

Recente ontwikkelingen op het gebied van de produkt- en de procestechologie

PROF. DR. P.A. MOERMAN*

Inleiding

In mijn inaugurele rede „Een kwestie van buigen of barsten” heb ik uiteengezet dat het huidige bedrijfsleven (en met name de industrie) onderhevig is aan diverse invloeden 1). Deze invloeden zijn vooral te traceren in het economische, technologische, culturele, sociale en politieke vlak. Auteurs als Forrester, Kahn, Toffler, en Bell hebben daar de aandacht op gevestigd.

De technologie springt er het meest uit, omdat zich hier de spectaculairste en meest autonome ontwikkelingen voordoen. Deze ontwikkelingen worden door onwetendheid vaak als bijzonder bedreigend ervaren. Discussies rond energieopwekking, DNA-recombinant-onderzoek en micro-elektronica zijn hiervan voorbeelden.

Ook t.a.v. het transformatieproces in de industrie c.q. het bedrijfsleven zijn er bijzondere ontwikkelingen op til. Deze wijzigingen betreffen het management, de arbeid en de gebruikte produktiemiddelen. Immers, automatische produktiemethoden veranderen de aard van het werk op de fabrieks- of kantoorvloer. De inzet van arbeid wordt gedifferentieerder en daardoor ook de taken van het management.

Drijvende krachten in dit proces zijn onder meer:

- de grote nadruk op produktiviteit, efficiency, effectiviteit en flexibiliteit;
- de uiteindelijk stijgende trend in de grondstoffen- en energieprijzen (Club van Rome);
- decentralisatie van het werk door middel van het opereren met kleine overzichtelijke eenheden;
- desynchronisatie van het werk doordat mensen niet meer tegelijk aanwezig behoeven te zijn;
- veranderingen in de aard van de aangeboden arbeid, zoals scholingsgraad en werkopvattingen;
- strenge consumenteneisen;
- de opmars van de elektronische industrie; en
- veranderende opvattingen t.a.v. nieuwe ontwikkelingen.

Er zijn echter ook krachten die het proces van de technologische vernieuwing blokkeren, zoals de zorg over het verlies

van traditionele banen, het bestaan van grote weerstanden bij bestaande instanties (vooral politiek) vanwege gebrek aan inzicht en de vrees voor aantasting van de vrijheid van het individu.

De Japanse ervaring

Het samenspel tussen efficiency, effectiviteit, produktiviteit en flexibiliteit in het huidige industriële bestel kan goed worden geïllustreerd aan de hand van de Japanse ervaringen 2). Japan staat vanwege zijn technologische en managementsinnovaties in het centrum van de belangstelling in de westerse landen. De technologische geavanceerdheid van het produktieproces, gepaard aan bepaalde managementopvattingen, maakten het mogelijk dat Japan met veel succes op internationale markten penetreerde, terwijl tegelijkertijd energie, ruimte en grondstoffen werden bespaard. Hoe is men er in Japan in geslaagd deze technologische innovaties door te voeren?

In de eerste plaats is de *efficiency van het produktieproces* van wezenlijk belang. Uitgangspunt is uniforme belasting van het produktienetwerk. Bij dreigende overschrijding van een vastgesteld quotum vindt uitbesteding aan functionele of afhankelijke specialisten plaats, en wordt het quotum niet gehaald dan wordt overgewerkt. Tevens is belangrijk dat onderdelen van het assemblageproces precies op tijd worden aangeleverd om de machines optimaal te benutten. Van vitaal belang hierbij is de toepassing van de z.g. „group technology”, d.w.z. het groeperen van machines met verschillende functies die bij het assemblageproces zijn betrokken en het synchroniseren van assemblageprocessen.

Om met succes technologische vernieuwingen in te voeren is het niet genoeg de *produktiviteit*, d.w.z. de verhouding tussen de produktie en het aantal gewerkte uren, op te voeren. Minstens zo belangrijk is – zo leert de Japanse ervaring – dat de organisatie de *flexibiliteit* behoudt om op de veranderlijke wensen van de consument in te spelen. Flexibiliteit kan betrekking hebben op de mogelijkheden van het systeem om snel specificatiewijzigingen aan een produktie-onderdeel toe te voegen,

de samenstelling van het produktiepakket – zo nodig zeer snel – te veranderen en om geleidelijk te worden ingevoerd.

