

toekomstbeeld der techniek

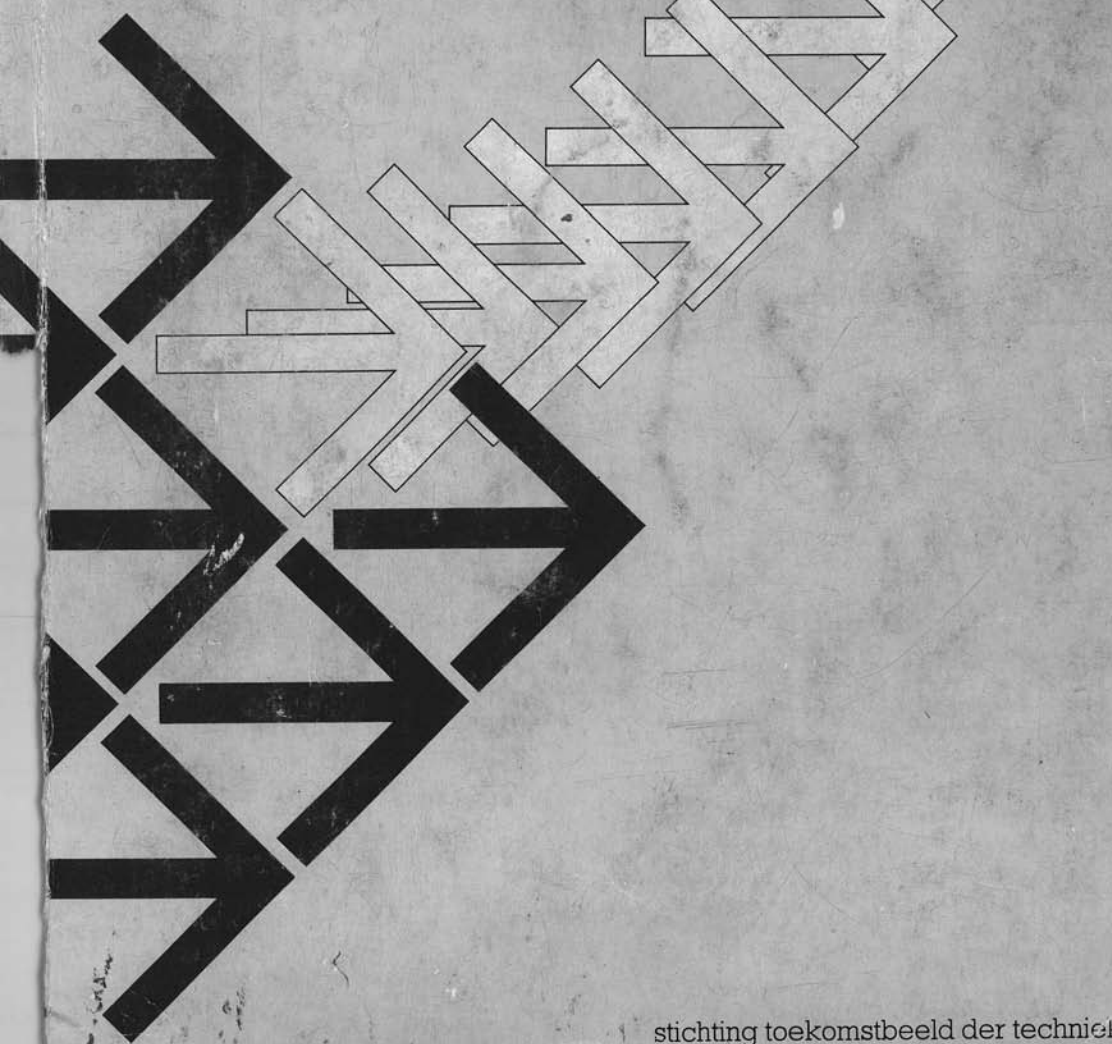
1749

35

automatisering in de fabriek

vertrekpunten voor beleid

redactie:  
ir. h. timmerman



# Automatisering in de fabriek: vertrekpunten voor beleid



234-6





# Automatisering in de fabriek: vertrekpunten voor beleid

Redactie:

ir. H. Timmerman

1749 5142





De Stichting Toekomstbeeld der Techniek - in 1968 opgericht door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs - heeft als doel:

- het van de ingenieurswetenschappen uit bestuderen van mogelijke toekomstige technische ontwikkelingen, in samenhang met andere maatschappelijke ontwikkelingen;
- het op ruime schaal bekend maken van de resultaten van die studies om daarmee bij te dragen tot het verkrijgen van een meer integraal beeld van de toekomstige nederlandse samenleving.

De Stichting richt zich daarbij tot het bedrijfsleven, de overheden, het onderwijs en - uiteraard - de geïnteresseerde staatsburger.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek is gevestigd in het gebouw van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage; telefoon (070) 64 68 00.

Uitgegeven door de  
Delftse Universitaire Pers  
Mijnbouwplein 11  
2628 RT Delft  
telefoon (015) 78 32 54



Copyright © 1983 by Stichting Toekomstbeeld der Techniek

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

ISBN 90 6275 112 1

# Inhoud

|                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Voorwoord</b>                                                           | VIII |
| <b>Conclusies en aanbevelingen</b>                                         | 1    |
| <b>1. Studie-opzet, uitwerking verantwoording</b>                          | 3    |
| 1.1 Achtergrond en doelstelling van de studie                              | 3    |
| 1.2 Opzet van de studie                                                    | 4    |
| 1.3 Opbouw van de publikatie                                               | 6    |
| <b>2. Industriële, technologische en maatschappelijke ontwikkeling</b>     | 8    |
| 2.1 Techniek en industrie, een terugblik                                   | 8    |
| 2.2 Ontwikkeling van mechanisering en automatisering                       | 13   |
| 2.3 Machine of gereedschap                                                 | 15   |
| 2.4 Een vertrekpunt voor beleid                                            | 17   |
| <b>3. Knelpunten in de huidige industrie</b>                               | 19   |
| 3.1 Inleiding                                                              | 19   |
| 3.2 Samenstelling van het arbeidsaanbod                                    | 20   |
| 3.3 Verdeling van het arbeidsvolume                                        | 26   |
| 3.4 De afzetmarkt                                                          | 28   |
| 3.5 De techniek                                                            | 28   |
| <b>4. Bedrijfsstrategie</b>                                                | 30   |
| 4.1 Knelpunten in de huidige produktiestructuur                            | 30   |
| 4.2 Bepaling van de strategie                                              | 31   |
| 4.3 Uitwerking van een strategie                                           | 32   |
| <b>5. Technische ontwikkelingen</b>                                        | 36   |
| 5.1 Classificatie van de produktiemiddelen in flexibele produktiesystemen. | 37   |
| 5.1.1 Automatische machines (automaten)                                    | 37   |
| 5.1.2 Speciale machines                                                    | 37   |
| 5.1.3 Transfermachines                                                     | 38   |
| 5.1.4 Numeriek bestuurde bewerkingsmachines (nc-machines)                  | 38   |
| 5.2 Stadia in de flexibele automatisering                                  | 39   |
| 5.2.1 Conventionele nc-machines                                            | 39   |
| 5.2.2 Machining centers (mc)                                               | 40   |
| 5.2.3 Directe numerieke besturing (dnc)                                    | 40   |
| 5.3 Andere elementen in geautomatiseerde produktiesystemen                 | 44   |
| 5.3.1 Automatische manipulatiesystemen                                     | 44   |
| 5.3.2 Automatische opslagsystemen en magazijnen                            | 45   |
| 5.3.3 Automatische inspectiesystemen                                       | 46   |
| 5.3.4 Automatische montagesystemen                                         | 46   |
| 5.4 Basiscomponenten flexibele produktiemiddelen                           | 46   |
| 5.4.1 Kinematisch systeem                                                  | 47   |
| 5.4.2 Aandrijvingen                                                        | 48   |
| 5.4.3 Besturing                                                            | 49   |
| 5.4.4 Sensoren                                                             | 52   |
| 5.5 Mens-machine communicatie.                                             | 53   |

|           |                                                                                                  |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6.</b> | <b>Het productieproces</b>                                                                       | <b>55</b> |
| 6.1       | Hoe is een productiesysteem opgebouwd?                                                           | 56        |
| 6.1.1     | Huidige situatie                                                                                 | 56        |
| 6.1.2     | Nieuwe tendensen                                                                                 | 57        |
| 6.2       | Het begrip flexibiliteit                                                                         | 58        |
| 6.2.1     | Productflexibiliteit                                                                             | 58        |
| 6.2.2     | Productieflexibiliteit                                                                           | 58        |
| 6.3       | Het productieproces                                                                              | 59        |
| 6.3.1     | De fabricage                                                                                     | 60        |
| 6.3.2     | De montage                                                                                       | 61        |
| 6.4       | De toepassing van flexibele productie-automatisering                                             | 64        |
| 6.4.1     | Vervanging van de mens                                                                           | 65        |
| 6.4.2     | Vervanging van het produktiemiddel                                                               | 67        |
| 6.4.3     | Vervanging van het productiesysteem                                                              | 67        |
| <b>7.</b> | <b>Productie-organisatie</b>                                                                     | <b>69</b> |
| 7.1       | Karakterisering van productie-organisatie                                                        | 69        |
| 7.2       | Productiestructuur                                                                               | 72        |
| 7.2.1     | De bewerkingsgerichte structuur                                                                  | 72        |
| 7.2.2     | De produktgerichte structuur                                                                     | 74        |
| 7.2.3     | De groepenstructuur                                                                              | 75        |
| 7.3       | Invloed van flexibele automatisering op een productie-organisatie                                | 75        |
| 7.4       | Flexibele automatisering in de verschillende productiestructuren.                                | 77        |
| 7.4.1     | Flexibele productie-automatisering in een bewerkingsgerichte structuur                           | 77        |
| 7.4.2     | Flexibele productie-automatisering in een produktgerichte structuur                              | 77        |
| 7.4.3     | Flexibele productie-automatisering in een groepenstructuur                                       | 78        |
| 7.5       | Informatiestromen in een productie-organisatie                                                   | 79        |
| 7.5.1     | Informatie bij invoering van flexibele productie-automatisering                                  | 79        |
| 7.5.2     | Informatie voor structurele evaluatie                                                            | 80        |
| 7.6       | Beheersing van informatiestromen                                                                 | 81        |
| 7.7       | De invloed van flexibele productie-automatisering op het onderhoud                               | 84        |
| <b>8.</b> | <b>De sociaal-organisatorische aspecten</b>                                                      | <b>87</b> |
| 8.1       | De kwaliteit van de arbeid                                                                       | 87        |
| 8.1.1     | Uitvoering en regulering: basisfuncties in het productieproces                                   | 88        |
| 8.1.2     | Sociale en ergonomische structuur                                                                | 88        |
| 8.2       | Gevolgen van flexibele productie-automatisering op de kwaliteit van de arbeid                    | 88        |
| 8.2.1     | Rol van de techniek                                                                              | 88        |
| 8.2.2     | De taakinhoud van bewerkingstappen: hoofdfuncties en nevenfuncties                               | 89        |
| 8.3       | De productiestructuur als bepalende factor bij toepassing van flexibele productie-automatisering | 92        |
| 8.3.1     | De bewerkingsgerichte structuur                                                                  | 92        |
| 8.3.2     | De produktgerichte structuur                                                                     | 93        |
| 8.3.3     | Semi-autonome groepen                                                                            | 94        |
| 8.4       | Kwaliteit van de arbeid en flexibele productie-automatisering; organisatorische voorwaarden      | 94        |
| 8.4.1     | Integrale benadering                                                                             | 94        |
| 8.4.2     | Definitie kwaliteit van de arbeid                                                                | 94        |
| 8.4.3     | Rol van het management                                                                           | 95        |
| 8.4.4     | Rol en positie van het middenkader                                                               | 95        |

|            |                                                                              |            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.4.5      | Rol en positie van de arbeider .....                                         | 96         |
| 8.4.6      | Projectorganisatie .....                                                     | 96         |
| <b>9.</b>  | <b>Financieel-economische aspecten .....</b>                                 | <b>97</b>  |
| 9.1        | Motieven voor de aanschaf van flexibele productie-apparatuur .....           | 97         |
| 9.2        | De economische evaluatie .....                                               | 98         |
| 9.2.1      | Marktstudie .....                                                            | 99         |
| 9.2.2      | Fasering van de invoering van flexibele automatisering .....                 | 100        |
| 9.3        | Kasstroomanalyse .....                                                       | 101        |
| 9.3.1      | De initiële kasstroom .....                                                  | 101        |
| 9.3.2      | De kasstroom bij exploitatie .....                                           | 102        |
| 9.3.3      | De nettowaarde van het investeringsalternatief .....                         | 102        |
| 9.4        | Financieringsfacetten .....                                                  | 108        |
| 9.4.1      | Eigen vermogen of vreemd vermogen .....                                      | 108        |
| 9.4.2      | Welke financieringsvorm? .....                                               | 109        |
| 9.5        | Financiële leasing .....                                                     | 111        |
| 9.5.1      | Kenmerken van financiële leasing .....                                       | 111        |
| 9.5.2      | Fiscale aspecten .....                                                       | 111        |
| 9.5.3      | Leasing: object- of subjectgericht .....                                     | 112        |
| <b>10.</b> | <b>Ervaringen uit de praktijk .....</b>                                      | <b>113</b> |
| 10.1       | Personele aspecten .....                                                     | 113        |
| 10.2       | Produktontwerp .....                                                         | 115        |
| 10.3       | Ontwerp van produktiemiddelen .....                                          | 115        |
| 10.4       | Werkvoorbereiding .....                                                      | 116        |
| 10.5       | Organisatie van de werkplaats .....                                          | 117        |
| 10.6       | Kostenaspecten .....                                                         | 117        |
| 10.7       | Ondersteunende afdelingen .....                                              | 118        |
| <b>11.</b> | <b>De betekenis van productie-automatisering voor onze samenleving .....</b> | <b>119</b> |
|            | <b>Lijst van gebruikte (technische) termen en hun betekenis .....</b>        | <b>144</b> |
|            | <b>Geraadpleegde literatuur .....</b>                                        | <b>146</b> |

## Voorwoord

In alle geïndustrialiseerde landen is een ontwikkeling te zien in de richting van de flexibel geautomatiseerde fabriek. Wat men daarbij nastreeft, omvat onder andere hogere produktiviteit, grotere flexibiliteit, betere beheersing van het produktieproces en daardoor hogere en constante kwaliteit, betere arbeidsomstandigheden, kortere levertijden en lagere kosten.

De techniek van ontwerpen en produceren verandert door de toepassing van elektronische gegevensverwerking voor ontwerpmethoden en voor de aansturing van machines.

Maar het installeren van robots en andere flexibele produktiemiddelen leidt niet zonder meer tot de bovengenoemde verbeteringen. Deze hulpmiddelen worden pas vruchtbaar als de ondernemingsstructuur daarop wordt aangepast.

In deze nieuwe structuur zal een nieuwe afstemming moeten plaatsvinden tussen mens, machine, grondstoffen en geld. De sociale aanpassing is hierbij van groot belang.

Hoe snel deze ontwikkelingen zullen plaatsvinden, wat daar voor nodig is en wat de uitwerkingen zullen zijn, waren vragen die de Stichting Toekomstbeeld der Techniek er toe brachten een studie te wijden aan flexibele produktie-automatisering.

Het doel van de studie is degenen die met deze ontwikkeling te maken krijgen een evenwichtig beeld te schetsen van wat flexibele produktie-automatisering te bieden heeft, hoe de onderneming in al haar geledingen hierop moet worden ingesteld, wat daarbij de problemen zijn en hoe die kunnen worden opgelost.

Parallel aan deze studie is een inventarisatie gemaakt van nederlandse gebruikers en producenten van flexibele produktie-apparatuur en van hun motieven en bevindingen. De resultaten van dat onderzoek zijn neergelegd in de eerder verschenen Stichtingspublikatie nr. 34, Flexibele automatisering in Nederland; ervaringen en opinies.

De inhoud van de voorliggende publikatie is op 18 mei 1983 in een openbaar symposium te Utrecht besproken.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek is grote dank verschuldigd aan allen die aan deze studie hebben meegewerkt.

dr.ir. A.E. Pannenburg  
voorzitter

# Conclusies en aanbevelingen

## Algemeen

Flexibele productie-automatisering is een tussenvorm van handmatige productie en starre mechanisatie.

Flexibele productie-automatisering kan de produktiviteit van de kleinseriefabricage brengen op die van de grootserie-fabricage. De concurrentiepositie van een groot aantal bedrijven uit de eerstgenoemde sector kan daardoor worden verbeterd.

## Techniek

De invoering van automatisering in het productieproces is weliswaar niet nieuw, maar door de ontwikkelingen in de micro-elektronica is het mogelijk geworden automatisering verder door te voeren.

Ook bij het ontwerpen van produkten en in het ontwerp zelf speelt elektronica tegenwoordig een belangrijke rol. Wederzijdse beïnvloeding van ontwerp en productie levert een extra stimulans voor verdere productie-automatisering.

Volledige automatisering van ontwerp tot en met productie is mogelijk. De daarvoor nodige computertechnieken moeten zoveel mogelijk integraal worden toegepast; integrale toepassing levert grotere voordelen op dan het gebruik van deze technieken afzonderlijk.

## Organisatie

Automatisering betekent meestal dat machines en processen door computers worden bestuurd. Om het grootst mogelijke effect te behalen, moet ook het proces worden aangepast en moet het menselijk denken en handelen inspelen op deze nieuwe mogelijkheden.

Afzonderlijke afdelingen zullen één geheel gaan vormen en moeten goed op elkaar worden afgestemd. Automatisering moet het beleid van de onderneming worden, niet het beleid van verschillende afdelingen.

De invoering van computergesteunde technieken heeft ingrijpende gevolgen voor de structuur en het functioneren van een onderneming op lange termijn. Daarom is een visie op de gewenste toekomst van de organisatie nodig en bepalend voor de te volgen aanpak.

## Management

Het management dient in overeenstemming met zijn strategie een automatiseringsplan op te stellen dat voor elke afdeling de randvoorwaarden ten aanzien van organisatie, apparatuur en programmatuur bepaalt. De koppeling van in een bedrijf aanwezige automatiseringssystemen kan dan zonder technische en programmatische problemen plaatsvinden op het moment dat de organisatie er rijp voor is.

Innovatie is niet slechts een kwestie van een produkt of van het produceren, maar van het management en de organisatie van de onderneming. Daarom vraagt flexibele productie-automatisering om een innovatief management.



## **Uitvoerenden**

De menselijke taken en arbeidsomstandigheden bepalen de acceptatie van productie-automatisering. De dure en kwetsbare apparatuur vereist een gemotiveerde inzet van mensen, vervreemding moet worden tegengegaan en voorkomen; slechts dan kan flexibele productie-automatisering bijdragen tot verbetering van de produktiviteit.

Een belangrijk probleem bij productie-automatisering is een goede afstemming tussen de ontwikkeling van programmatuur en die van apparatuur. Veel aandacht moet worden besteed aan een goede koppeling met de praktijk en de gebruiker.

## **Economisch**

De baten van flexibele productie-automatisering zijn slechts gedeeltelijk te berekenen met een kosten-baten analyse. Doelmatigheid, flexibiliteit en kwaliteit zijn op zich moeilijk te kwantificeren.

De produktiviteit en de slagvaardigheid van een bedrijf worden uiteindelijk bepaald door de flexibiliteit, de automatiseringsgraad en de eenvoud van organisatie.

Door (flexibele) productie-automatisering zal er uit economische overwegingen een tendens ontstaan tot langere bedrijfstijden.

## **Werkgelegenheid**

Door de voortgaande productie-automatisering zal in de toekomst een steeds kleiner deel van de beroepsbevolking in de industrie werkzaam zijn. Een teruggang binnen 10 jaar tot de helft van het aantal arbeidsuren om de huidige productie te realiseren, is niet onwaarschijnlijk.

Als de industrie erin slaagt naast de invoering van computertechnieken de arbeidsorganisatie fundamenteel aan te passen aan de veranderende omstandigheden, zowel technisch als maatschappelijk, heeft dat zo'n grote invloed op de produktiviteit en de flexibiliteit dat het aantal arbeidsuren nog sneller zal afnemen.

Productie-automatisering verhoogt de produktiviteit per arbeidsplaats. Hierdoor daalt het loonkostendeel in de produktiekosten zodanig, dat zelfs voor bijna verdwenen industrietaken weer reële mogelijkheden ontstaan om te kunnen concurreren met landen met lagere lonen.

Er is in Nederland plaats voor een eigen industrie van hulpmiddelen voor flexibel geautomatiseerde produktiemiddelen.

## **Onderwijs**

Als bedrijven de weg naar flexibele productie-automatisering inslaan, mag het onderwijs daarin niet achterblijven. Het algemeen technisch onderwijs en het leerlingstelsel zullen kennis en ervaring op dit gebied moeten opbouwen.

Mede door de kapitaalintensiviteit van automatische produktiemiddelen en de snelheid waarmee nieuwe produktietechnieken worden ingevoerd is een koppeling met de praktijk onontbeerlijk; onderwijs en industrie zullen deze koppeling gezamenlijk moeten realiseren.

# 1. Studie-opzet, uitwerking verantwoording

## 1.1 Achtergrond en doelstelling van de studie

De ontwikkeling in de meeste industrietakken gedurende de laatste jaren heeft laten zien hoe dicht bestaan en ondergang van een onderneming bij elkaar liggen. Vele ondernemingen hebben de gevolgen moeten dragen van veranderende internationale economische verhoudingen en hebben de daarmee gepaard gaande verscherpte concurrentie niet overleefd. Het is te verwachten dat alleen die industriële ondernemingen zich zullen kunnen handhaven en tot ontwikkeling zullen kunnen komen, waarvan het strategisch beleid anticipeert op toekomstige ontwikkelingen.

Een van de zeer belangrijke beleidsvragen waarvoor industriële ondernemingen worden geplaatst, vormde de aanleiding tot de onderhavige studie. Deze beleidsvraag is als volgt geformuleerd: Welke bijdrage kan 'nieuwe techniek' (in het bijzonder flexibele productie-automatisering) leveren aan de succesvolle ontwikkeling van zowel nieuwe als bestaande industriële ondernemingen, in een situatie van verscherpte internationale concurrentie.

Het grote belang van deze beleidsvraag volgt uit de tot nu toe ongekende mogelijkheden van flexibele productie-automatisering. Deze mogelijkheden vormen een combinatie van even zovele wenselijkheden, waarvan de voornaamste zijn: verhoging van zowel doelmatigheid als flexibiliteit, betere beheersing van het productieproces en verlaging van de productiekosten, vooral de loonkosten.

