot het ontstaan van een scala van nieuwe onderwijsmiddelen (video long playing records b.v.). Deze zullen niet alleen een rol spelen bij het onderwijs in de exacte vakken, maar ook bij dat in de overige vakken. Ook kunnen zo zelfs alternatieven geboden worden voor de klassieke vormen van onderwijs in scholen en klassen. Zelfonderricht in eigen omgeving zal op grote schaal mogelijk worden en op een wijze die voorheen in het geheel niet of zeer moeilijk te realiseren was. Dit kan zeer positieve kanten hebben, doordat bij voorbeeld zorgvuldig samengestelde cursussen en studiepakketten voor weinig geld algemeen ter beschikking komen. Anderzijds is er reden om aan te nemen dat ook hier gevaren dreigen, als men op grond van de technologische mogelijkheid daartoe zou willen streven naar een toestand waarin alle onderwijs thuis, in de eigen omgeving, zou worden genoten en zich in hoofdzaak dus zou afspelen tussen machine en mens. Zulk een gedachte miskent het sociale karakter dat aan onderwijs eigen is en in het algemeen de grote waarde, verbonden aan het leren met elkaar en van elkaar.

Hoofdstuk 6. Beleid

6.1. INLEIDING

Zoals uit de voorgaande hoofdstukken is gebleken, zal de overheid bij het bepalen van haar beleid met vier omstandigheden rekening hebben te houden: (1) omstandigheden die in het geheel niet of slechts zeer moeilijk voor verandering of beïnvloeding vatbaar zijn, (2) de situatie van het ogenblik, economisch, sociaal en cultureel, (3) de onvoorspelbaarheid van de wijze waarop, de mate waarin en de snelheid waarmee micro-elektronica toepassing zal vinden, en ten slotte (4) de waarschijnlijkheid dat de micro-elektronica op tal van andere technologieën zal inwerken en wezenlijke aspecten van de positie van het individu in de samenleving – zoals zijn vrijheid – zal beïnvloeden.

Overweging van (1) en speciaal daarvan: Nederlands bevolkingsdichtheid, zijn armoede aan grondstoffen, zijn hoge levenspeil, zijn sterk ontwikkeld wetenschappelijk onderwijs, geconcentreerd op een klein territorium met goede verbindingen en het min of meer toevallige feit van de aanwezigheid van grote research-laboratoria binnen zijn grenzen, leiden naar het oordeel van de Adviesgroep tot een eerste algemene richtlijn voor het Nederlandse overheidsbeleid met betrekking tot micro-elektronica. Deze vertoont een dubbel aspect. Enerzijds dient de overheid te bevorderen het exploreren en vervolgens positief benutten en toepassen van alle mogelijkheden van de nieuwe technologie, en speciaal van diegene die, gezien het Nederlandse wetenschappelijk en technologisch potentieel, juist hier te lande goed kunnen worden onderzocht. Anderzijds zal de overheid voortdurend waakzaam en alert moeten zijn ten aanzien van mogelijke schadelijke gevolgen die kunnen optreden als bezinning en sturing ontbreken.

6.2. TECHNOLOGY ASSESSMENT (ASPECTENONDERZOEK)

In paragraaf 9 van hoofdstuk 4 heeft de Adviesgroep getracht een algemeen beeld te geven van de strategie voor zulk een sturing van technologische ontwikkelingen, terwijl zij in de daarop volgende paragraaf 10 de noodzaak van een breed draagvlak voor de beleidsvorming heeft benadrukt en de consequenties ervan in het licht heeft gesteld. Om het open beleid te voeren dat de Adviesgroep voor ogen staat en dat beide aspecten van stimulering en repressie in zich verenigt, zijn kennis en inzicht nodig, die op het ogenblik gedeeltelijk nog niet aanwezig zijn en daar waar zij wel aanwezig zijn, nog niet diegenen bereiken die hen behoeven.

Wat de overheid zelf aangaat, deze heeft behoefte aan inzicht in de aard van de maatschappelijke ontwikkelingen die door de micro-elektronica worden in gang gezet of geïntensiveerd. Om deze tijdig te onderkennen, beveelt de Adviesgroep technology assessment aan, vaak vertaald als aspectenonderzoek. In verband met de grote doordringingskracht van de micro-elektronica in andere technologieën en haar wijde, zij het nog onvoldoende bepaalde toepassingsmogelijkheden, zal zulk een aspectenonderzoek zo mogelijk op korte termijn tot het geheel der techniek moeten worden uitgebreid. Zulk onderzoek is niet alleen van belang voor de bepaling van het overheidsbeleid, maar ook voor de voorlichting van de samenleving in haar geheel. De uitkomsten ervan zullen moeten leiden tot een brede maatschappelijke discussie, waardoor het draagvlak van het te voeren beleid kan worden versterkt. Aan deze discussie zal in elk geval moeten worden deelgenomen

door vertegenwoordigers van werkgevers van verschillende soorten ondernemingen, door werknemers- en gebruikersorganisaties, door vertegenwoordigers van het bankwezen en het onderwijs. Zo zal men althans enig zicht kunnen krijgen op de maatschappelijke gevolgen voor de verschillende groeperingen in Nederland.

Het aspectenonderzoek zal multidisciplinair van karakter moeten zijn en periodiek moeten worden herhaald. Ook ligt het voor de hand dat nauw contact wordt onderhouden met aspectenonderzoek in andere landen van de Europese Gemeenschap, met het onderzoek in de Verenigde Staten en in andere landen, die door hun bevolkingsomvang en cultuur min of meer met Nederland te vergelijken zijn.

De Adviesgroep is van oordeel dat het voor de hand ligt, gezien zijn taakomschrijving, de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid aan te wijzen als opdrachtgever en coördinator van het onderzoek; universitaire onderzoeksgroepen, ter vermindering van eenzijdigheid bij voorkeur afkomstig van verschillende universitaire instellingen, zouden bij het onderzoek moeten worden ingeschakeld, terwijl bij de inrichting van het onderzoek eveneens de Sociaal-Wetenschappelijke Raad van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen zou kunnen worden betrokken. Het onderzoek zou moeten zijn gericht op:

1. het in de breedst mogelijke zin vaststellen c.q. aanduiden van wat de maatschappelijke gevolgen van de micro-elektronica zullen zijn. Uiteraard moet het onderzoek niet worden beperkt tot de effecten van de technologie op economische variabelen zoals de produktiviteit, de economische groei, de handelsbalans, de werkgelegenheid e.d. Ook sociale en culturele effecten zal men moeten trachten op te sporen, evenals omgekeerd de invloed van het complex van sociale factoren op de technologische ontwikkeling en de economie;
2. het zoeken naar en gebruiken van sociaal-culturele indicatoren die voldoende gevoelig zijn om een gewenste of ongewenste ontwikkeling in een vroeg stadium te onderkennen;
3. het tijdig identificeren van lange-termijneffecten;
4. het periodiek toetsen van de ontwikkeling van micro-elektronica op eventuele maatschappelijke gevolgen;
5. het adviseren over de instrumenten waarmee de overheid gewenste gevolgen kan realiseren en ongewenste kan vermijden.

6.3. EEN CENTRUM VOOR MICRO-ELEKTRONICA

Terwijl het aspectenonderzoek als basis kan dienen voor het reguleren, dat wil zeggen het stimuleren, vrijlaten, bewaken en tegengaan door de overheid van bepaalde door de micro-elektronica mogelijk geworden ontwikkelingen, zal daarnaast geheel andere wetenschappelijke kennis nodig zijn. Deze betreft het gebied van de micro-elektronica zelf en van daarvan afgeleide of direct ermee verband houdende wetenschappen en technieken. De snelle technologische ontwikkeling maakt het noodzakelijk, dat de in Nederland binnen en buiten de bestaande universitaire instellingen aanwezige deskundigheid wordt samengebracht. Doel is niet alleen dat men op de hoogte blijft van hetgeen er op dit gebied internationaal wordt bereikt, maar ook dat men het bestaande onderzoek coördineert en intensiveert. Het ligt voor de hand dat adequate samenwerkingsvormen worden ontworpen, in de eerste plaats tussen enerzijds de daarvoor in aanmerking komende hogescholen en universiteiten in samenwerking met TNO en anderzijds Philips, waarbij uiteraard terdege rekening gehouden moet worden met het feit dat er tussen de partners een aanmerkelijk verschil in doelstelling bestaat. Dit laatste mag evenwel niet verhinderen dat een voor alle partijen aanvaardbare vorm van samenwerking tot stand komt. Het zou namelijk bijzonder te betreuren zijn als de Nederlandse overheid, en meer in het bijzonder de in aanmerking komende universitaire instellingen en TNO, geen gebruik zouden

weten te maken van en geen profijt zouden weten te trekken uit het feit dat dit op het terrein van micro-elektronica internationaal vooraanstaande concern Philips juist in Nederland een groot deel van zijn research-activiteit laat plaatsvinden.

Door TNO en de Rijksnijverheidsdienst zou bij de omschreven samenwerking in het bijzonder het contact met de kleine en middelgrote industrie kunnen worden geïntensiveerd.

De hierboven aangeduide samenwerking kan het best tot stand komen als één speciaal centrum wordt opgericht, bemand met ten minste twintig academici, onder wie zeker enkele hooggekwalificeerde onderzoekers, die aan zulk een centrum leiding zouden kunnen geven en die reeds over de nodige internationale contacten beschikken. De groep dient tevens het nodige hulp-personeel te omvatten. Het concentreren van kennis in één centrum is noodzakelijk om drie redenen:

1. deskundigheid op het gebied van micro-elektronica en daarmee samenhangende disciplines is in Nederland tot zo weinig mensen beperkt, dat versplintering desastreus zou zijn, zoals uit ervaringen in het buitenland en in eigen land kan worden afgeleid;
2. de korte economische levensduur van de zeer complexe apparatuur ten behoeve van het ontwerpen van micro-elektronica; kostbare apparatuur moet na korte tijd worden vervangen door meer geavanceerde, nog duurdere, niettemin onmisbare apparatuur;
3. een excellent en sterk centrum kan voorkomen dat de kleine en middelgrote industrie in Nederland in grote moeilijkheden geraakt, als ooit de Nederlandse halfgeleider-industrie zou wegvallen, waardoor zij op een belangrijk gebied sterk van het buitenland afhankelijk zou worden.

De meest geëigende vorm voor het centrum lijkt de stichting. In het bestuur moeten de gebruiker-bedrijven, de technische hogescholen en misschien enkele universiteiten, de halfgeleider-industrie, TNO en de overheid zelf vertegenwoordigd zijn. De dagelijkse leiding van dit centrum behoeft een bedrijfsmatige organisatie en een commerciële doelstelling. In de snel veranderende, sterk concurrerende wereld van de micro-elektronica is dit van groot belang om blijvend doeltreffend te functioneren. Bovendien lijkt het een voorwaarde om de cultuur van de middelgrote en kleine industrie te kunnen herkennen en hierop in te spelen. Het centrum zal aanvankelijk geheel door de overheid bekostigd worden, maar na een bepaald aantal jaren selfsupporting moeten worden; dit acht de Adviesgroep mogelijk op grond van de hieronder nog nader te vermelden centrale, dienstverlenende taak die het centrum zal hebben te vervullen met betrekking tot de Nederlandse kleine en middelgrote bedrijven.

De plaats van het centrum dient zodanig bepaald te worden dat het goed bereikbaar is, terwijl expertise in voldoende omvang en diepte in de onmiddellijke nabijheid aanwezig is. Het is realistisch te erkennen dat in Nederland weinig plaatsen aan deze vestigingseis voldoen.

Het centrum zal zich niet bezighouden met het fabrieksmatig produceren van standaard-IC's. De bestaande industriële capaciteit hiervan in de wereld lijkt voldoende te zijn. Het centrum zal zich vooral moeten bezighouden met toepassingsmogelijkheden van micro-elektronica en zich op de deelgebieden van de technologie richten, die nog onvoldoende ontwikkeld zijn, zoals randapparatuur en sensoren, software en de architectuur van systemen. Het zal daardoor in staat zijn broodnodige hulp te bieden aan de kleine en middelgrote bedrijven en ondernemingen. Deze zijn namelijk op creatief gebruik van de nieuwe technologie aangewezen, willen zij de strijd om het bestaan met succes kunnen voeren. Het behoeft nauwelijks betoog dat dit voor het behoud van het huidige Nederlandse levenspeil van het grootste belang is. Het is hier dat het centrum zijn hoofdtaak vindt. Het zal de kleine en middelgrote bedrijven bewust moeten maken van de nieuwe mogelijkheden en hen steunen bij de verwezenlijking daarvan. Het centrum is in zijn functie ten opzichte van deze bedrijven gedacht als een centrum van deskundigheid en

ontwerp. Het centrum vervult ook de taak de behoeften van de kleine en middelgrote industrie te ordenen en onder één noemer te brengen. Zo kan het gesprek met de IC-fabrikanten meer doeltreffend gemaakt worden. Anderzijds moet het centrum de specifieke kennis en kunde van de kleine bedrijven beschermen.

Ten bate van deze kleinere bedrijven en in samenwerking met hen, zullen de behoeften aan micro-elektronica worden gepeild en geanalyseerd en toepassingen worden uitgewerkt. Zo zullen wetenschappelijke medewerkers in dienst van ondernemingen van de faciliteiten van het centrum gebruik kunnen maken en steun ontvangen van het centrum bij het ontwerpen van nieuwe producten en produktiemethoden, terwijl kleine bedrijven die zelf niet over enige wetenschappelijke expertise beschikken, in meer directe vorm wetenschappelijke hulp zullen ontvangen. Het centrum zal in verband hiermee uit de ter beschikking staande geïntegreerde schakelingen van verschillende herkomst diegene kunnen selecteren, die het meest voor de betrokken technische doelstellingen geschikt zijn. Voor het ontwerpen van software kan door het centrum hetzij zelfstandig, hetzij in samenwerking met commerciële instanties (z.g. software houses) worden gezorgd. Voor speciale doelstellingen kunnen micro-elektronica componenten in het centrum worden ontworpen om vervolgens vervaardigd te worden door de Nederlandse halfgeleider-industrie, en zo nodig elders buiten Nederland.

Het centrum zal aan de kleinere bedrijven ook hulp moeten verlenen bij het aantrekken van deskundig personeel op micro-elektronisch gebied en het verschaffen van een tijdelijke technische basis voor aangetrokken talent.

De Adviesgroep is zich ervan bewust dat het hier beoogde samenspel tussen centrum en bedrijfsleven niet gemakkelijk te verwezenlijken zal zijn. Juist omdat het hier om zulk een overal penetrerende technologie gaat, moeten in gemeen overleg tussen de betrokkenen de hier kort geformuleerde doelstellingen worden gerealiseerd. Het zich ervan bewust zijn dat het hier gaat om het voortbestaan van grote delen van onze industrie, dwingt tot het vinden van oplossingen. Anders gezegd: de Adviesgroep dringt aan op het voeren van een krachtig innovatiebeleid door overheid en bedrijfsleven te zamen zoals in de Innovatienota wordt voorgestaan. Hierbij lijken de recente technieken nieuwe impulsen te kunnen geven aan het innovatieproces, dat in wezen nimmer tot stilstand mag komen.

6.4. AANVULLENDE BELEIDSLIJNEN

Zoals reeds in hoofdstuk 1 is opgemerkt, is het vinden van nieuwe toepassingen van micro-elektronica een zaak van inventiviteit en creativiteit. Er moeten echter ook duidelijke wegen bestaan om nieuwe ideeën op hun praktische uitvoeringsmogelijkheden te onderzoeken en eventueel te realiseren in producten en produktiemethoden. De overheid dient in beide opzichten actief te zijn: door z.g. awareness-programs in het leven te roepen om een klimaat te scheppen dat de creativiteit prikkelt, en door het creëren van ontwerp- en testfaciliteiten opdat ideeën concrete uitwerking kunnen krijgen.

Een tweede beleidslijn voor de overheid kan afgeleid worden uit de bestaande technologisch-industriële situatie. Onderzoek wijst uit dat ontwikkelingen in ontwerp en fabricage van IC's nog in volle gang zijn, terwijl die met betrekking tot de toepassing nog in een beginstadium verkeren. De toekomst is ook hier slecht te voorspellen. Onder die omstandigheden zou het onverstandig zijn om een beleid te formuleren dat voor lange tijd de keuzen vastlegt. Opties die de micro-elektronica biedt, mogen niet voortijdig worden uitgesloten. Het is de Adviesgroep gebleken, dat de geïndustrialiseerde landen weliswaar ieder op hun eigen wijze op de bestaande situatie reageren, maar toch hierin overeenstemmen, dat zij er zorg voor dragen dat de opties open blijven. Er is alle aanleiding dat Nederland tot dezelfde politiek besluit.

Een derde beleidslijn volgt uit de omstandigheid dat de nieuwe micro-elektronica wordt geïntroduceerd in een periode van economische teruggang en van grote maatschappelijke problemen. In Nederland is er een belangrijke werkloosheid, wordt de energieproblematiek klemmender – vooral nu wij op onze gasreserves snel interen – en is de positie van tal van bedrijven in de scheepsbouw, de textielindustrie en andere traditioneel Nederlandse bedrijfstakken zorgwekkend. De betalingsbalans baart zorgen, terwijl de overheid kampt met financieringsproblemen. In het algemeen is er sprake van een economische onzekerheid. Na de overwegend gunstige zestiger jaren lijken nu de wachtwoorden: bezuiniging, beperking en matiging. De Adviesgroep meent dat juist in zulk een periode een grote, ook financiële consequenties hebbende, inspanning gewenst is om te onderzoeken welke kansen de micro-elektronica biedt om in de huidige situatie verbetering te brengen, waarbij de Adviesgroep denkt aan nieuwe mogelijkheden voor industriële ontplooiing, aan het scheppen naast het kwalitatief verbeteren van werkgelegenheid, aan betere gezondheidszorg en aan veiliger verkeer. Bij het opzetten van plannen moet evenwel bedacht worden dat in deze tijd van snelle technologische verandering stappen, genomen als reactie op een bestaande situatie, pas effect zullen sorteren in een latere periode, waarin de situatie reeds veranderd kan zijn. Wil het bereikte effect ook het bedoelde effect zijn, dan dient de uitgangspositie nauwkeurig te worden geïnterpreteerd, waarbij het in (snelle) beweging zijn van de ontwikkelingen als belangrijke factor in de interpretatie moet worden betrokken.