Een laatste voorwaarde voor succesvolle technologische innovatie is een hoge mate van *effectiviteit*, gedefinieerd als het vermogen een gewenst resultaat te verkrijgen. Hierbij spelen een rol goede arbeidsverhoudingen, respect voor het individu en een energieke instelling ten opzichte van het bereiken van het totale resultaat.

Het vertalen van deze punten – efficiency, produktiviteit, flexibiliteit en effectiviteit – naar de Westeuropese situatie is moeilijk. De uitdaging ligt er echter en te ver achterblijven bij Japan kunnen wij ons uit economisch lijfsbehoud niet veroorloven. De technologie uit zich op twee manieren: in het produkt en in het produktieproces. In het vervolg van dit artikel wordt eerst ingegaan op de ontwikkelingen rond de produktieprocestechologie. Daarna komt de produkttechnologie aan de orde.

De procestechologie

Computers spelen een belangrijke rol in diverse fasen van het produktieproces. Zo zijn er zogenoemde „computer integrated manufacturing/flexible manufacturing systems” (CIM/FMS) die steeds meer toepassing vinden in het produktieproces. Meestal behelst CIM/FMS een netwerk van computertoepassingen die te maken hebben met drie bedrijfsfuncties:

1. *planning*. Dit heeft te maken met het ontwerpen, plannen en optimaliseren van produktieprocessen en produkten. Met name „computer aided design” (CAD) speelt een rol bij het ontwerpen en reviseren van produktiesystemen en produkten. Op dit moment vindt men de toepassingen vooral bij de tekenfase van een produktontwerp. De rol van CAD bij de analyse van ontwerpen is voorsnog beperkt;
2. *operations*. „Operations” heeft betrekking op het beheersen van produktie-installaties op de werkvloer. „Computer aided manufacturing” (CAM) kan in deze fase worden toegepast. Het traditionele produktieproces lag tussen twee uitersten. Enerzijds de massaproductie van een onderdeel op de lopende band. Anderzijds niet-geautomatiseerde stukproductie op machines met bre-

* Hoogleraar Industriële Economie aan de Erasmus Universiteit Rotterdam.

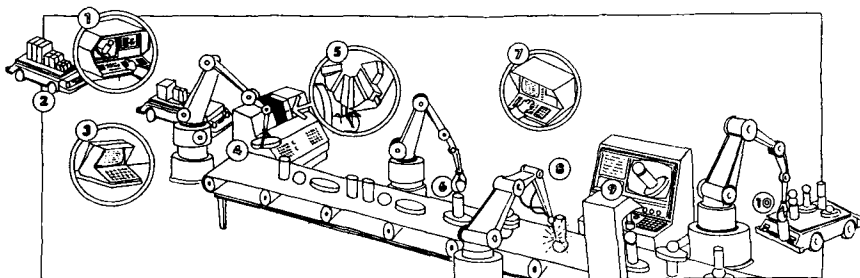
1) P.A. Moerman, *De industriële renovatie van Nederland. Een kwestie van buigen of barsten*, Inaugurele rede, Erasmus Universiteit Rotterdam, december 1982.

2) Zie o.a.: G. Gregory en A. Etori, Japanese technology today, *Outlook*, herfst/winter 1981; N. Namiki, Industrial Japan in the future, The third wave, *Journal of Japanese trade and industry*, 1983, nr. 1; K. Ohmae, Japan, from stereotype to specifics, *The McKinsey Quarterly*, voorjaar 1982; R. Schonberger, The transfer of Japanese manufacturing management approaches, *The US Industry Academy of Manufacturing Review*, 1982, nr. 3.

de toepassingsmogelijkheden (draaibanken, freesbanken, persen e.d.). CAM voegt hier een dimensie aan toe. Assembleren, inspecteren en testen, en controleren van het product kan door toepassing van CAM worden geautomatiseerd. CAM leidt er daardoor toe dat het productieproces flexibeler wordt dan bij massaproductie en tot lagere kosten per eenheid leidt dan bij stukproductie;