De invoering van automatisering in het productieproces is niet nieuw, maar door de ontwikkelingen in de micro-elektronica is het mogelijk geworden automatisering verder door te voeren. De menselijke inbreng bij de bediening, besturing en bewaking van machines alsmede bij de controle en het transport van het produkt wordt door machines overgenomen. Van het begin tot het einde van het fabricageproces zal dan bijna geen mensenhand het produkt meer sturen. Deze ver doorgevoerde automatisering brengt fundamentele ontwikkelingen en gevolgen met zich mee.

De ontwikkeling van productie-automatisering wijst in een richting, waarbij ook fabrieken voor enkelstuks- en kleinsieriefabricage in hun opzet meer gaan lijken op procesindustrieën. De productie geschiedt in stromen, met machines en installaties die op elkaar zijn afgesteld.

Produktiemethoden en organisatie van de productie zullen dus door de komst van deze automatisering ingrijpend worden veranderd, waarbij mag worden verwacht dat produktiviteit en produktkwaliteit zullen toenemen.

De beschreven ontwikkeling accentueert de vraagstukken met betrekking tot industriële werkgelegenheid en kwaliteit van de arbeid. Wat werkgelegenheid betreft: het is in het algemeen niet te verwachten, dat de voortgaande produktiviteitsstijging zal worden gecompenseerd door een evenredige toename van de omzet. Ten aanzien van de kwaliteit van de arbeid zullen de nieuwe produktiemethoden en -organisatievormen de omvang en de zwaarte van dit vraagstuk doen toenemen. Een fundamentele bezinning wordt nodig.

Het doel van deze studie is betrokkenen en belangstellenden in de nederlandse samenleving een zo evenwichtig mogelijk beeld te verschaffen van wat productie-automatisering te bieden heeft. Dit beeld zal noodgedwongen kwalitatief en beschrijvend moeten zijn. De studie kan inzicht en bewustwording bevorderen, kansen, knelpunten en mogelijkheden voor het bedrijfsleven aanwijzen en behulpzaam zijn bij het uitwerken van een beleid.



Ten aanzien van het toekomstbeeld zal de aandacht zijn gericht op ontwikkelingen die in de loop van de komende 5 tot 10 jaar worden verwacht.

Parallel aan deze studie is in samenwerking met de contactgroep industriële robots van de Vereniging voor Werkplaatstechniek een inventaris gemaakt van de gebruikers en producenten van flexibele productie-apparatuur in Nederland.

Voor de gebruikersinventaris is het werkteerein beperkt tot de industriële robots; bij de producenteninventaris zijn ook de potentiële producenten betrokken.

De resultaten van deze twee inventarisatie, uitgevoerd in de vorm van enquêtes, zijn op 27 oktober 1982 op een symposium in de Jaarbeurs te Utrecht gepresenteerd en zijn gebundeld in 'Flexibele automatisering in Nederland; ervaringen en opinies' (STT-publikatie nr. 34).

## 1.2 Opzet van de studie

Voor het opzetten en uitwerken van het kader van deze studie is een stuurgroep samengesteld. Deze stuurgroep, samengesteld uit personen met verschillende disciplines, heeft de projectleider bijgestaan bij de opbouw van de studie en het bemannen van zes projectgroepen.

De stuurgroep van het project is als volgt samengesteld:

|                         |                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
| prof.dr. J.G. Boerlijst | - Technische Hogeschool Twente                                   |
| prof.dr. G.G.J. Bos     | - Technische Hogeschool Delft                                    |
| dr.ir. J.H. Galjaard    | - Interuniversitair Instituut Bedrijfskunde, Delft               |
| ir. J.L.J.M. Janssen    | - FDO Technische Adviseurs BV, Amsterdam                         |
| dr.ir. C.A. Prins       | - RSV Mining Equipment, Rotterdam (voorzitter van de stuurgroep) |
| prof.ir. H.P. Stal      | - Technische Hogeschool Eindhoven                                |
| ir. J. Zaaier           | - Fokker BV, Schiphol                                            |

De zes projectgroepen zijn samengesteld uit deskundigen, die vanuit een verschillende gezichtshoek het probleemveld overzien. De zes projectgroepen zijn te onderscheiden naar twee technische, drie bedrijfskundige en een maatschappelijke groep.

De twee technische groepen hebben zich bezig gehouden met:

- onderzoek en ontwikkeling op het gebied van flexibele productie-automatisering;
- het praktische gebruik van de diverse componenten voor het verkrijgen van een verantwoorde productie-eenheid.

De bedrijfskundige groepen hielden zich respectievelijk bezig met:

- de financieel-economische aspecten bij de aanschaf van deze apparatuur, zowel op de korte termijn (de financiering) als op de lange termijn (de investeringsstrategie).
- de bedrijfsorganisatorische aspecten bij de invoering van (bijna geheel) automatisch werkende productie-eenheden en de invloed die dit heeft op onder andere in- en verkoop, werkvoorbereiding, ontwerpproces, kwaliteitscontrole en managementbeleid.
- de sociale aspecten die een rol (gaan) spelen bij de invoering van deze produktiemiddelen. Zal de sociale structuur in een bedrijf gaan veranderen en welk personeel is nodig om deze machines te bedienen?

De maatschappelijke groep heeft in een aantal bijeenkomsten gediscussieerd over flexibele productie-automatisering in samenhang met verschillende maatschappelijke ontwikkelin-

gen. Deze gesprekken zijn samengevat en als hoofdstuk 11 in deze publikatie opgenomen.

De samenstelling van de projectgroepen is als volgt:

### **Werkgroep Technische Ontwikkelingen**

- |                            |                                                                                                   |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| prof.dr.ir. H. van Brussel | – Katholieke Universiteit, Departement Werktuigbouw, Leuven (B)                                   |
| ing. H.A. Bulten           | – Technische Hogeschool, afdeling der Werktuigbouwkunde, Eindhoven                                |
| ir. M.R. Linssen           | – RTS Robots-Technological Systems, Deurne                                                        |
| prof.dr. J. Verhoeff       | – Erasmus Universiteit, vakgroep methodologie van de automatische informatieverwerking, Rotterdam |

### **Werkgroep Produktietechniek**

- |                        |                                                                |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|
| ir. J.C. van den Broek | – Daf Trucks BV, afdeling R & D Fabrikagetechnieken, Eindhoven |
| ir. J.W. Gaillard      | – Oldelft, afdeling Marketing Robotssystemen, Delft            |
| ir. F. Messie          | – IBM, afdeling Industrie, Utrecht                             |
| ing. W. Rombeek        | – LAS verkoopmaatschappij, Alblasterdam                        |
| ing. D.P. Veer         | – Fokker BV, afdeling Industrial Engineering, Schiphol         |
| ing. M. van Zanten     | – Philips Centrum voor Fabricagetechnieken, Eindhoven          |

### **Werkgroep Financieel-Economisch**

- |                      |                                                                 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| dr. C.H. Buitenhuis  | – Erasmus Universiteit, Bedrijfseconomisch Instituut, Rotterdam |
| Th.G. Frenk          | – VMF-Stork, Amsterdam                                          |
| ir. H.J.H.M. de Kort | – Technische Hogeschool, afdeling der Bedrijfskunde, Eindhoven  |
| ir. J.P. Lemmens     | – NV Industriebank LIOF, Maastricht                             |
| drs. E.G.M. Penninx  | – De Lage Landen Leasing NV, Eindhoven                          |

### **Werkgroep Organisatorisch**

- |                       |                                                                                                                                             |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ir. R.M.F. van Gerwen | – Technische Hogeschool, afdeling der Bedrijfskunde, Eindhoven<br>na 1/9/82: Philips, Groep Technische Efficiency en Organisatie, Eindhoven |
| ir. J.M. Goedhart     | – Van Berkel's Patent Holland BV, Rotterdam                                                                                                 |
| ir. H.K.J. Melessen   | – Raadgevend Bureau Berenschot BV, Utrecht                                                                                                  |
| ing. G. Nijland       | – Management Opleidings Centrum, Amsterdam                                                                                                  |
| ing. W. de Putter     | – Vicon BV, Nieuw Vennep                                                                                                                    |
| prof.ir. K. Smit      | – Unilever NV, Rotterdam / KMA, Breda                                                                                                       |

## **Werkgroep Sociaal**

- |                         |                                                                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| dr. A. van Assen        | – Katholieke Universiteit, Psychologie van Arbeid en Organisatie, Nijmegen                      |
| dr. P.T. Bolwijn        | – Philips, Groep Technische Efficiency en Organisatie, Eindhoven                                |
| dr.ir. H.W. Lintsen     | – Technische Hogeschool, onderafdeling der Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen, Eindhoven |
| prof.dr. R.A. Roe       | – Technische Hogeschool, onderafdeling der Wijsbegeerte en der Maatschappijwetenschappen, Delft |
| prof.dr. L.U. de Sitter | – Technische Hogeschool, afdeling der Bedrijfskunde, Eindhoven                                  |
| drs. F.P.J.M. Sweens    | – Daf Trucks BV, directie Personeelszaken, Eindhoven                                            |

## **Werkgroep Maatschappelijk**

- |                        |                                                                                                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| jhr.mr. M.L. de Brauw  | – Stuurgroep Maatschappelijke Discussie Energiebeleid, 's-Gravenhage                                                        |
| ir. W.F. ter Hart      | – Vereniging voor de Metaal- en de Elektrotechnische Industrie (FME), Zoetermeer                                            |
| ir. J.W. Hillege       | – Ministerie van Economische Zaken, Directoraat-generaal voor Industrie, 's-Gravenhage                                      |
| ir. C.P.M. Kouwenhoven | – Contactgroep Werkgevers in de Metaalindustrie / Oldelft, Delft                                                            |
| drs. G.S.A. Kuperus    | – Industriebond CNV                                                                                                         |
| drs. R. Ruiter         | – Directoraat Generaal voor Algemene Beleidsaangelegenheden, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 's-Gravenhage |
| drs. P.J. Vos          | – Industriebond FNV, Amsterdam                                                                                              |

Het project stond onder leiding van ir. H. Timmerman, project-ingenieur bij de Stichting Toekomstbeeld der Techniek.

Agaath van der Kamp-Thomasson verleende medewerking bij de organisatie van de studie en het verwerken van de tekst.

## **1.3 Opbouw van de publikatie**

In deze publikatie wordt een beeld geschetst van flexibele productie-automatisering. De eerste hoofdstukken gaan in op een aantal algemene historische en te verwachten ontwikkelingen. De overige hoofdstukken behandelen de verschillende aspecten van het onderwerp zoals ze door de werkgroepen werden belicht. De hoofdstukken 5 t/m 10 kunnen als een verzameling monografieën worden beschouwd rond flexibele productie-automatisering. Daarom sluiten zij op sommige plaatsen niet noodzakelijkerwijs op elkaar aan.

Hoofdstuk 2 behandelt de industriële ontwikkeling vanaf de achttiende eeuw tot heden, de begrippen mechanisering en automatisering en de consequenties van automatisering van de productie op het arbeidsproces.

In hoofdstuk 3 worden de knelpunten in de huidige industrie belicht; ondernemingsbeslissingen worden voornamelijk bepaald door de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt, op de afzetmarkt en in de techniek.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 via een analyse van markt, produkt en produktie een aanzet gegeven om tot een bedrijfsstrategie te komen, waarin flexibele automatisering een van de mogelijkheden is de onderneming te stroomlijnen en de produktie te rationaliseren.

De volgende zes hoofdstukken behandelen de verschillende aspecten die elk een aantal randvoorwaarden bepalen voor een geslaagde toepassing van flexibele produktie-automatisering.

Hoofdstuk 5 gaat in op de technische ontwikkelingen. Na een classificatie van de produktiemiddelen en de bepaling van de verschillende stadia van automatisering worden de basiscomponenten van flexibele produktiemiddelen behandeld. Ook wordt ingegaan op de ontwikkeling van de mens-machine communicatie.

Hoofdstuk 6 behandelt de opbouw van produktiesystemen. In dit hoofdstuk wordt het begrip flexibiliteit nader gedefinieerd en wordt deze flexibiliteit vertaald naar het produktieproces. Vervolgens wordt aangegeven hoe een analyse kan worden opgezet om te bepalen of werkzaamheden (flexibel) kunnen worden geautomatiseerd.

In hoofdstuk 7 komt de produktie-organisatie ter sprake. Afhankelijk van bedrijfsgrootte en soort produkt zijn verschillende produktie-organisaties mogelijk. De invoering van flexibele produktie-automatisering in deze verschillende produktie-organisaties wordt behandeld. Tevens komen de verschillende informatiestromen in een organisatie en de beheersing van die informatiestromen ter sprake. Ten slotte wordt ingegaan op het toenemende belang van de onderhoudsafdeling in een geautomatiseerd bedrijf.

Hoofdstuk 8 beschrijft de sociaal-organisatorische aspecten van automatisering. Na een beschrijving van de kwaliteit van de arbeid worden de veranderingen in het werk behandeld die ontstaan na invoering van flexibele produktie-automatisering in de verschillende organisatievormen. Daarnaast wordt kort ingegaan op de rol van het management, het middenkader en de uitvoerenden.

Hoofdstuk 9 behandelt de financieel-economische aspecten die samenhangen met de invoering en toepassing van flexibele produktie-automatisering. In een economische evaluatie komen aan de orde: marktstudie, fasering van invoering en een kasstroomanalyse. Daarnaast wordt ingegaan op de financieringsaspecten van deze produktiemiddelen.

In hoofdstuk 10 is een aantal ervaringen verzameld, zoals die aanwezig waren bij verschillende werkgroepleden. Deze ervaringen zijn gebundeld in de volgende aspecten: personele aspecten, produktontwerp, ontwerp produktiemiddelen, werkvoorbereiding, organisatie van de werkplaats, kostenaspecten en de ondersteunende afdelingen.

Ten slotte is in hoofdstuk 11 de samenvatting gegeven van de discussies die in de werkgroep 'Maatschappelijk' plaatsvonden. Achtereenvolgens komen aan de orde: industriepolitiek in Nederland, metaalelektro-industrie, de industrie: een aflopende zaak?, micro- of macrobeleid, kwaliteit van de arbeid, arbeidsbeleving, wat is arbeid?, werkloosheid, produktiviteit, onderwijs, 'human capital', bedrijfstijdverlening.

Tevens is een lijst opgenomen van gebruikte technische termen en hun betekenis.

In het literatuuroverzicht wordt aangegeven welke literatuur voor dit rapport is geraadpleegd en welke literatuur geschikt is om dieper op de verschillende aspecten van flexibele produktie-automatisering in te gaan.

## 2. Industriële, technologische en maatschappelijke ontwikkeling

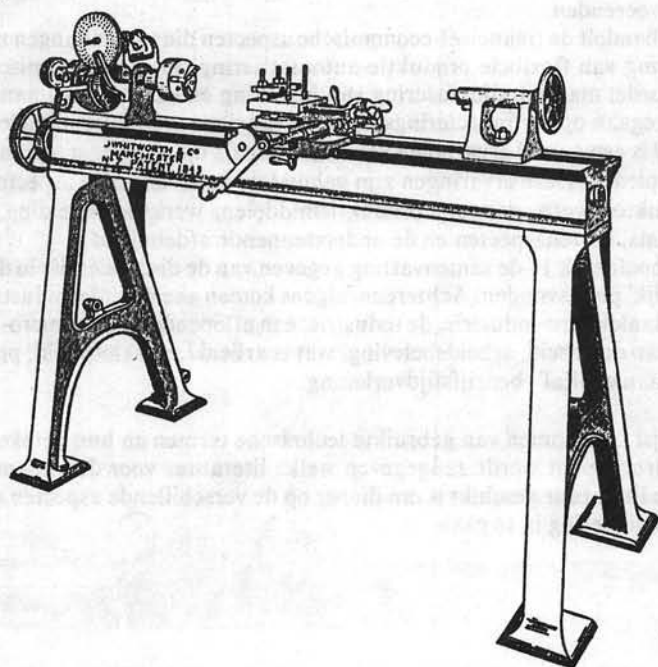
### 2.1 Techniek en industrie, een terugblik

De industriële ontwikkeling is een van de meest ingrijpende maatschappelijke transformaties in de geschiedenis van de mensheid.

Zij houdt de overgang in van een agrarische en handelsmaatschappij naar een moderne industriële maatschappij. De transformatie omvat een geheel van veranderingen in uiteenlopende sectoren zoals in het verkehrs- en vervoerswezen, de landbouw, de demografische structuur en de verhouding stad en platteland. De beschrijving van de transformatie wordt dan pas volledig en het verschil met het voorgaande tijdperk duidelijk als wij daaraan de veranderingen in industrie en ambacht toevoegen.

In deze sector vindt een overgang plaats van kleinschalige, ambachtelijke en huisindustriële vormen van produktie naar een grootschalige, mechanische voorbrenging van goederen met als organisatievorm de fabriek. De industriële ontwikkeling voltrekt zich in drie fasen die men wel de eerste, tweede en derde industriële revolutie noemt.

Bakermat van de eerste industriële revolutie is Engeland; de periode die zij bestrijkt duurt van 1770 tot 1830. De technische basis van deze revolutie wordt gevormd door de toepassing van de stoommachine, de bereiding van ijzer en de ontwikkeling van mechanische werktuigen i.h.b. voor de textielnijverheid (spin- en weefmachines). De eerste stoommachines doen dienst in mijnen om daar het water uit te pompen, zodat men tot grotere diepte kan doordringen.



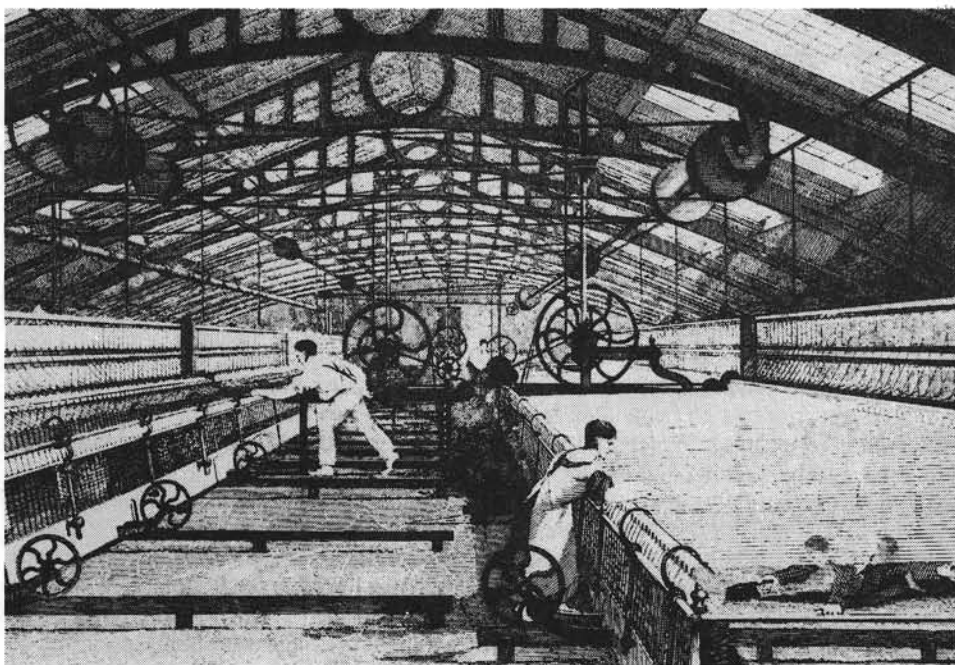
**Figuur 2.1** Whitworth's draaibank, 1843. Deze draaibank is tot 1951 in gebruik geweest.



In de nijverheid kan men de stoommachine eerst gebruiken als Watt erin slaagt de beweging van de zuigerstang om te zetten in een draaiende beweging. Massaproductie van ijzer wordt mogelijk door de vervanging van houtskool door cokes en door de introductie van het puddel- en wals-procédé. Het ijzer gaat het hout als constructiemateriaal in toenemende mate vervangen. Aan het eind van de periode is er de opkomst van een nieuw revolutionair transportmiddel: de spoorwegen. Verder gaan deze vernieuwingen gepaard met de ontwikkeling van een geheel nieuw technisch terrein, de werktuigbouwkunde incl. de bouw van gereedschapsmachines.

Deze ontwikkeling volgt uit de verbeteringen aan de stoommachine. Pas als de stoomcylinder met voldoende precisie kan worden gefabriceerd, ligt de weg naar een energiebron met groot vermogen open. Zo worden de stoommachinebouwers noodgedwongen ook machineconstructeurs. De eerste cylinders moeten, nadat ze gegoten zijn, door schuren en vijlen glad worden gemaakt. Een afwijking in rondheid van een centimeter is al een zware eis. Een grote vooruitgang levert de cylinderboormachine uit het jaar 1775 op. De eerste echt bruikbare stoommachine van James Watt wordt hiermee geboord. Bij een doorsnede van 1 meter wijkt de rondheid nog maar enkele millimeters af van de cirkelvorm. Vanaf dat moment wordt de verbetering van de nauwkeurigheid van gereedschapsmachines een permanente noodzakelijkheid in de produktietechniek.

In het arbeidsproces zijn de meest in het oog springende structurele veranderingen de invoering van de fabriek en de arbeidsdeling. Met de fabriek komt een wijze van produceren op gang die in onze moderne industriële samenleving overheersend is geworden. De fabriek is de plaats waar grote aantallen arbeiders onder toezicht te werk zijn gesteld en waar de machine de produktiefactor bij uitstek is geworden. Deze grootschalige vorm van produce-



**Figuur 2.2** Spinnerij in Lancaster, 1835. Een spinner en twee hulpjes bedienden een dergelijke machine met 900 spoelen.

Bron: M. Pieterse (red.), *Het technisch labyrint*, 1981.

ren gaat in toenemende mate gepaard met het opdelen van het produktieproces als geheel en de opsplitsing van afzonderlijke produktiehandelingen. Dit proces betekent eveneens de overschakeling op een nieuw cultuurpatroon, een ander arbeidsritme, een andere vorm van arbeidsdiscipline, een nieuwe verhouding tussen wonen en werken, een andersoortig gezinsleven, nieuwe relaties tot ondernemers en opzichters, nieuwe gedragspatronen, privé en op het werk en nieuwe onzekerheden.

Ook veroorzaakt het veranderingen in de beroepsstructuur. Naast de traditioneel ambachtelijk geschoolden, waarvan de positie in het produktieproces door machines wordt teruggedrongen, ontstaat er een groepering van nieuw-geschoolden, de groep van praktisch geschoolde metaalbewerkers en werktuigbouwkundigen en een massa van niet-geschoolden, bestaande uit kinderen, vrouwen en mannen. Produktiviteit is in een toenemend aantal sectoren minder een kwestie van het individuele vakmanschap en de individuele ervaring van vaklieden en meer van handigheid, vingervlugheid, reactievermogen en het omgaan met de machine.