De timing van maatregelen is welhaast even belangrijk als de maatregelen zelf, en het kan zijn dat, als men op lange termijn iets wil bereiken, men gedwongen wordt tot maatregelen die, op korte termijn beschouwd, eerder een tegengesteld effect lijken te zullen hebben.

Wat het tempo betreft waarin de micro-elektronica de geïndustrialiseerde wereld binnendringt: ook dit is moeilijk te schatten. Weliswaar kan met vrij grote zekerheid worden voorspeld dat in de komende jaren het aantal logische schakelingen per circuit nog zal toenemen, maar of zulke z.g. VLSI-circuits toepassing zullen vinden is veel minder zeker, terwijl de beantwoording van de vraag welke toepassingen dit dan zouden zijn, evenmin gemakkelijk is te beantwoorden. De Adviesgroep acht het geenszins uitgesloten dat de ontwikkeling in dit opzicht zal worden vertraagd door onvoldoende inzicht in mogelijke toepassingen, door gebrekkige standaardisatie, het onvoldoende beschikbaar zijn van vermogen voor investeringen en ten slotte ook door maatschappelijke en organisatorische weerstanden tegen al te snelle veranderingen.

Behalve de beleidslijnen die de Adviesgroep hierboven heeft trachten te trekken, meent zij ook op een ernstige lacune te moeten wijzen in het huidige overheidsbeleid, die ook in verband met de micro-elektronica op korte termijn om opvulling vraagt. Gedoeld wordt op het ontbreken hier te lande van een nationaal **informatiebeleid**. Er zijn talrijke redenen aan te geven waarom het thans dringend nodig is dat Nederland de achterstand inloopt die het op dit punt heeft in vergelijking tot diverse andere landen. Afgezien van meer principiële redenen, welke voortvloeien uit de behoefte van de enkeling aan betrouwbare informatie en voorlichting in een steeds complexere samenleving, zijn er organisatorische redenen. Er is in Nederland, geheel afgezien van de media, een veelheid van raden, instanties en organisaties die zich regelmatig met informatie in welke vorm ook, bezighouden. In internationaal verband (EG, Unesco) zijn er belangrijke ontwikkelingen gaande op dit terrein (Euronet, Unisist). Dit alles vraagt om ordening, coördinatie en vooral ook om standpuntbepaling van de zijde van de overheid. De Adviesgroep meent op deze omvangrijke problematiek (die ook de verspreiding en toegankelijkheid van wetenschappelijke en technologische informatie omvat) niet nader te moeten ingaan. Zij beperkt zich tot de vaststelling dat micro-elektronica op de aansluitende fasen van informatie-opslag, -verwerking, -beheer en -overdracht een versnellende, nieuwe mogelijkheden scheppende invloed zal uitoefenen.

6.5. ONDERWIJS

4
De vierde omstandigheid, in de aanhef van dit hoofdstuk genoemd, dwingt de overheid zich te beraden over het onderwijs, een van de krachtigste middelen niet alleen om het hoofd te bieden aan nieuwe maatschappelijke en technische ontwikkelingen, maar vooral om deze de baas te worden en in een positieve richting te leiden. Zoals de Adviesgroep reeds in hoofdstuk 5 heeft betoogd, zal de micro-elektronica alle niveaus van het onderwijs op kortere of langere termijn beïnvloeden en wijzigingen veroorzaken, waaromtrent door deskundige instanties zo snel mogelijk een onderzoek moet worden ingesteld.

1) In aansluiting op paragraaf 1 van hoofdstuk 5 meent de Adviesgroep met nadruk te moeten stellen dat bestaande her-, bij- en nascholingsactiviteiten systematische ordening behoeven. Mede door het ontbreken van voldoende formeel beroepsonderwijs en academisch onderwijs zijn namelijk allerhande opleidingen ontstaan. In grote overheidsorganisaties zoals de PTT en in het bedrijfsleven (o.a. het bankwezen) zijn interne, niet algemeen toegankelijke, soms hooggespecialiseerde opleidingen in het leven geroepen, die de nodige flexibiliteit bezitten ten opzichte van het onderwijsprogramma en als regel van goede kwaliteit zijn.

Ook bestaan er cursussen op commerciële basis die eveneens voldoende flexibel zijn. Hier bestaat echter ook het gevaar van gebrek aan kwaliteit en van te hoge deelnemerskosten. Het ontbreken van een algemeen erkend diploma kan bovendien ertoe leiden dat cursisten door het behalen van het diploma geen verruiming van aanstellingsmogelijkheden verwerven. De Adviesgroep raadt aan, dat geschikt bevonden cursussen van deze aard overheidssubsidie ontvangen. Hieraan zou controle van het onderwijs gekoppeld moeten worden via examens en diplomaverlening.

Zoals in de tweede paragraaf van het vorige hoofdstuk is uiteengezet, zal het wetenschappelijk onderwijs en het wetenschappelijk onderzoek op die gebieden moeten worden uitgebreid, die – zij het op verschillende wijze – nauw betrokken zijn bij de micro-elektronica.

Op de halfgeleider-fysica en -elektronica meent de Adviesgroep niet uitvoerig te moeten ingaan. Het is haar bekend dat het onderzoek op deze terreinen, dat in Nederland aan de hogescholen en aan bepaalde universiteiten wordt verricht, zich kort geleden heeft verenigd in een contactgroep die thans reeds een (voorlopige) plaats heeft verworven binnen de FOM (Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie). De Adviesgroep verwacht dat hierdoor een zeker uitzicht geboden is op een snelle ontwikkeling van deze voor de micro-elektronica zo belangrijke vakken.

Anders is het gesteld met het brede, maar onduidelijk gestructureerde veld van wetenschap waarvoor de term informatica wordt gebruikt. Het omvat terreinen, zoals systeemleer, automatisering en computerkunde, terreinen waar Nederland een duidelijke achterstand heeft op het buitenland, doordat er tot dusver nog geen zelfstandige academische opleidingen op dit terrein bestaan. Het is de Adviesgroep bekend dat de deskundigen in informatica van oordeel zijn dat de studie van de informatica mogelijk moet worden gemaakt in drie vormen: als onderdeel van de wiskunde, als studie ingebouwd in en afgestemd op een niet-wiskundig hoofdvak (bestuurlijke informatica, werktuigbouwkundige informatica e.d.) en ten slotte als hoofdvak.

De Adviesgroep, hoewel onvoldoende toegerust om een deskundig oordeel te geven, is niettemin van mening dat alle drie vormen in het Academisch Statuut moeten worden opgenomen. Langs deze verschillende wegen zouden achterstanden op andere industriële landen op den duur kunnen worden ingelopen. In ieder geval is het niet verantwoord te achten een beslissing over de status van het academisch onderwijs in informatica nog langer uit te stellen. Er is namelijk momenteel een nijpend tekort aan deskundige functionarissen in het bedrijfsleven, vooral op het gebied van de systeemleer en computerkunde, waardoor men er vaak toe overgaat buitenlandse krachten aan te trekken. Door dit tekort aan deskundigheid in het be-

drijfsleven wordt het toepassen van micro-elektronica ongunstig beïnvloed. Nog ernstiger is het tekort aan goede leerkrachten in het onderwijs van met micro-elektronica samenhangende vakken. De Adviesgroep meent dat de volgende oplossingen op korte termijn moeten worden overwogen: bijscholing van docenten van het hoger beroepsonderwijs en het wetenschappelijk onderwijs, onderzoek naar de mogelijkheid in het overige onderwijs vakken in te voeren, die of op micro-elektronica georiënteerd zijn dan wel van micro-elektronica gebruik maken, organisatie van Teleac-cursussen, het opnemen in het Academisch Statuut van één of meer studierichtingen in de informatica, waardoor het mogelijk wordt de titel ingenieur of doctorandus in de informatica met bijbehorende lesbevoegdheid te verwerven.

In de paragrafen 2 en 3 van hoofdstuk 5 heeft de Adviesgroep getracht aannemelijk te maken dat ook het algemeen lager en middelbaar onderwijs de invloed van de nieuwe technologie – op verschillende wijze – zal ervaren. Het zal door het ter beschikking komen van nieuwe hulpmiddelen wellicht andere, ook belangrijke taken beter kunnen vervullen, maar tegelijk – en dit acht de Adviesgroep zeker zo belangrijk – zullen de docenten hun leerlingen hebben voor te bereiden op een maatschappij waarin kennis op andere wijze is georganiseerd dan tot dusver. Dit betekent dat de nascholing van docenten aan het middelbaar onderwijs in de eerste plaats aan de orde is. De Adviesgroep acht het gewenst dat alle mogelijkheden worden onderzocht om de betrokken leraren cursussen te laten volgen, waarbij organisatorisch wellicht profijt kan worden getrokken uit de ervaringen opgedaan bij de huisartsencursussen. Omtrent samenstelling en inhoud van zulke cursussen, voor het lager onderwijs, zal o.a. het oordeel van het IOWO (Instituut Ontwikkeling Wiskunde-onderwijs) moeten worden ingewonnen. Wat het lager onderwijs aangaat, meent de Adviesgroep zich verder te moeten onthouden van nadere omschrijving van het te volgen beleid. Dit houdt niet in dat zij van oordeel is dat men passief kan blijven toezien. Integendeel, zij meent dat het zaak is op korte termijn deskundigen bijeen te brengen in commissies die met voortvarendheid de educatieve implicaties van de nieuwe ontwikkelingen zullen moeten onderzoeken, zowel voor de pedagogische academies als voor het lager onderwijs.

De Adviesgroep is zich bewust van het feit dat zij zich met betrekking tot algemeen lager en middelbaar onderwijs beperkt tot aanbevelingen van het klassieke type: bestudering van bepaalde vraagstukken en het instellen van commissies. Vaak wordt uit zulke voorstellen afgeleid dat het blijkbaar om zaken gaat waarmee geen haast behoeft te worden gemaakt en die voor de samenleving in de eerstvolgende jaren nauwelijks van betekenis zijn. Nadrukkelijk wil de Adviesgroep waarschuwen voor zulk een gemakzuchtige conclusie. De groep is ervan overtuigd dat de materie *nu* moet worden aangepakt en ook dat het hier gaat om meer dan een geringe bijstelling van de bestaande schoolprogramma's. Reeds nu ziet men hoe, bij voorbeeld door de algemene verbreiding van de moderne media, traditionele patronen van leren en schoolgaan worden aangetast. In de komende jaren bestaat er grote kans dat deze verandering door de invoering van produkten van nieuwe technologie nog zal worden versneld.

6.6. ARBEID EN WERKGELEGENHEID

Ten aanzien van arbeid en werkgelegenheid, die reeds in de hoofdstukken 3 en 4 vanuit verschillende gezichtshoeken besproken zijn, adviseert de groep de volgende beleidslijnen te volgen. Het lijkt zeker dat micro-elektronica ten minste grote verschuivingen op de arbeidsmarkt zal veroorzaken en bovendien een krachtige inwerking zal hebben op aard en inhoud van veel werk. Dit betekent op korte termijn structurele werkloosheid die, indien de modelmatige berekeningen van hoofdstuk 3 bij benadering juist zijn, een aanzienlijke omvang zal hebben. Eerste taak van de overheid zal zijn: door verschillende maatregelen te trachten deze werkloosheid op te vangen. In

ieder geval zal bij-, her- en nascholing van werknemers nodig zijn, en het stimuleren en zelf voeren van een krachtig innovatiebeleid, reeds eerder in dit hoofdstuk in ander verband bepleit. Bovendien zouden nu reeds studies kunnen worden verricht over optimale verdeling van werk in de samenleving en over alternatieven voor werk in groepsverband. De Adviesgroep heeft in het voorafgaande hoofdstuk reeds de nadruk gelegd op het feit dat velen in de samenleving in toenemende mate zullen worden geconfronteerd met wijzigingen in hun werk. Ook noodzakelijk wordende overplaatsing binnen een onderneming valt hieronder. De gevolgen hiervan voor het individu kunnen even diepgaand zijn als die van ontslag of in dienst treden bij een nieuwe werkgever.

Naar de mening van de Adviesgroep moet daarbij de actieve opstelling van de bevolking met kracht worden bevorderd. Publieke voorlichting, medezeggenschap in eigen sfeer en persoonlijke stellingname tegenover de problemen die iemand ontmoet, zijn van wezenlijk belang. Alleen op die wijze kan worden voorkomen dat velen meer en meer vervreemden van hun omgeving en zich overgeleverd voelen aan anonieme deskundigen en ongrijpbare machtsverhoudingen. Verandering in arbeidsstratificatie heeft consequenties voor de arbeidsmarkt. De Adviesgroep acht het noodzakelijk de hiermee samenhangende vraagstukken grondig en vooral ook met grote voortvarendheid te bestuderen, opdat voor de overheid spoedig praktische aanbevelingen beschikbaar komen. Het ligt voor de hand de Stuurgroep Nationaal Programma Arbeidsmarktonderzoek hiermee te belasten.

Het is geenszins uitgesloten dat door de micro-elektronica de werksituatie zich ook in de derde wereld zal wijzigen en dat ook de internationale verdeling van arbeid zal worden beïnvloed. Het is, mede in verband met de rol van Nederland bij de internationale technische hulpverlening en de ontwikkelingssamenwerking, van veel belang dat er in Nederland inzicht ontstaat in deze materie. De universitaire vakgroepen op het gebied van de culturele antropologie en niet-westerse sociologie, wellicht in samenwerking met bijvoorbeeld het Haagse Institute of Social Studies, zouden kunnen worden uitgenodigd het ter zake diende onderzoek uit te voeren.

Zoals reeds hierboven bleek, heeft de werkgelegenheidsproblematiek haar individuele, persoonlijke kanten. Het is de Adviesgroep bekend, dat de rechtspositie reeds veel aandacht ondervindt. Hier wil de Adviesgroep vooral benadrukken dat de overheid een beleid zal hebben te ontwikkelen dat meer en ruimere doelstelling heeft dan het behoud van arbeidsplaatsen, waardoor hoogstens veranderingen in de werkgelegenheidssituatie worden getemporiseerd. Centraal staat als doelstelling dat mensen zinvol bezig moeten zijn en dat zij zelf betrokken behoren te zijn bij de keuze van hun activiteiten. De verdeling van werk, en ruimer de verdeling van werk, studie en recreatie over het menselijk bestaan, de verhouding tussen loon en behoefte en de mogelijkheden om zinvol onbetaald werk te doen, vormen vraagstukken die in de komende jaren aan urgentie zullen winnen en die daarom nu reeds diepgaande bestudering behoeven en in brede discussie zorgvuldig moeten worden overwogen. In ieder geval dient men nu reeds naar wegen te zoeken om de individuele burger bij deze werkgelegenheidsproblematiek te betrekken en om hem te stimuleren tot het actief meebepalen van de voor hem meest aangewezen arbeidstaak. De Adviesgroep meent in het algemeen dat bij beslissingen waarbij overdracht van inkomen en arbeid of veranderingen in de verhouding tussen organisatie en individu aan de orde zijn – en dit zal als gevolg van technologische veranderingen veelvuldig het geval zijn – een grote mate van openheid moet worden nagestreefd. Dit is een richtsnoer dat zowel door de overheid als door afzonderlijke ondernemingen en bedrijfstakken zal moeten worden gevolgd.

Hoofdstuk 7. Aanbevelingen

7.1. STURING EN BEWAKING

1. De werkzaamheden verricht door de Adviesgroep vragen om voortzetting.
2. Met de WRR zal overleg moeten plaatsvinden over het op korte termijn van de grond krijgen van technology assessment op de wijze zoals door de Adviesgroep voorgesteld: multidisciplinair samengestelde groepen onderzoekers, hoofdzakelijk afkomstig van de TH's en de universiteiten, zullen opdrachten tot onderzoek moeten ontvangen, waar bij de WRR als opdrachtgever en coördinator optreedt.
3. De resultaten van technology assessment dienen in zodanige vorm te worden geformuleerd, dat de samenleving als geheel van deze resultaten kennis kan nemen. Er ligt hier een belangrijke taak voor de wetenschapsvoorlichting.
4. Naast periodiek herhaalde technology assessment zal onderzoek moeten worden begonnen naar de meest belangrijke gevolgen van de micro-elektronica in hun onderlinge samenhang.

7.2. UITBREIDING EN VERDIEPING VAN TECHNISCHE DESKUNDIGHEID OP HET GEBIED VAN MICRO-ELEKTRONICA

1. Aanbevolen wordt een principebesluit te nemen tot oprichting binnen een jaar van een centrum van deskundigheid en ontwerp als bedoeld in hoofdstuk 6.
2. De Nederlandse deskundigen op het gebied van micro-elektronica dienen op korte termijn te worden uitgenodigd gezamenlijk concrete plannen te ontwerpen voor de verwezenlijking van dit centrum, met bijbehorend tijdschema.
3. Tussen degenen die nu op het gebied van micro-elektronica expertise hebben, moet op zeer korte termijn een samenwerking tot stand komen die op hulp aan het midden- en kleinbedrijf is gericht. Deze samenwerking en hulp loopt op de activiteiten van het centrum vooruit.
4. Hoewel het één van de taken van het centrum zou zijn, het bedrijfsleven bewust te maken van mogelijke opties, zal niet gewacht moeten worden met de ontwikkeling van zogenaamde awareness programs tot het centrum bestaat. In ieder geval kan gebruik gemaakt worden van de in de Innovatienota genoemde kanalen voor op innovatie gerichte advisering van bedrijven.
5. De technologische deskundigheid van Nederland op het gebied van micro-elektronica moet periodiek geëvalueerd worden. Toetsing aan ontwikkelingen in andere industrielanden is daarbij nodig.
6. Om de achterstand van Nederland bij de produktie en het gebruik van micro-elektronica in professionele en andere produkten in te lopen, zouden geavanceerde ontwerpen van micro-elektronische componenten en -systemen in aanmerking moeten komen voor speciale steun door de overheid. Hierbij kan aangesloten worden bij het in de Innovatienota omschreven beleid.
7. De overheid moet een duidelijker en meer op de nationale markt gericht beleid voeren als het gaat om de ontwikkeling van nieuwe produkten of projecten die met micro-elektronica samenhangen. Bij het aankoop- en projectenbeleid van de overheid moet micro-elektronica vooral dan gestimuleerd worden, als daardoor doelstellingen als energie- en materiaalbespa-

ring, milieubehoud, behoud van werkgelegenheid en humanisering van de arbeid gediend worden.