3. **controle.** Dit heeft betrekking op het beheersen van de materiaal-, en goederenstroom, het benutten van de capaciteit en het indelen van werk in de fabriek. Een rol bij de controlefunctie speelt het z.g. „materials requirement planning“-concept (MRP). Oorspronkelijk was in dit concept alleen het grondstoffen/materiaal-beheer begrepen. Later evalueerde dit naar productiecapaciteitsbeheer, werkvloerbeheer en administratie. In Japan heeft men aan het MRP-concept een bijzondere inhoud gegeven d.m.v. het z.g. Kanbansysteem (Kanban = kaart), dat overigens verscheidene varianten kent. Het „westerse“ MRP-systeem is een marktgeoriënteerd „brengprincipe“. Kanban impliceert het „haalprincipe“ (zie schema 1). Het Kanbansysteem leidt ertoe dat productieprocesonderdelen nauwkeurig op elkaar worden afgestemd. Het Kanbansysteem heeft tot doel in alle stadia van het productieproces productie op afroep te realiseren. Hierdoor wordt de flexibiliteit van de organisatie vergroot en kan een aanzienlijke reductie van voorraadkosten, „material handling“-kosten en montagekosten worden bereikt.

Schema 2. Het CIM/FMS-proces



Bron: Fortune, 21 februari 1983

Toelichting:

- (1) Het proces vangt aan met het produktontwerp. Dit gebeurt m.b.v. een computer-aided systeem dat gekoppeld is aan het centrale computersysteem.
- (2) Gestuurd door de computer worden de onderdelen naar de lopende band gebracht.
- (3) Diverse beeldschermen/terminals geven de bedrijfsleiding de mogelijkheid het onbemande productieproces te volgen.
- (4) Een robot plaatst de grond- en hulpstoffen op de lopende band.
- (5) De roterende houder gebruikt automatisch de juiste gereedschappen om voorgeprogrammeerde handelingen te verrichten.
- (6) Assemblagerobots monteren de onderdelen.
- (7) Een elektronische opzichter (een z.g. computerterminal met de naam „programmable controller“) dirigeert het productieproces.
- (8) In dit stadium worden de onderdelen door een robot aan elkaar gelast.
- (9) Het nieuwe product wordt gecontroleerd op afwijkingen door een camera.
- (10) Ten slotte plaatst een robot het gereedgekomen produkt in een automatische wagen die het produkt naar het distributiecentrum vervoerd.

In dit totaal van productieprocestechnologie heb ik robots niet genoemd. Zij zijn het spectaculairste. Robots vervullen de rol van intelligente manipulators in het totale proces van planning, operatie en controle. Zij verhogen vooral de flexibiliteit van het proces. Daarnaast is computertechnologie belangrijk voor het totaalproces, omdat het opslaan en verwerken van gegevens en het geven van commando's plaatsvindt in

een hiërarchie en netwerk van computers. Op deze wijze raakt de z.g. kantoorautomatie en procesautomatie steeds meer verstrengd. Het gehele voortbrengingsproces evalueert steeds meer in de richting van kennis- en datatransformatie.

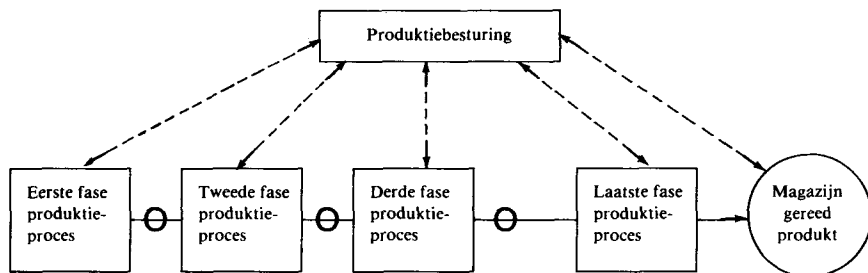
Ter afsluiting van deze paragraaf een schets van en CIM/FMS-proces zoals dit er idealiter uit ziet (zie schema 2) 3).