Al in de 18e eeuw, zelfs voor de introductie van nieuwe industriële techniek, trad in Europa een stijging van het inkomen per hoofd van de bevolking op. Vergeleken met andere delen van de wereld was Europa rijk. Deze rijkdom was het resultaat van kapitaalaccumulatie, toe-eigening van overzeese rijkdommen en arbeidskrachten en van technologische ontwikkeling, niet alleen wat betreft de produktie van materiële goederen, maar ook in de organisatie en financiering van handel en distributie. In zekere zin ligt hierin een verklaring voor het begin van het industrialisatieproces: Europa industrialiseerde omdat alleen Europa er rijp voor was.

Sedert dat begin zet de inkomensstijging zich voort onder invloed van toenemende arbeidsproduktiviteit en deze stijging krijgt nieuwe impulsen tijdens de tweede industriële revolutie.

**Tabel 2.1** Aantal arbeidsuren, nodig om 45 kilo katoen te spinnen.

|                                               |         |
|-----------------------------------------------|---------|
| Indiase handspinner (18e eeuw)                | 50.000  |
| Crompton's mule (v.a. 1780)                   | 2.000   |
| Arkwright's waterframe (ca. 1780)             | 250-370 |
| mule met 100 spoelen (ca. 1790)               | 1.000   |
| bekrachtigde mule (halfselfactor) (v.a. 1795) | 300     |
| Roberts automatic mule (ca. 1825)             | 135     |

Bron: M. Pietersen (red.), Het technisch labyrint, 1981.

De tweede industriële revolutie duurt van 1860 tot 1930; de centra van de nieuwe ontwikkelingen zijn Amerika en Duitsland. Kern van deze revolutie is een soort huwelijk tussen wetenschap en techniek. Wetenschappelijk onderzoek en technische vondsten staan in een vruchtbare wisselwerking met elkaar.

De wederzijdse beïnvloeding krijgt de beweging van een spiraal. Wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de fysica en de chemie blijkt zulke ongekende industriële toepassingsmogelijkheden te bieden, dat de ondernemers er niet mee volstaan te profiteren van de kennis van universiteiten en hogescholen. Zij gaan er toe over hun eigen onderzoekslaboratoria op te zetten en trekken daar grote bedragen voor uit.

De stoommachine heeft inmiddels concurrentie gekregen van de verbrandingsmotor en de elektromotor. De uitvinding van de eerste bruikbare gasmotor van de Fransman Lenoir in 1860 geeft perspectief aan een krachtwerktuig voor het midden- en kleinbedrijf. Na de uitvinding van de viertaktmotor van Otto in 1876 is de doorbraak definitief en kan de decentralisatie van de krachtwerktuigen aanvangen. Dit proces wordt vooral versneld door



de opkomst van de elektromotor.

Ingrijpend zijn ook de gevolgen van de verbeterde methoden om staal te produceren. Het metaal wordt massaal geproduceerd en daalt drastisch in prijs. Het vindt zijn toepassing in wapening, spoorwegen, scheepsbouw, constructies voor bruggen en bouwwerken en de auto-industrie.

De ontwikkeling van de machinetechniek schrijdt intussen gestaag voort. De hydraulische pers, de stoomhamer, de papiermachine, de revolverdraaibank, de freesbank, het snijwerktuig, de naaimachine, de rotatiedrukpers, enz. zorgen voor de mechanisering van het industriële leven in de breedte.

Ten slotte zijn er de ingrijpende veranderingen van het transport door de komst van de auto, elektrische tram en fiets met verregaande gevolgen voor de verstedelijking; later werd het vliegtuig een nieuwe dimensie in het internationale verkeer.

Het proces van verwetenschappelijking zet in de tweede industriële revolutie echter ook door naar de arbeid en de arbeidsverhoudingen. Er wordt aandacht geschonken aan de fysiologie, psychologie en anatomie van de arbeider en aan de studie van tijd en beweging op de arbeidsplaats. Deze stroming, ook wel aangeduid met 'scientific management' of wetenschappelijke bedrijfsvoering, tracht tot beheersing van het productieproces te komen door een zo groot mogelijke opsplitsing van de taken en het zo ver mogelijk standaardiseren en routinematig maken van de arbeid. Menselijke arbeid wordt geïdentificeerd en gelijkgesteld met machine-arbeid. Zij is een verwisselbaar onderdeel van het productieproces, wat het duidelijkst naar voren komt bij het systeem van de lopende band. Doel is de organisatie van het arbeidsproces te scheiden van de kennis en de kunde van de arbeiders; het uitdenken te scheiden van het uitvoeren. De machine speelt in deze ontwikkeling een centrale rol. Zij neemt in toenemende mate functies van de arbeider over en bepaalt arbeidsinhoud en arbeidstempo. De nieuwe organisatie- en machinetechniek voorzien niet alleen in een technisch superieur productiesysteem, maar bieden de ondernemer bovendien de mogelijkheid de arbeid te controleren, hetgeen gepaard gaat met beperking van de autonomie en bewegingsvrijheid van de arbeider en met de uitholling en routinisering van zijn arbeidstaken. De degradatie van het ambachtelijke vakmanschap is een tendens die zich gedurende de gehele industriële revolutie voortzet. Daarmee wordt niet ontkend dat er tevens - vermoedelijk op kleinere schaal - een kwalitatieve verbetering van de arbeid plaatsvindt. Mechanisering vereist de inschakeling van nieuwe geschoolde en gekwalificeerde arbeidskrachten. Bovendien gaat zij gepaard met een verbetering van de arbeidsomstandigheden.

In deze periode stijgt tevens het nationaal produkt per hoofd van de bevolking regelmatig. Voor het eerst in de geschiedenis van de mensheid verheft het inkomen van de grote massa der bevolking zich langzaam en blijvend boven het bestaansminimum. De lonen stijgen met de arbeidsproductiviteit. Een langzame verbetering van de omstandigheden van de arbeiders wordt mede veroorzaakt door het ingrijpen van de overheid in het sociale leven. Volkshuisvesting en volkshygiëne, lonen en arbeidsomstandigheden, voorzieningen voor ouderdom en ziekte worden zaken van overheidsbeleid en wetgeving.

De verwerving van deze vooruitgang gaat niet zonder strijd. Geruchtmakende stakingen, agitatie van werklozen en oproeren van armen en hongerigen kweken de angst bij de burgerij voor een revolutie. Arbeiders organiseren zich in vakbonden, nieuwe partijen roeren zich in de politiek.

De tweede industriële revolutie gaat gepaard met een toenemende bewuste en actieve participatie van steeds grotere groepen van de bevolking in het maatschappelijke leven.

De ontwikkeling van elektrotechniek en elektronica is de spil van de derde industriële revolutie. De toepassing daarvan maakt een explosieve ontwikkeling door, vooral op het terrein

van de informatietechniek. Een heel belangrijke impuls daarbij is de behoefte regelend, besturend en optimaliserend in te grijpen in het verloop van bepaalde technische processen. Daarbij wordt niet alleen informatie verkregen en verwerkt, doch worden ook besturende en regelende werkingen geactiveerd. Dit is het terrein van de regeltechniek. De computer als elektronische, programmeerbare machine speelt in deze ontwikkeling een centrale rol. Zij is in staat gegevens op te slaan en daarmee een reeks bewerkingen uit te voeren onder besturing van een programma.

Kern van de veranderingen in arbeid en arbeidsstructuur is de overgang van mechanisering naar automatisering.

Automatisering in de betekenis van zelfwerkzaamheid van machines door regeling en sturing op grond van verkregen informatie heeft gevolgen voor de duur, de omvang en de inhoud van de industriële arbeid. Terwijl een werkweek van ca. zeventig uur aan het begin van deze eeuw terugloopt tot de huidige werkweek van ca. veertig uur, vindt niettemin een afkalving van de werkgelegenheid in de industriële sector plaats.

De diensten- en verzorgingssector heeft deze ontwikkeling tot voor kort opgevangen. Daaraan is echter een eind gekomen nu de automatisering de werkgelegenheid ook in deze sectoren treft. Verdere verkorting van de arbeidsduur wordt nodig, terwijl tegelijk automatisering het thema van kwaliteit van de arbeid ook thans tot een actuele zaak maakt. Routine-werkzaamheden treden nu niet alleen op de werkvloer op, maar in toenemende mate ook onder het midden- en hogere kader van de arbeidsorganisatie. Hoewel de kwaliteit van de te nemen beslissingen toeneemt, neemt de improvisatiemogelijkheid af.

Tijdens de derde industriële revolutie ontstaat de zogenaamde 'consumptiemaatschappij', waarin de grote massa van de bevolking in het bezit komt van allerlei duurzame consumptiegoederen (zoals auto's, televisietoestellen enz.) en door een stelsel van sociale zekerheid wordt beschermd tegen het terugglijden in armoede ten gevolge van persoonlijke tegenslagen (ziekte, invaliditeit, werkloosheid). De techniek is de noodzakelijke voorwaarde geweest voor deze welvaartsstijging.

Volgens sommigen (onder andere Bell, 1973) verkeert de moderne samenleving zoals die is gevormd door de industriële revoluties in een overgangsfase en wel naar een samenleving die men aanduidt met 'post-industrieel'. Een samenleving die komt na de industriële en waarvan we nog niet goed weten wat de wezenlijke kenmerken zullen zijn.

De vorige eeuw heeft een verschuiving te zien gegeven in de werkgelegenheid van de primaire sector van agrarische produktie naar de secundaire sector van de industriële produktie. Verwacht wordt een dramatische teruggang in de komende decennia van het relatieve aantal mensen dat zal zijn betrokken bij het produceren van goederen. In 1947 is in Amerika 30% van de mensen werkzaam in de 'manufacturing', in 1968 is dit nog 25%. Bell verwacht dat dit percentage in 2000 slechts 10% bedraagt en Bellmann van de Rand Corporation ziet zelfs een teruggang tot 2%.

We zien een verschuiving plaatsvinden naar de tertiaire sector (financiering, distributie, onderhoud en dienstverlening) en naar de kwartaire sector (verzorging). Kwee constateert door het afnemen van de arbeidstijd en het toenemen van de vrije tijd een groeiende behoefte aan cultuur. De educatieve verzorging in de kwartaire sector loopt over in recreatieve vorming, die te zamen met vermaak, sport, toerisme en andere vormen van vrijetijdsbesteding steeds duidelijker een kwartaire sector gaat vormen van cultuurproduktie en -consumptie.

Deze ontwikkeling heeft een aantal problematische aspecten.

De verzorgingsstaat staat in deze tijd zwaar onder druk. De sociale lasten en de kosten voor sociale verzekering stijgen. Het wordt steeds moeilijker te voldoen aan het criterium van rentabiliteit van het huidige economische systeem. Ook het simpele alternatief van de

Homo Ludens, de spelende mens, die zijn vrije tijd doorbrengt met recreatie, hobby en cultuur volstaat niet. Arbeid is daarvoor in ons bestel te hecht verbonden met beloning, status, macht, zingeving aan het leven en het functioneren als sociaal wezen.

Het jaar 1973 wordt wel genoemd als het begin van het post-industriële tijdperk. De oliecrisis van dat jaar en het rapport van de Club van Rome hebben de dominante opvatting van een economie, gericht en ingesteld op materiële groei, algemeen ter discussie gesteld. De welvaarts groei legt een zwaar beslag op de beschikbare energiebronnen, grondstofvoorraden en ons milieu. Het zoeken naar een nieuwe verhouding tussen natuur en mens is een van de centrale vragen voor de komende periode. Dit betekent niets anders dan het zoeken naar nieuwe wegen voor de techniek; techniek is immers de bewerking van de natuur door mensen.

De benoeming van het huidige tijdvak als post-industrieel is discutabel. Hierbij speelt een rol dat het om actuele zaken gaat en wij nog moeilijk afstand kunnen nemen tot onze tijd. Essentieel zijn wel de geconstateerde tendensen van automatisering en van de relatieve teruggang in werkgelegenheid in de industriële productie sinds de laatste decennia.

## 2.2 Ontwikkeling van mechanisering en automatisering

Aan de ontwikkeling van machines gaat, reeds vanaf de vroege oudheid, de ontwikkeling van werktuigen (gereedschappen) vooraf. Deze werktuigen dienen slechts voor gerichte transformatie van krachten. De mens is daarbij zowel energieleverancier als bestuurder van het proces. Later ontwikkelt hij mechanische werktuigen (machines), die zijn vaardigheid vergroten omdat een deel van de gereedschapbesturing aan die machines wordt overgedragen en daardoor nauwkeuriger kan plaatsvinden. De primitieve draaibank is hiervan een voorbeeld. Ook hierbij is de mens nog de energiebron. Later schakelt hij zijn (sterkere) medeschepsel, het dier, als energievoorzijfer in en maakt hij gebruik van krachtige natuurlijke energiebronnen om de beweging van machines te bewerkstelligen. Er ontstaan machines zoals wind- en watermolens.

Nog maar betrekkelijk kort geleden begon de ontwikkeling van machines die, evenals de mens, in staat zijn tot autonome energielevering door middel van verbrandingsprocessen. De stoommachine en de verbrandingsmotor zijn hiervan wellicht de sprekendste voorbeelden. Bij deze machines wordt chemische energie, die door verbranding vrijkomt, omgezet in mechanische energie. De functie van de mechanismenstelsels waaruit die machines bestaan is dezelfde als die, welke hierboven werd beschreven: het transformeren van energie en het sturen van die transformatie. Er ontstaat echter een functieverbijzondering: aan bepaalde onderdelen van de machines wordt uitsluitend een sturende taak toebedeeld. Bij de stoommachine zijn het onder andere mechanismen zoals de excentriekschijf, de excentriekstang en de stoomschuif. Bij de verbrandingsmotor zijn het onder andere de nokkenas-aandrijving, de nokkenas en de kleppen. Verder worden sturende mechanismenstelsels ontwikkeld die het gehele energietransformatieproces onder controle houden: regulatoren.

Machines blijken dus niet alleen in staat de mens te ontlasten van energielevering, ze kunnen ook zichzelf sturen. Deze ontwikkeling zet zich voort in de ontwikkeling van machines die, gekoppeld aan een externe energievoorzijfer, de ontvangen energie zo sturen, dat ze in staat zijn tot het uitvoeren van door de mens geformuleerde opdrachten, zoals bijvoorbeeld de vervaardiging van bepaalde producten. Essentieel voor het ontstaan van deze machines is de overdracht van informatie aan mechanismenstelsels, welke informatie op door de mens gedetermineerde wijze wordt verwerkt. Overdracht en verwerking van informatie begonnen reeds met de ontwikkeling van de eerste primitieve machines en hebben zich voortgezet in wat later mechanisering en automatisering is genoemd. Het proces als

geheel kan naar vijf fasen worden onderscheiden:

1. Gereedschappen en handwerktuigen.

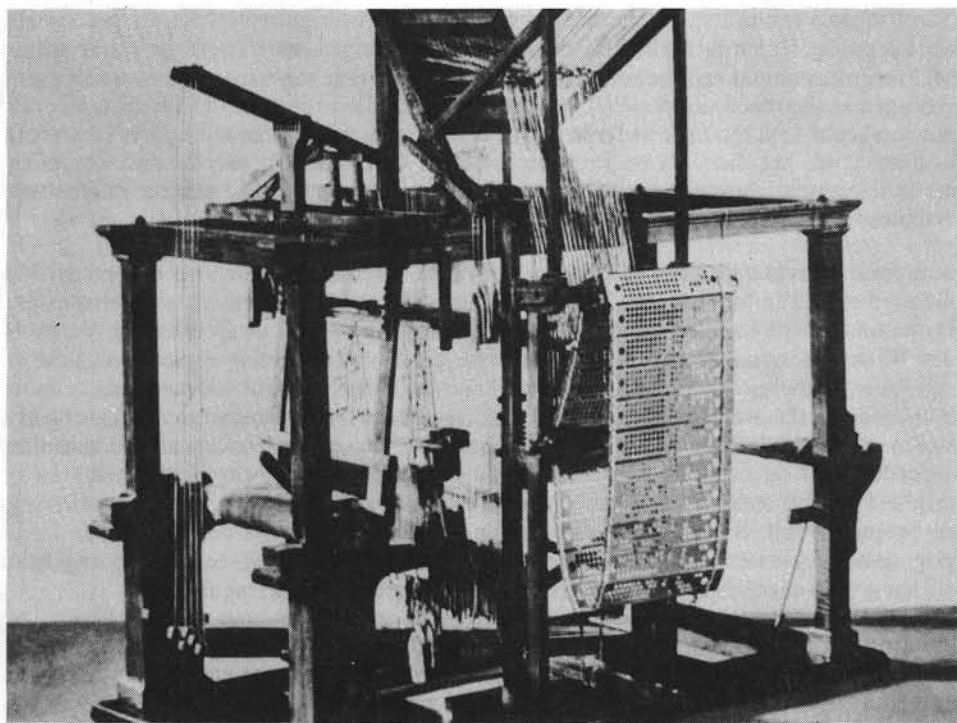
Het gereedschap en eenvoudige handwerktuig zijn in eerste instantie te beschouwen als verlengstuk van de menselijke hand en maken deze geschikt voor functies die met de blote hand niet of nauwelijks kunnen worden verricht. De hand kan een vuistbijl hanteleren die de scherpte van een kies bezit. De mens blijft in de gereedschapstechniek de centrale figuur. Hij vervaardigt niet alleen de gereedschappen, hij hanteert ze met vaardigheid en vormt de energiebron.

2. Zelfwerkende machine.

De eerste generatie machines is uitsluitend in staat om de vastgelegde programmering van mechanische bewegingen uit te voeren en te herhalen. De machine is een stukje bevroren intellect van de ontwerper. De werking gaat door, ook als een essentieel onderdeel van het proces ontbreekt of is ontregeld. De energie wordt doorgaans geleverd door een krachtwerktuig (stoommachine, verbrandingsmotor, elektromotor enz.).

3. Zelfcontrolerende machine.

Deze machine kent een eerste graad van informatieverwerking. Zij is in staat met behulp van een opnemer afwijkingen in de vorm van het produkt te constateren en indien nodig een signaal te geven, of zichzelf stil te zetten. Aanvankelijk gebruikte men daartoe mechanische middelen, tegenwoordig zijn deze sterk uitgebreid met elektro-mechani-



**Figuur 2.3** Een vroeg voorbeeld van produktie-automatisering: Jacquard-machine voor het automatisch weven van de meest ingewikkelde patronen, begin 19e eeuw.

Bron: M. Dumas (red.), A history of technology and invention, 1979.



sche, elektrisch/elektronische en pneumatische middelen (mechanische aftaster, fotocel met lichtstraal, onderbreker of reflector van een lichtstraal).

4. Zelfregelende machine.

Deze generatie machines gebruikt de informatie uit de opnemers tevens voor het tot stand brengen van een herstellende werking om de geconstateerde afwijking op te heffen. Voorbeelden van een dergelijke werking zijn: een lege plek aanvullen uit een hulpmagazijn, een produkt uitwerpen dat buiten een gestelde tolerantie valt of het bijstellen van de machine wanneer het voorgaande vaker geschiedt.

5. Flexibele machine.

Bij de voorgaande machines gaat het nog steeds om star geprogrammeerde systemen met nok- of stangenmechanismen voor de hoofdfuncties. Verhoging van de flexibiliteit van de machine, bijvoorbeeld ten behoeve van een snelle overschakeling op een ander produkt, is mogelijk met een door een computerbestuurde actuator voor de hoofdfuncties. Een actuator is een mechanisme, dat een commando omzet in een mechanische beweging die gepaard gaat met een zekere kracht of een bepaald vermogen. Toepassing van flexibele programmering kan op twee wijzen geschieden:

- de specifieke machine die ontworpen is voor het fabriceren van een familie van produkten, bijvoorbeeld voor het wikkelen van spoelen met allerlei vorm, aantal windingen, draaddikte enz.;
- de robot, een universeel werktuig dat eventueel met door de robot zelf uitgevoerde verwisseling van gereedschappen, allerlei handelingen kan uitvoeren. Hiermee is begonnen wat thans flexibele automatisering wordt genoemd. Deze machines werken zelfstandig onder besturing van een extern programma, vastgelegd in stekkerpanelen, ponsbanden, magneetbanden of andere computergeheugens.

Mechanisering (automatisering) behoeft niet het gehele productieproces te omvatten. Daarom onderscheidt men naast het niveau van mechanisering (de fasen 1 t/m 5) tevens de breedte, dat wil zeggen de mate waarin de verschillende onderdelen van het productieproces zijn gemechaniseerd en de diepte van de mechanisering, dat wil zeggen de mate waarin de secundaire of tertiaire activiteiten van het proces (zoals onderhoud, smering en afvalverwijdering) zijn gemechaniseerd.

## 2.3 Machine of gereedschap

In paragraaf 2.1 is aandacht gegeven aan het proces van verwetenschappelijking, dat kenmerkend is voor de tweede industriële revolutie. In dit proces wordt menselijke arbeid geïdentificeerd en gelijkgesteld met machine-arbeid. Procesbeheersing wordt bereikt door gedragsbeheersing en dit leidt tot vergaande verdeling, standaardisering en routinisering van arbeid.

Wij zien ons voor een fundamentele keus gesteld op welke wijze wij de huidige ontwikkelingen in de techniek zullen gebruiken; een keuze tussen gereedschap en machines.

De eerste techniek in de geschiedenis was gebaseerd op gereedschappen. De organisatie van onze hersenen en ons zenuwstelsel is goed uitgerust om gereedschap te gebruiken. Als we een hamer gebruiken, zijn wij ons niet bewust van de krachten die optreden tussen de hamer en onze hand. De hamer is een verlengstuk van ons lichaam geworden en we schijnen de bewegingen van de kop van de hamer direct te voelen. Ook onze auto is niets anders dan een gereedschap; we identificeren ons ermee en 'voelen' hoe de wielen de weg volgen en elke oneffenheid nemen, terwijl wij deze wielen niet eens zien. Een met de hand bestuurd vliegtuig is een gereedschap, evenals de handrekenmachine en het cad-systeem. Medische diagnose-apparatuur, computergestuurd, is eveneens als gereedschap te beschouwen.