8. Een specialisatie op het produkt software ligt voor Nederland voor de hand, gezien de hoge toegevoegde waarde en het arbeidsintensieve karakter van de produktie. De overheid zal ondersteunende maatregelen moeten nemen: op de korte termijn financiële steunmaatregelen, op de langere termijn maatregelen ter bevordering van het onderwijs, vooral dat in de informatica.

9. In internationaal verband moet Nederland de standaardisatie van interfaces voorstaan. Ook standaardisatie van software, in het bijzonder applicatie-software, moet door Nederland in internationaal verband bepleit worden.

7.3. ARBEID EN WERKGELEGENHEID

1. Ten behoeve van het behoud en zo mogelijk het vergroten van de werkgelegenheid wordt het volgen van een bewust innovatiebeleid van de overheid bepleit. In het kader hiervan kan vernieuwing door gebruikmaking van micro-elektronica zinvol plaatsvinden.

2. Om-, bij- en herscholing als instrument van de arbeidsmarkt vereisen in verband met de gevolgen van het invoeren van micro-elektronica veel systematischer en meer permanente aandacht van de overheid dan in het verleden.

3. Planning van werkgelegenheid, investeringen en opleidingen in onderling verband moet voor alle arbeidsorganisaties worden bevorderd. Deze planning, waarvoor de SER nadere richtlijnen zou kunnen geven, zal een centrale plaats moeten innemen in het sociaal beleid.

4. Studies over optimale, als rechtvaardig beoordeelde verdeling van werk in de samenleving, over relaties tussen individuele arbeid en individueel inkomen, over alternatieven voor betaalde arbeid, over het opvangen van door micro-elektronica veroorzaakte veranderingen in de arbeidsstratificatie en de arbeidsmarkt, moeten worden uitgevoerd. Hierbij zouden vraagstukken samenhangende met de arbeidsmarkt kunnen worden behandeld door de Stuurgroep Nationaal Programma Arbeidsmarktonderzoek. Voor de inkomensproblematiek zou aan de SER advies moeten worden gevraagd.

5. Bedrijfsgeneeskundig, veiligheidskundig, ergonomisch en arbeidspychologisch onderzoek naar humanisering van de arbeid door gebruik van micro-elektronica dient te worden gestimuleerd. Bij de keuze van specifieke voorstellen is het inschakelen van potentiële gebruikers c.q. werknemers gewenst. Voor dit en verwant onderzoek zouden ZWO en TNO speciale steun moeten geven.

7.4. ONDERWIJS

1. Op korte termijn dient breed overleg plaats te vinden tussen onderwijsdeskundigen en maatschappelijk geïnteresseerden om voorstellen te doen met betrekking tot de zogenaamde *éducation permanente*.

2. Om-, bij- en herscholingsactiviteiten zullen moeten worden ontwikkeld, speciaal gericht op het opvangen van veranderingen in de arbeidsstratificatie.

3. Stimulering van alle met micro-elektronica samenhangende disciplines is noodzakelijk, ten einde bestaande achterstanden op het buitenland zo niet geheel in te lopen, dan toch op korte termijn te verkleinen.

4. De vorming van deskundigen, waaronder docenten, kan door post-academisch onderwijs en door vakcursussen, bij het lager en hoger beroepsonderwijs door om-, bij- en herscholing bereikt worden. Bij het academisch onderwijs vragen de verschillende vormen van opleiding in systeemleer en informatica dringend regeling.

5. Voor andere vormen van onderwijs dient een onderzoek te worden ingesteld naar de consequenties voor het leerplan, indien toegang tot kennis meer accent krijgt dan verwerving van parate kennis. Wat zijn de consequenties voor het leerplan bij het basisonderwijs, indien dit op een maatschappij moet voorbereiden waarin technologie een belangrijke plaats inneemt?

6. Voorts zal een onderzoek moeten worden ingesteld, gericht op de vraag in welke mate leerlingen met moderne apparatuur vertrouwd moeten worden gemaakt. Van veel belang is dat bij een dergelijk onderzoek ook het basisonderwijs wordt betrokken.

7. Ten aanzien van de opleidingen, soms op commerciële basis ontstaan, bij het bedrijfsleven en elders, wordt voorgesteld diegene die geschikt worden bevonden, te subsidiëren en o.a. door diplomaverlening controle te blijven uitoefenen op handhaving van hun kwaliteit.

8. Er dient naar gestreefd te worden verschillende vormen van onderwijs te coördineren. In dit kader moet een ACLO (Algemene Commissie Leerplan Ontwikkeling)-informatica worden opgericht.

7.5. ALGEMEEN

1. Voorlichting betreffende nieuwe ontwikkelingen aan het publiek verdient bijzondere aandacht om het maatschappelijk draagvlak van het beleid te versterken.

2. Uit het Wetenschapsbudget 1979 (hoofdstuk 2, paragraaf 3) blijkt dat de Minister voor Wetenschapsbeleid voornemens is te bevorderen de instelling van een niet-ambtelijk, onafhankelijk adviesorgaan op het gebied van de informatie en daarbij aansluitend een interdepartementale commissie. De Adviesgroep dringt aan op snelle verwezenlijking van deze plannen, als een eerste stap tot de ontwikkeling van een nationaal informatiebeleid. De Adviesgroep is van oordeel dat de positie van de PTT op het gebied van informatieverzorging en informatietransport opnieuw overweging verdient, in het licht van de nieuwe communicatiemogelijkheden en -vormen van informatieverbreiding. Het lijkt noodzakelijk, nadere regels te stellen voor toezicht op de inhoud van door de PTT nieuw aan te bieden informatiediensten, terwijl de uit particuliere databanken aangeboden kennis vraagt om kritische beschouwing en eventueel normering. In internationaal verband is het gewenst dat Nederland regeling voorstaat van grensoverschrijdende (satelliet-)informatie in verband met mogelijke gevaren met betrekking tot de handhaving van nationale wetgeving. Bovendien dreigt het gevaar van zogenaamde cultural pollution (P. Sieghart, 1979).

3. In verband met te verwachten veranderingen van de werksituatie in de landen van de derde wereld, samenhangend met de ontwikkeling op het gebied van de micro-elektronica, worden ter zake dienende studies aanbevolen. Zulke studies ontleen hun betekenis aan de rol van Nederland bij de internationale technische hulpverlening en de ontwikkelingssamenwerking.

4. Met het oog op de door micro-elektronica ontstane mogelijkheden om inbreuk te maken op de privacy, is het gewenst dat de overheid haar standpunt ten opzichte van de aanbevelingen van de Staatscommissie-Koopmans spoedig bepaalt. Voorlichting inzake de hierbij in het geding zijnde ethiek is evenzeer gewenst als het uitvaardigen van wettelijke bepalingen.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

Samenstelling van de Adviesgroep Maatschappelijke Gevolgen van de Micro-elektronica, ingesteld bij ministeriële beschikking d.d. 22 december 1978

prof. dr. G. W. Rathenau, voorzitter, gepensioneerd, oud-directeur Natuurkundig Laboratorium Philips, emeritus-hoogleraar natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam.
prof. ir. A. Heetman, hoogleraar in de telecommunicatie en digitale systemen aan de Technische Hogeschool te Eindhoven.
dr. ir. H. Bosma, adjunct-directeur Natuurkundig Laboratorium Philips.
prof. dr. ir. S. Middelhoek, hoogleraar elektronische materialen aan de Technische Hogeschool te Delft.
prof. dr. E. M. Uhlenbeck, hoogleraar algemene taalwetenschap en Javaanse taal- en letterkunde aan de Rijksuniversiteit te Leiden.
prof. dr. J. P. Kuiper, hoogleraar sociale geneeskunde aan de Vrije Universiteit te Amsterdam.
prof. dr. H. J. van Dongen, hoogleraar sociale psychologie aan het Interuniversitair Instituut Bedrijfskunde te Delft.
prof. drs. H. den Hartog, hoogleraar in de leer der analogieën aan de Technische Hogeschool te Eindhoven, adjunct-directeur Centraal Planbureau.¹
prof. dr. J. J. A. Vollebergh, hoogleraar in de leer der interne organisatie aan de Katholieke Universiteit te Nijmegen, directeur van het Gemeenschappelijk Instituut voor Toegepaste Psychologie.
prof. dr. A. Bosman (per 1 januari 1979), hoogleraar in de bedrijfshuishoudkunde (bedrijfseconomie) aan de Rijksuniversiteit te Groningen.

Als waarnemers namens de Minister voor Wetenschapsbeleid werden benoemd:

dr. J. J. G. M. van Boeckel, adviseur ruimtevaartzaken van de directeur-generaal voor Wetenschapsbeleid.
ir. J. P. W. Schneider, adviseur informatica van de directeur-generaal voor Wetenschapsbeleid.

De Adviesgroep werd in haar werkzaamheden bijgestaan door: jhr. dr. ir. M. Gevers, drs. E. D. A. Dantum (DGWB), dhr. D. Overkleef, drs. G. Slagmolen, drs. J. Strikwerda en dhr. J. de Witte (DGWB).

Het secretariële werk werd verzorgd door: mevr. C. J. A. Beekhuizen, mevr. A. A. Pedro (DGWB) en mevr. G. ter Riet.

¹ Prof. drs. H. den Hartog was door ziekte verhinderd de vergaderingen bij te wonen. Op enkele zittingen werd zijn plaats ingenomen door ir. J. Sandée, wetenschappelijk adviseur van het Centraal Planbureau.

De Adviesgroep heeft gebruik gemaakt van de in de vakgroep EB van de Technische Hogeschool te Eindhoven gebouwde wordprocessor. Ze is de heer C. P. G. van de Watering zeer erkentelijk voor het snelle en accurate werken hiermede.

BIJLAGE 2

Begrippenlijst micro-elektronica

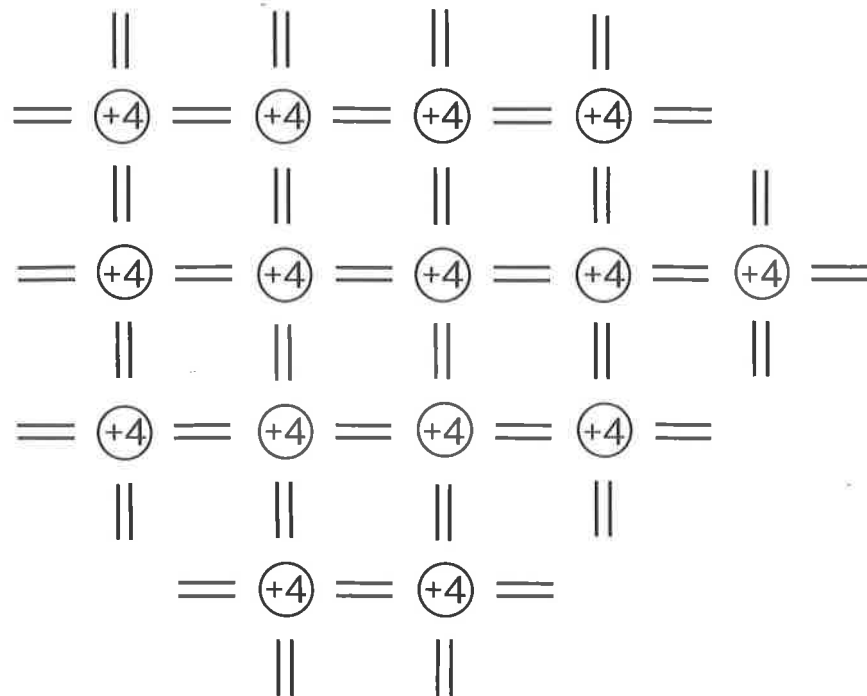
In deze lijst zijn opgenomen de begrippen, die in dit rapport worden genoemd, maar niet of onvolledig worden toegelicht, en ook de begrippen uit de micro-elektronica waarmee het publiek via de nieuwsmedia regelmatig wordt geconfronteerd. De ordening van de behandelde begrippen wordt bepaald door hun inhoud. De basis vormt de tekst van hoofdstuk 2, waarbij deze begrippenlijst als bijlage functioneert. Dit betekent dat ook hier de indeling in *materiaal* (inclusief *processen*), *cel*, *IC* en *architectuur* is aangehouden.

In bijlage 4 wordt nog een indicatie van een aantal mogelijke toepassingen van micro-elektronica gegeven.

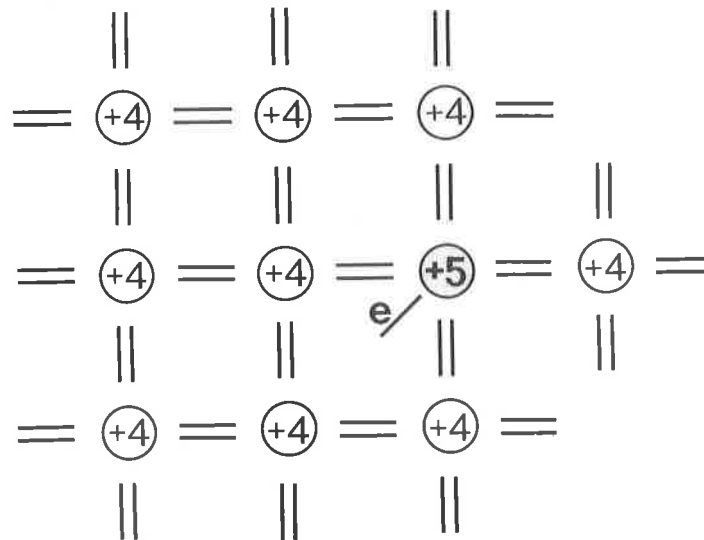
Materiaal-niveau

Halfgeleider-materiaal

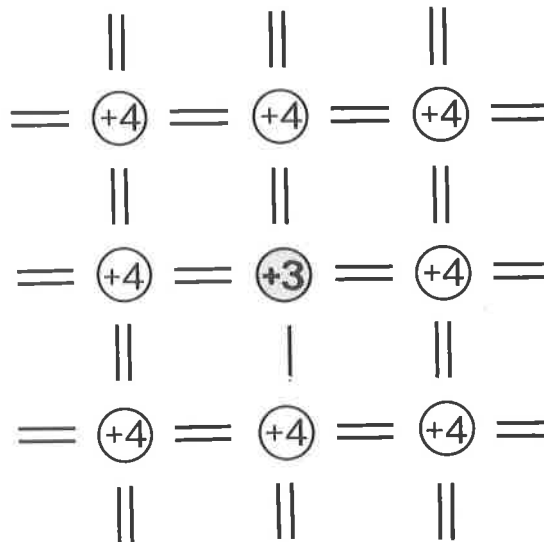
Halfgeleider-materialen Germanium (Ge), Silicium (Si), Gallium-Arseen (GaAs) danken hun naam aan het feit, dat het stroomgeleidend vermogen ligt tussen dat van isolatoren en geleiders. Het stroomgeleidend vermogen kan sterk door toevoegingen van vreemde atomen worden gemodificeerd (figuur bijlage 2.1, 2.2, 2.3).



Figuur bijlage 2.1: Schematische voorstelling van de opbouw van het kristalrooster bij germanium en silicium. De streepjes stellen valentie-elektronen voor, de cirkeltjes de rest van de atomen, dat wil zeggen positieve ionen. (Ontleend aan: J. Davidse, Grondslagen van de elektronika 1, Prisma Technica)



Figuur bijlage 2.2: Schematische voorstelling van de kristalstructuur, waarin een vijfwaardig donortoom is ingebracht. Dit donortoom heeft één valentie-elektron dat niet «in het kristalrooster past», aangegeven met «e». (Ontleend aan: J. Davidse, Grondslagen van de elektronika 1, Prisma Technica)



Figuur bijlage 2.3: Schematische voorstelling van de kristalstructuur, waarin een driewaardig acceptoratom is ingebracht. De drie valentie-elektronen vormen bindingen met drie elektronen van naburige atomen. Het elektron van de vierde nabuur vindt evenwel geen «partner». Als gevolg hiervan is er een «gat». (Ontleend aan: J. Davidse, Grondslagen van de elektronika 1, Prisma Technica)

Monokristallen (één-kristallen)

Halfgeleiders worden in monokristallijne (één-kristallijne) vorm gebruikt. Deze vorm wordt verkregen via een bijzonder smelten en kristalliseringsproces, dat als resultaat staven monokristallijn materiaal oplevert. De diameter van deze staven is in de loop der jaren gestadig toegenomen: van aanvankelijk 5 cm via 7,5 en 10 cm tot inmiddels 15 cm.

Plakken (wafers)	Voor verdere bewerking worden de staven in plakken gezaagd van ca. 0,6 mm dikte en vervolgens gepolijst.
Germanium	Aanvankelijk werd voornamelijk Germanium gebruikt (analoge elektronica), maar dit voldeed op den duur niet vanwege grote temperatuurafhankelijkheid van de transistoren die ermee werden gemaakt.
Silicium	Nu is silicium het meest gebruikte materiaal. Dit leent zich het best voor het hierna nog te bespreken planaire proces.
Gallium-Arseen	Gallium-Arseen is van recenter datum en is nog in onderzoek met het oog op grotere snelheden.
Zuiverheidsgraad	Voorspelbare en beheersbare eigenschappen heeft het halfgeleider-materiaal alleen bij voldoende zuiverheid. Chemische processen, gevolgd door een beheerst, specifiek smeltings-stollingsproces, hebben een ongehoorde zuiverheid tot gevolg: op ca. 10 miljard gewenste atomen komt één verontreinigingsatoom voor; in meer begrijpelijke termen: ongeveer 1 gram verontreiniging op 10 000 ton zuiver materiaal.
Ladingsdragers	Het halfgeleider-materiaal ontleent zijn eigenschappen aan het feit dat, bij kamertemperatuur, enkele elektronen zich aan hun atoomkernen hebben onttrokken. Ze worden vrije ladingsdragers genoemd. Kenmerkend voor halfgeleiders is dat het aantal vrije ladingsdragers toeneemt als de temperatuur wordt verhoogd; dit in tegenstelling tot geleiders (metalen) waar het aantal vrije ladingsdragers vrijwel niet van de temperatuur afhangt.
Doteren	Relatief sterke wijzigingen van de geleiding worden tot stand gebracht door het in minuscule hoeveelheden inbrengen van andere stoffen. Men noemt dit: doteren.
N-geleidend	Men onderscheidt n-type en p-type doteringsstoffen. Een n-type materiaal ontstaat indien een doteringsstof wordt toegevoegd, die in het kristalrooster elektronen afstaat. Deze elektronen gedragen zich als extra vrije negatieve ladingsdragers.
P-geleidend	Een p-type materiaal ontstaat, indien de toegevoegde doteringsstoffen elektronen aan het kristalrooster onttrekken en aan zich binden. Hierdoor ontstaan zo genoemde gaten (elektron-vacatures), die zich als de elektronen hierboven min of meer door het kristalrooster vrij kunnen bewegen als quasi positieve ladingsdragers.