De produkttechnologie

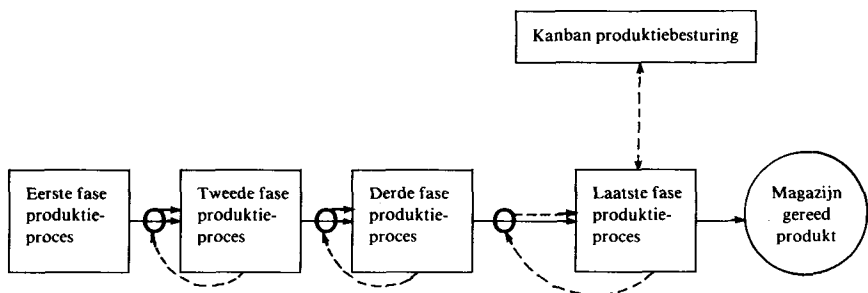
In de hevige concurrentie op de wereldmarkt zullen alleen die bedrijven overleven die in staat zijn een excellente procestechnologie te koppelen aan een excellente produkttechnologie. Twee invalshoeken spelen bij de produkttechnologie een rol. In de eerste plaats het belang van technologie voor een bedrijf in een bepaalde sector. Zaken als de toegevoegde waarde van het product, de mate van geïncorporeerde verandering en de potentiële markten en hun attractiviteit spelen hierbij een rol. In de tweede plaats is de relatieve technologische positie van belang. Deze is gebaseerd op de huidige en toekomstige vergelijking van de eigen technologische positie met die van anderen in de sector, en de vraag hoe men kan meekomen als er onverwachte ontwikkelingen plaatsvinden. De relatieve technologische positie wordt beïnvloed door de aankoop van patenten, de producthistorie, de uitgaven voor R & D en de ontwikkeling van de produktkosten.

Deze twee aspecten, relatieve technologische positie en het belang van technologie, kunnen in een kwadrantenstelsel tegen elkaar worden afgezet (zie schema 3).

Schema 1. Het westerse brengprincipe (centrale productiebesturing)



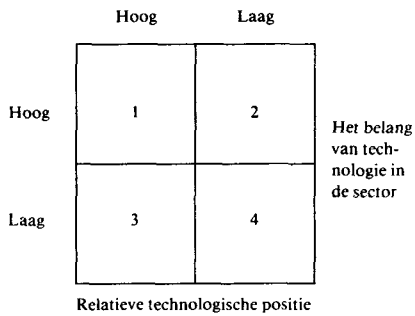
Het Japanse Kanban-haalprincipe



- = Bewerkingsproces
- = Voorraad
- = Fysieke stroom
- = Informatiestroom

3) G. Bylinski, The race to the automatic factory, Fortune, 21 februari 1983.

Schema 3. Relatieve technologische positie en het belang van technologie in de sector.



Als een bedrijf in kwadrant 1 zit, wil dat zeggen dat de technologische positie belangrijk is in een segment waar de technologie hoog wordt gewaardeerd. In dit segment is het de moeite waard te experimenteren met geavanceerde producten en veel R & D te bedrijven.

Als een bedrijf in kwadrant 2 zit, wil dat zeggen dat de technologie van groot belang is in de sector. De eigen positie erin is echter slecht. Het bedrijf kan dan alsnog een poging doen om echt een belangrijke rol te gaan spelen. Het kan er echter ook uitstappen en geld founneren in meer profijtelijke combinaties.

Als het bedrijf in kwadrant 3 verkeert, is het evident dat deze markt zo snel mogelijk moet worden verlaten, zelfs al heeft men daar veel geld in geïnvesteerd.

Het bedrijf in kwadrant 4 heeft een technologisch hoogwaardig produkt. In de betreffende markt speelt dat echter niet zo'n belangrijke rol. Dit verschijnsel speelt zich af als de technologie zeer snel vooruitgaat.

Deze Boston-consultants-achtige voorstelling is uiteraard een simplificatie van de werkelijkheid. Het is meestal zo dat een produkt is samengesteld op basis van verscheidene technologieën.

De technologie die de grootste invloed heeft op de concurrentiekracht van een produkt of productieproces is de *leuteltechnologie*. Hierin kan een bedrijf uniek zijn. De z.g. *basistechnologie* is niet doorslaggevend, maar alleen belangrijk omdat het produktconcept en procesconcept van daaruit zijn ontwikkeld. Voorbeelden zijn de auto en het fabricageproces ervan. De huidige auto is qua basisconcept al tientallen jaren ongewijzigd gebleven. Iedere fabrikant beschikt over de produktbasistechnologie. Momenteel wordt al veel gedaan aan remsystemen, roestpreventie, elektronica achter het dashboard enz. Dit zijn echter allemaal zaken die een bepaalde *evolutie* weergeven. Pas als een autofabrikant erin zou slagen een volwaardige hybride motor te ontwerpen (voor verscheidene brandstoffen) met hoog rendement, dan is er sprake van het in handen hebben van een *leuteltechnologie*. Deze zorgt voor een *revolutie* in de autowereld.