Een ideaal van de techniek is dat dit gereedschap zichzelf in de hand houdt en tenslotte zichzelf bedient. Als het gereedschap menselijke hulp nodig heeft, is het defect, althans niet perfect. Het gereedschap is niet meer een verlengstuk van de mens, maar de mens is het verlengstuk van de machine geworden. De machine vraagt en moet bediend worden. Door onze neiging gereedschap te gebruiken, zijn wij vaak in staat sommige gereedschapachtige handelingen of relaties te vormen bij geautomatiseerde machines. Het bovenstaande technische ideaal bestaat echter en het komt steeds dichterbij.

Professor Noble van het MIT heeft onlangs een treffende uitspraak gedaan:

'The value systems of machine designs are such, that designing for idiots is the highest expression of the engineering art'.

Een numeriek bestuurd gereedschapswerktuig, geprogrammeerd door een programmeur, wordt een machine. Hetzelfde geldt voor een voorgeprogrammeerde robot in een montagelijijn. Als de onbemande fabriek zou worden bereikt, is hij een machine geworden.



**Figuur 2.4** Moderne productie-automatisering: een centraal opgestelde industriële robot laadt en ontlaadt een aantal numeriek bestuurd gereedschapswerktuigen.



Het essentiële verschil tussen de definitie van een gereedschap en die van een machine is dat het gereedschap ondergeschikt is aan de mens. Het vraagt het vakmanschap van de gebruiker en samen met dit vakmanschap wordt het gereedschap productief.

De nc-apparatuur, geprogrammeerd door de operator die het eerste onderdeel van de serie maakt, is een gereedschap (record-playback). Vakmanschap is nodig voor de programmering en de productie van het eerste deel van de serie.

Een cad-systeem kan een gereedschap zijn als de tekenaar-constructeur met behulp van deze apparatuur zijn vakmanschap op een hoger en productiever niveau kan brengen.

In feite is medisch diagnostische apparatuur ook een gereedschap, dat door de arts wordt gebruikt. Veel van zijn kennis kan in de computer zitten, hij zal toch overtuigd moeten zijn van de juistheid van de diagnose. Zijn ervaring en zijn vakmanschap kunnen hem doen twifelen aan een diagnose en dan moet hij het oneens kunnen zijn met de computer. Hij gebruikt de gegevens van zijn gereedschap om samen met zijn eigen ervaring tot een uiteindelijke diagnose te komen.

Zodra echter deze apparatuur zou worden gebruikt door paramedisch personeel dat niet de kennis en ervaring heeft om het oneens te kunnen zijn met dit gereedschap, dan is deze diagnose-apparatuur een machine geworden. Het vakmanschap is geëlimineerd en de man of vrouw is nog slechts een machinebediende, als machine reagerend op de machine.

Op het ogenblik dreigt een ontwikkeling in de richting van het elimineren van alle menselijke arbeid op de werkvloer en het leggen van alle creativiteit bij de ontwerper en de ontwikkelaar van programmatuur. Maar de computer en de menselijke geest kunnen elkaar uitstekend aanvullen. De computer munt uit in analytische en numerieke berekeningen; de mens blinkt uit in patroonherkenning, het verkrijgen van inzicht in complexe situaties en de intuïtie voor het vinden van nieuwe oplossingen; de mens kan snel evalueren en waarderen. Als deze kundigheden worden gecombineerd, zal dit een effectiever systeem leveren dan wij op dit moment zien ontstaan. Dit komt wellicht omdat de techniek nog niet zover is dat de mogelijkheden van interactieve samenwerking goed kunnen worden gebruikt. Het gevaar bestaat echter dat van een eenmaal ingeslagen weg niet meer wordt afgeweken.

## **2.4 Een vertrekpunt voor beleid**

Sedert het begin van het industrialisatieproces wordt de organisatietechnische ontwikkeling binnen industriële ondernemingen bepaald door de eis van voortdurende produktiviteitsverbetering.

Het eenzijdig hanteren van deze eis heeft negatieve gevolgen gehad voor wat we thans gewend zijn 'kwaliteit van de arbeid' te noemen. Gevolg hiervan was een toenemende aandacht voor kwaliteitsaspecten, doch dit heeft slechts tot verbetering van werksituaties geleid binnen de door de eis van produktiviteitsverbetering gegeven grenzen. Als gevolg hiervan zijn weliswaar de arbeidsomstandigheden aanmerkelijk verbeterd, maar is wat betreft de inhoud van arbeidstaken sprake van een kwaliteitsverlies.

Inmiddels hebben de resultaten van onafgebroken rationalisering, mechanisering en automatisering van arbeidsprocessen enerzijds en de toenemende vraag naar zinvolle arbeid anderzijds het probleem van kwaliteit van de arbeid verbreed tot het probleem van kwaliteit van het bestaan. Er kan worden geconstateerd dat de wijze waarop het produktiviteitsprobleem wordt opgelost een maatschappelijk kwaliteitsprobleem van snel toenemende omvang doet ontstaan, zowel bij de werkenden (gegeven de inhoud van hun werk) als bij de werklozen (gegeven het ontbreken van enig perspectief op betaalde arbeid).

De bestaande ontwikkeling laat weinig ruimte voor innovatief beleid omdat het proces een vicieuze cirkel is. Dit blijkt uit redeneringen die doorgaans worden gevolgd wanneer het er om gaat de bestaande ontwikkelingstendens te verklaren en de noodzaak daarvan aan te tonen. Die redeneringen zijn:

1. Automatisering is nodig, want er zijn geen vakmensen te vinden.  
Hierbij wordt vergeten dat de bestaande rationaliserings-, mechaniserings- en automatiseringstendens er sinds jaar en dag op is gericht de vraag naar vakmanschap te verkleinen, waardoor het aanbod is afgenomen.
2. Automatisering is nodig in verband met de toenemende weerstand tegen ploegendienst. Ploegendienst is echter een van de nevenverschijnselen van automatisering als gevolg van toenemende kapitaalbeslag van geautomatiseerde produktiemiddelen.
3. Automatisering wordt in de toekomst steeds meer nodig, gegeven de tendens naar een kortere werktijd, vroegere pensionering enz. Ook hier een slang die in haar eigen staart bijt.
4. Automatisering is nodig in verband met kwaliteitsproblemen die optreden als gevolg van afnemende betrokkenheid van mensen bij hun werk.

Het automatiseringsproces zit terwille van onafgebroken produktiviteitsverbetering vast op een dimensie: gedragsbeheersing. Wanneer die gedragsbeheersing haar produktiviteitsgrenzen heeft bereikt, worden mensen vervangen door machines die passen bij beheerst gedrag, waardoor de grenzen van gedragsbeheersing verder worden opgeschoven. Wanneer nieuwe ontwikkelingen dit oude spoor blijven volgen, zal dit kunnen leiden tot volledige gedragscontrole in industriële ondernemingen. Er kan dan ook de zorg worden uitgesproken, dat wat is bereikt op het gebied van taakverruiming en industriële democratisering door deze ontwikkelingen zal worden achterhaald.

Opvallend bij al deze redeneringen is dat ongedifferentieerd wordt gesproken over automatisering, alsof er geen keuzemogelijkheden zouden zijn.

Met flexibele produktie-automatisering kan een andere weg worden ingeslagen dan de bestaande weg van 'scientific management'. Het gaat hierbij niet alleen om andere organisatievormen, maar ook om andersoortige produktiemiddelen, namelijk om een keuze tussen produktiemiddelen die geprogrammeerd gedrag afdwingen (machines) en produktiemiddelen die een verlengstuk van vakmanschap zijn (gereedschappen). Dit onderscheid is niet beperkt tot de werkvloer, maar van toepassing op alle denkbare functies en op elk niveau van automatisering.

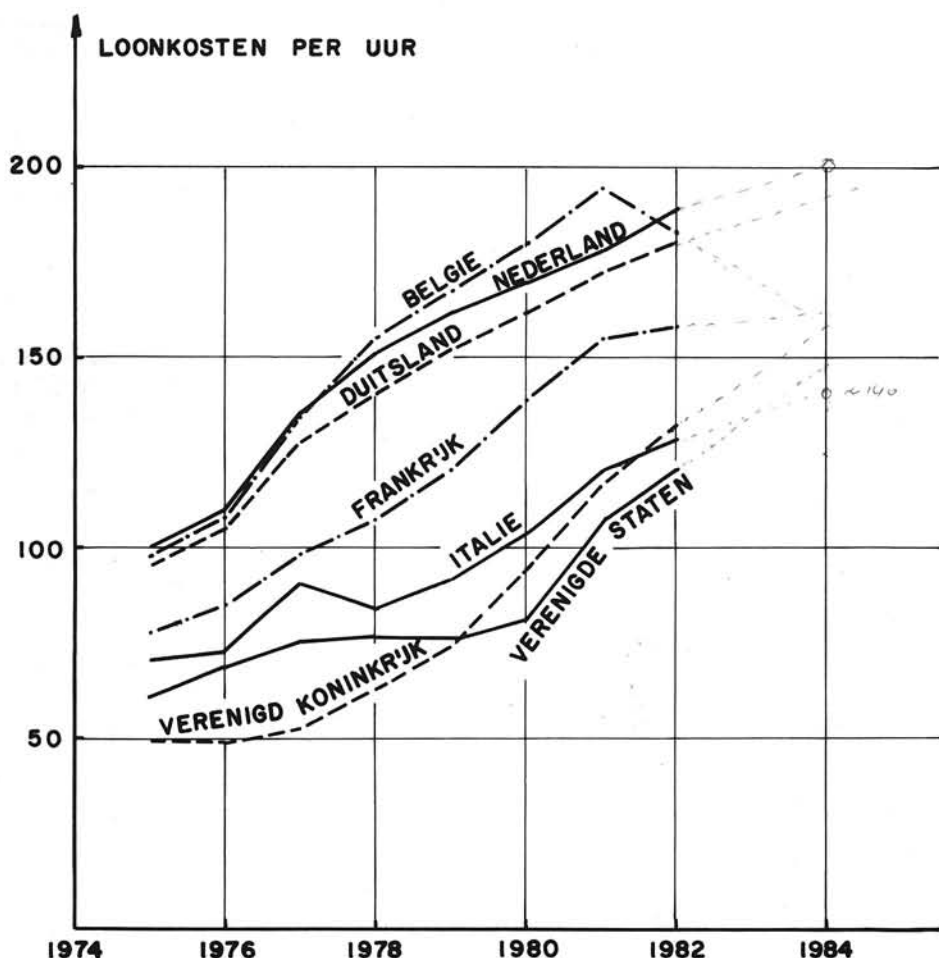
De technische mogelijkheden voor de ontwikkeling van moderne en produktieve gereedschappen zijn aanwezig en er is ruimte voor een ombuiging van de ontwikkeling in die richting.

Technische ontwikkeling wordt gestuurd door beleid. Daarom vraagt flexibele produktie-automatisering wezenlijk innovatief management. De bestaande concurrentieslag woedt op een oude weg, die weinig uitzicht biedt. Het wordt tijd nieuwe wegen te vinden met betere perspectieven. Een voorwaarde daartoe is inzicht in het ontwikkelingsproces dat 'automatisering' wordt genoemd.

### 3. Knelpunten in de huidige industrie

#### 3.1 Inleiding

De economie van Nederland wordt gekenmerkt door een kleine binnenlandse markt, een hoge afhankelijkheid van de import van grondstoffen en enkele belangrijke energiedragers, een hoge bevolkingsdichtheid en een traditioneel hoog technisch niveau. Omdat vele ondernemingen in aanzienlijke mate van de export van hun produkten afhankelijk zijn, werkt een verschuiving van de concurrentie op de internationale markten direct door in de eigen onderneming. Bij arbeidsintensieve bedrijven heeft de laatste tien jaar een duidelijke stijging van de produktiekosten plaatsgevonden, vooral ten aanzien van de totale personeelsko-



**Figuur 3.1** De relatieve ontwikkeling van de loonkosten in Nederland in vergelijking met een aantal concurrerende landen (Nederland 1975 = 100).

Bron: CBS.

Italië 1984 ~ 140 (± +8% p.j.)  
1984 ~ 140  
LA ~ -30% p.j.

sten (loonkosten, sociale lasten) en de doelmatigheid (ziekteverzuim, aantal werkelijke werkuren). In figuur 3.1 is aangegeven hoe het verloop is van de loonkosten bij de verwerkende industrie in vergelijking met concurrerende landen.

Ook bij bedrijven waar kapitaalintensieve produktiemiddelen de kostenstructuur bepalen, hebben stijgende investeringskosten en toenemende problemen om de productiecapaciteit volledig te gebruiken een negatieve uitwerking op de totale kosten.

In dit licht moeten de ontwikkelingen van de huidige produktiesystemen gericht zijn op het in de toekomst kunnen (blijven) concurreren op de internationale markt. Ondernemingsbeslissingen die geschikt zijn om op middellange tot lange termijn het bedrijf zekerheden te verschaffen, worden bepaald door de arbeidsmarkt, de afzetmarkt en de techniek.

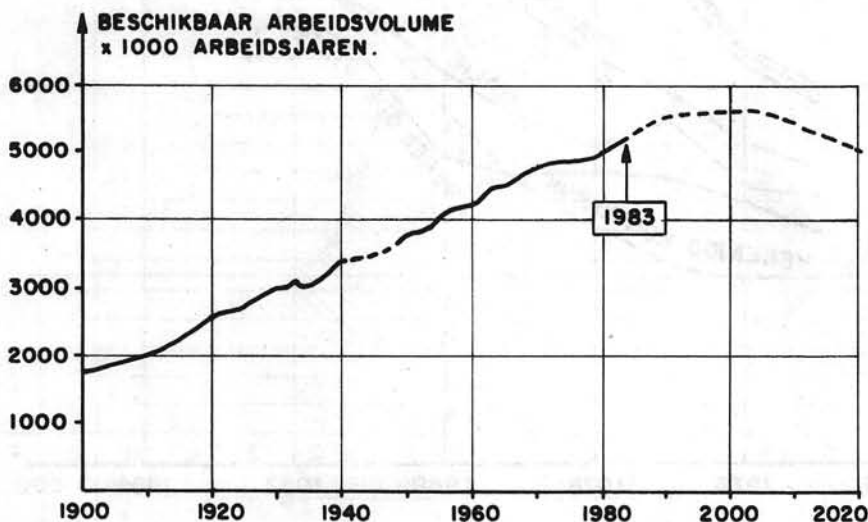
**Tabel 3.1** Verdeling naar het opleidingsniveau van de nederlandse beroepsbevolking in 1970 en 2000.

| Opleiding  | 1970 | 2000 |
|------------|------|------|
| Hoog       | 7%   | 22%  |
| Middelbaar | 47%  | 63%  |
| Laag       | 46%  | 15%  |

Bron: CBS.

### 3.2 Samenstelling van het arbeidsaanbod

Het niveau van de beroepsbevolking is door de toenemende mate van scholing de laatste decennia aanzienlijk gestegen. In de toekomst zal deze stijging volgens ramingen van het Centraal Planbureau voorlopig blijven voortgaan. Over deze stijging van het opleidingsniveau worden in tabel 3.1 enkele cijfers gegeven.



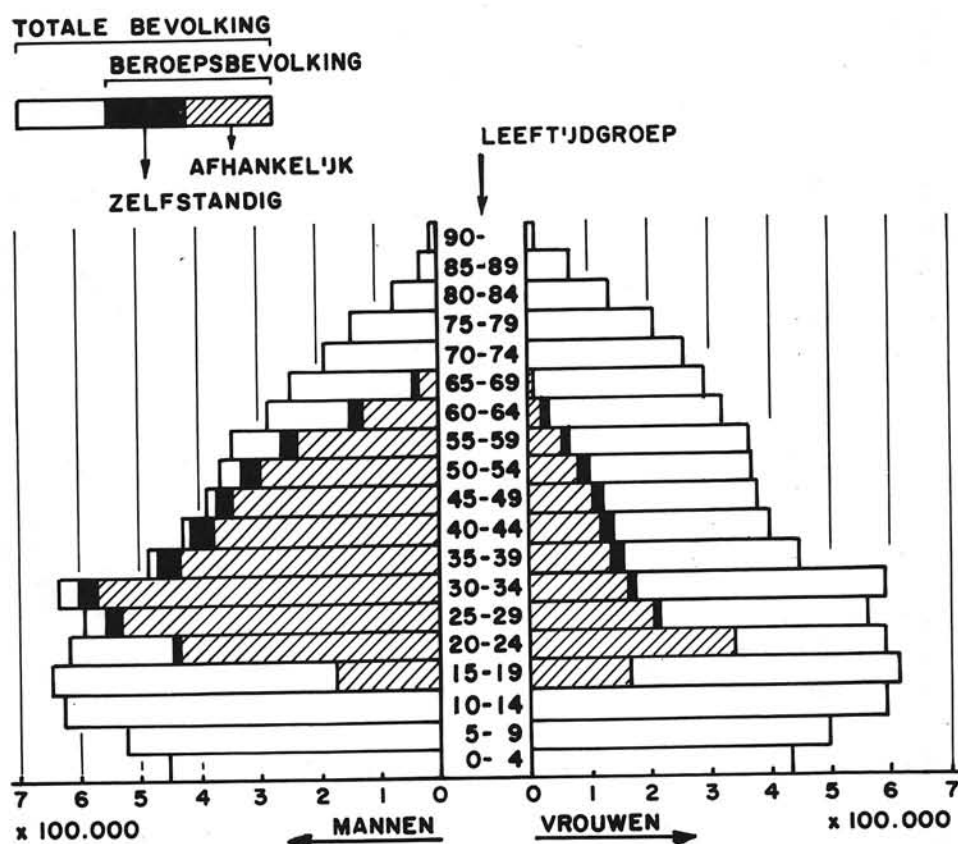
**Figuur 3.2** Groei en verwachte groei van het arbeidsvolume in Nederland (zonder wijziging van het aantal arbeidsuren per jaar en de duur van het werkzame leven).

Bron: CBS.

Behalve kwalitatief blijft de beroepsbevolking de komende jaren ook kwantitatief nog een stijging vertonen. Berekeningen van het Centraal Planbureau geven aan dat de nederlandse beroepsbevolking tot het jaar 2000 blijft groeien; zonder verkorting van de arbeidsduur tot ruim 5,5 miljoen arbeidsjaren. Daarna wordt een geleidelijke afname voorspeld (zie figuur 3.2).

Deze stijging komt voort uit de grote groep toekomstige schoolverlaters, die allen een plaats op de arbeidsmarkt zullen zoeken, terwijl een veel kleinere groep door pensionering het arbeidsproces zal verlaten. In figuur 3.3 wordt dit duidelijk geïllustreerd; hier is de samenstelling van de beroepsbevolking weergegeven in relatie tot de totale nederlandse bevolking.

Duidelijk is dat een grote groep jongeren aan de arbeidsmarkt gaat deelnemen. Een eventuele verkorting van de studieduur zal dit proces nog versnellen. Het aantal schoolverlaters zal rond 1987 zijn hoogtepunt bereiken. Daarna zal een daling optreden die tot ver in de jaren negentig zal aanhouden. Deze daling is vrijwel uitsluitend bepaald door de geboortedaling die na 1970 is ingezet.



**Figuur 3.3** Samenstelling van de nederlandse bevolking en beroepsbevolking naar leeftijd op 1 januari 1980.  
 Bron: CBS.



**Tabel 3.2** Ontwikkeling van vraag en aanbod van de beroepsbevolking, opgesplitst in opleidingsniveau.

| niveau                     | 1975            |                 |                                                                        | 1980            |                 |                                                     | 1985            |                 |                                                     | 1990            |                 |                                                     |
|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------------------|
|                            | aanbod          | vraag           | discrepanctie<br>(tekort/teveel)<br>in aantallen<br>manjaren ×<br>1000 | aanbod          | vraag           | discrepanctie<br>in aantallen<br>manjaren<br>× 1000 | aanbod          | vraag           | discrepanctie<br>in aantallen<br>manjaren<br>× 1000 | aanbod          | vraag           | discrepanctie<br>in aantallen<br>manjaren<br>× 1000 |
| I = lager                  | 34%             | 34%             | + 87                                                                   | 29%             | 33,5%           | -124                                                | 25%             | 33,5%           | -333                                                | 22%             | 33%             | -551                                                |
| II = uitgebreid la-<br>ger | 41%             | 41%             | +105                                                                   | 41%             | 41 %            | +126                                                | 42%             | 41 %            | +210                                                | 41%             | 41%             | + 93                                                |
| III = middelbaar           | 15%             | 15%             | + 38                                                                   | 17%             | 15,5%           | +124                                                | 18%             | 15,5%           | +195                                                | 20%             | 16%             | +264                                                |
| IV = semi hoger            | 7%              | 7%              | + 18                                                                   | 9%              | 7 %             | +122                                                | 10%             | 7 %             | +189                                                | 11%             | 6%              | +243                                                |
| V = hoger                  | 3%              | 3%              | + 8                                                                    | 4%              | 3 %             | + 60                                                | 5%              | 3 %             | +120                                                | 6%              | 4%              | +178                                                |
| TOTAAL                     | 100% =<br>4.880 | 100% =<br>4.624 | +256                                                                   | 100% =<br>5.046 | 100% =<br>4.738 | +308                                                | 100% =<br>5.414 | 100% =<br>5.033 | +381                                                | 100% =<br>5.685 | 100% =<br>5.458 | +227                                                |

Bron: Human Capital, richtinggevende maatstaf voor een industriebeleid, dr. P.M.P.J. Merkelbach, Tilburg 1981.

Daarnaast valt de lage participatiegraad van vrouwen aan het arbeidsproces op; deze is lager dan in de ons omringende landen (het percentage vrouwen in de beroepsbevolking is: Nederland 32%, België 37%, Westduitsland 38%, Frankrijk 39%, Denemarken 44%). Een verhoging van die participatiegraad zou het totale arbeidsaanbod nog aanzienlijk vergroten.

Uit tabel 3.2 blijkt dat de ontwikkeling van de werkgelegenheid naar opleidingsniveau geen gelijke tred houdt met de ontwikkeling van het opleidingsniveau van de beroepsbevolking, zodat er een tekort ontstaat op het laagste niveau en overschotten op hogere niveaus.

Voor 1990 betekent dit een tekort van ruim 500.000 arbeidsjaren op het laagste niveau en een overschot van ruim 750.000 arbeidsjaren op de hogere niveaus. Wanneer dit tekort op het laagste niveau niet kan worden aangevuld vanuit de nederlandse samenleving of door veranderingen in de vraag naar opleidingsniveaus, dan zal er opnieuw moeten worden geput uit een secundaire arbeidsmarkt (zoals bijvoorbeeld gastarbeiders).