	Diodes en transistoren zijn opgebouwd uit elkaar afwisselende lagen p-type en n-type materiaal. De precisie, waarmee halfgeleider-materiaal kan worden gedoteerd is dan ook van het grootste belang voor het functioneren van micro-elektronica en voor de micro-elektronica-industrie.
Doteringstoffen	Veel gebruikte doteringsstoffen zijn: n-dotering: antimonium (Sb) fosfor (P) arsenicum (As) p-dotering: aluminium (Al) borium (B)
Diffusie	Het doteren van halfgeleider-materiaal gebeurt via z.g. diffusie-processen.
Gasdiffusie	Bij de gasdiffusie worden plakken halfgeleider-materiaal bij hoge temperaturen van 700° – 1000° C in een ruimte geplaatst, waarin de doteringsstoffen in gasvorm aanwezig zijn. In een door temperatuur en tijd bepaalde mate dringen de vreemde atomen in het silicium-kristal. Kritisch is hierbij de beheersing van de temperatuur in de ovens. Aangezien grote aantallen plakken dezelfde behandeling moeten ondergaan, moet het proces binnen zeer geringe marges herhaald kunnen worden.
Ionen-implantatie	Het inbrengen van doteringsstoffen kan ook gebeuren door het siliciumkristal te «bombarderen» met ionen (deeltjes met een positieve of negatieve lading). Voordeel van deze methode ten opzichte van gasdiffusie is vooral, dat in een veel nauwkeuriger dosering de doteringsstoffen kunnen worden aangebracht, zowel in termen van homogeniteit als qua «plaatsing». Met name zeer «lichte» doteringen kunnen via ionen-implantatie nauwkeuriger worden aangebracht dan via gasdiffusie. Nadeel – maar dat geldt voor vrijwel alle nieuwere procestechnieken in de micro-elektronica – is dat ionen-implantatie hoge investeringen met zich brengt. Nieuwere technieken maken betere en vaak ook goedkopere producten mogelijk, maar dit gaat wel gepaard met grotere financieeringsproblemen. Diffusie- en implantatie-processen bieden de mogelijkheid om in p-geleidend materiaal n-geleidende gebiedjes aan te brengen, en omgekeerd.
Isolatie	Transistoren en diodes aangebracht in hetzelfde kristal moeten vaak van elkaar worden geïsoleerd, evenals de op het op-

	pervlak aanwezige verbindende geleiders (bedrading) van het onderliggende oppervlak.
Oxydatie	Wanneer silicium het uitgangsmateriaal is, wordt hiervoor onder meer silicium-dioxyde (SiO_2), of silicium-nitride (Si_3N_4), gebruikt. Het oxyde wordt via een «groeiproces» op het silicium aangebracht: de plakken worden in een oven in aanraking gebracht met zuurstof (O_2) of waterdamp (H_2O), waardoor zich een hermetisch dichte oxydelaag op het silicium vormt. Tijd en temperatuur bepalen de dikte van de oxydelaag. Het oxyde heeft een dubbele functie: tijdens het fabricageproces fungeert het ook als masker (zie hieronder).
Metalliseren	Om de componenten van een geïntegreerde schakeling met elkaar te verbinden zijn dunne metaallagen noodzakelijk. Deze lagen moeten zich willen hechten aan het silicium-oppervlak. Bovendien moeten deze lagen elektrisch geleidende contacten kunnen vormen met de componenten. Het geleidende materiaal dat vrijwel algemeen gekozen wordt, is aluminium. Aluminium geleidt goed en hecht goed. Het aluminium wordt in eerste instantie als een gesloten laag op de plak aangebracht. Via maskers worden niet-benodigde delen daarna weer weggeëtst.
Epitaxiale groei	Naast diffunderen, oxyderen en metalliseren is er sprake van nog een procestype, bekend onder de naam: epitaxiale groei. Men brengt daartoe p-geleidende siliciumplakken in een verhitte ruimte waarin n-type doteringsstoffen en silicium zich in gasvorm bevinden. Het silicium zet zich in vaste vorm af op de plakken: er groeit een n-laag op de p-laag. Dit kan ook omgekeerd. Kenmerk van zo'n epitaxiale laag is dat de opgegroeide laag zich wat betreft de kristal-oriëntatie aan het kristalrooster van het basismateriaal aanpast.
Fotolithografie Etsen	Het aanbrengen van gaten in de oxydelaag ten behoeve van ter plaatse gewenste p-type en n-type diffusie en het aanbrengen van de metaallaag-verbindingen gebeurt met behulp van fotolithografische en chemische etsprocessen.
Procesgang	Als voorbeeld voor wat in één procesgang kan gebeuren bespreken we de vorming van een n-geleidend gebied in een p-geleidend silicium. a. Het eerste dat moet gebeuren is het aanbrengen van een oxydelaag (SiO_2) over het gehele oppervlak.

- b. Over het oxyde wordt een laagje foto-gevoelige lak aangebracht. Waar dit belicht wordt, wordt het gehard en lost niet meer op in bepaalde ontwikkelvloeistoffen. Dit kan ook omgekeerd.
- c. Over de lak (of boven de lak) wordt een masker gelegd, dat bepaalt waar de te bewerken gebiedjes moeten komen.
- d. Met behulp van een nauwkeurige uitrichtmachine en UV-belichting worden de gewenste gebiedjes via het fotomasker belicht.
- e. Waar de lak door de ontwikkelvloeistof verwijderd is, wordt het oxyde bereikbaar voor etsstoffen, waarmee het oxyde wordt verwijderd, zodat op die plaatsen het oorspronkelijke, p-geleidende silicium te voorschijn komt. Hierna wordt de resterende lak verwijderd. De p-type plak is als resultaat nu bedekt met een siliciumdioxide-laag, waarin op gewenste plaatsen gaten aanwezig zijn.
- f. Het doteren kan nu plaatsvinden. Als de plakken silicium in een diffusieoven geplaatst worden, zullen de doteringsstoffen alleen daar binnendringen, waar het silicium *niet* door oxyde wordt beschermd.
- g. Een nieuwe procesgang zal veelal beginnen met een nieuwe oxyde-laag om het zojuist gecreëerde n-gebied te beschermen. Wordt in het aangebrachte n-gebied een kleiner p-gebiedje aangebracht, dan ontstaat een zogenaamde pnp-transistor.

Maskers

Min of meer terloops werd in het bovenstaande het begrip masker geïntroduceerd. De goede verstaander zal hebben begrepen dat via zo'n masker bepaald wordt wat het resultaat van een procesgang is, althans qua plaatsing en afmeting. Opeenvolgende procesgangen zullen steeds andere maskers gebruiken, zodat als eindresultaat een meer of minder gecompliceerd patroon van gedoteerde gebiedjes met hun onderlinge verbindingen ontstaat. De gehele set maskers definieert de uiteindelijke IC-schakeling.

Het maken van de maskers vergt een reeks technieken, die min of meer los staan van het diffusieproces zelf. Dat neemt niet weg, dat de kwaliteit van het eindresultaat evenzeer bepaald wordt door de maskers als door het fabricageproces.

Chips

In de meeste gevallen wordt een masker, verkleind tot enkele millimeters in het vierkant, gerepeteerd; het aantal repetities wordt bepaald door de oppervlakte van de plak en het aantal malen dat het masker daarop kan worden geplaatst of geprojec-

	teerd. Zodoende wordt een plak verdeeld in vakjes, waarin steeds dezelfde schakeling wordt opgebouwd. Nadat het proces is voltooid wordt elke schakeling getest en wordt de plak verdeeld in wat we «chips» zijn gaan noemen. Elke chip bevat een complete schakeling.
Uitrichten	Als verbindingen van 2 tot 4 micrometer moeten worden verkregen, zijn toleranties van één micrometer niet voldoende. De uitricht-apparaatuur, die nodig is om een hele plak precies daar te bedekken met maskers, waar dat gewenst is, vormt vooralsnog een van de knelpunten in de technologie.
Miniaturisatie	Er is nu een mate van verkleining (miniaturisatie) bereikt, waarbij een nieuwe barrière wordt ontmoet: de golflengte van licht.
Belichting	De belangrijkste reden waarom ultraviolet (UV) licht wordt gebruikt, is de kortere golflengte ten opzichte van zichtbaar licht; door de kortere golflengte is een grotere beeldscherpte te bereiken. Te voorzien is reeds dat ook met UV-licht niet aan de in de toekomst gewenste beeldscherpte kan worden voldaan, zodat moet worden overgestapt op röntgenstralen of elektronenstralen die vanwege hun nog kortere golflengte nog betere definitie mogelijk maken. In zeer kostbare apparatuur, die veel gemeen heeft met de bekende elektronenmicroscop, kunnen plakken worden «belicht». Ook is het mogelijk met zulke apparatuur zeer nauwkeurig uiterst gedetailleerde maskers te maken, die dan in conventionele uitrichtapparatuur kunnen worden gebruikt.
Röntgenstralen	
Elektronenstralen	
Pakkingsdichtheid	Het fotolithografische proces bepaalt in belangrijke mate de bereikbare pakkingsdichtheid: het aantal elektronica-elementen per oppervlakte-eenheid. De pakkingsdichtheid is zo belangrijk omdat elke plak silicium een aantal kristalroosterfouten bevat en het aantal foutieve chips toeneemt naar gelang het oppervlak per chip toeneemt, waardoor de kans dat de chip een roosterfout bevat wordt vergroot. En hoewel niemand verwacht dat 100 % van de chips op een plak goed is, blijft het streven begrijpelijkerwijs naar een zo hoog mogelijk percentage: men spreekt van «opbrengst»:
Kristalfouten	het percentage van de chips per plak dat de bedoelde schakeling foutloos bevat. Als een chip sterker verkleind wordt, kan de pakkingsdichtheid vergroot worden. Hier-
Opbrengst	

Plak-diameter

door verbetert men de verhouding tussen het aantal door een kristalfout getroffen chips en het totaal. Overigens veroorzaakt het fotolithografische proces zelf ook fouten.

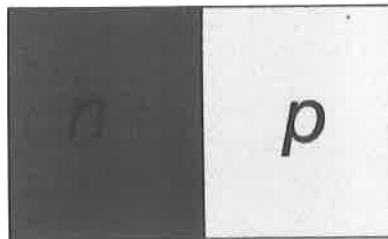
De diameter van de plakken heeft eveneens invloed op de opbrengst. Eerder is al gezegd dat deze diameter gestadig toeneemt.

Aangezien belangrijke en bewerkelijke fasen in het productieproces per plak gebeuren, ongeacht de oppervlakte, kan een procesgang meer goede chips opleveren als meer oppervlak tegelijkertijd bewerkt wordt. Ook de plak-diameter beïnvloedt dus de opbrengst. Daar staat tegenover dat alle betreffende processen bij de overgang naar een grotere plak-diameter aangepast moeten worden; of beter: opnieuw ontwikkeld, wat vergrote investeringen met zich meebrengt.

Celniveau

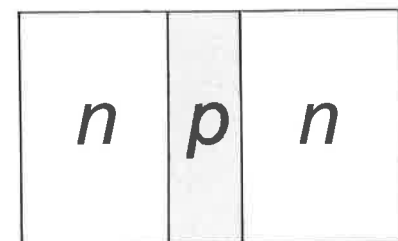
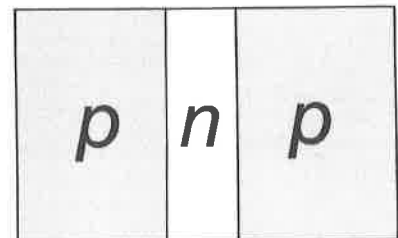
Transistor

Weerstand, condensatoren en diodes bestonden al langer: de micro-elektronica zoals we die nu kennen, wordt vooral mogelijk door de uitvinding, in 1947, van de transistor (figuur bijlage 2.4).



diode

symbol:



transistoren

symbol:

Figuur bijlage 2.4: Schema van de opbouw van een halfgeleider diode (links) en een transistor (rechts). De diode bestaat uit tegengesteld gedoteerd halfgeleidermateriaal (germanium of silicium). De transistor bestaat uit drie gebiedjes, waarvan de twee buitenste dezelfde dotering hebben en het middengebied een tegengestelde dotering. Het middelste gebied wordt de basis genoemd, de twee buitenste respectievelijk emitter en collector.

Point contact transistor	Het patent werd verleend aan de Amerikanen Shockley, Bardeen en Brattain, die voor hun vinding de Nobelprijs kregen. De naam transistor is afgeleid van «transresistance», hetgeen betrekking heeft op het feit dat als men een (zwakke) stroom tussen twee van de drie contacten beïnvloedt, men daarmee een veel sterkere stroom tussen andere contacten kan besturen. De transistor is ontdekt tijdens onderzoek door Bardeen en Brattain (Bell Laboratories) naar de eigenschappen van diodes en de invloed van een derde contact op deze eigenschappen. Daardoor ontstond een pnp-structuur met twee overgangen. De ontdekking betrof het feit dat weerstandsveranderingen in de ene overgang veranderingen in de andere overgang tot gevolg hadden. Nadat de fysische verschijnselen, die optraden in de point contact transistor, waren verklaard, kon er gewerkt worden aan een element dat het transistor-effect optimaal en beheersbaar tot uiting zou brengen. Het resultaat was de junction transistor, bestaande uit drie «laagjes» materiaal, afwisselend p-, n- en p-type, of omgekeerd npn, met de mogelijkheid om met elk van de drie lagen contact te maken.
junction transistor	Daarbij onstonden – voornamelijk uit fabricage-overwegingen – namen voor elk van de drie lagen. In een eerste variant werden aan weerszijden van een basis van germanium druppeltjes van een tin/indium legering opgebracht: de druppeltjes kregen de naam emitter (zender) en collector (ontvanger). De emitter stuurt ladingdragers over de emitter/basis-overgang. De meeste van deze ladingdragers worden over de basis/collector-overgang gecollecteerd (verzameld).
Basis/emitter/collector	Vanaf het begin van de jaren vijftig, toen de geschiktheid van transistoren als element voor logische schakelingen eenmaal vaststond, is er gezocht naar mogelijkheden om groepen transistoren met hun onderlinge verbindingen als één geheel te produceren. Een van de belemmeringen daarbij lag in het feit, dat de eerste transistoren een bovenkant en een onderkant hadden en dat bovendien alle drie lagen bereikbaar moesten zijn. Deze belemmering werd definitief overvallen door het zogenaamde planar concept. Een planaire transistor heeft emitter, basis en collector als een nest schalen in elkaar gepast, met alle contactpunten aan hetzelfde bovenzvlak: men kan alle schalen in een nest aanraken zonder ze uit elkaar te
Planar-transistoren	

Diodes

halen. Het planar-concept heeft de basis gelegd voor wat we nu het geïntegreerde circuit (integrated circuit, IC) noemen. De eerste halfgeleider-elementen die, na elektronenbuizen, werden gebruikt voor logische schakelingen, waren diodes. Hoewel ze als element voor zulke schakelingen overtroefd zijn door transistoren, houden ze hun eigen functie in het geheel.

Gelijkrichter

Ze vormen een aanvulling op met transistoren gerealiseerde schakelingen, als gelijkrichter en zijn ook van belang door hun specifieke eigenschappen, zoals lichtgevendende diodes (light emitting diodes, LED), fotodiodes, diodes met variabele weerstand, temperatuurgevoelige diodes enz. Ze spelen een belangrijke rol in het raakvlak tussen digitale apparatuur en omgeving en kunnen worden gebruikt voor het opnemen van signalen uit die omgeving, dan wel het afgeven van signalen aan die omgeving.

Transducenten

Meestal zal echter een signaal aan de ingang van een elektrisch meet- of regelsysteem niet in elektrische vorm beschikbaar zijn (b.v. temperatuur, druk, vochtigheid enz.), en moet het niet-elektrische ingangssignaal eerst omgezet worden in een elektrisch signaal. Deze omzetting vindt plaats met behulp van een transducent: een component die een verandering in een fysische grootte vertaalt naar een verandering in een andere fysische grootte (b.v. druk naar elektrische spanning). Een transducent aan de ingang van een systeem wordt ook wel sensor genoemd. Wanneer een elektronisch systeem de signaalbewerking voltooid heeft, zal het resultaat meestal op een niet-elektrische manier kenbaar moeten worden gemaakt (b.v. het moet voor een menselijke waarnemer hoorbaar of zichtbaar zijn). Deze functie wordt ook vervuld door een transducent die ter onderscheiding van een ingangstransducent of sensor vaak uitgangstransducent wordt genoemd.