In het licht van het voorgaande kan een bedrijf verschillende strategieën volgen:

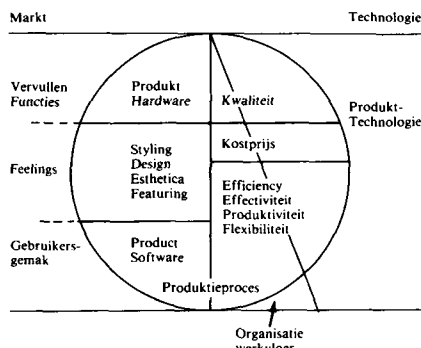
- men kan streven naar het verwerven c.g. behouden van „*technologisch leiderschap*” in het marktsegment;
- men kan streven naar de positie van „*technologise volger*”, d.w.z. het trachten te vermijden van de nadelen van het leiderschap zoals hoge afschrijvingen en hoge researchkosten;
- men kan streven naar „*technologise focussen*”, d.w.z. het zich richten op enige kritische (leutel)technologieën en daarin excelleren;
- men kan streven naar „*technologise rationaliseren*”, d.w.z. het hooguit op gelijke voet blijven in een beperkt aantal (basis)technologieën, aangevuld met een of enkele sleuteltechnologieën.

Wisselwerking

Ten slotte mag de wisselwerking tussen proces- en produkttechnologie en de markt niet uit het oog worden verloren. De technologie verandert het produkt en het productieproces. Aspecten als kwaliteit, kostprijs, effectiviteit, efficiency, produktiviteit en flexibiliteit eisen een continue afstemming. Aan de andere kant speelt de markt een belangrijke rol. Consumentenvoorkeuren e.d. werken op het ontwerp, esthetica en styling van het produkt in.

Bovendien veranderen automatische produktiemethoden de aard van het werk op de fabriek- of kantoorvloer; de inzet van arbeid wordt gedifferentieerder en daardoor ook de taken van het management. Er is dus sprake van een wisselwerking (zie schema 4). Het probleem is om een juiste afstemming van de technologie op de markt te krijgen.

Schema 4. Produktie(proces)technologie



Verder speelt, vooral voor de hoogwaardiger en duurzamere produkten, kwaliteit een belangrijke rol. Ook hierin zijn de Japanners ons voorgegaan. Het is daarom van groot belang dat aan het productieproces hoge eisen worden gesteld. In Japan is hiertoe de „*kwaliteitskring*” geïntroduceerd. De opzet van een kwaliteitskring is om de talloze problemen die de effectiviteit van het productieproces beïnvloeden door een klein team van vrijwilligers die in een gemeenschappelijke werksituatie verkeren tegemoet te treden en op te lossen. De Japanse ervaringen leren dat niet alleen de technologie een grote rol hierbij speelt, maar dat ook een grondige training van ar-

beiders en management nodig is. De toepassing van statistische hulpmiddelen ondersteunt dit geheel.

Kostprijseffecten van technologise ontwikkeling

De toepassing van technologise innovaties als CIM/FMS in het produktieproces en op het produkt heeft belangrijke kostenconsequenties. Dat geldt b.v. voor de volgende gebieden.

1. *Het instellen van machines en het veranderen van gereedschappen*; daarvan zijn effecten te verwachten die samenhangen met:

- tijden om werktuigen en machines te wisselen;
- produktietijdverlies (omstellen);
- opsteltijden van gereedschappen;
- opslag van gereedschappen;
- onderhoud van gereedschappen;

2. *Directe arbeid*; mogelijke effecten:

- arbeidsinhoud van de technologie-produktcombinatie;
- produktiviteitsratio;
- belastingsgraad;

3. *Materiaalbeheer*; effecten als gevolg van:

- subassemblages en modules onderweg tussen de bewerkingen;
- investeringen die nodig zijn in apparatuur ter beheersing van de materiaalstroom;

4. *Voorraden*; effecten treden op in het verlengde van het vorige punt ten aanzien van:

- het gereed produkt;
- de materialen;
- de halffabrikaten en subassemblages;

5. *Onderdelenbewaking*. Effecten betreffen hier de besparingen op menselijke inspectie door de introductie van volautomatische inspectie ter plaatse in het assemblage/produktieproces.