Een deel van de gesignaleerde discrepanties naar opleidingsniveau is schijn. In het verleden waren er grote groepen mensen die, om welke reden dan ook, niet overeenkomstig hun persoonlijke capaciteiten en ambities doorstudeerden. Veel jongeren traden op de arbeidsmarkt aan met een zeker ongebruikt surplus aan mogelijkheden. Door de arbeidsorganisaties heen ontstond dan ook een opwaartse beweging (promotie), die mogelijk was door dit surplus aan te spreken (ervaring en interne bedrijfsopleiding). Op de arbeidsmarkt waren er dus velen die hun verdere vorming binnen het arbeidsproces kregen. Had deze vorming plaatsgevonden binnen het reguliere onderwijs, dan zouden zij weliswaar later, maar tevens op een hoger niveau binnen het arbeidsproces zijn begonnen.

In de jaren tachtig zal de schoolverlater bij zijn entree in de arbeidsorganisatie in het algemeen over minder ongebruikte mogelijkheden beschikken dan in het verleden. Het verticale doorschuifproces naar hogere niveaus vindt nu meer plaats binnen het reguliere onderwijs dan tijdens de beroepsuitoefening. Zo geredeneerd zou een deel van de toekomstige schoolverlaters van een bepaald niveau vergelijkbaar zijn met de vroegere schoolverlaters van een lager niveau. Dit verklaart ook ten dele het tekort op de lagere niveaus.

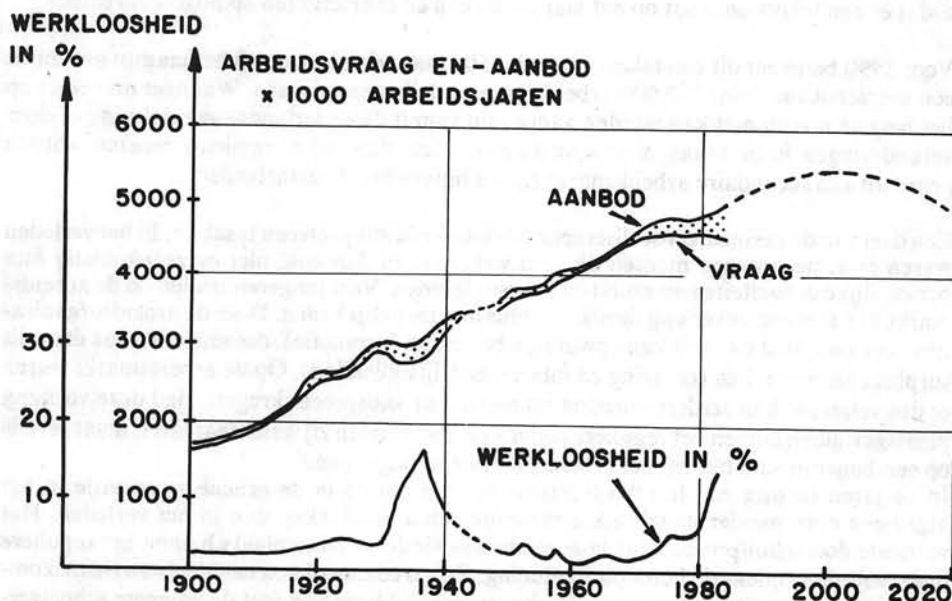
In het licht van het gesignaleerde tekort op het laagste niveau en het grote overschot bij de hoogste niveaus kan worden vastgesteld dat deze kwalitatieve discrepantie geleidelijk zal verdwijnen door een aantal in elkaar overlopende processen:

- Een verticaal doorschuifproces van de hogere naar de lagere niveaus. Dit zou zelfs zover kunnen gaan dat te verwachten tekorten op het laagste niveau omslaan in een werkloosheid die voor een deel wordt gedragen door de laagst gekwalificeerden.
- Een werkloosheid voor de hogere opleidingsniveaus, hetgeen de relatieve loonkosten voor deze niveaus zal verlagen. Hierdoor zal enerzijds de ondernemingsvraag naar deze niveaus worden verhoogd en anderzijds het betreffende arbeidsaanbod op den duur worden verlaagd.
- Een toenemende automatisering zal veel arbeid op laag niveau opheffen en er zullen nieuwe functies op hoger niveau ontstaan. (systeemtechnici, geschoold onderhoudspersoneel voor de apparatuur en programmatuur). Deze snel veranderende beroepenstructuur zal veel inspanning vergen t.a.v. bij- en herscholing.
- De economische drang om de kapitaalintensieve automatiseringsapparatuur in ploegendienst in te zetten zal een toenemende vraag op hoger niveau opleveren. In de Verenigde Staten zijn zelfs al voorbeelden van ontwerpafdelingen, waar samen met de komst van (dure) computergestuurde ontwerpparatuur de ploegendienst is ingesteld.

### 3.3 Verdeling van het arbeidsvolume

Het grote aandeel van loonkosten in de produktiekosten wordt veelal van grote betekenis geacht voor de nederlandse concurrentiepositie, omdat dat aandeel in andere industrielanden veelal lager is. Anderzijds wordt ingezien dat tegenover de verlaging van loonkosten door middel van verdere automatisering, de toename staat van maatschappelijke kosten die het gevolg zijn van een groeiende werkloosheid.

In figuur 3.4 is de ontwikkeling van het aanbod en de vraag naar arbeid aangegeven.



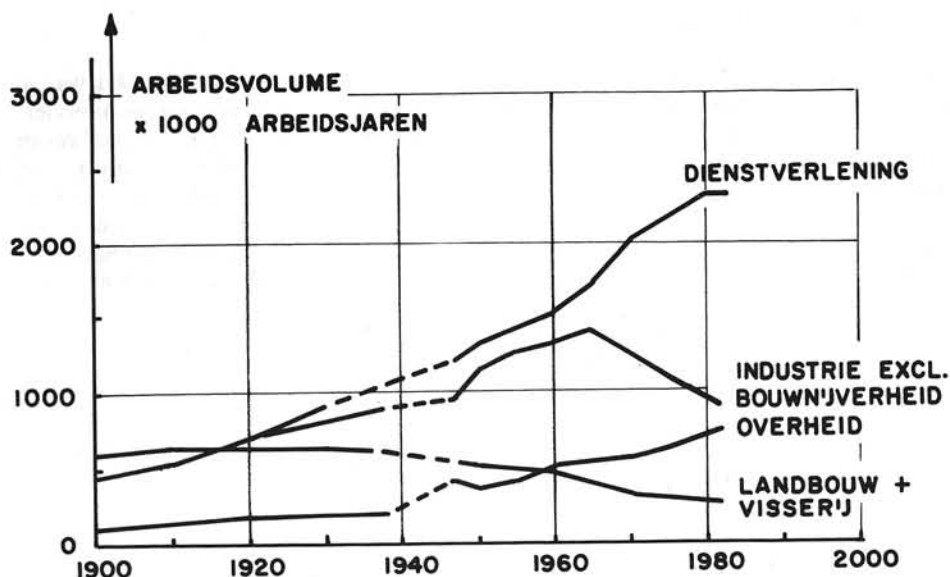
**Figuur 3.4** Ontwikkeling van vraag en aanbod van arbeid in Nederland van 1900 tot 1982. De discrepantie, de geregistreerde werkloosheid, is weergegeven in procenten van het aanbod.

Bron: CBS.

In het begin van de jaren zeventig treedt een stabilisatie van de vraag op, terwijl het aanbod gestaag blijft toenemen. Doordat in het begin van de jaren tachtig de vraag door de huidige recessie zelfs gaat afnemen, stijgt de werkloosheid tot ongekende hoogte.

Mede door de verhoging van het onderwijsniveau is er een groeiende voorkeur van werknemers, vooral zij die voor het eerst aan het arbeidsproces deelnemen, voor werkgelegenheid in de dienstverlenende sector. Deze sector en de overheid hebben na de Tweede Wereldoorlog de grootste groei te zien gegeven. In figuur 3.5 zijn de groei en de verdeling van het arbeidsvolume in Nederland weergegeven.

Behalve de afname van het aandeel van de beroepsbevolking in de landbouw en visserij door de mechanisatie en automatisering (1900: ca. 35%; 1980 iets minder dan 6%), is de in 1965 ingezette daling van het aandeel van de industrie opmerkelijk (van ruim 30% in 1965 tot minder dan 20% in 1982). Deze afname lijkt voorlopig niet te stoppen en een teruggang tot ongeveer 10% van de beroepsbevolking die in de industrie werkzaam is, wordt door velen mogelijk geacht.



**Figuur 3.5** Groei en verdeling van het arbeidsvolume in Nederland tussen 1900 en 1982.

Bron: CBS.

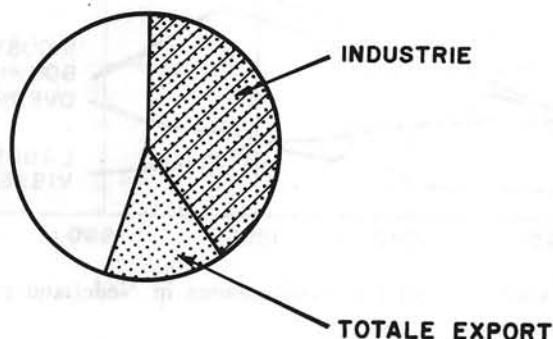
Omdat de produktiviteitsstijgingen op dit moment groter zijn dan de omzetsstijgingen, zal er voorlopig, mede door de recessie, uit de industrie een netto uitstoot van arbeid blijven bestaan. Tot nu toe werd de verdwijnende industriële werkgelegenheid opgevangen door een toenemend aantal banen in de dienstverlenende sector. Maar ook daar slaan de automatisering en de recessie toe. De werkgelegenheid in de tertiaire sector stabiliseert en zal, zeker wat betreft administratieve werkzaamheden, in de toekomst afnemen.

De toename van het arbeidsvolume en de afname van het beschikbare werk dwingen ons tot een betere verdeling; bijvoorbeeld door een combinatie van minder werkuren per week, werkweken per jaar en werkjaren op een mensenleven. Dit is niet anders dan een voortzetting van een historische tendens: rond de eeuwwisseling werkte men zo'n 3000 uur per jaar, nu minder dan 2000. Er zijn alternatieven om opleiding, arbeid en vrije tijd over de totale levensperiode te verdelen. De vraag hierbij is of veranderingen in het arbeidsproces (in het bijzonder de automatisering) hieraan een bijdrage kunnen leveren. De problemen en tekortkomingen van onze huidige levenspatronen zullen groot moeten worden om ons in de richting van die alternatieve patronen te bewegen. Het zijn sterke krachten, zoals onze natuurlijke levenscyclus, arbeidsorganisatie en competitiedwang, die ons in het huidige patroon houden.

Een goede gedachte is de industrie in plaats van verschafter van werk, steeds meer verschafter van inkomsten te laten worden. Inkomsten dat nodig is om onze verzorgingsstaat in stand te houden en om nieuw te creëren banen in de dienstverlenende sector te financieren. Maar dan zal de industrie eerst de verlorengegangene concurrentiekracht terug moeten krijgen om financieel weer gezond te worden, onder andere door vergaande automatisering en daarmee is de cirkel rond (zie hoofdstuk 11).

### 3.4 De afzetmarkt

In de afgelopen 20 jaren is de industriële productie in volume verdubbeld. Dat was in belangrijke mate te danken aan de industriële export die in genoemde periode ruim verviervoudigde. Meer dan de helft van ons nationaal inkomen wordt op dit moment verkregen door export van goederen en diensten. Van iedere gulden die in Nederland wordt verdiend (in toegevoegde waarde) is bijna 45% afkomstig uit het buitenland. De industrie zorgt voor ruim 70% van deze export, die zich kenmerkt door de groeiende internationale concurrentie. (zie figuur 3.6). De WRR heeft becijferd dat het aandeel van de export in het nationaal inkomen tegen het jaar 2000 ongeveer 75% zal kunnen bedragen tegenover 60% nu.



**Figuur 3.6** (Industriële) export in relatie tot het nationaal inkomen.

Bron: CBS.

Verzekering van een marktaandeel is op dit moment alleen nog te bereiken als de producent zich steeds meer op de individuele wens van de consument gaat richten. Stijging van het aantal varianten van een produkt heeft uitwerking op het produktenpakket en de produktie-aantallen. Om een economische produktie zeker te stellen, moet de onderneming vroegtijdig onderkennen langs welke weg zij voor langere tijd haar positie denkt te behouden. Consequente rationalisering van de produktie in het binnenland of produktiekostenverlaging door uit te wijken naar landen met een lagere kostenstructuur zijn voorbeelden van alternatieve ondernemingsstrategieën.

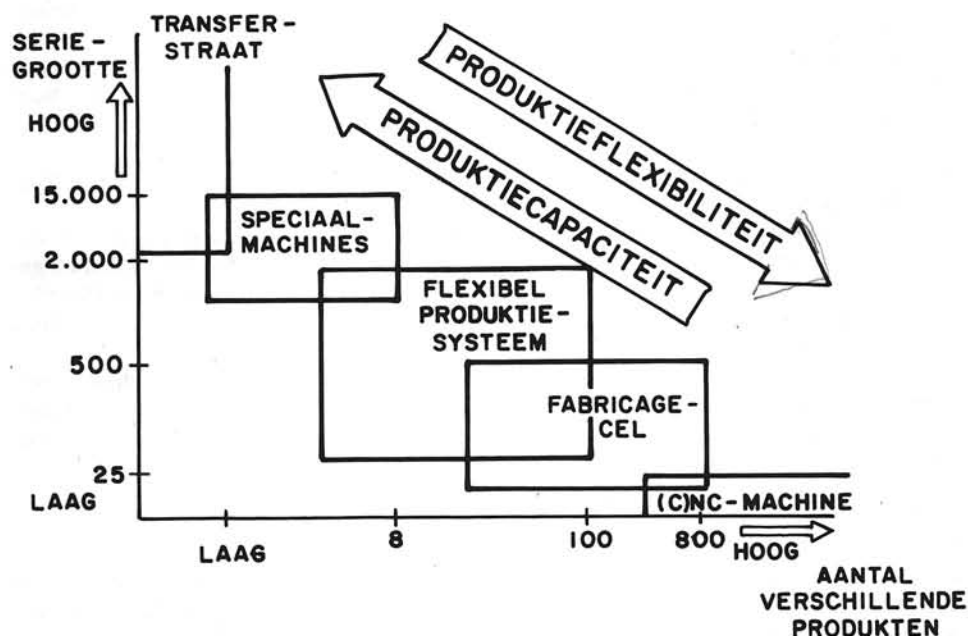
Bij het op de lange termijn dalen van de industriële beroepsbevolking en bij het huidige aandeel van de personeelskosten aan de totale kosten van de onderneming is de wens te kunnen blijven concurreren op de internationale markt door een stijging van de arbeidsproductiviteit te vervullen. Dat wil zeggen door een effectieve inzet van de beschikbare gekwalificeerde arbeidskrachten.

Door toenemende internationale concurrentie, modetrends en technische ontwikkelingen wordt de periode waarbinnen een produkt economisch verantwoord kan worden geproduceerd korter. De marktvraag verschuift sneller dan voorheen naar nieuwe of vernieuwde produkten. Voor de massa- en grootseriefabricage heeft dit de consequentie dat de star geautomatiseerde produktiemiddelen soms nog niet zijn afgeschreven als de produktie afloopt. Een oplossing hiervoor is het inbouwen van zoveel flexibiliteit dat deze produktie-apparatuur eenvoudig kan worden omgebouwd voor een nieuw of een vernieuwd produkt. De apparatuur kan over een groter aantal produkten worden afgeschreven en men heeft produktietechnisch de mogelijkheid sneller op marktontwikkelingen te reageren. De flexibiliteit kan nog verder worden uitgebreid, zodanig dat niet alleen op de lange

termijn (levenscyclus van een produkt), maar ook op de korte termijn (weken, dagen of zelfs uren) snel kan worden omgebouwd of omgesteld. Dan kunnen verschillende produkten op een produktielijn worden geproduceerd en kan, afhankelijk van de directe marktvraag, in kleine series worden gewerkt. Dit levert voordelen op voor de interne doelmatigheid, zoals kleine (tussen)voorraden, kortere doorlooptijden en kortere levertijden. Het resultaat is een slagvaardiger concurrentiepositie en een kleiner beslag van voorraden en onderhanden werk op de vlottende activa.

Kenmerkend voor de kleinserie- en enkelstuksfabricage is een sterk variabel en moeilijk te structureren productieproces, dat nu nog vrij arbeidsintensief is. Uit onderzoek is gebleken dat een werkstuk in de fabricage slechts gedurende 5% van de totale verblijftijd wordt bewerkt. De rest van de tijd wordt het getransporteerd of ligt het te wachten. Iets dergelijks doet zich voor bij het gebruik van bewerkingsmachines. In de kleinseriefabricage komt het voor dat zo'n machine slechts gedurende 15% van de beschikbare tijd produceert. De automatiseringsgraad is zeer laag vergeleken met de vergaand gemechaniseerde massafabricage. Toenemende concurrentie maakt produktiviteitsverbetering nodig. Dit vraagt automatisering met behoud van zoveel mogelijk flexibiliteit.

De voor het behoud van het marktaandeel noodzakelijke investeringen zullen, gezien de huidige verhouding tussen eigen en vreemd vermogen, een zwaar beslag leggen op de financiële middelen van de onderneming. Nieuwe financieringsvormen, zoals leasing, vinden op dit moment ingang om de noodzakelijke produktiemiddelen te kunnen aanschaffen. Ook in de kleinserie- en enkelstuksfabricage zal door deze investeringen uit economische overwegingen een tendens ontstaan tot langere bedrijfstijden.



**Figuur 3.7** Relatie tussen seriegrootte en het aantal verschillende produkten. Door externe druk bestaat een behoefte aan toenemende flexibiliteit; door interne druk ontstaat een behoefte aan toenemende produktiviteit.



Productie-automatisering brengt in de meeste gevallen produktiviteitsvergroting met zich mee. De binnenlandse markt is beperkt, zodat de produktiviteitsvergroting op de export gericht zal moeten zijn. Dat is niet eenvoudig, want bijna iedereen in de geïndustrialiseerde landen kiest voor deze oplossing. Landen als de Verenigde Staten, Westduitsland, Frankrijk en Japan hebben ondubbelzinnig gekozen voor flexibele productie-automatisering, zowel in de bedrijfspolitiek als in de overheidspolitiek. In zo'n beleid zou het verstandig zijn veel aandacht aan het gebied buiten de EEG te besteden (ongeveer 70% van onze export gaat naar EEG-landen). De EEG is volgens OESO-voorspellingen voor de komende jaren een van de tragere ontwikkelingsgebieden in de wereld. Voor het opdoen van exportervaring biedt de EEG een goede mogelijkheid, maar de kansen liggen buiten de EEG. Een probleem is echter dat deze markten dan wel over de financiële middelen moeten beschikken om deze goederen te kunnen aanschaffen.

### 3.5 De techniek

De micro-elektronica speelt een belangrijke rol bij de ontwikkeling van produkt en productieproces. Wederzijdse beïnvloeding van produkt en productie levert een extra dimensie aan deze ontwikkeling. Door de toepassing van micro-elektronica in produkten neemt het aantal onderdelen waaruit een produkt is samengesteld, af. Tegelijkertijd zien we een verschuiving van analoge naar digitale technieken, waardoor de mogelijkheden en betrouwbaarheid van deze onderdelen toenemen. De vermindering van het aantal onderdelen leidt tot een vermindering van de arbeidsinhoud van een produkt. Doordat de kwaliteit van het produkt toeneemt, zal een langere levensduur van het produkt het gevolg zijn; dit laatste leidt in principe tot een verkleining van de (vervangings)markt.

Daarnaast vraagt de toenemende dynamiek van de markt een grote diversiteit van produkten. Door de internationale concurrentie is produktontwikkeling sterk op de klant gericht; dit leidt tot snelle introductie van technische vernieuwingen. Hierdoor wordt de levenscyclus van een produkt steeds korter (de levenscyclus van audio-apparatuur is op dit moment al kleiner dan een jaar).

In het productieproces wordt micro-elektronica geïntroduceerd om een toename van doelmatigheid, flexibiliteit en kwaliteit te verwezenlijken.

Veelal wordt micro-elektronica toegepast voor het automatisch doen verrichten van bepaalde handelingen in overigens onveranderd gebleven processen. Om het grootste mogelijke effect uit de toepassing van micro-elektronica te halen, moet ook het proces worden aangepast aan de nieuwe mogelijkheden en moet ook het menselijk handelen daaromheen worden aangepast.

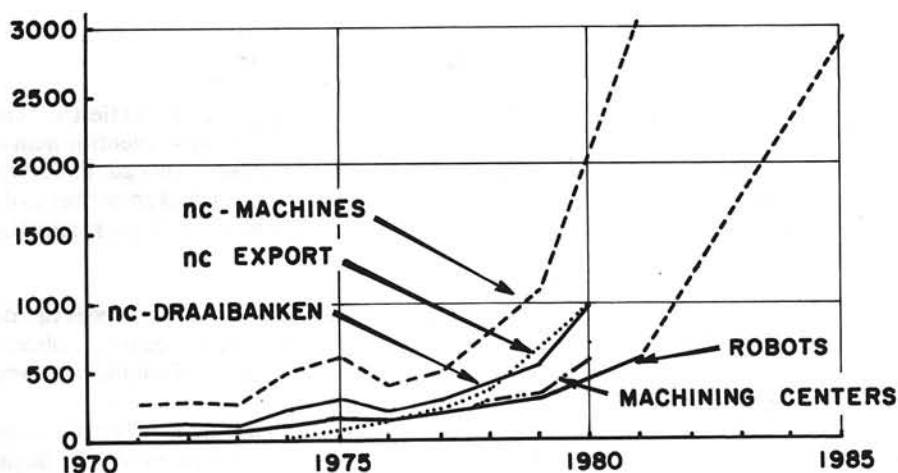
De vervanging van traditionele menselijke of (elektro-)mechanische besturing door micro-elektronica heeft vaak tot gevolg: vervanging van mechanische beperktheid door elektronische flexibiliteit. Voorts kan zij een bijdrage leveren aan besparing op energie en grondstoffen en aan de verhoging van de kwaliteit van het produkt.

Welke ontwikkelingen zijn in de komende 5 à 10 jaar te verwachten?

De benodigde techniek is in principe voorhanden. Gaat men de relatieve technische volwassenheid van een aantal automatiseringstechnieken in de productie in Nederland na, dan krijgen bedrijfsmechanisatie, sequentiële besturing en numerieke besturing een goede volgende. Andere technieken, zoals adaptieve besturing, hogere vormen van numerieke besturing, flexibele fabricage-systemen en koppeling tussen 'computer aided design' en 'computer aided manufacturing' staan nog aan het begin van hun ontwikkeling. In figuur 3.8 is de explosieve ontwikkeling van nc-machines en industriële robots in Japan weergegeven. Industriële robots zijn vrij programmeerbare produktiemachines voor het hanteren

van producten of speciale gereedschappen. Het valt op dat de groeicurve van industriële robots, een noodzakelijk onderdeel voor een flexibel fabricagesysteem, de curve van nc-machines op ongeveer 5 jaar volgt.