MOS-transistoren

De letters MOS staan voor Metal, Oxide, Semiconductor en hebben betrekking op een verbindingskanaal tussen twee p- of twee n-geleidende gebieden in een silicium-veld, dat zelf de tegengestelde geleidingseigenschap heeft. Hier overheen ligt, gescheiden door een zeer dun oxydelaagje, een geleidende elektrode (van metaal of polykristallijn silicium). Met een spanning op deze elektrode kan de stroom tussen de twee bovengenoemde gebiedjes

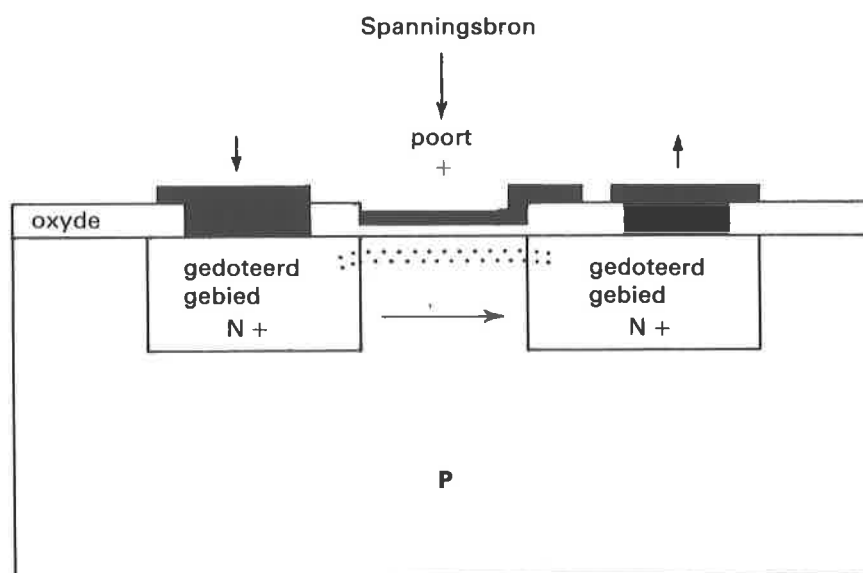
n kanaal MOS

p kanaal MOS

worden gestuurd. De MOS-transistor wordt veelal gebruikt als schakelaar. Als op het metaal (de stuur-elektrode) een voldoende hoge spanning wordt gezet, ontstaat er in het silicium een overschot dan wel een tekort aan ladingsdragers, met als gevolg dat er een geleidend kanaaltje ontstaat tussen de gebieden aan weerszijden. Als we uitgaan van p-geleidend silicium en op de elektrode een positieve spanning wordt gezet, wordt het kanaaltje n-geleidend; we spreken dan van n-kanaal MOS (figuur bijlage 2.5).

Als we uitgaan van n-geleidend silicium en op de elektrode een negatieve spanning wordt gezet, wordt het kanaaltje p-geleidend; we spreken dan van p-kanaal MOS. Voor het vervaardigen van de twee typen MOS-transistoren zijn verschillende technieken noodzakelijk.

Voor het doperen van n-kanaal MOS is de nauwkeurigheid van ionen-implantatie noodzakelijk.



Figuur bijlage 2.5: Schematische opbouw van een MOS-transistor. Let op het geleidende kanaaltje tussen de beide gedoteerde gebieden, dat ontstaat door een spanning op de «gate» of poort.

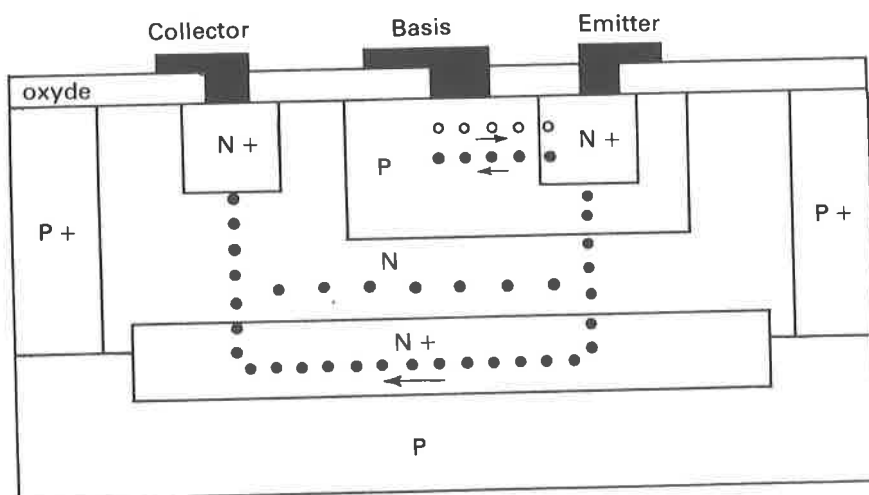
C-MOS

De beide typen transistoren kunnen wel gecombineerd worden in één schakeling. Men spreekt dan van Complementaire MOS of C-MOS. Voordeel hiervan is: een grotere flexibiliteit in het construeren van logische schakelingen en uiterst gering energieverbruik.

Bipolaire transistor

Aanvankelijk werden uitsluitend transistoren van het zogenaamde bipolaire type gebruikt. Een bipolaire transistor wordt opgebouwd in een n-geleidende epitaxiale

laag op een p-geleidend substraat. Vóór de epitaxiale n-laag op het substraat wordt aangebracht («gegroeid»), wordt dit voorzien van een forse n-dotering. Deze n-dotering moet de p-geleiding overheersen, vandaar de aanduiding n^+ . Hierdoor ontstaat een zogenaamde buried-layer, een begraven laag, die niet aan de oppervlakte komt. Deze laag dient om de weerstand te verlagen, waardoor de schakelsnelheid wordt vergroot. In het n-gebied wordt een p-gebied aangebracht. Daarna wordt in het p-gebied en alsnog in het n-gebied een extra n^+ -gebied gediffundeerd (de n-dotering overheerst de eerder gediffundeerde p-dotering). Het p-contact gaat functioneren als basis; de beide n-contacten als resp. emitter en collector. (De naam bipolair hangt hiermee samen: beide typen ladingsdragers zijn actief, zowel de elektronen als de gaten in het kristalrooster. In tegenstelling hiermee wordt MOS ook wel unipolair genoemd) (figuur bijlage 2.6).



Figuur bijlage 2.6

Figuur 2.6: Schematische opbouw van een bipolaire transistor.

Voordelen MOS

De voordelen van MOS zijn: de eenvoudige opbouw, de eenvoudiger fabricageprocessen, de daarmee bereikbare hogere pakingsdichtheid en de lagere produktiekosten.

Het aantal MOS-elementen per chip kan groter zijn dan het aantal bipolaire elementen, hetgeen met name zijn weerslag hebben zal bij toepassingen, waarbij grote, goedkope geheugens nodig zijn.

Voordelen bipolair

Bipolaire transistoren, die gecompliceerder van opbouw zijn dan MOS-transistoren, hebben tegenover de nadelen die

daaraan verbonden zijn het belangrijke voordeel van hogere schakelsnelheid. Tot op heden heeft de bipolaire techniek zich daardoor gehandhaafd in die toepassingsvelden – video, telecommunicatie, procesbesturing en grote snelle rekenmachines – waarin snelle reactietijden een vereiste zijn.

Het is niet waarschijnlijk dat de voordelen van MOS boven bipolaire transistoren ooit die bipolaire geheel zullen verdringen – daarvoor heeft bipolair een te sterke eigen traditie, zowel qua fabricage als qua toepassing, opgebouwd. Wel is het waarschijnlijk dat nieuwe toepassingen vooral op MOS zullen worden gebaseerd. Bipolaire transistoren worden vooral voor analoge toepassingen en voor snelle en speciale digitale toepassingen gebruikt; MOS – als schakelaar kiezend uit twee toestanden – past beter in de normale digitale toepassingen.

Logische basisfuncties

Transistoren kunnen worden gecombineerd, dus ook als schakelaars functionerende transistoren kunnen worden gecombineerd. De wijze van combineren bepaalt de functie van de groep. Bij voorbeeld zo, dat de ingangsspanning van twee of meer transistoren bepaalt of de groep al of niet een signaal zal afgeven.

NAND

Stellen we ons ten doel een logische NAND, dan zal er géén signaal worden afgegeven als op alle ingangs-elektroden een spanning staat; zodra één of meer van hen géén ingangssignaal krijgt, wordt er wel een signaal afgegeven. Men pleegt dergelijke relaties tussen ingangs- en uitgangssignalen weer te geven in z.g. waarheidstabellen.

Voor een NAND met drie ingangen luidt deze:

ingang			uitgang
A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

NOR

Voor de andere veel verkozen basisfunctie, de NOR, luidt de tabel:

ingang			uitgang
A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

De NAND en de NOR zijn zo belangrijk omdat elk denkbaar digitaal systeem met elk van deze beide logische functies kan worden gebouwd.

MOS-transistoren worden voornamelijk op vrij directe wijze als enkelvoudige schakelaars gebruikt voor de opbouw van logische functies. Bij bipolaire technieken daarentegen worden voor elementaire functies ingewikkelde combinaties van transistoren en andere circuitcomponenten gebruikt om de uiterste voordelen van hoge snelheid en/of laag vermogen te behalen. Er bestaat een hele reeks van zulke logische bouwstenen.

Logische bouwstenen

RTL
DTL

TTL

ECL
I²L

ISL

Digitaal/analoo

Vooraf in de bipolaire micro-elektronica worden logische functies niet uit afzonderlijke transistoren opgebouwd. Men spreekt ook van «combinatorische logica». Er zijn in de loop der jaren verschillende combinatiemethoden ontwikkeld.

Uit het begin der jaren zestig dateren: RTL (Register Transistor Logic, logische functie: NOR) en DTL (Diode Transistor Logic, logische functie: NAND).

Zeer bekend werd later: TTL (Transistor Transistor Logic, logische functie: NAND). De naamgeving duidt op de gebruikte elementen; later wordt er iets meer gezegd over de wijze van combineren.

Bij voorbeeld: ECL (Emitter Coupled Logic, logische functie: NOR en OR) en I²L (Integrated Injection Logic; logische functie: NOR). TTL, ECL en I²L vormen de meest populaire op dit moment (1979).

In opkomst is ISL (Integrated Schottky Logic; logische functie: NAND) waarin o.m. Schottky-diodes zijn opgenomen. Deze logische bouwstenen onderscheiden zich onderling in snelheid, gevoeligheid voor elektrische stoorsignalen, veroorzaken van elektrische stoorsignalen, opgenomen vermogen e.d.

Sommige, zoals I²L en ISL, laten zich gemakkelijk toepassen in apparatuur waarin digitale en analoge elektronica elkaar ont-

moeten; bij voorbeeld: een televisie- of radiotoestel met ingebouwd digitaal geheugen (voor zenderkeuze e.d.). Te verwachten valt dat zulke nieuwe combinatiemethoden meer en meer toegepast zullen worden.

De logische bouwstenen vormen de overgang van elementaire elektronische componenten, de enkelvoudig schakelende transistor, en de technologieën, die bij het vervaardigen daarvan een rol spelen, naar de elektronische circuits.

IC-niveau

IC

Als hier over IC-niveau wordt gesproken, wordt de term IC in een enigszins beperkte betekenis gebruikt. Het woord IC wordt gebruikt voor een schakeling, waarin een functie als deel van een systeem wordt gerealiseerd. De hierboven besproken NAND- en NOR-schakelingen zouden ook als integrated circuits (IC's) kunnen worden opgevat, maar hier worden ze beschouwd als elementaire bouwstenen voor grotere, omvangrijkere systeemfuncties.

Een IC heeft een concrete functie: het kan een versterker zijn, een signaalopnemer, een teller, een geheugen, een microprocessor of een digitaal filter. Een concrete systeemfunctie heeft pas betekenis in het systeem waar het deel van uitmaakt. Een IC-functie heeft zelden waarde op zich zelf, maar nagenoeg altijd pas als deel van een omvattend systeem.

Dedicated IC's

Vaak worden IC's gemaakt voor het vervullen van een specifieke functie in een gedefinieerd apparaat. Ze zijn dan feitelijk voor niets anders geschikt. Er is dan sprake van dedicated IC's. Soms gebeurt dit op bestelling (custom IC's).

Standaard-IC's

In vele andere gevallen is de uiteindelijke functie, het uiteindelijke gebruik in een systeem bij het ontwerp van de IC nog niet precies vastgelegd. Er is dan sprake van standaard-IC's. De uiteindelijke functie in het systeem komt pas vast te staan als de IC's worden gecombineerd met andere IC's of andersoortige componenten. Een elektronische teller kan bij voorbeeld zijn functie krijgen in de combinatie met componenten, die te tellen signalen afgeven en andere, die de stand van de teller interpreteren en er actie op nemen.

Programmeerbare IC's

In weer andere gevallen komt de functie vast te staan via een van buiten in te brengen programma.

Microprocessor	Een IC dat veel – misschien onevenredig veel – aandacht heeft gekregen is de zogenaamde microprocessor. Het is een standaard-IC, omdat dezelfde processor voor talloze functies gebruikt kan worden, zij het op basis van verschillende programma's, die dan ingebracht kunnen worden in afzonderlijke geheugen-IC's.
Geheugen	Het eerste dat nodig was om met de microprocessor een zinvolle eenheid te maken was een geheugen. Als via een programma een systeemfunctie met een (micro)processor moet worden gerealiseerd, dient een programma te worden vastgelegd in een medium dat qua kosten, mogelijkheden en snelheid aansluit bij die (micro)processor.
ROM	Ook het programmeergeheugen moest in IC-vorm beschikbaar komen. In een deel van de toepassingen zal een microprocessor voor eens en voor altijd worden toegerust met een programma of een verzameling van programma's die, eenmaal vastgelegd in het geheugen, nooit meer veranderd behoeven te worden. Microprocessors die in installaties worden ingebouwd om die te besturen zijn hiervan voorbeelden; als een processor eenmaal geschikt is voor het besturen en regelen van een CV-installatie op basis van signalen van temperatuuropnemers, drukmeters e.d., dan hoeft daarin geen verandering meer te worden aangebracht. Het geheugentype dat voor zulke toepassingen ontwikkeld is, heet een «Read Only Memory»: afgekort ROM. Wat er in het programma staat kan door de processor worden gelezen, maar het kan niet worden gewijzigd.
Non-volatility	Een bijzonder, zeer waardevol kenmerk is dat de inhoud niet verloren gaat als de stroom wordt uitgeschakeld (non-volatile).
RAM	Binnenkomende signalen, uitgaande signalen en tussentijdse signalen (gegevens; data) moeten in vrijwel alle gevallen tijdelijk worden vastgelegd. Hier is een ander type geheugen nodig. Gegevens moeten niet alleen gelezen kunnen worden maar ook ingeschreven en vervangen. Zo'n geheugen heet «Random Access Memory»: afgekort (RAM).
Data- en programma-geheugen	De namen ROM en RAM zijn technische namen, in die zin dat ze technische mogelijkheden van geheugens aangeven. Meer functioneel zijn de namen: programmeergeheugen en datageheugen. In het datageheugen moeten gegevens steeds opnieuw kunnen worden vastgelegd: RAM is dus een vereiste. Voor zover programma's

Microcomputers

eens en voor altijd worden vastgelegd, is ROM afdoende; moeten steeds weer andere programma's worden uitgevoerd, dan moet ook daarvoor RAM beschikbaar zijn.

De ontwikkeling sinds de eerste microprocessor heeft geleid tot de microcomputer: een processor, aangevuld met geheugen (ROM + RAM) en verder met IC's voor de communicatie met de omgeving. Ontwikkelingen in dit vlak zijn het meest spectaculair geweest. De zeer beperkte geheugen-IC's van het begin van de jaren '70 zijn uitgegroeid tot nu 64K bits (64K bits = 64×1024 posities, die elk één binair cijfer kunnen vasthouden), met nog verdere verwachtingen voor de toekomst. Daarnaast zijn one chip computers ontwikkeld, waarbij alle computercomponenten (processor + geheugen + invoer/uitvoer) op één IC zijn gerealiseerd. Zie figuur bijlage 2.7.

Dedicated microcomputers

Merkwaardigerwijs ontstaan er daarbij – op basis van wat standaard-IC's waren – weer dedicated IC's.

Qua capaciteit, snelheid e.d. zijn vele microcomputers geschikt voor bepaalde toepassingen en minder of geheel niet voor andere.

Standaard versus dedicated IC's

Het bepalen van de grens tussen standaard en dedicated behoort tot de meest boeiende taken van de micro-elektronische industrie. Die grens ligt niet vast; ze wordt steeds opnieuw vastgesteld, op grond van criteria die ontleend worden aan de produktiekosten (en daarvoor noodzakelijke seriegrootte) van IC's, aan de ontwerptechnieken en aan binnen bereik komende toepassingsgebieden. Indirect spelen ook software-kosten een rol; we komen op het begrip software straks terug.

Voor de per IC-type relatief hoge ontwerp-kosten spelen een rol. Ontwerpkosten behoren tot de initiële kosten: de seriegrootte beïnvloedt de kosten van het ontwerp niet.

Naar gelang een IC gecompliceerder wordt, nemen de ontwerp-kosten toe, niet lineair maar exponentieel met het aantal componenten.

CAD

Weliswaar wordt bij het ontwerpen van IC's steeds intensiever de computer ingeschakeld (Computer Aided Design, CAD), maar dat neemt niet weg dat als er één overheersende stagnerende factor is in de vooruitgang op het gebied van de dedicated IC's, het de ontwerp-kosten zijn. Zolang

Software

dit het geval is, zullen standaard-IC's – waarbij de ontwerpkosten immers op veel grotere series kunnen worden verhaald – ondanks hun veelal mindere geschiktheid een sterke positie blijven behouden. Overigens wordt met standaard-IC's het probleem verschoven: het ontwerpprobleem komt terug in de vorm van software.

Software – de verzamelnaam voor alles wat er aan programma's nodig is om een (micro-)computer (micro-processor) te laten werken – moet de verbinding leggen tussen standaard-IC's en de toepassing. De problemen die zich daarbij voordoen, zijn voor een belangrijk deel dezelfde als die welke optreden bij het ontwerpen van IC's. (Een uitspraak die soms door zowel software-ontwerpers als IC-ontwerpers wordt bestreden, maar nog niet is weerlegd).