6. *Onderhoud van produktie-installaties en supervisie van de werkvloer*; effecten worden hier bepaald door:

- aantal en aard der machines;
- onderhoudsvoorschriften en -eigenschappen. (De nieuwste generatie CIM/FMS-apparatuur is reeds in staat zelf te bepalen welk onderhoud op welk tijdstip dient plaats te vinden.);

7. *Produktiebeheersing*; effecten betreffen hier:

- regelen van het werk op de „vloer”;
- toewijzing van materialen aan de diverse stadia van het proces; de hoeveelheid machines en de seriegrootte zijn mede bepalend voor de effecten;

4) Er geldt onder meer dat „*dichter*” tegen de markt aan zitten met technologie-produktcombinaties lagere handelsvoorraden tot gevolg heeft. De klant heeft als het ware een nagenoeg „*tailor-made*”-produkt.

8. *Fabricagebeheersing*; effecten worden hierbij bepaald door:

- de wijze waarop CIM/FMS-systeem kan worden vergeleken met een ander systeem;
- de mate en snelheid waarin de aard van het fabricageproces kan worden gewijzigd 3).

9. *Locatie*; effecten betreffen hier het feit dat een nieuwe produktie-installatie doorgaans aanmerkelijk minder oppervlakte, ruimte, energie, licht e.d. nodig heeft. Bovendien zijn moderne produktieprocessen ook milieuvriendelijk. Door dit alles brengt het vestigen van een produktiefaciliteit nieuwe stijl veel minder problemen met zich mee. De effecten liggen hier dus in het meetbare en onmeetbare vlak;

10. *Prototype en nieuwe onderdelen*; effecten die hier spelen zijn de snelheid van ontwerp, veranderingen en het produktierijp maken van prototypen;

11. *Afval en vervuiling*; effecten die hier een rol spelen betreffen het feit dat het gebruik van grondstoffen/materialen door betere procesbeheersing en recycling wezenlijk wordt beïnvloed. Ook het vervuilingprobleem kan bij betere procesbeheersing beter te lijf worden gegaan.

Deze uiteraard niet uitputtende opsomming van elementen geeft een indruk hoe het kostenbeeld door CIM/FMS wordt beïnvloed. Het is dan ook altijd belangrijk om bij het overstappen naar de nieuwe technologie-produktcombinatie „het oude” en „het nieuwe” rond deze elementen af te wegen.

Slot

In schema 4 heb ik weergegeven op welke wijze technologie-produkt-markt met elkaar samenhangen. De belangrijkste parameters in dit samenspel staan er in genoemd. Dit samenspel behoort perfect te zijn wil een onderneming in de industrie excellent zijn. Als ik dan kijk naar de situatie in Nederland, is mijn indruk dat ons land produkttechnologisch nog steeds vooraan zit in de wereld, als ik b.v. denk aan:

- vliegtuigen (lijmtechnieken);
- turbodieselmotoren voor vrachtwagens;
- DNA-recombinant;
- compact-disc;
- waterbouw;
- transmatische versnellingsbak voor personenauto's.

Procestecnologisch (robotica, FMS) wordt Nederland echter niet genoemd in de buitenlandse literatuur 5)! Dat is onze duidelijke zwakte. Immers, procestecnologie is in het komend decennium een noodzakelijke voorwaarde om te *blijven* behoren tot de excellente producenten in de wereldcompetitie.

Voor een (industriële) econoom is het vooral interessant om in die wisselwerking tussen technologie en industrie te zien:

- hoe het Nederlandse netwerk functioneert (t.a.v. groot-midden-klein; overheid-marktsector-wetenschap; technologie-produkten-markten);

- hoe de invloed is op de fabrieksvloer van CIM/FMS; d.w.z. op de z.g. kostenzijde van het bedrijfsproces.

De vraag is nu waarom „wij” procestecnologisch zo weinig presteren, terwijl de basis- en sleutelkennis in huis is? Ik zal hier niet proberen een antwoord op deze vraag te formuleren; ik volsta hier met de constatering dat de „performance” op dit terrein zwak is. Ik volsta hier met de opmerking dat het van groot belang is dat problemen die Nederland op technologisch gebied bedreigen tijdig worden onderkend. Blijft dat achterwege in een tijd waarin de

implementatietijd van technologie door invoering van chips net iets meer dan achttien maanden is geworden (in de tijd van uitvindingen als fotografie en stoommachine was dat nog 50 á 100 jaar) dan is dat een niet te onderschatten gevaar. Het kan voor de economische opleving zelfs dodelijk zijn.

P.A. Moerman

5) B. Gold, Robotics, programmable automation and international competitiveness, *IEEE Transactions*, november 1982.