¥ 100 MILJOEN



**Figuur 3.8** Groei van nc-machines en industriële robots in Japan.

Bron: Industrial Robots in the Japanese Economy, 1981.

De technische ontwikkeling van industriële robots is nog helemaal in de beginfase, maar hun toepassing maakt op het ogenblik een stormachtige ontwikkeling door en zal in de komende decennia een zeer grote invloed hebben op de automatisering in de produktie (zie STT-publikatie no. 34). Belangstelling voor de toepassing van industriële robots is enerzijds voortgekomen uit de gestegen eisen die aan de kwaliteit van het werk worden gesteld en anderzijds uit de nieuwe mogelijkheden van goedkope micro-elektronica voor betere en flexibeler besturing. Industriële robots worden nu toegepast bij voeding en ontlading van produktiemachines en bij lassen en verfspuiten, maar het grootste potentieel ligt in de montage. Het grote struikelblok is nu nog het ontbreken van gezicht en tastzin. In hoofdstuk 5 wordt dieper ingegaan op de huidige en toekomstige ontwikkelingen van de produktiemiddelen.

## 4. Bedrijfsstrategie

Waar liggen de mogelijkheden voor een onderneming te reageren op de verwachte ontwikkelingen buiten de onderneming? Om een antwoord op deze vraag te vinden, worden eerst de knelpunten in de huidige produktiestructuren nader beschouwd.

### 4.1 Knelpunten in de huidige produktiestructuur

Sedert het begin van de industrialisatie wordt de ontwikkeling van de produktiestructuur bepaald door de eis van voortdurende produktiviteitsverbetering. Taylor's 'scientific management' gaf een aantal regels waarmee de produktiviteit kon worden verhoogd. In de huidige produktiestructuren herkennen we de Tayloriaanse scheiding van denken en doen in de sterke taakdeling, de starre mechanisaties, de grootschaligheid, de vele hiërarchische niveaus en de functionele organisatie.

De flexibiliteit van een organisatie wordt bepaald door zijn eenvoud. Als het proces van de besluitvorming over meer niveaus moet lopen, zal de besluitvorming steeds trager plaatsvinden, los van het feit dat het wel eens ontbreekt aan juiste probleemdefinities, waardoor een juiste besluitvorming onmogelijk is.

Lange doorlooptijden zorgen naast een groot beslag op de vlottende activa voor een trage terugkoppeling van de klant naar de ontwerper. Doorlooptijden van 3 maanden van begin van de productie tot de levering aan de klant zijn heel normaal. De grootschaligheid leidt tot een onflexibel en bureaucratisch geheel, waardoor de slagvaardigheid afneemt.

Niet alleen de markt stelt steeds hogere eisen aan het produkt. Om automatisering door te voeren, moet in toenemende mate het productieproces eenduidig kunnen worden beschreven. Hoge kwaliteitseisen zijn nodig om onnodige uitval te voorkomen en een continue produktiestroom te garanderen. Hogere kwaliteitseisen leiden op hun beurt weer tot automatisering, omdat het kwaliteitsniveau niet meer door mensen is te realiseren.

Op dit moment is er in de productie een scherpe scheiding tussen uitvoerende en regulerende functies. Deze scheiding doorkruist functioneel werkoverleg. Daarnaast zijn loonsystemen ontworpen als functie van de productie-organisatie en de door belasting en sociale premies ver doorgevoerde nivellering vermindert de motivatie voor doelmatige productiearbeid.

Directe arbeid bepaalt nog slechts voor een klein deel de kosten van een produkt. Materiaalkosten en indirecte arbeid nemen veelal het grootste deel van de kostprijs voor hun rekening. Invoering van flexibele productie-automatisering op de werkvloer zal daarom weinig direct voordeel op de kostprijs opleveren. Vermindering van het aantal onderdelen, bijvoorbeeld door de toepassing van micro-elektronica, zal in het algemeen de kostprijs zelfs meer beïnvloeden.

De baten van flexibele productie-automatisering zijn in een kosten-baten analyse slechts gedeeltelijk te berekenen. Het probleem is dat doelmatigheid, flexibiliteit en kwaliteit nauwelijks te kwantificeren zijn. In feite heeft flexibele productie-automatisering alleen zin als de hele organisatie flexibel is. Een flexibiliteit die een slagvaardig beleid toestaat, opdat snel op de wens van de klanten kan worden ingespeeld, waarbij tegelijkertijd een produkt van hoge kwaliteit en met een scherpe prijs kan worden geproduceerd. Derhalve is een integrale beleidsvorming ten aanzien van de productie-organisatie nodig.

## 4.2 Bepaling van de strategie

De eerste stap bij het bepalen van een bedrijfsstrategie is een analyse van de concurrentiepositie: hoe is de concurrentie ten aanzien van het produkt, de markt, de distributie enz.? Dit vraagt een onderzoek naar buiten naar het aantal en soort concurrenten.

Het is van belang een antwoord te hebben op klassieke vragen als: wat maken wij voor welke markt en welke veranderingen verwachten wij?

Deze strategische gegevens moeten zijn bepaald voordat men zich nader kan oriënteren hoe de produktie moet worden gerealiseerd. Bij deze oriëntatie wordt bepaald of voor de betreffende markt een zekere mate van flexibiliteit nodig is. Deze flexibiliteit heeft dan bijvoorbeeld betrekking op de samenstelling van het produktenpakket: maak ik meer dan één produkt tegelijkertijd en worden deze produkten onafhankelijk van elkaar op de markt gebracht? Hierdoor zijn de aantallen verkochte produkten niet aan elkaar gerelateerd en moet de produktielijn deze veranderingen kunnen opvangen (mixflexibiliteit, zie 6.2).

Evenzo moet men zich bezinnen over volume-flexibiliteit. In een aanloopfase is het aantrekkelijk als de produktielijn eenvoudig is uit te breiden tot de geplande maximale produktie. Het is dan van belang dat alle produktiemiddelen tijdens dit aanloopproces steeds een zo groot mogelijke bezettingsgraad hebben. Bij een afnemende vraag geldt hetzelfde. Kan bij een afzettaling van het produkt de produktie worden verminderd of de opvallende produktiecapaciteit worden gebruikt voor een ander (nieuw) produkt? Verder kan men nog over flexibiliteit spreken als van één basisprodukt, door het toevoegen van een aantal onderdelen, een groot aantal varianten kan worden geleverd.

Ten slotte de meest besproken flexibiliteit: de snelheid waarmee een produktielijn aan een nieuw produktontwerp kan worden aangepast. Deze flexibiliteit wint aan belang als aan het einde van de levenscyclus van een produkt de betreffende produktie terugloopt en de produktie-apparatuur nog niet is afgeschreven. Hierbij komt ook de ontwikkeling van een cad-systeem naar voren, mede omdat dit systeem onder andere het voordeel heeft de produkt- en produktie-informatie reeds in digitale vorm te bezitten, zodat veel informatie eenvoudig kan worden doorgeven aan geautomatiseerde flexibele produktie-apparatuur. Een geheel geautomatiseerd systeem van ontwerp tot en met de vervaardiging van het produkt wordt dan mogelijk. Het is een systeem dat is gebaseerd op een gezamenlijk gegevensbestand voor het ontwerp, de planning en de produktie. Deze veranderingen zullen niet in eens kunnen worden gerealiseerd, maar dienen gefaseerd te worden ingevoerd. Gezien de ingrijpende gevolgen van het invoeren van deze computergesteunde technieken voor de structuur en het functioneren van de onderneming op de lange termijn, is een visie op de gewenste toekomst van de organisatie nodig en bepalend voor de te volgen aanpak.

Een studie naar de uitvoerbaarheid van de gewenste flexibele produktie-automatisering kan de verstrekkendheid van de gevolgen op de hele onderneming in kaart brengen. De vele afdelingen en disciplines die bij de invoering en toepassing van flexibele produktie-automatisering zijn betrokken, maken het instellen van een projectteam nodig. De uitkomst van de studie is positief als de automatisering zowel verantwoord als uitvoerbaar is. Daarnaast moet deze uitkomst zijn gerechtvaardigd ten aanzien van de doelstellingen van de onderneming.

Het is niet zo zeer de vraag of deze technieken zullen worden ingevoerd, maar hoe het bedrijf ze kan gebruiken en hoe ze kunnen worden ingevoerd. Hoe doelmatiger en flexibeler een bedrijf moet zijn om zich op de markt te kunnen handhaven, des te groter is de noodzaak deze computergesteunde technieken toe te passen. Deze technieken moeten zoveel mogelijk integraal worden toegepast: het geheel levert meer op dan de som der delen. Anders gezegd: het integraal toepassen van de verschillende computergesteunde technieken levert grotere voordelen op dan de afzonderlijke technieken.

Deze integrale aanpak brengt met zich mee dat er een grotere onderlinge afhankelijkheid tussen de verschillende afdelingen zal ontstaan. Het is dan ook van groot belang dat tijdens het veranderingsproces de leiding een goed beeld voor ogen heeft van het einddoel. Bepalend voor de koers is de uiteindelijk gewenste situatie ten aanzien van structuur en functioneren van de onderneming, of, anders gezegd, het hebben van een toekomstvisie. Voor de optimalisering van het hele productieproces moeten suboptimalisaties worden vermeden; om dit de verschillende afdelingen duidelijk te kunnen maken, vergt een goed inzicht in de gewenste eindsituatie.

### 4.3 Uitwerking van een strategie

Het is duidelijk dat er een optimale conditie is, welke op een bepaald moment een evenwichtstoestand mogelijk maakt tussen investering (automatisering) en produktkosten (volume, marktaandeel).

Deze evenwichtstoestand leek een aantal jaren geleden te zijn bereikt en slechts te kunnen worden verstoord door fusies, opkopen enz. Optimalisatie binnen de markt leek niet verder mogelijk, waardoor de prijzen langzaam omhoog gingen. Dit werd eigenlijk als een gegeven aanvaard.

Maar op dit moment doen zich krachtige ontwikkelingen voor in elektronica en informatica, waardoor gegevens sneller kunnen worden verwerkt en opgevraagd.

Juist in een tijd dat prijsverhogingen onontkoombaar lijken, wordt het mogelijk die prijsverhogingen tot stilstand te brengen door andere productiebesturingsmethoden toe te passen. Besturingsmethoden waarmee beter en sneller wordt gereageerd op de marktvraag.

Maar het is de vraag tegen welk offer en met welk rendement?

Flexibele productie-automatisering kan het juiste instrument zijn om enerzijds commercieel een redelijke opbrengst te garanderen en anderzijds het kapitaalbeslag binnen de perken te houden. Maar is het wel zo eenvoudig, zo technisch, zo cijfermatig?

Men is geneigd de japanse methoden hier onverkort over te nemen; helaas zal dat niet lukken. Flexibele productie-automatisering is geen middel, maar een methode; het is geen machine, maar een bedrijfsfilosofie.

Een robot plaatsen is verhoudingsgewijs simpel in vergelijking met de introductie van flexibele productie-automatisering.

Waarom deze waarschuwingen? Om de eenvoudige reden dat alles in het bedrijf moet worden aangepast aan dit nieuwe fenomeen. Innovatie is geen kwestie van een produkt of van het produceren, maar van het management en de organisatie van de onderneming.

Er zal ongetwijfeld nog wel worden gedacht dat men flexibele productie-automatisering als het ware zo maar (zij het nauwkeurig voorbereid) zou kunnen bestellen, c.q. laten maken. Dat geldt echter alleen voor de apparatuur. Veel groter en belangrijker zijn de achterliggende veranderingen, zoals de gedaanteverandering van de ontwerp- en constructie-afdeling, de werkvoorbereiding, de productieplanning, de gereedschapconstructie-afdeling enz.

Iedereen moet zodanig op het flexibele productie-automatiseringssysteem inspelen dat de sterkte en dus de waarde van het systeem tot hun volle recht komen. Daarnaast moet het systeem aansluiten op de behoefte van de mensen (zie hoofdstuk 8).

In feite zou dit betekenen dat het klein- en middelgrote bedrijf meer of in ieder geval eerder geschikt is voor de introductie en toepassing van flexibele productie-automatisering dan het grote bedrijf. Dit is slechts ten dele waar, omdat wel het voordeel aanwezig is van een korte organisatie, maar er is meestal geen brede structuur.

Toch kan omtrent de optimale bedrijfsgrootte niet worden gegeneraliseerd. Er zullen altijd specifieke omstandigheden zijn wat betreft produkt en markt die samen met de wil flexibele productie-automatisering toe te passen, tot succes kunnen leiden.



Wat betekent dit nu voor het bedrijf?

In de eerste plaats zijn nodig een goede afbakening van het produktenscala en een optimale vastlegging van het marktsegment en de doelgroep; niet slechts vaststellen dat het bedrijf bijvoorbeeld pompen maakt, maar voor:

|                     |                                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------|
| welk doel           | - water, gas enz.                                   |
| welke capaciteiten  | - x dm <sup>3</sup> /hr - y m <sup>3</sup> /hr enz. |
| welke markten       | - binnenland, EEG enz.                              |
| welke klanten       | - cv-installateurs, waterleiding                    |
| welke aandrijvingen | - elektrisch, snaar enz.                            |
| welke aansluitingen | - metrisch, duims enz.                              |
| welke bevestigingen | - buisframe, star enz.                              |

Door deze eerste inventarisatie ontstaat inzicht in het produktenpakket dat men zou moeten kunnen bieden. Het is een gewoonte van de verkoop- en marketingafdeling dit pakket altijd te groot te definiëren om nooit nee te hoeven verkopen. Het is immers veel makkelijker alles aan te bieden. Het resultaat is niet alleen een dikke catalogus, maar ook een vol magazijn.

De kunst is het produktenpakket zo te versnijden dat men eerst gaat segmenteren. Dan blijkt al vrij snel dat door modulaire opbouw zodanig kan worden gecombineerd dat pompen op maat kunnen worden samengesteld.

Het resultaat hiervan is niet een aantal verschillende pompen, maar een aantal

- aanzuigstukken
- pomphuizen
- rotors
- persstukken
- pompvoeten
- aandrijfsegmenten enz.

Hiermee is dus al een vol niveau in de productiecyclus afgedaald. Een dergelijke cyclus kan slechts succesvol verlopen door een optimale samenwerking tussen verkoop, marketing en constructie-afdeling.

Een tweede cyclus kan zijn: de verschillend toegepaste constructies zorgvuldig te vergelijken en raakvlakken zo te bepalen dat er constructief gelijke delen worden gemaakt met alleen een verschil in dimensionering. Ook deze cyclus kan alleen succesvol worden afgesloten door onderlinge samenwerking tussen constructie-afdeling, werkvoorbereiding en productie.

Het is duidelijk dat het steeds opnieuw verlagen van het productiecyclusniveau en het steeds opnieuw herbezinnen op de vraag hoe met zo veel mogelijk standaardisatie (dus zo min mogelijk complexiteit) zo veel mogelijk diversiteit kan worden aangeboden, uiteindelijk hun weerslag vinden in alle afdelingen, van inkoop verpakkingsmateriaal tot en met de verkoopprijslijst.

Maar vooral voor de productie ontstaan nu nieuwe mogelijkheden. Immers, de modulaire opbouw en de identieke onderdelenpakketten scheppen de mogelijkheid tot uniformering van werkvoorbereiding, gereedschappen, stuklijsten, bewerkingsgangen enz.

Een derde cyclus, die veelal parallel aan de tweede zal dienen te lopen, is de prijsopbouw en de prijsvaststelling. Ook daarvoor is de hulp van de marketing- en verkoopafdeling nodig. Nu ligt echter het zwaartepunt van de actie op seriegrootte, fabricagekosten, bewerkingsvolgorde, bewerkingsmethode, materiaalsoorten enz., kortom op produktietechniek.

Het is voorspelbaar dat deze cyclus meer dan tweemaal dient te worden doorlopen, bijvoorbeeld eenmaal voor de huidige situatie en een aantal malen voor het geval dat een gewijzigde techniek zou worden toegepast.



Ongeacht de keuze die op papier is gemaakt, bieden de uitgevoerde exercities de mogelijkheid het productieproces planmatig op te zetten en naast de omschreven trajecten in te vullen: tijdschema, (planning)kosten, routing enz.

In feite komt hier het eerste grote probleem om de hoek kijken, namelijk hoe wil de onderneming reageren op de markt qua levertijd, hoeveelheid enz. Of, anders gesteld, wat kan de onderneming zich permitteren qua hoeveelheid gereed produkt, onderhanden werk en grondstoffen ten opzichte van de kostprijs?

Alvorens in te gaan op de nu aanwezige mogelijkheid tot het kiezen van een produktietechniek is het van belang enkele zaken op een rij te zetten die min of meer stilzwijgend zijn geïntroduceerd.

Zonder een bepaalde volgorde aan te houden, zijn dat:

- uniformering van het ontwerp,
- standaardisatie van delen,
- uniforme constructiemethoden,
- uniforme werkvoorbereiding,
- continue evaluatie van de kwaliteitseisen,
- systematische planning van behoeften,
- integratie van organisatie.

Al deze zaken vormen de fundamenteën voor mechanisering of automatisering van het productiebegeleidingsproces. Het zal duidelijk zijn dat de invoering van dergelijke methodes en systemen een wezenlijke bijdrage levert tot het verbeteren van de doelmatigheid, ook als er in het productieproces zelf geen wijzigingen worden aangebracht.

Twee elementen dienen nog te worden toegevoegd, namelijk:

- de opbouw van de kostprijs tijdens de productie, met als kenwoord produktiviteit;
- de aanpassingssnelheid of mogelijkheid tot aanpassen aan ontwerp, aantallen, typen, met als kenwoord flexibiliteit.

We kunnen nu een aantal vragen stellen, zoals:

- Wat is onze produktiemethode?
- Welke andere mogelijkheden zijn er?
- Wat zijn de consequenties?
- Wat is onze produktiviteit?
- Wat is ons kwaliteitsniveau?
- Hoe doelmatig werken wij?
- Hoe effectief werken wij?
- Hoe is het bij anderen?
- Wat is eigenlijk haalbaar?
- Hoe snel wordt een ontwerp produktierijp gemaakt?
- Hebben wij veel wijzigingen in het ontwerp?
- Zijn wij erg gevoelig voor eisen van klanten?
- Hoe is ons verkooptraject?

Het is vaak verbijsterend te constateren hoe slecht men het eigen bedrijf kent en de eigen mogelijkheden onderkent. Innovatie begint bij de organisatievorm en niet bij de productie-apparatuur. Elke discipline, elke afdeling, elk individu zal moeten bijdragen in de integrale aanpak van het probleem. Een nc-draaibank is alleen dan optimaal in gebruik als hij continu draait en hij kan alleen continu draaien als zowel het materiaal, het gereedschap en het

programma er zijn. Maar hij moet dan ook draaien wat volgens planning nodig is, zowel kwantitatief als kwalitatief.

Hoe is dit te concretiseren? Er moet een systematisch plan worden gemaakt waarbij aan alles is gedacht om het einddoel in bijvoorbeeld 8 tot 10 jaar te realiseren.

Het einddoel voor de pompenfabriek zou bijvoorbeeld kunnen zijn:

1. Het op de markt brengen van 20 basispompmodellen met de keuze uit 5 aansluitmogelijkheden en 5 aandrijfmogelijkheden en 3 plaatsingsmogelijkheden (dit zijn theoretisch 58.950 verschillende pompuitvoeringen).
2. De meest gangbare modellen zijn tot 10 stuks uit voorraad leverbaar. Voor de overige typen bedraagt de levertijd 2 - 4 weken na ontvangst van de opdracht.
3. De voorraden ruw materiaal en onderhanden werk bedragen maximaal 2 maanden.
4. De bruto opbrengst van productie zal 10% bedragen.
5. Het marktaandeel zal 20 - 25% bedragen en in 8 tot 10 jaar dienen op te lopen tot 30 à 35%.

Door dit plan op te stellen, ontstaat een model waaruit een aantal zaken kan worden vastgesteld, zoals:

- inkooppolitiek,
- investeringsvolume,
- onkostenniveau enz.

Dit model geeft de rekenkundige onderbouwing van het beleidsplan bij niet al te grote macro-economische veranderingen. Het zou te ver voeren het rekenmodel volledig 'macro' in te stellen, maar alleen 'micro' is onvoldoende, vooral aan de somberste kant van de prognose.

De samenvoeging van het doelbeeld en het rekenmodel gaat gepaard met de toevoeging van een derde variabele, namelijk de ondernemerszin van de bedrijfsleiding. Zelfs indien langs dezelfde grove lijn wordt gedacht, kan slagen of falen gevolg zijn van slechts een nuanceverschil in het uitvoeringstraject of het beslissingsmoment. In de huidige situatie is dit patroon beter te beïnvloeden door de innovatiegedachte eerst los te laten op leiding en organisatie en pas als deze zaken aanslaan de materiële kant aan te pakken.

Indien deze weg wordt gevolgd, zien wij een geautomatiseerde celstructuur ontstaan, die na verloop van enige tijd één geheel wordt, dwz zowel fysiek als qua organisatie, administratie enz. Het zoeken naar een aangepaste vorm van automatisering loopt niet via de techniek. Sterker nog: de techniek is het einde van een traject. Het meest wezenlijke heeft reeds daarvoor plaatsgevonden.