Software-industrie

Van de micro-elektronica uit gezien, is software iets nieuws, waarmee de aansluiting, qua kennis en kunde, niet bij voorbaat vaststaat. Voor zover microcomputers worden ingezet op het terrein van de traditionele computers, is de bestaande software-industrie bij machte de gewenste toepassingsprogramma's te maken. Zeker geldt dit voor bedrijfsadministratieve toepassingsgebieden, waarin de software-industrie als het ware is opgegroeid. Problemen zijn te verwachten in die toepassingsgebieden, die door de uitzonderlijk goedkope microcomputers binnen het bereik van automatisering komen. Het is de vraag of de bestaande software-industrie adequaat georganiseerd is om ook voor die gebieden de benodigde software tegen aanvaardbare kosten te kunnen produceren. Succes van de micro-elektronica wordt in dit opzicht steeds meer afhankelijk van de bereidheid en de bekwaamheid van de software-industrie om zich in nieuwe toepassingsgebieden in te werken.

Integratie

Verhoging van de pakkingsdichtheid, het vergroten van de plak-diameter en de gestage verbetering van procestechnieken hebben als resultaat, dat nog steeds het aantal elementaire logische functies groeit dat in één IC kan worden samengevoegd.

LSI VLSI

We spreken inmiddels van Large Scale Integration (LSI), waarbij tot 1000 elementen in één circuit worden geïntegreerd en van Very Large Scale Integration (VLSI), waarmee circuits worden bedoeld, waarin 100 000 of meer elementen een plaats krijgen.

Op zich zelf kan deze toenemende integratie ertoe leiden dat de software-problematiek scherper gesteld wordt dan tot op heden het geval is. Dedicated circuits waarin duizenden elementen moeten worden verwerkt, vergen verhoudingsgewijs hogere ontwerpkosten en zullen, door de grotere complexiteit, minder gemakkelijk toepassingen vinden, tenzij zeer grote aantallen nodig zijn. Harde noodzaak is daarom de research op het gebied van ontwerptechnieken (o.m. CAD).

Architectuur-niveau

Black boxes

Op het niveau van de architectuur (systeem-architectuur) worden micro-elektronische bouwstenen in de vorm van IC's beschouwd als black boxes. Hoe binnen de black box de input tot output wordt verwerkt, doet er voor de systeemontwerper niet toe; wel zal hij geïnteresseerd zijn in specificaties aangaande: snelheid, duurzaamheid, betrouwbaarheid, prijs e.d.

Standaardisering

Met name ten aanzien van de specificaties ontbreken er nog standaards, met onder meer als gevolg, dat het selecteren van bouwstenen uit catalogi nog een grote deskundigheid vereist.

Interfaces

De koppeling van micro-elektronische bouwstenen met andere, vaak ook technologisch andere componenten geschiedt via zogenaamde interfaces.

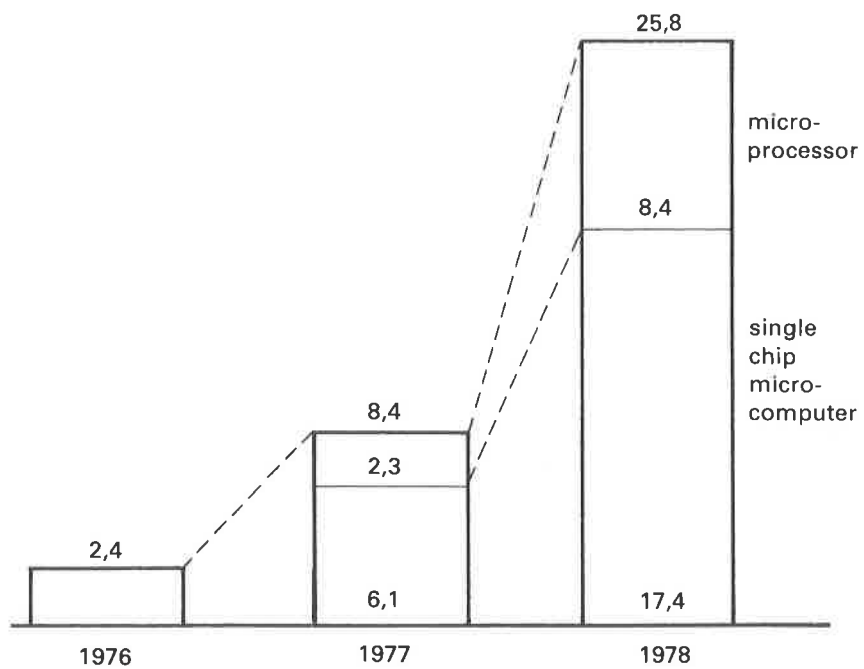
Via de interface communiceert een bouwsteen met zijn omgeving; via een interface communiceert uiteindelijk een apparaat of systeem met de mens dan wel met de installatie waarin het wordt gebouwd.

Protocol

De afgesproken wijze van communiceren heet protocol.

Gezien de beperkingen, die aan de aard der signalen wordt opgelegd door de micro-elektronica, is aanpassing nodig van de signalen, die de omgeving genereert, dan wel kan ontvangen.

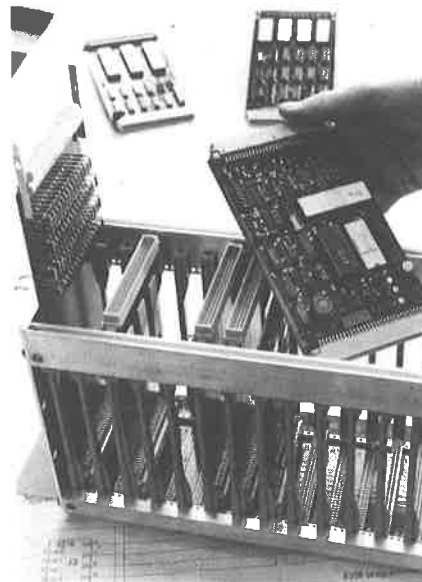
Micro-elektronica, in de meest voorkomende vorm, vereist dat alle informatie wordt gerepresenteerd in, volgens een binaire code, de aan- of afwezigheid van elektrische signalen. Hogere spanningen blazen een IC op; andere signalen (temperatuur, druk, stroming, e.d.) worden niet opgemerkt, andere coderingen worden niet begrepen.



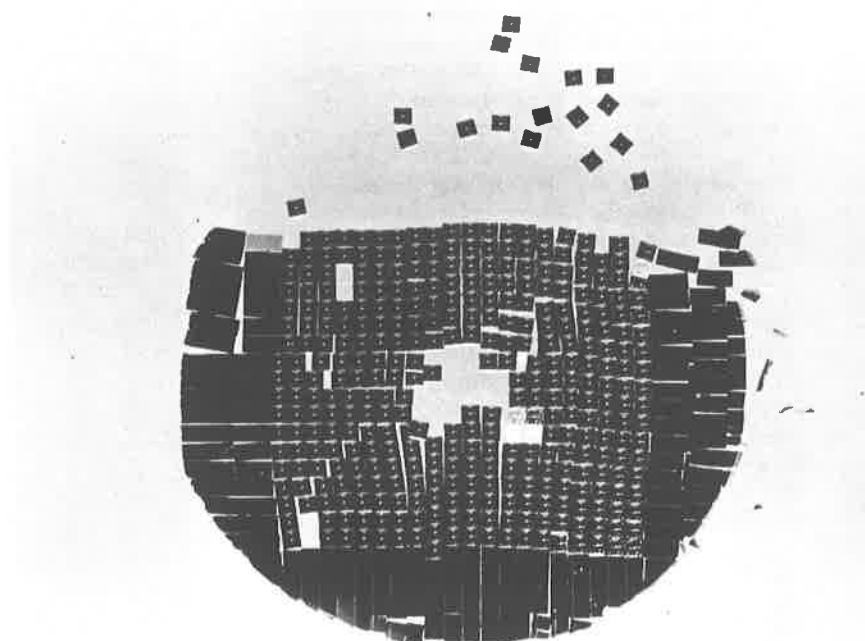
Figuur bijlage 2.7.

Geproduceerde microcomputers van het type MOS-techniek, wereldwijd en in miljoenen exemplaren.

Bron: Dataquest, SIS, vermeld door B. J. G. van der Kooy, Holec N.V. in lezing tijdens congres «Chips en Werk», TH Twente, september 1979.



De moderne manier van werken met micro-elektronica: chips en andere elektronische onderdelen stevig aangebracht op printplaten, die precies in rekken passen. Samen vormen ze een volledig elektronisch systeem dan wel een deel van een groter geheel. Deze techniek staat bekend als *moduultechniek*. Ze garandeert grote betrouwbaarheid, terwijl defecte delen gemakkelijk kunnen worden opgespoord en verwisseld. (Foto: Teleac)



Een op de TH Twente ontwikkelde en gefabriceerde plak met geïntegreerde schakelingen. Op de foto is te zien hoe aan het eind van het fabricageproces de plak in de afzonderlijke schakelingen wordt gebroken. Dat gebeurt via krassen met een fijn diamantje (Foto: TH Twente)

BIJLAGE 3

Macro-economische gevolgen van een snelle invoering van micro-elektronica (Nota Centraal Planbureau ten behoeve van de Adviesgroep Maatschappelijke Gevolgen van de Micro-Elektronica) dd. 12 juni 1979

1. INLEIDING

Micro-elektronica (in het vervolg meestal ME te noemen) kunnen menselijke arbeid vervangen. De produktiviteit neemt dan meer toe dan anders. Als de produktiecapaciteit niet dienovereenkomstig toeneemt, vermindert het aantal arbeidsplaatsen. Kan de Nederlandse volkshuishouding dan zoveel nieuwe arbeidsplaatsen scheppen dat de werkloosheid niet verergert? Wat gebeurt er met de uitvoer als Nederland achterblijft bij zijn concurrenten in de toepassing van ME?

Dergelijke vragen worden hieronder beantwoord met behulp van een model dat in deze toepassing de ontwikkeling van Nederlandse volkshuishouding beschrijft tot het jaar 1990. Het is een macromodel, dat geen uitspraken doet over afzonderlijke bedrijfstakken of beroepen.

Als vergelijkingsbasis dient een scenario 0 dat ook voor andere analyses is gebruikt. Dat scenario veronderstelt dat de technologische ontwikkeling uit het verleden zal voortduren, maar er wordt geen rekening gehouden met een wellicht optredende micro-elektronische revolutie. In scenario A worden daarentegen zowel in Nederland als in het buitenland grote hoeveelheden ME toegepast.

In scenario B «loopt Nederland half zo hard»: de extra produktiviteitsstijging in Nederland is half zo groot als in scenario A. Bij de in- en uitvoer is het door Nederland aangeboden assortiment veel zwakker dan dat van de concurrenten.

Na vergelijking van de resultaten van scenario A en scenario B kan zo nodig geconcludeerd worden tot de wenselijkheid van stimulering dan wel afremming van het gebruik van ME in Nederland in het geval dat in het buitenland inderdaad veel ME zouden worden toegepast.

2. MODEL

De hieronder weergegeven ramingen zijn berekend met het model dat het Centraal Planbureau tegenwoordig hanteert voor analyses over perioden van minstens drie jaren. Dit model is een jaarmodel, dat wil zeggen het beschrijft de toestand van de Nederlandse volkshuishouding in opeenvolgende jaren. Het is ook een macromodel: alle ondernemingen zijn samengenomen in één sector «bedrijven» en er wordt geen onderscheid gemaakt naar de aard van de arbeid, naar soorten van produkten of naar regio's.

Het model onderscheidt wel de kapitaalgoederenvoorraad naar jaar van ingebruikstelling «(«jaargang» of «vintage»)). Zo zullen in 1990 aanwezig zijn de jaargangen 1990, 1989, . . . , tot ongeveer 1970 toe. Elk van deze jaargangen wordt gekenmerkt door zijn *produktiecapaciteit*, dat is de hoeveelheid produkt die er bij normale bedrijfstijd in één jaar maximaal mee gemaakt kan worden, en door het aantal *arbeidsplaatsen*, dat is het aantal manjaren arbeid dat nodig is om die maximale hoeveelheid produkt voort te brengen.

Bij zijn ingebruikstelling heeft een jaargang een capaciteit en een aantal arbeidsplaatsen die beide afhangen van de omvang van de investeringen die gemaakt zijn om de jaargang tot stand te brengen en van de efficiency van de aangewende kapitaalgoederen. Het model neemt aan dat de «kapi-

taalcoëfficiënt», dat is de hoeveelheid investeringen die nodig is om één eenheid produkt te kunnen voortbrengen, in de jaren '60 en '70 constant is gebleven. Door de voortdurende aanpassing van de produktietechnieken aan de technische ontwikkeling is echter in de jaren '60 en '70 het aantal arbeidsplaatsen per eenheid capaciteit van de opeenvolgende jaargangen volgens het model zeer snel gedaald, met wel 5 % per jaar. Andersom bekeken was de arbeidsproduktiviteit van elke jaargang 5 % hoger dan van de vorige jaargang.

Gedurende het leven van een jaargang veranderen capaciteit en aantal arbeidsplaatsen gedurig. Ten eerste treedt *slijtage* op. In het model gaat dit eerst langzaam, dan steeds sneller totdat na ongeveer 20 jaar de helft van de jaargang verdwenen is. In het model slijten capaciteit en arbeidsplaatsen even snel.

Naast de slijtage kent het model de *economische veroudering*. De lonen stijgen bijna steeds sneller dan de prijzen. Voor elke afzonderlijke jaargang blijft de verhouding van capaciteit en arbeidsplaatsen echter constant. De marge tussen de waarde van het mogelijke produkt (de capaciteit) en de kosten van de daarvoor benodigde arbeid (de arbeidsplaatsen) wordt dus steeds kleiner. In scenario 0 is deze marge na ongeveer 20 jaar verdwenen. De jaargang is dan economisch verouderd en het model houdt er verder geen rekening mee: de jaargang is «afgestoten».

Capaciteit en arbeidsplaatsen van alle jaargangen te zamen worden zelden volledig benut. De mate van onderbezetting beïnvloedt volgens het model werkgelegenheid en prijzen.

Van de circa 150 vergelijkingen van het model is hier ten slotte nog vermeldenswaard de uitvoervergelijking. Deze relateert de omvang van de uitvoer aan de omvang van de wereldhandel en aan het prijsverschil tussen de Nederlandse uitvoer en de concurrerende uitvoer.

3. HET UITGANGSPUNT O EN DE ALTERNATIEVEN A EN B

Als voldoende gegevens worden verstrekt genereert het model een «tijd-pad», dat zijn beschrijvingen van de toestanden van de Nederlandse volkshuishouding in toekomstige jaren, tot zover men maar wil.

Voor de analyse van de gevolgen van micro-elektronica is het jaar 1990 in het oog gevat. Indien in de tachtiger jaren meer of minder ME worden toegepast, verandert daardoor het beeld voor 1990.

Zou een eerder jaar, bij voorbeeld 1985, beschouwd worden, dan krijgen de ME te weinig tijd in de economie door te dringen. Bovendien is het de vraag of eventueel noodzakelijk geacht regulerend en compenserend beleid op zo korte termijn merkbaar effect zou hebben.

Een later jaar, bij voorbeeld 2000, ligt voor de tegenwoordige beschouwer wel ver weg. Ongewenste ontwikkelingen die eerst over 20 jaar duidelijk zichtbaar worden, leiden niet gauw tot ingrijpen in het heden. Ook is het extrapoleren van trends over zo'n lange periode dermate onzeker dat de overtuigingskracht van ernstige moeilijkheden in het jaar 2000 niet zo groot is als die van matige problemen in 1990.

In de schaarse studies die kwantitatieve uitspraken over de gevolgen van ME doen, wordt ook met een horizon van 10 of 15 jaar gerekend.

Om de gevolgen van ME zichtbaar te maken zijn met het model drie verschillende scenario's tot 1990 gegenereerd die 0, A en B heten.

Tijdpad 0 komt overeen met andere scenario's die op het ogenblik door het Centraal Planbureau gebruikt worden. Een zeer belangrijk element is de stijging van de arbeidsproduktiviteit in de nieuwe jaargangen die in de jaren '80 op 4 % per jaar is gesteld, in plaats van op 5 % als in de jaren '60 en '70. Hierdoor neemt het aantal arbeidsplaatsen in nieuwe vintages minder snel

1 C
«O
ge
Ste
2 5
té,
of

af. Bovendien stijgt de gemiddelde arbeidsproductiviteit minder snel, zodat de oudste jaargangen later afgestoten worden wegens economische veroudering.

In de technische vooruitgang van 4 % is impliciet rekening gehouden met de introductie van elektronische apparatuur in ongeveer hetzelfde tempo als in de jaren '70. De afzwakking van de technologische trend is onder meer toe te schrijven aan het grotendeels verdwijnen van de achterstanden die Nederland tot 1970 had ten opzichte van de technisch meest geavanceerde naties.

De snelle toeneming van de beroepsbevolking maakt het waarschijnlijk dat er in 1990 nog meer werklozen zullen zijn dan thans. Na 1990 houdt de toeneming van de beroepsbevolking op.¹

In scenario A worden in hoog tempo ME ingevoerd, zowel in Nederland als in het buitenland.

In tijdpad B blijft Nederland achter bij het buitenland wat betreft de invoering van ME. In de berekeningen is de directe invloed van de ME in Nederland gesteld op de helft van die in scenario A, maar in het buitenland gebeurt hetzelfde als in A.

4. EFFECTEN VAN MICRO-ELEKTRONICA IN HET BUITENLAND

Uit enkele studies² kan worden afgeleid dat in de komende 10 tot 15 jaar 40 tot 60 procent van de arbeidsplaatsen de invloed van ME zou kunnen ondergaan. Van die arbeidsplaatsen zou bij voorbeeld 30 procent verdwijnen. De arbeidsproductiviteit zou dan met 12 tot 18 procent stijgen.

Een klein deel van deze elektronische revolutie is reeds impliciet in de buitenlandse trends die ten grondslag liggen aan tijdpad O. Voorts is onze horizon tot 10 jaar beperkt. Een «puntschatting» van de extra-stijging van de arbeidsproductiviteit in het buitenland in de jaren '80 komt zo op 10 procent uit.

Het is gebruikelijk dat een belangrijk deel van een produktiviteitsstijging resulteert in hogere produktie. In 1990 zou de produktie in het buitenland bij voorbeeld 6 procent hoger kunnen liggen dan correspondeert met scenario O.