## 5. Technische ontwikkelingen

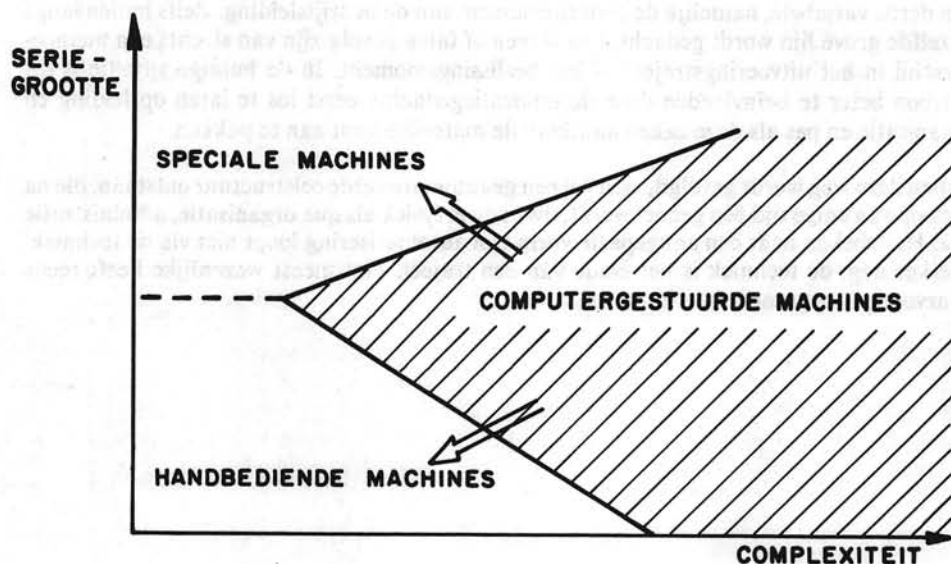
Bij de technische ontwikkelingen in de produktietechniek speelt micro-elektronica een belangrijke rol. Daarnaast zijn andere ontwikkelingen gaande. De laatste jaren zijn de kennis over en het inzicht in de structuur van hardmetalen aanzienlijk verbeterd, hetgeen onder andere heeft geresulteerd in slijtvastere materialen. Hierdoor kan langer met hetzelfde gereedschap worden gewerkt, of kan de snijsnelheid worden verhoogd.

Andere ontwikkelingen vinden plaats in de kunststoffentechniek. Nieuwe kunststoffen worden ontdekt; met bijvoorbeeld koolvezelstructuren kunnen zeer sterke, stijve en lichte constructies worden gemaakt. Veel belangstelling voor dit materiaal is er onder andere in de vliegtuigindustrie, waar het al op bescheiden schaal wordt toegepast. De bewerkingsmethoden voor dit materiaal wijken sterk af van bekende technieken, zoals knippen, draaien, frezen of persen.

Verbindingstechnieken veranderen. Nieuwe lijmen en lijmtechnieken bieden nieuwe mogelijkheden bij de productie en montage van produkten.

Al deze ontwikkelingen versterken elkaar; het gelijktijdig gebruik van automatische bewerkingsmachines, nieuwe materialen en verbeterde produktietechnieken geeft een synergetisch effect. In het kader van deze studie wordt in dit hoofdstuk voornamelijk aandacht geschonken aan de ontwikkeling van de produktiemiddelen.

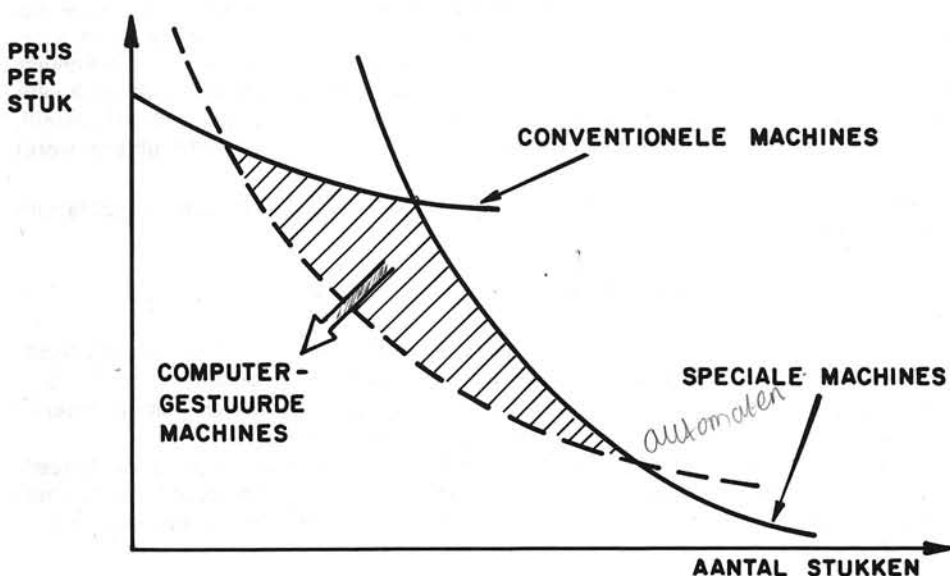
Na classificatie van de produktiemiddelen voor een flexibel productiesysteem wordt ingegaan op de verschillende stadia in die automatisering. Ook andere automatiseringsmiddelen die in een flexibel geautomatiseerde fabriek worden toegepast, worden besproken. Verder worden de basiscomponenten van deze produktiemiddelen behandeld en tenslotte wordt aandacht besteed aan de mens-machine communicatie.



**Figuur 5.1** Het toepassingsgebied van computergestuurde machines in relatie tot serie-grootte en complexiteit van het produkt.  
De pijlen geven aan hoe dit gebied zich ontwikkelt.

## 5.1 Classificatie van de produktiemiddelen in flexibele produktiesystemen.

Naarmate de flexibiliteit van het produktiesysteem toeneemt, zal het toepassingsgebied waar flexibele produktiesystemen rendabel zijn, groter worden. (figuur 5.1 en 5.2).



**Figuur 5.2** Toepassingsgebied van flexibele produktiemachines. Aangegeven is hoe toenemende automatisering en flexibiliteit het toepassingsgebied kan vergroten.

Men onderscheidt bij produktiemachines, vooral in de metaalelektro-industrie de volgende graden van automatisering:

### 5.1.1 Automatische machines (automaten)

Automatische machines zijn reeds lang bekend. Zij vergen geen menselijke tussenkomst, behalve voor het wisselen van gereedschappen, voor het voeden met nieuw materiaal en in de start- en instelfase. De vorm en afmetingen van de produkten worden bepaald tijdens de instelfase. De machines bestaan in enkelvoudige of meervoudige spiluitvoering, met revolvekop of radiaal geplaatste beitelhouders. Programmering gebeurt via stekkerborden (volgorde- en functiekeuze) of door nokken. Dergelijke programmeermethodes laten slechts een beperkt aantal programmastappen toe.

### 5.1.2 Speciale machines

Speciale machines worden gebruikt voor de fabricage van één type onderdeel in zeer grote series. Ze kunnen worden uitgevoerd als machines met een vast opgesteld werkstuk dat benaderd wordt door gereedschappen vanuit verschillende richtingen. Bij index-machines

worden de werkstukken op een cirkelvormige indexeertafel achtereenvolgens aan de verschillende gereedschappen gepresenteerd.

### 5.1.3 Transfarmachines

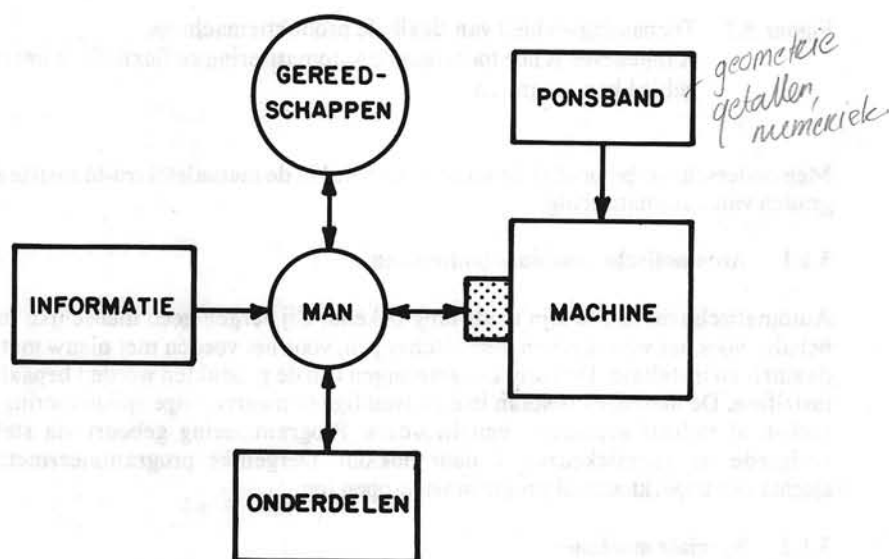
Een reeks eenvoudige bewerkingsstations voor frezen, kotteren, boren en tappen wordt in de voor het werkstuk vereiste bewerkingsvolgorde opgesteld. Hierin kunnen ook inspectie- en montagestations zijn geïntegreerd. De werkstukken worden automatisch getransporteerd door een indexeertafel of door een transportband. In het laatste geval staat het onderdeel al dan niet op speciale pallets. De aanvoer en afvoer van de onderdelen gebeurt hoofdzakelijk met de hand. In een dergelijk systeem is de bewerkingstijd per station constant, hetgeen aanleiding kan zijn tot onderbezetting van bepaalde stations. Dit probleem wordt gedeeltelijk opgevangen door tussenvoorraden.

De flexibiliteit van transfarmachines kan worden opgevoerd door de bewerkingsstations modulair en uitwisselbaar te maken.

### 5.1.4 Numeriek bestuurd bewerkingsmachines (nc-machines)

Nc-machines worden bestuurd op basis van digitale informatie over de baan van de gereedschappen en de volgorde van gebruik. Naar gelang de mogelijkheden onderscheidt men:

- Puntbesturingen, voor bewerkingen als boren, tappen, kotteren en ponsen, waarbij alleen de positie van het gereedschap belangrijk is en niet de baan.
- Baanbesturingen, voor meer complexe bewerkingen, waarbij de baan van het gereedschap belangrijk is: vormfrezen en -draaien. De baan tussen opeenvolgende geprogrammeerde baanpunten wordt lineair of circulair geïnterpoleerd. De baanbesturing is veel complexer en dus veel duurder dan een puntbesturing.



**Figuur 5.3** Bij een nc-machine zijn de machine-instructies geprogrammeerd op een ponsband. De machinebediende selecteert de gereedschappen en laadt en ontlaaadt de machine.



De voordelen van numeriek bestuurd machines zijn:

- verkorting bewerkingstijd (ijlgang, hogere snelheden, grotere vermogens);
- verkorting neventijden (gereedschapstijden, laden en lossen, insteltijden);
- systematisering van de werkvoorbereiding en daardoor betere kennis van de produktiekosten;
- complexe vormen zijn sneller en eenvoudiger te genereren;
- snellere aanpassing aan produktveranderingen.

Hierdoor stijgt de produktiviteit van de werkplek. Daar staat tegenover:

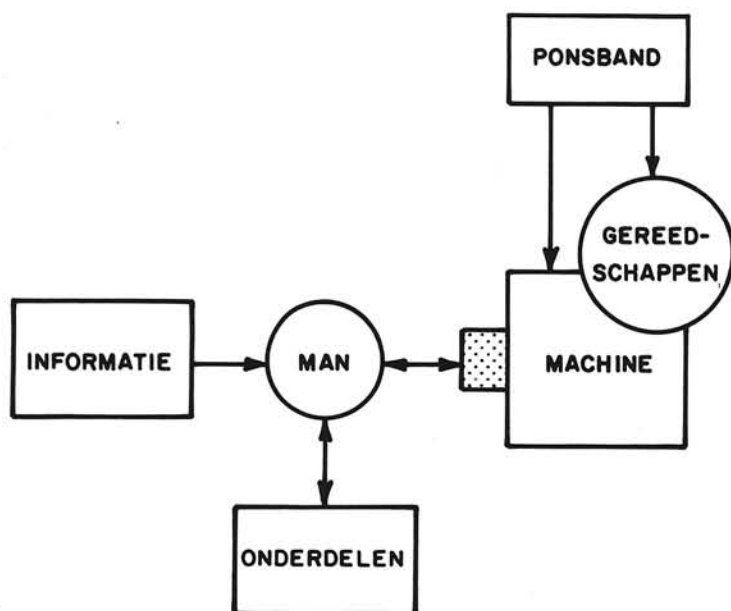
- hogere investeringen;
- meer en anders geschoold personeel voor programmering en onderhoud;
- meer voorbereiding en planning (tijd en infrastructuur).

## 5.2 Stadia in de flexibele automatisering

De evolutie in de nc-techniek heeft verscheidene stadia van automatisering doen ontstaan.

### 5.2.1 Conventionele nc-machines

Dit zijn klassieke machines voor typisch één bewerking, bestuurd door een programma op ponsband of magnetische cassette. De digitale informatie op de ponsband wordt omgezet in bewegingscommando's aan de motoren van de verschillende bewegingsassen (figuur 5.3).



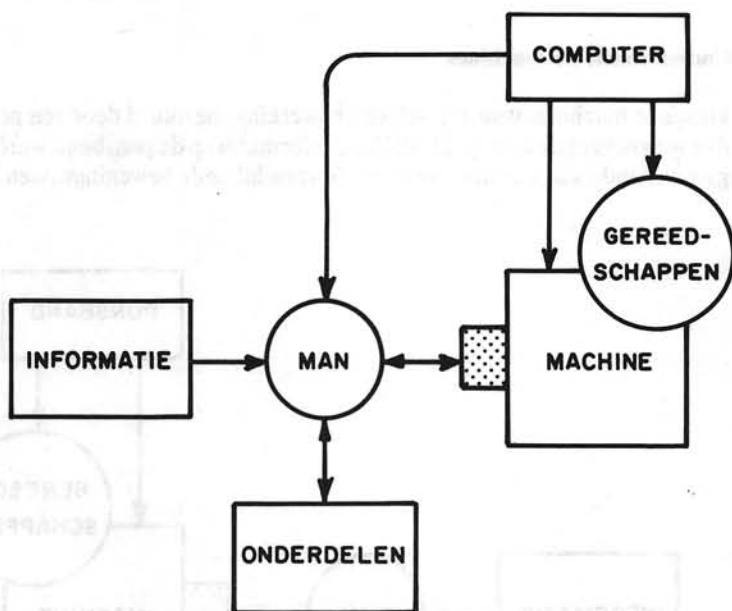
**Figuur 5.4** Automatische gereedschapwisseling verhoogt de produktiviteit van nc-machines. Hierbij bevat de ponsband niet alleen de besturingsinformatie, maar ook de informatie om het juiste gereedschap te kiezen.

Tegenwoordig zijn alle nc-machines van het cnc-type, dat wil zeggen met ingebouwde computer. Verschillende programma's kunnen naast elkaar in het geheugen van de computer worden opgeslagen en naar believen worden opgeroepen. Speciale test- en diagnoseprogramma's kunnen worden ingebouwd. Er kan rekening worden gehouden met positiefouten van de machine enz. De cnc-machine kan flexibel worden ingezet (figuur 5.4).

### 5.2.2 Machining centers (mc)

Machining centers onderscheiden zich van de klassieke nc- of cnc-machines door de eigenschap dat diverse bewerkingen op dezelfde machines kunnen worden uitgevoerd. Het werkstuk is aan alle zijden (behalve de onderzijde) bereikbaar en in een gereedschapsmagazijn staan tientallen gereedschappen ter beschikking. Een automatische gereedschapswisselaar stelt de gewenste gereedschappen ter beschikking (figuur 5.5).

Door de centralisatie van verschillende functies wordt de werkvoorbereiding vereenvoudigd. Ook de neventijden worden drastisch gereduceerd. Door de grote kapitaalinvestering is een hoge bezettingsgraad vereist.

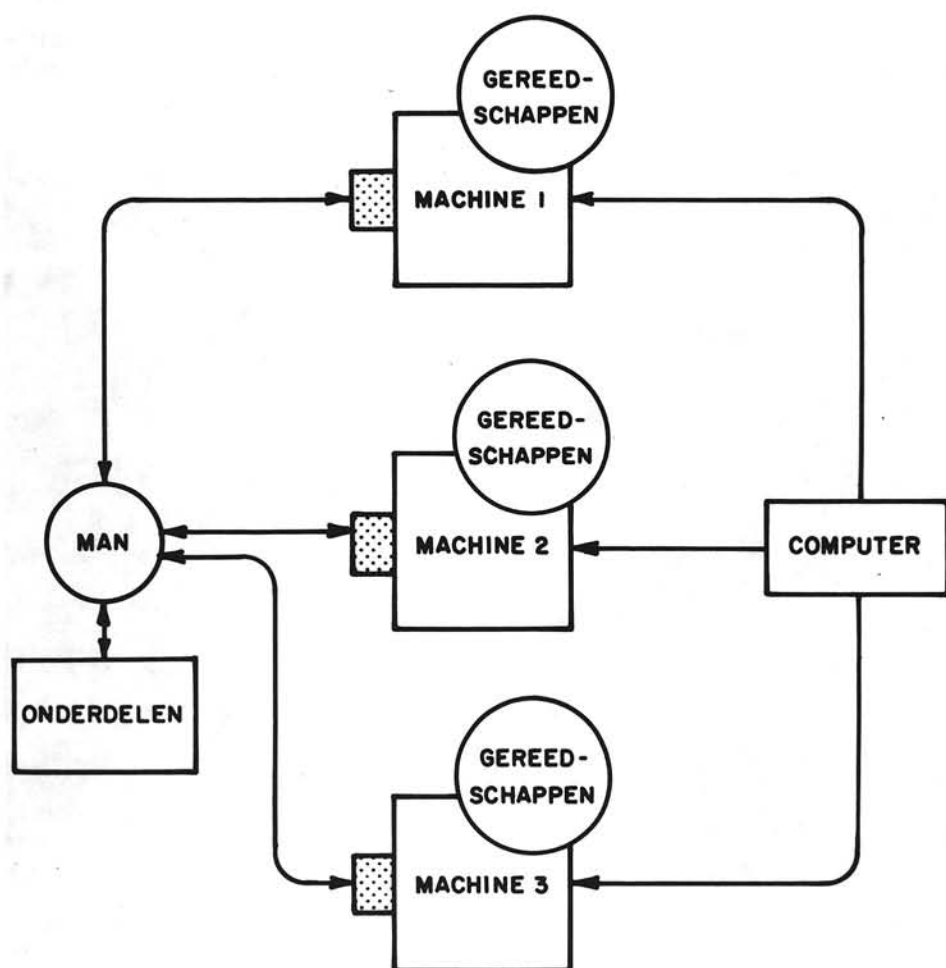


**Figuur 5.5** Bij een cnc-machine is de ponsband vervangen door een elektronisch geheugen of een magnetische band. Daarnaast bepaalt de computer de keuze van de gereedschappen.

### 5.2.3 Directe numerieke besturing (dnc)

Wanneer verscheidene nc-machines samenwerken onder leiding van een centrale toezichthoudende computer spreken we van directe numerieke besturing. Door diezelfde computer worden transportsystemen (robots, transportbanden, pallet-transfersystemen), inspectiemachines, montagestations en automatische magazijnen gestuurd en gecoördineerd. De

onderscheiden nc-machines behouden hun originele besturing, doch zijn via een speciale koppeling verbonden met de toezichhoudende computer (figuur 5.6).



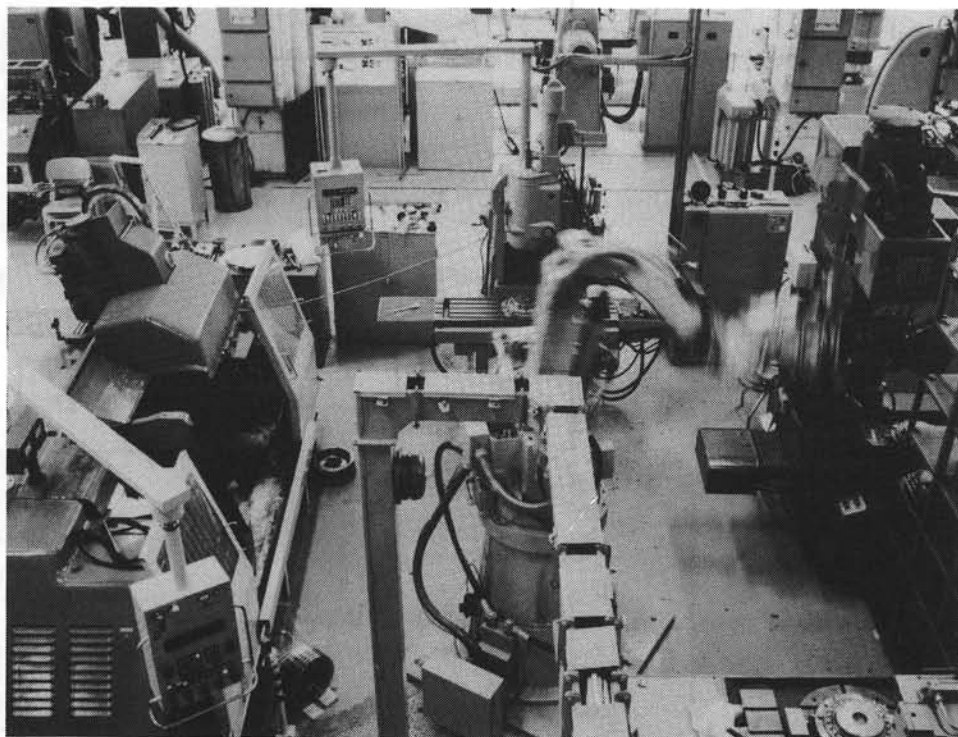
**Figuur 5.6** Bij dnc werken verscheidene nc-machines samen onder leiding van een centrale toezichhoudende computer.

De voordelen van dnc zijn:

- kwetsbaar en tijdrovend ponsbandbeheer wordt afgeschaft ( de ponsband verdwijnt);
- betere benutting machines door verkorting insteltijden (fouten in werkstukprogramma's kunnen bij de machine direct worden hersteld);
- alle noodzakelijke veranderingen aan de nc-data worden direct vastgelegd;
- centrale opslag en beheer van alle nc-programma's
- diverse nc-programma's zijn voor een bepaalde periode klaar te zetten;
- verzamelen, verwerken en optimaliseren van bedrijfsvoeringsgegevens, bijvoorbeeld machinestatus (storingen), gereedschapsgegevens (standtijden), produktgegevens (kwaliteit).

Door toepassing van dnc stijgt de produktiviteit doordat de produktie zeer nauwkeurig kan worden voorbereid en gevolgd, waardoor betere beslissingen kunnen worden genomen.