De wereldhandel in de produktie die Nederland uitvoert, pleegt sterker toe te nemen dan de produktie in het buitenland. Voor deze wereldhandel wordt dan ook een 8 procent hoger niveau in 1990 verondersteld vergeleken met scenario O.

5. DIRECTE EFFECTEN IN NEDERLAND

In Nederland zal een snelle invoering van ME soortgelijke gevolgen hebben als in het buitenland. Door de invoering van ME dalen de produktiekosten, hetgeen lagere uitvoerprijzen mogelijk zou maken. In de berekeningen is echter verondersteld dat de uitvoerprijzen de concurrerende prijzen zullen volgen. Er zou dus geen «onderbieding» optreden.

Bij de navolgende analyse van de introductie van ME wordt onderscheid gemaakt tussen «process innovation» en «product innovation». Bij de «process innovation» gaat het om nieuwe, kostenbesparende methodes om de gebruikelijke produkten te vervaardigen. Met «product innovation» wordt bedoeld op de vervaardiging van geheel nieuwe produkten, waarmee bestaande behoeften goedkoper en beter bevredigd kunnen worden of zelfs aan nieuwe behoeften kan worden tegemoet gekomen. In de werkelijkheid

¹ Centraal Planbureau, Monografie no.22, «Omvang en samenstelling van het trendmatige arbeidsaanbod tussen 1975 en 2000», Staatsuitgeverij, Den Haag, 1978.

² S. Nora en A. Minc, *l'Information de la société*, 1978. I Barron en R. C. Curnow, *The Future of Information Technology*, 1978.

bestaat elke vernieuwing uit beide soorten tegelijk: bij «process innovation» blijft het produkt nooit geheel onveranderd en geen enkel nieuw produkt wordt geheel vervaardigd met reeds bestaande produktiemethodes. Voor de analyse is het echter doelmatig, een scherpe scheiding te hanteren.

Bij de «process innovation» denkt men vooral aan veranderingen waarvoor geheel nieuwe apparatuur nodig is: de verandering is «embodied» in de nieuwe apparatuur. In mindere mate kan ook «disembodied» vernieuwing optreden.

De kostenbesparing heeft vooral betrekking op de arbeidskosten, hoewel met ME ook op kapitaal bespaard kan worden.

«Embodied» en «disembodied» besparingen op arbeid en kapitaal leveren vier verschillende effecten op. De omvang van die effecten is zodanig gekozen dat de arbeidsproduktiviteitsstijging door «process innovation» ongeveer uitkomt op de 10 procent die voor het buitenland is verondersteld.

Het meest voor de hand liggende effect van ME is de «*embodied*» besparing op arbeid. In het model komt dit tot uiting doordat de nieuwe jaargangen per eenheid productiecapaciteit minder arbeidsplaatsen nodig hebben dan in scenario 0. In dat scenario was de arbeidsbesparing in de jaren '80 gesteld op 4 % per jaar, in plaats van 5 % als in de jaren '60 en '70. In scenario A wordt dit weer 5 %. Na 10 jaren scheelt dat dan 10 % in de arbeidsplaatsen in de vintage van 1990. De capaciteit blijft gelijk.

De mogelijkheden van «*embodied*» kapitaalbesparing zijn beperkt. Men kan zich onder andere voorstellen dat de apparatuur bij elektronische besturing en bewaking sneller kan draaien, minder vaak zal stilstaan en minder uitval zal produceren.

Dit effect is gesteld op 1/2 % per jaar in elk van de jaargangen '80. In de jaargang 1990 is dus per eenheid investeringen 5 % meer productie mogelijk dan volgens tijdpad 0 of, anders gezegd, de kapitaalcoëfficiënt is 5 % lager. Met de arbeidsplaatsen gebeurt er niets³.

«*Disembodied*» arbeidsbesparing treedt op wanneer door toevoeging van ME aan bestaande apparatuur arbeid overbodig wordt. De kosten van de ME en extra-nevenapparatuur ten opzichte van de bestaande apparatuur moeten dan wel laag zijn. Anders kan immers beter de gehele apparatuur vernieuwd worden, hetgeen «embodied» arbeidsbesparing zou betekenen.

De omvang van de «disembodied» arbeidsbesparing is gesteld op 0,2 % per jaar. Doordat dit percentage geldt voor alle jaargangen, en niet alleen voor de nieuwste vintage, is in 1990 in totaal 2 % van alle arbeidsplaatsen afgestoten.

De «*disembodied*» kapitaalbesparing is gesteld op 0,1 % per jaar.

Behalve de genoemde vier soorten van «process innovation» zal ook nog «*product innovation*» invloed hebben op de Nederlandse bedrijven. Een deel van de traditionele produkten zal immers verdrongen worden. Voor zover de daarvoor gebruikte apparatuur niet geschikt gemaakt kan worden voor de vervaardiging van nieuwe produkten moet hij vervangen worden.

Tot 1990 zou misschien 10 procent van de produkten verdrongen worden. Van de daardoor vrijkomende apparatuur zou bij voorbeeld de helft niet voor nieuwe produkten gebruikt kunnen worden. In de berekeningen is aangenomen dat elk jaar 0,5 % van alle vintages verdwijnt, dus 5 % in 10 jaar, en dat extra-investeringen geschieden die de bezettingsgraad van de productiecapaciteit weer gelijk zullen maken aan die van scenario 0.

De uitwerking van de vijf directe effecten in Nederland is weergegeven in tabel 1. Men ziet dat de arbeidsproduktiviteit 11 procent hoger ligt dan in scenario 0, dat is ongeveer even veel als voor het buitenland is verondersteld.

De tabel geeft verder aan hoe dit totaal over de vijf directe effecten verdeeld is. De arbeidsbesparende effecten zijn de belangrijkste, maar de ver-

³ Wel neemt de (potentiële) arbeidsproduktiviteit toe.

nieuwing van de kapitaalgoederenvoorraad die uitgelokt is door «product innovation» geeft ook een vrij belangrijke verhoging van de produktiviteit.

Bij de arbeidsbesparende effecten leidt de produktiviteitsverhoging alleen tot verlies van arbeidsplaatsen. Bij de kapitaalbesparende effecten en bij de vervanging van kapitaal wegens «product innovation» stijgt echter de produktie, zij het minder sterk dan de arbeidsproduktiviteit.

De tabel vermeldt verder de invloed van de stijging van de wereldhandel met 8 procent. Uitvoer, produktie en werkgelegenheid nemen daardoor toe en het betalingsbalanssaldo verbetert.

6. NEDERLAND BLIJFT ACHTER

In scenario B is verondersteld dat in het buitenland ME even snel worden ingevoerd als in scenario A, maar dat Nederland maar voor de helft dit voorbeeld volgt. Tabel 2 laat zien wat er dan gebeurt.

De effecten van «process innovation» treden maar voor de helft op. Als gevolg van de «product innovation» in het buitenland, die even sterk is als in scenario A, wordt jaarlijks weer $\frac{1}{2}\%$ van de kapitaalgoederenvoorraad afge-stoten, net als in scenario A. Hierdoor worden weer nieuwe investeringen uitgelokt, maar nu slechts half zoveel als in scenario A.

Een nieuw effect treedt op, namelijk afzetverlies in binnen- en buitenland. De «product innovation» gaat in Nederland immers maar half zo snel als in het buitenland.

Circa 20 procent van de uitvoer, voornamelijk apparatuur in de ruimste zin, zou onderhevig kunnen zijn aan «product innovation». Indien de helft hiervan inderdaad vervangen zou worden door nieuwe produkten en indien Nederland daaraan maar voor de helft zou kunnen meedoen, zou 5% van de uitvoer vervallen. In de berekeningen is verondersteld dat hierdoor in de jaren '80 elk jaar $\frac{1}{2}\%$ van de uitvoer verloren gaat ten opzichte van scenario 0.

Bij de invoer gaat het om de Nederlandse vraag naar de nieuwe produkten, waaraan voor een deel door additionele invoer zou moeten worden voldaan. Aangenomen is dat daardoor de invoer ieder jaar $\frac{1}{2}\%$ hoger zal uitval-len dan in scenario 0, zodat de invoer in 1990 5% hoger zal zijn.

Het effect van de toeneming van de wereldhandel is even groot als in scenario A.

7. COMPENSATIES

Indien er in scenario A verder niets gebeurde zouden er in 1990 170 000 werklozen méér zijn en zou de lopende rekening van de betalingsbalans een saldo vertonen dat 1% van het netto nationale inkomen lager lag dan in scenario 0 en die ook het betalingsbalanssaldo de krappe stand van scenario 0 10 jaren zou de Nederlandse volkshuishouding dan compensaties moeten genereren die de werkloosheid houden op het toch al hoge niveau van scenario 0 en die ook het betalingsbalanssaldo de krappe stand van scenario 0 zullen doen bereiken. Een deel van deze compensaties zou moeten worden bewerkstelligd met overheidsmaatregelen.

Twee van zulke compensaties zijn gekozen, te weten verhoging van het niveau van de investeringen met 5 procent ten opzichte van scenario 0 in elk van de jaren '80, en een beperking van de loonstijging met 1% in elk van die jaren. Andere compensaties zijn denkbaar.

Bij de raming van de gevolgen van de compensaties met behulp van het model is niet verondersteld dat de Nederlandse exporteurs de concurrenten-prijzen geheel volgen. Er treedt nu wel degelijk «onderbieding» op.

In tabel 3 zijn de effecten van de gekozen compensaties weergegeven.

De veronderstelde loonbeperking komt naar omvang ongeveer overeen met de produktiviteitsstijging door de introductie van ME. Deze stijging zou dus niet zoals anders worden «doorgegeven» aan de in dienst blijvende

werknemers. Dank zij een flinke stijging van investeringen en uitvoer zou de werkloosheid kunnen worden teruggedrongen.

Daarnaast zou een matige hoeveelheid extra investeringen ervoor kunnen zorgen dat de werkloosheid in scenario A niet hoger wordt dan in scenario 0.

De technologische werkloosheid die door snelle invoering van ME dreigt te ontstaan zou in het buitenland kunnen leiden tot een versnelling van de arbeidsduurverkorting aldaar. Er is niet onderzocht of in dat geval arbeidsduurverkorting in Nederland een deel van de hierboven besproken loonbeperking zou kunnen vervangen.

Van versnelling van de arbeidsduurverkorting in Nederland alleen is volgens het Centraal Economisch Plan 1979 (blz. 145) echter geen gunstig effect te verwachten, tenzij deze gepaard zou gaan met «looninlevering».

Tot zover de compensaties in scenario A. Ook in scenario B zouden compensaties nodig zijn. Niet alleen zou zonder compensaties de werkloosheid 160 000 hoger uitvallen, maar het saldo op de lopende rekening zou 3 procent van het netto nationale inkomen lager komen te liggen dan in scenario 0.

Doordat de extra-productiviteitsstijging in scenario B maar de helft bedraagt van die in scenario A, is er echter minder ruimte voor loonmatiging. Veronderstelt men daarom niet meer dan 5% loonmatiging, dan blijven er zelfs bij 5% extra-investeringen nog 50 000 werklozen meer over en het saldo op de betalingsbalanssaldo blijft slechter dan in scenario 0.

8. CONCLUSIE

Het grote aantal wankelende veronderstellingen, de lengte van de voorspelsperiode en de betrekkelijke eenvoud van het rekenmodel geven aan de uitkomsten dermate grote foutenmarges dat alleen de meest duidelijke conclusies van de berekeningen naar voren kunnen worden gebracht.

Dit zijn er twee. Uit de berekeningen voor scenario A volgt dat een micro-elektronische revolutie in het buitenland alleen dan geen nadelige gevolgen voor Nederland zou geven als ons land er maar ten volle aan zou meedoen en voldoende compensaties zouden worden toegepast. Uit scenario B volgt dat Nederland zich niet zou kunnen veroorloven achter te blijven bij een micro-elektronische revolutie in het buitenland.

Deze resultaten zijn verkregen met een macro-model. Voor afzonderlijke ondernemingen en beroepen kan de snelle invoering van ME ook in scenario A desastreus zijn. Voor de Nederlandse volkshuishouding als geheel zou dit gecompenseerd kunnen worden door nieuwe afzetmogelijkheden en arbeidsplaatsen, tenminste als voor de laatste voldoende geschoolde krachten aanwezig zouden zijn. Zouden die ontbreken, dan zou Nederland moeten achterblijven bij het buitenland zodat scenario B geheel of gedeeltelijk in werking zou treden.

Nadere gegevens over de uitkomsten van scenario A en B zijn vermeld in tabel 4.

Bij een snelle invoering van ME in binnen- en buitenland zou de behoefte aan energie en grondstoffen toenemen met de produktie, die in 1990 12% hoger zou uitvallen dan anders, zonder ME. Met ME kunnen energie en grondstoffen echter zuiniger gebruikt worden, en de hogere investeringen zouden meer gelegenheid geven tot invoering van spaarzame en minder milieubelastende processen. Hiermee is in de berekeningen geen rekening gehouden.

Voor de hogere produktie zijn meer investeringen en invoer nodig. Om de invoer te betalen is meer uitvoer nodig. Voor de particuliere consumptie blijft er dan ook in scenario A niet zo veel meer over.

Door de volumestijgingen en de loonmatiging zou in scenario A het financieringsoverschot van de overheid niet onbelangrijk worden beïnvloed in positieve richting. Evenwel zouden de compensaties en de behoefte aan scholing in het gebruik van ME hiervan een groot deel opeisen.

Als in het buitenland de micro-elektronische revolutie doorgaat, is de keuze voor Nederland beperkt tot de scenario's op de lijn AB. Het is allerm minst zeker dat in het buitenland zoveel ME zullen worden toegepast. Als het echter inderdaad gebeurt, kan Nederland alleen dan scenario A volgen als scholing en voorlichting daartoe voldoende hebben voorbereid.

Tabel 1. Effecten van ME in scenario A

	Besparing arbeid	(embodied) kapitaal	Besparing arbeid	(disembodied) kapitaal	Process innovation totaal	Product innovation totaal	Wereld- handel	Totaal
Arbeidsproductiviteit	4	2	3	1	9	2	1	12
Productie bedrijven, volume	0	1	0	1	3	1	2	6
Investerings bedrijven, volume	3	2	2	1	8	10	3	21
Werkloosheid (1000 personen)	90	10	70	10	180	20	-30	170
Uitvoer goederen, volume	0	0	0	0	0	0	6	5
Invoer goederen, volume	2	0	1	0	3	2	5	10
Saldo lopende rekening (% NNI)	-1	0	-1	0	-2	-1	1	-1

Verschillen met scenario 0 in 1990, in procenten van niveaus volgens scenario 0, tenzij anders aangegeven.

Tabel 2. Effecten van ME in scenario B

	Process innovation	Product innovation	Afzet- verlies	Wereld- handel	Totaal
Arbeidsproductiviteit	5	2	-1	1	6
Productie bedrijven, volume	1	0	-2	2	0
Investerings bedrijven, volume	4	6	-4	3	8
Werkloosheid (1000 personen)	90	50	50	-30	160
Uitvoer goederen, volume	0	0	0	6	5
Invoer goederen, volume	1	3	1	5	10
Saldo lopende rekening (% NNI)	-1	-1	-2	1	-3

Verschillen met scenario 0 in 1990, in procenten van niveaus volgens scenario 0, tenzij anders aangegeven.

Tabel 3. Mogelijke compensaties in scenario's A en B

	Scenario A				Scenario B			
	Effecten van ME	10 pct. loon- beperking	5 pct. extra invest.	Totaal	Effecten van ME	5 pct. loon- beperking	5 pct. extra invest.	Totaal
Arbeidsproductiviteit	12	0	1	12	6	0	1	7
Productie bedrijven, volume	6	4	2	12	0	2	2	5
Investerings bedrijven, volume	21	9	3	33	8	5	3	16
Werkloosheid (1000 personen)	170	-130	-40	-10	160	-60	-40	50
Uitvoer goederen, volume	5	8	2	16	5	4	2	12
Invoer goederen, volume	10	-2	1	10	10	-1	1	10
Saldo lopende rekening (% NNI)	-1	3	0	1	-3	1	0	-1

Verschillen met scenario 0 in 1990, in procenten van niveaus volgens scenario 0, tenzij anders aangegeven.

Tabel 4. Effecten van ME volgens scenario's A en B

	Scenario A	Scenario B
<i>Bedrijven</i>		
Arbeidsproductiviteit	12	7
Productie bedrijven, volume	12	5
Werkgelegenheid	0	-2
Investerings bedrijven, volume	33	16
Overcapaciteit (pct. kap. goederenvoorraad)	0	0
Werkloosheid (1000 personen)	-10	50
<i>Middelen en-bestedingen (volume)</i>		
Productie	12	5
Invoer goederen	10	10
Particuliere consumptie	3	1
Investerings bedrijven	33	16
Uitvoer goederen	16	12
<i>Betalingsbalans</i>		
Wereldinvoer, volume	8	8
Uitvoer goederen, volume	16	12
Uitvoer goederen, prijs	-4	-4
Invoer goederen, volume	10	10
Saldo lopende rekening (% NNI)	1	-1
<i>Lonen en prijzen</i>		
Arbeidsproductiviteit	12	7
Prijs particuliere consumptie	-5	-2
Loonsom per werknemer	-4	-1
Financieringsoverschot overheid (% NNI)	4 ¹	0

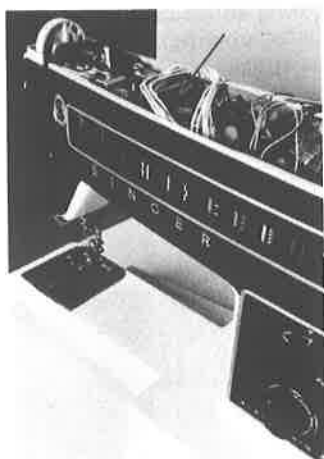
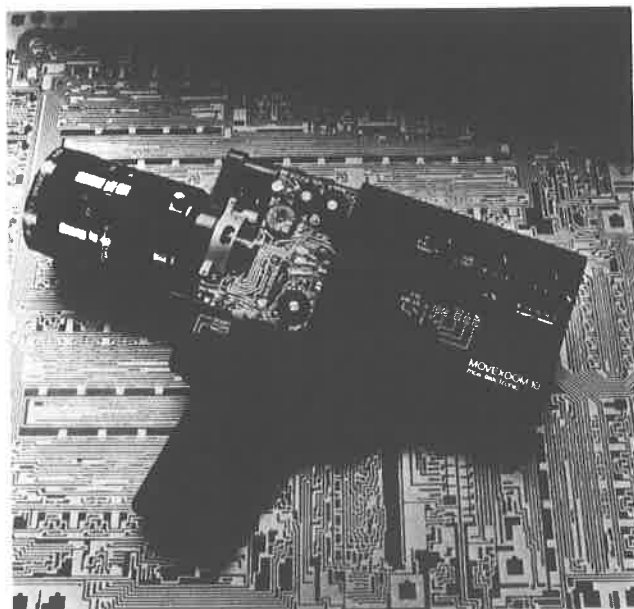
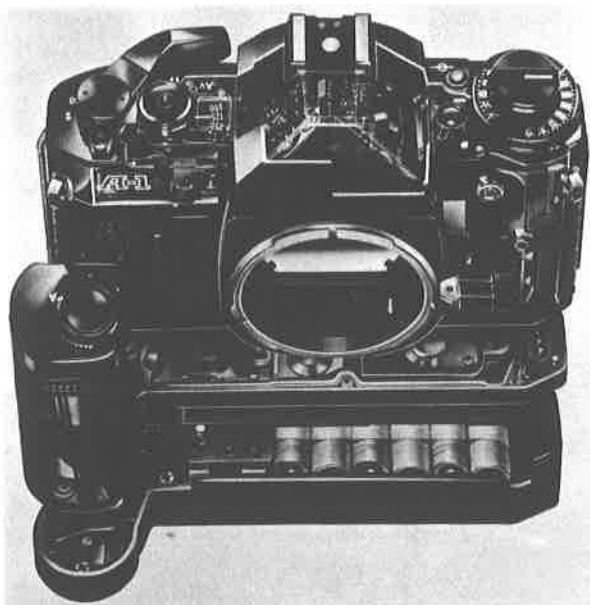
Verschillen met scenario 0 in 1990, in procenten van niveaus volgens scenario 0, tenzij anders aangegeven.

¹ behoudens gebruik voor compensaties en scholing

Addendum Bijlage 3 (Analyse CPB) (november 1979, toegevoegd door CPB)

In de bijdrage van het CPB wordt gesproken over een zgn. «nulscenario» als vergelijkingsbasis voor de ten behoeve van de Commissie Rathenau uitgevoerde berekeningen. Over de betekenis hiervan zij het volgende opgemerkt.

Een vergelijkingsbasis is nodig om de effecten van de invoering van micro-elektronica te kunnen berekenen. Elk realiseerbaar scenario kan daarvoor worden gebruikt. De effecten zijn vrijwel onafhankelijk van de keuze van de vergelijkingsbasis, daardoor is het niet zinvol de gebruikte basis uitvoerig te beschrijven. De «nulscenario» dient evenmin als voorspelling te worden opgevat.



Enkele toepassingen van micro-elektronica: van links boven naar rechts onder: in een automatische fotocamera, een automatische filmcamera, een mobilofoon in een auto, inlichtingen telefoondienst («008»), een naaimachine (de chip is aangeduid met een pijltje) en het experimentele viewdata-systeem van de PTT. (Foto's afkomstig van Borsumij BV, Siemens, PTT en TTC Delft)

BIJLAGE 4

Lijst van toepassingen van micro-elektronica

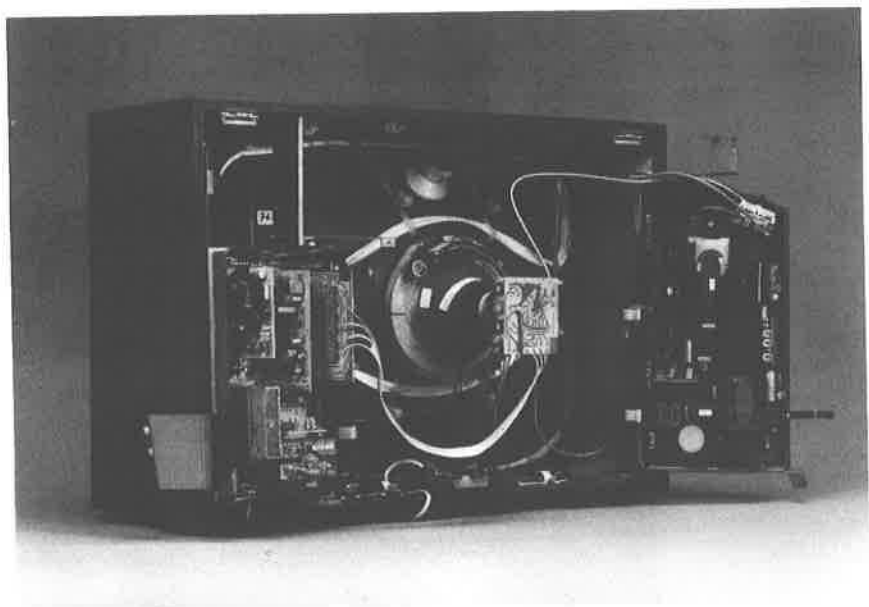
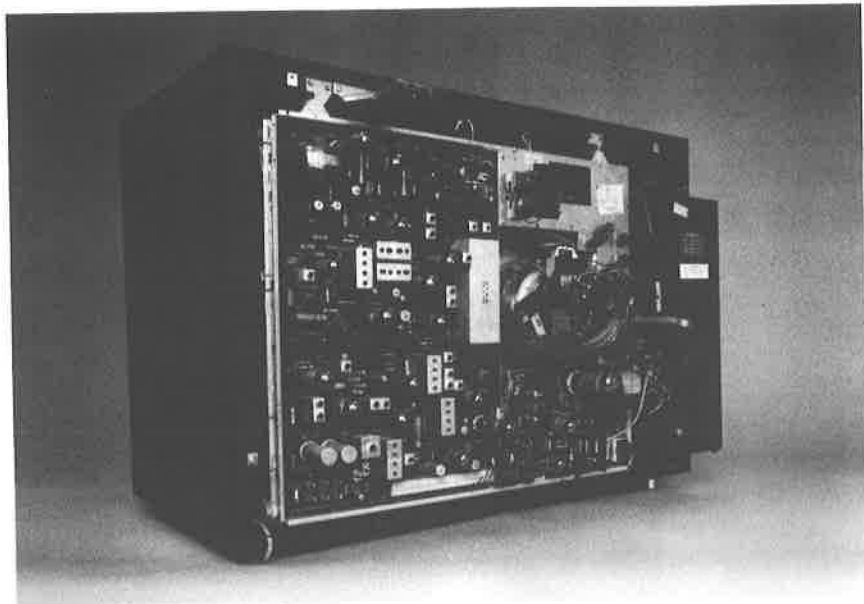
In deze lijst zijn een aantal bestaande dan wel mogelijke toepassingen van micro-elektronica bijeengebracht. Het gaat veelal om reeds bestaande producten, waarin micro-elektronica een wezenlijke, en vaak vernieuwende, rol kan spelen. Deze lijst is verre van volledig. Zij kan dat ook niet zijn, omdat de fantasie daartoe te kort schiet, nog veel meer echter omdat de samenstellers van deze lijst het gevoel krijgen eindeloos te kunnen doorgaan. Dit zou ook voor de lezer onverteerbaar zijn geworden. De korte lijst is slechts exemplarisch bedoeld om de lezer een indruk te geven, wat er zoal mogelijk is of kan worden. De foto's bij deze bijlage dienen hetzelfde doel.

Er is een globale categorie-indeling gemaakt, maar deze had ook een heel andere kunnen zijn.

Huishouden

wasmachines
ovens en kookplaten
naaimachines
voorraadbeheer
C.V.-regeling
verbruiksmeters
T.V.-bediening
HiFi-bediening
automatische zenderafstemming
zender-indicatie
wekkerradio
intelligentiespellen
camera-instelling
projectoren
doka-apparatuur
uurwerken
hobby-computers
vacuümregeling stofzuigers
temperatuur- en vochtigheid-
regeling van strijkijzers
rook/vochtigh.gr. meting voor
ventilatoren en bevochtigers
deurbellen
alarminstallaties
slotenindicators
«aanwezigheidsdetectie»
hobby-apparatuur
(boormach., draaibanken, enz.)
persoonlijke agenda
uitgavenregistratie
speelgoed; «echt» sprekende
en bewegende pop

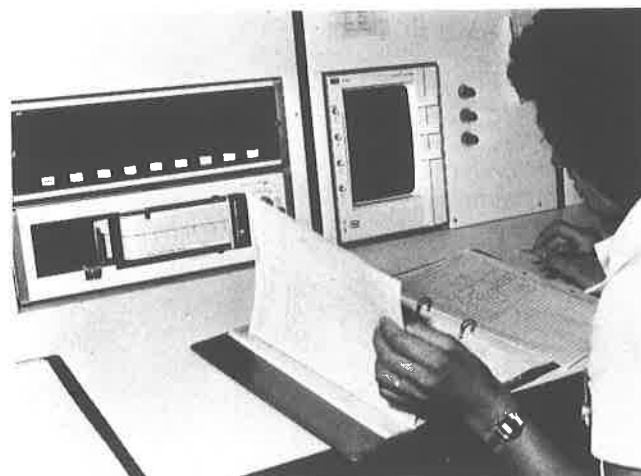
Voorts



Een beeld van de miniatuurisering in de elektronica. Tweemaal het inwendige van een TV-toestel, uitgevoerd met elektronenbuizen en uitgevoerd met geïntegreerde circuits. Het aantal afzonderlijke onderdelen is aanzienlijk gereduceerd, de betrouwbaarheid is toegenomen en het energieverbruik is verminderd. (Foto's: Philips)

Onderwijs

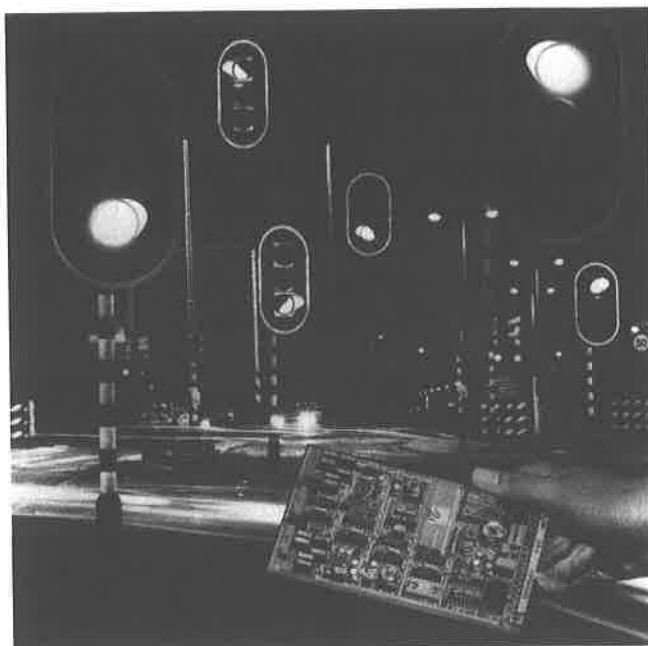
sprekend woordenboek
 vertaalcomputer
 encyclopedie
 taal instructie
 spellingcorrectie
 beeldplatenboek
 visuele training
 computer aided instruction
 wiskunde-instructie
 figuurmanipulatie (graphics)
 vorming ruimtelijk inzicht



Micro-elektronica in de gezondheidszorg: een beeld van de intensive care-afdeling (het bed en de centrale post) van het Medisch Centrum «De Klokkenberg» in Breda. (Foto's: Joop van Reeken)

Gezondheidszorg

preventieve geneeskunde
 functiemeting
 patiëntbewaking
 hartbewaking
 röntgenapparatuur (tomografie)
 bloeddrukbevakung
 controle suikergehalte
 automatisch lab
 epilepsie-aanval waarschuwing
 aids to the handicapped
 automatische prothesen
 diagnose-systemen
 medicijnsamenstelling
 controle op strijdigheid medicijnen
 therapiecontrole



De verkeerslichten op dit kruispunt (in de gemeente Voorburg) worden gestuurd door een microcomputer die is ondergebracht op een printkaart (in de foto ingemonteerd). Dit elektronisch gestuurde verkeerslichtensysteem is in de herfst van 1979 in gebruik genomen. (Foto: Siemens)

Verkeer

verkeersleiding
navigatie
anti-botsing
nabijheidsindicatie
snelheidsregulatie
dichtheidsindicatie



Gebruik van een oscilloscoop en meetapparatuur in een technostation van de ANWB. In de automobiellndustrie zowel als in garagebedrijven neemt het gebruik van geavanceerde elektronica snel toe. Elektronische meetapparatuur is al langer gebruikelijk in het autobedrijf, maar de mogelijkheden voor vernieuwingen en verbeteringen op dit gebied zijn nog niet uitgeput. (Foto: ANWB)



Een praktisch voorbeeld van elektronische meetapparatuur: een instrument dat de samenstelling van auto-uitlaatgassen meet en de resultaten op een kaartje afdruckt. Links op de foto is de «sensor» te zien, geklemd op de uitlaatpijp, die het eigenlijke meetwerk verricht en de resultaten omzet in elektrische pulsen, die verder door het elektronische systeem kunnen worden verwerkt. (Foto: Teleac)

Motorvoertuigen

routebepaling
anti-slipapparatuur
ontstekingsregeling
brandstoftoevoerregeling
motor monitoring
remmentest

Spoorwegen/luchtvaart/ scheepvaart

dienstregeling
ticket reserveringsysteem
vertrektijdeninformatie
automatisch rangeren
treinbeveiliging
treingeleiding
containerbeheer
containerbevrachting
containeridentificatie
wagonidentificatie
wagonbeheer



Bij de spoorwegen worden geleidelijk aan micro-computersystemen ingevoerd, zoals hier bij de afgifte van plaatskaarten op Amsterdam CS. (Foto: NV Nederlandse Spoorwegen)



De plaatsreservering op het Centraal Station van NS in Amsterdam gaat met behulp van elektronische apparatuur: toetsenbord, beeldscherm en printer. (Foto: NV Nederlandse Spoorwegen)

Agrarisch bedrijf

voedercontrole
voederdosering
voedersamenstelling
veeconditiecontrole
gewascontrole
klimaatregeling
weersgesteldheidsignalering
bodemgesteldheidsignalering



In het productieproces bij Hoogovens wordt voor de overdracht van informatie ook gebruik gemaakt van beeldscherm-terminals. Een produktiewerker noteert de gegevens. (Foto: Hoogovens/Estel)

Industrie/fabricage

flexibele automaten (robots)
numeriek bestuurd automaten
weefgetouwen
patroonontwerp
concentratieregelaars
volumeregelaars
drukregelaars
meting luchtverontreiniging
meting waterverontreiniging

Administratie

administratieve automatisering

Distributiesystemen

registratie in- en verkoop
automatisch kasregister
benzinepompen
automatisch voorraadbeheer
voortgaande omzetcontrole
signalering koopgewoonten

Geldverkeer

chequeless society
cashless society
automatische verrekening
individueel kasboek

Kantoor/drukkerij uitgeverij

zetmachines
wordprocessor
archiefbeheer
vóórcontrole op afdrukken
documentverkeer
samenstelling agenda

Warenhuizen/winkels

voorraadbeheer
voorraadcontrole
prijindicatie
klanten/orderbestand

Beveiliging

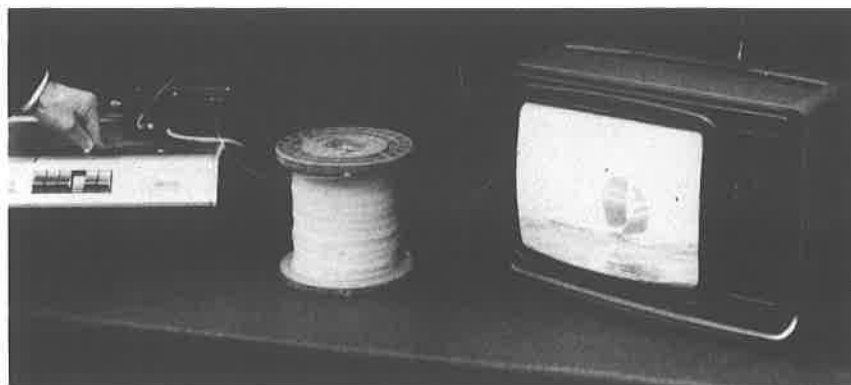
beveiliging tegen diefstal
aanwezigheidsdetectie
toegangspersmissie
toegangscontrole geclassificeerde
documentatie
persoonsidentificatie op stem
en andere criteria
toegangskaartencontrole

Telefoon

uitgebreide telefoonservice
automatische oproep
automatisch telefoonboek
automatische verwijzing
persoonsgebonden telefoonnum-
mer
koppeling aan wordprocessor
facsimile
teletekst, viewdata
electronic mail
multitelefoonsysteem binnen
huis en bedrijf
intercom
individuele koppeling met grote
computer via telefoonlijn

Overdracht zichtbaar woord en beeld

zetmachines
teletekst, viewdata
informatiebeheer
reisinformatie
reisbeschrijvingen
catalogi
museumgidsen
bibliotheken
tentoonstellingen
musea



Overdracht zichtbaar beeld door middel van een dunne glasfibrakabel, die de verbin-
dingen van koperdraad vervangt. Het beeld op de band in de videorecorder (links)
wordt via de glasfiber overgedragen aan het TV-toestel. Thans wordt dit systeem op
verschillende plaatsen in de wereld experimenteel beproefd. De verwachting is dat de
glasfibrakabel op grote schaal zal worden toegepast in de telefonie, beeldverbindingen,
enz. (Foto: Philips)

Publikatie van de afdeling Voorlichting Wetenschapsbeleid
Uitgegeven door de Staatsuitgeverij te 's-Gravenhage, januari 1980
Productie: Centrale directie Voorlichting Ministerie van
Onderwijs en Wetenschappen

ISBN 90 12 02857 4

P.K. 9.167 750 3500 9124 10f