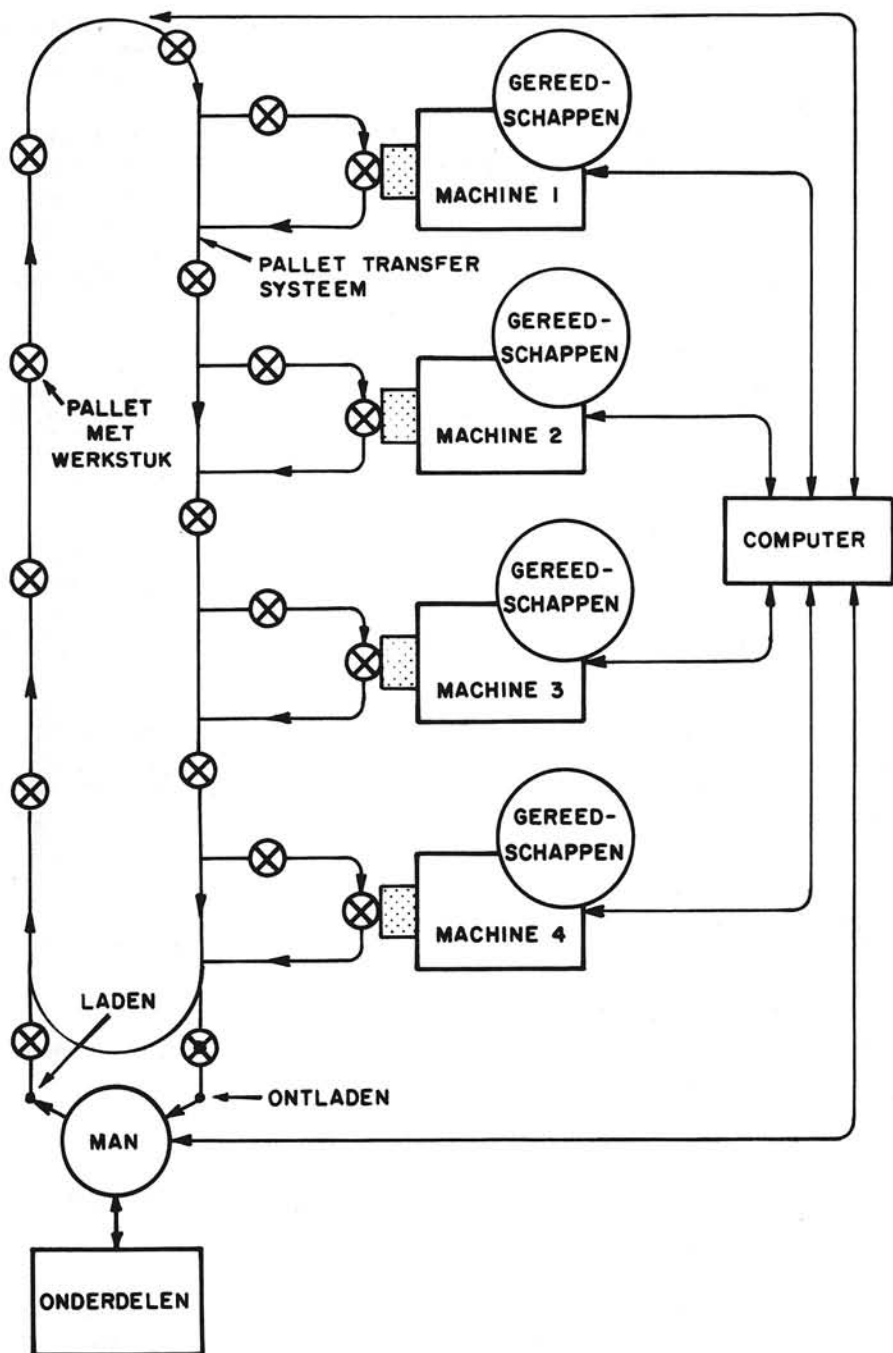
Nadelen zijn de grote investering en het uitvallen van de computer kan aanzienlijke vertraging in het produktieproces teweeg brengen (voorzien in een schaduwcomputer of de individuele cnc-sturingen volwaardig uitrusten, kan gedeeltelijk oplossingen brengen).



**Figuur 5.7** In een gekoppeld systeem neemt een industriële robot de laad- en ontladfunctie van de mens over. Koppeling met een automatisch transportsysteem is de volgende stap.

Dnc kan op verschillende niveau's worden ingezet:

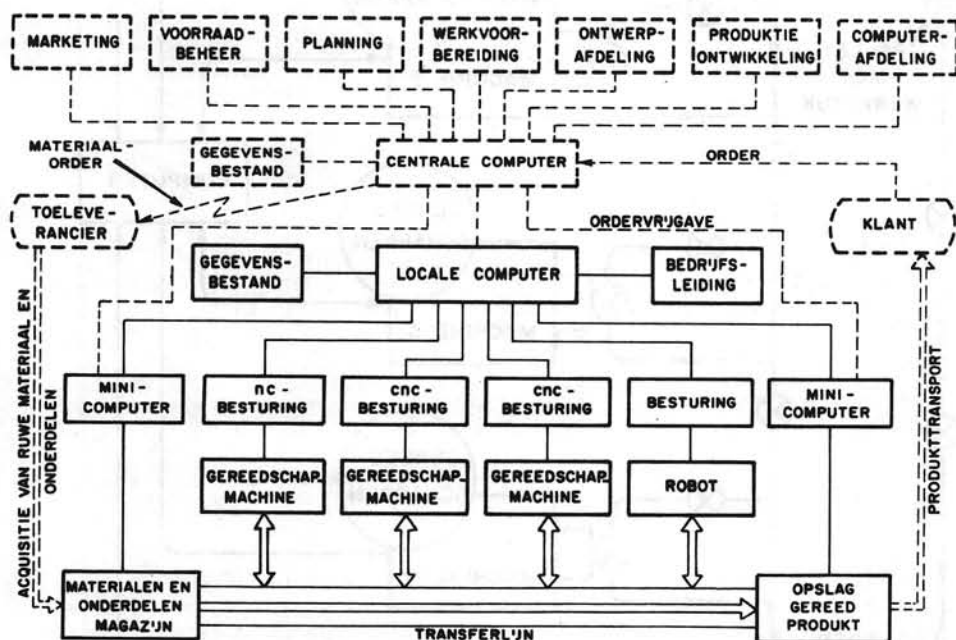
- Individueel bestuurd dnc bestaat uit een reeks (enkele tot tientallen) cnc-machines die vanuit een centrale computer hun informatie ontvangen en kunnen worden bestuurd, maar onafhankelijk werken. Uitval van een of meer machines heeft geen invloed op de rest. Laden en lossen van werkstukken gebeurt met de hand. Het laden en lossen kan echter zondermeer door een robot worden overgenomen (figuur 5.7);
- Produktiecel dnc. Daar wordt een reeks nc-machines in de logische bewerkingsvolgorde van het werkstuk geplaatst. Laden, lossen en vervoer van de stukken gebeurt via manipulators of transportsystemen (rollenbanen, 'bar-feeders'). Uitval van één machine kan stilstand veroorzaken van het volledige systeem.
- Flexibel fabricagesysteem (ffs). Daar wordt een reeks nc-machines en automatische transportsystemen gecombineerd en bestuurd door een centrale computer (figuur 5.8).



**Figuur 5.8** Bij een flexibel productie-systeem (fms) wordt een reeks nc-machines en automatische transportsystemen gecombineerd en bestuurd door een centrale computer.

Deze laatste onderhoudt contact op directie-niveau door het leveren van rapporten op basis van informatie uit de individuele systeemcomponenten. Voorts worden functies als werkvoorbereiding, produktplanning, cad en voorraadmanagement door de toezichhoudende centrale computer verricht. (figuur 5.9). De verkregen produktie-informatie wordt rechtstreeks doorgestuurd naar de tussenliggende lokale computer. Dit is de meest geavanceerde fase van flexibele produktie en een voorbereiding tot de onbemande fabriek. Er bestaan reeds verscheidene meer of minder geëvolueerde tussenoplossingen. Vooral het concept is van belang en moet in ieder geval in ogenschouw worden genomen bij elke belangrijke investeringsbeslissing.

Er bestaat een aantal voorbeelden van geleidelijk uitgebouwde systemen. Geleidelijke uitbouw vergt echter de zorg voor compatibiliteit bij elke aankoopbeslissing.



**Figuur 5.9** Structuur van een computergeïntegreerd productiesysteem. De ononderbroken lijnen geven de automatisering op fabrieksniveau aan.

## 5.3 Andere elementen in geautomatiseerde productiesystemen

### 5.3.1 Automatische manipatiesystemen

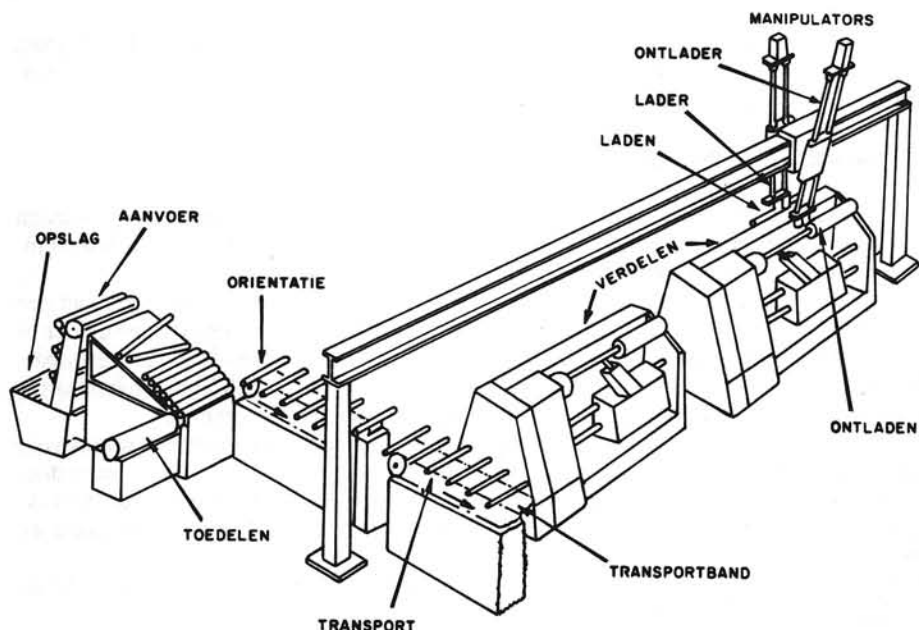
Flexibele overslag, c.q. transport van werkstukken en gereedschap van de ene naar de andere machine kan op verschillende wijze gebeuren: met pallets of transportbanden, met inductief bestuurd voertuigen (zonder bestuurder) of met industriële robots.

Materiaaltransport is op zich niet productief, doch hier valt juist grote produktiviteitswinst te halen. In elk productiesysteem is het minimaliseren van neventijden een eerste vereiste.



De verschillende elementaire bewerkingen tijdens het transport zijn geïllustreerd in figuur 5.10.

Het laden en lossen (overslag) van werkstukken vindt plaats door de werking van de zwaartekracht, door duwbewegingen of door grijpen en verplaatsen met behulp van industriële robots. Automatische overdracht van werkstukken kan synchroon gebeuren met de werkcyclus. Het kan ook volledig los van de werkcyclus, zoals in flexibele dnc-systemen, waarbij de volgorde van doorgang wordt bepaald door de computer op basis van berekeningen van optimale bezetting van de verschillende stations.



**Figuur 5.10** Verschillende stappen in automatische materiaalmanipulatie.

Robots nemen een snel groeiend deel van automatische manipulatietaak voor hun rekening. Het zijn per definitie flexibele systemen. Er zijn nog fundamentele problemen met flexibele universele grippers, die in ongestructureerde omgevingen met sensortegengrip (beeld, kracht) moeten werken. Een zeer belangrijke eis die aan toekomstige robots in flexibele productiesystemen moet worden gesteld is off-line programmeerbaarheid, liefst in een taal die verenigbaar is met de bestaande cnc-talen.

### 5.3.2 Automatische opslagsystemen en magazijnen

Flexibele opslagsystemen en tussenvoorraden in flexibele productiesystemen dienen niet alleen voor opslag van ruw materiaal, afgewerkte onderdelen en gereedschappen, maar laten ook een doorlopende controle van de stand van het productieproces toe. Dit houdt in: inventaris, productieniveau, toestand van de gereedschappen enz.

Opslag wordt vergemakkelijkt door de goederen op een pallet te vervoeren zodat eenheden met standaardafmetingen worden verkregen.

Overslag van en naar het magazijn geschiedt met speciale stapelkranen (gestuurd door de computer, bemand of onbemand) op basis van een willekeurig toegankelijke oud-voor-

nieuw programma (first in, first out). De inventaris wordt automatisch bijgehouden door de toezichthoudende computer van het dnc-systeem. Transportbanden zorgen voor de verbinding met het productieproces.

### **5.3.3 Automatische inspectiesystemen**

Typische grootheden die tijdens de productie moeten worden geïnspecteerd, zijn aantallen, afmetingen, vorm, gewicht, kleur, scheikundige samenstelling enz. Voor veel van deze grootheden bestaan automatische meetsystemen, zodat integratie van de inspectie geen fundamentele moeilijkheden schept.

Er is een tendens de dimensionale controle op de nc-machine zelf uit te voeren. Hierbij kan automatisch rekening worden gehouden met fouten van de machine. In verschillende recente japanse flexibele productiesystemen ziet men al geen meetmachines meer.

### **5.3.4 Automatische montagesystemen**

Montage is een bewerking waarbij twee of meer onderdelen op geordende wijze worden samengevoegd en tijdelijk of blijvend aan elkaar worden vastgemaakt. De basisbewerkingen zijn: aanvoeren, positioneren en verbinden.

Montagemachines kunnen worden verdeeld in roterende en lijntransfersystemen met een vaste cyclus (synchroon) of een vrije cyclus (asynchroon). Bij vrije cyclusmontage dienen er tussenvoorraden te zijn tussen de opeenvolgende stations. Het voordeel is een grotere onafhankelijkheid van de verschillende deelbewerkingen en de mogelijkheid handmatige bewerkingen tussen te voegen, relatief onafhankelijk van de machinecyclus.

Er is een groeiende tendens naar computergestuurde, van sensoren voorziene robots voor automatische montage. Het grote voordeel is de hoge mate van flexibiliteit, waardoor dezelfde inrichting kan worden gebruikt voor de montage van totaal verschillende producten. Veel technische problemen in verband met sensoren, programmering, snelheid en betrouwbaarheid blijven vooralsnog onopgelost.

Belangrijk in dit verband is de noodzaak het ontwerp van de onderdelen te richten naar de mogelijkheden van de montagesystemen.

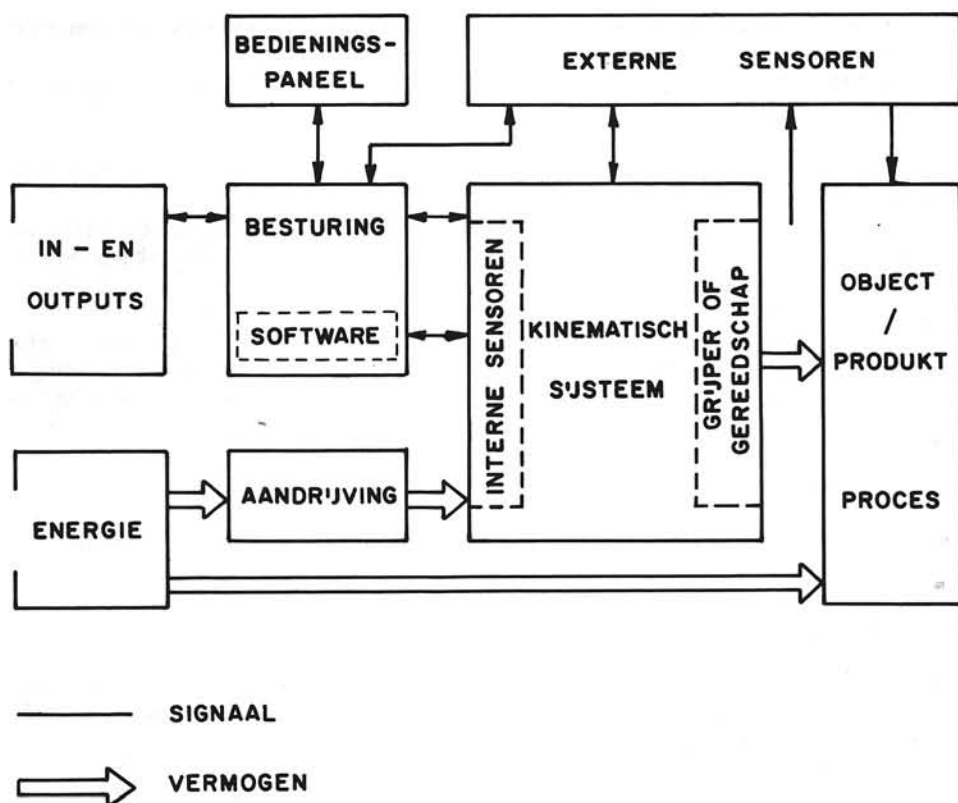
## **5.4 Basiscomponenten flexibele produktiemiddelen**

Een flexibel produktiemiddel bestaat uit de volgende basiscomponenten:

- kinematisch systeem met actuatoren;
- aandrijving;
- besturing, zowel apparatuur als programmatuur;
- sensoren.

Een beeld van de koppeling van deze componenten tot een produktiemiddel geeft figuur 5.11.

In het volgende wordt aan de hand van robotontwikkelingen nu verder ingegaan op deze basiscomponenten met bijbehorende randelementen.



**Figuur 5.11** Schematische voorstelling van de basiscomponenten van een flexibel productiemiddel.

#### 5.4.1 Kinematisch systeem

Het kinematisch systeem heeft ten doel een voorwerp binnen de werkruimte van het systeem te manipuleren of te bewerken.

Voor een beschrijving van deze activiteiten is informatie nodig betreffende:

- plaats/positie  
stand/oriëntatie  
grijperfunctie/fixatie  
bewerkingssoort/gereedschapsfunctie  
werkplek/standplaats
- bewerking (zie verder onder besturing)

Bij een ruimtelijk werkgebied van het mechanisme is de positie in die ruimte volledig te beschrijven door 3 onafhankelijke ordinaten; er is dan slechts één wijze waarop een willekeurig punt kan worden bereikt en wel vastliggend in de systeemgeometrie.

Deze vrijheidsgraden kunnen worden bereikt met translaterende of roterende elementen (rechtgeleiding of scharnier); gebruik van de laatste beïnvloedt de oriëntatie.

Deze oriëntatie of standbepaling kan uitsluitend geschieden door rotatiebewegingen en is eveneens volledig te beschrijven door 3 onafhankelijke ordinaten.

Voor de fixatie van het voorwerp is minimaal één grijperfunctie nodig; de activiteiten zijn dan hanteren en/of bewerken.

De huidige ontwikkelingstendenzen in het mechanische systeem gaan in de volgende richtingen:

- Toevoeging van redundante schakels aan het systeem: dikwijls is het wenselijk dat positie en/of oriëntatie op meer dan één wijze kunnen worden bereikt, bijvoorbeeld om een hindernis te omzeilen. Het gedrag is dan niet meer door onafhankelijke ordinaten te beschrijven, hetgeen een complexere besturing vereist.
- Gebruik van lichte doch relatief stijve materialen (zoals kunststofcomposieten). Het besturen van deze niet zo starre systemen vereist eveneens een complexere besturing.
- Standaardisatie van complete kinematische componenten (modulaire vrijheidsgraden).

#### **5.4.2. Aandrijvingen**

Er zijn drie principes van aandrijving, die benoemd zijn naar het gebruikte medium:

- pneumatische aandrijving;
- hydraulische aandrijving;
- elektro-mechanische aandrijving.

Enkele belangrijke criteria voor de beoordeling van hun specifieke voor- en nadelen zijn:

- Statische- en dynamische eigenschappen, zoals krachtdichtheid en fixatie-stijfheid (compressibiliteit).
- Vermogensdichtheid (verhouding tussen vermogen en massa).
- Overige criteria, zoals
  - beschikbaarheid van de energiebron,
  - gevolgen van storingen (lekkages enz.),
  - al dan niet nodig zijn van een overbrenging,
  - prijs.

Hieronder zijn in het kort enkele specifieke eigenschappen en toepassingsmogelijkheden van de genoemde aandrijfmogelijkheden gegeven.

##### **5.4.2.1 Pneumatische aandrijving**

Aandrijfsystemen met perslucht hebben het voordeel relatief eenvoudig en goedkoop in opbouw en onderhoud te zijn. Perslucht is meestal aanwezig en men is ermee vertrouwd. Voor eenvoudige en snelle bewegingen (translatie) tussen mechanische aanslagen is pneumatische aandrijving dan ook zeer geschikt, met als meest gebruikte component de pneumatische cilinder (translatie).

Door de grote samendrukbaarheid van de lucht is de beweging tussen twee punten echter slecht gedefinieerd; servo-aandrijving is dan ook slechts met kunstgrepen mogelijk.

Lucht heeft - bij bruikbare werkdrukken - een relatief lage vermogensdichtheid.

Een positief aspect van dit laatste, gecombineerd met de hoge samendrukbaarheid, is de elastische begrenzing van de optredende krachten, zodat beschadigingen door overbelasting of anderszins veelal kunnen worden vermeden zonder extra voorzieningen.

*Tendensen:*

- pneumatische servo-systemen (pulserende luchtstroming en mechanisch remmen);
- verdere integratie pneumatiek/elektronica.

#### 5.4.2.2 *Hydraulische aandrijving*

De meest gebruikte componenten zijn hier: de cilinder (translatie) en de langzaam roterende grootkoppelmotor.

Vloeistoffen hebben goede statische en dynamische eigenschappen, voornamelijk dank zij de geringe samendrukbaarheid, en zijn dan ook zeer geschikt voor servotoepassingen.

De verhouding tussen vermogen en massa en de krachtdichtheid zijn zeer groot, zodat compacte aandrijfcomponenten mogelijk zijn.

Als nadeel is het vereiste (separate) hydraulische aggregaat te noemen, alsmede mogelijke lekkages en duur leidingwerk.

*Tendens:*

- kleinere hydraulische elementen en servoventielen; minder slijtage en minder gevoelig voor vervuiling.

#### 5.4.2.3 *Elektro-mechanische aandrijving*

De belangrijkste hiervan is de elektromotor. Geruisarme en soepele (servo)aandrijving is hiermee mogelijk.

De krachtdichtheid is gering; de vermogensdichtheid is redelijk bij hogere toerentallen. Een vertragingkast is dus meestal nodig. Elektrische aandrijvingen zijn ook bij defecten schoon voor de werkomgeving.

*Tendensen:*

- snellere stappenmotoren met hoge stapresolutie en goede vermogensdichtheid;
- krachtige gelijkstroom(servo)motoren;
- borstelvrije en asynchrone servomotoren;
- lineaire motoren met een hogere krachtdichtheid.

#### 5.4.3 *Besturing*

Om innovaties in de besturing naar waarde te kunnen schatten, is een beschouwing nodig van enkele besturingstaken, zoals:

1. De besturing van arbeidsfuncties:

- a. Beweging:
  - positie en oriëntatie,
  - tijds- en bewegingsvolgorde,
  - snelheden, versnellingen, wachttijden;

- b. Activiteit

- grijper- en bewerkingsfuncties,
- beslissen afhankelijk van condities.

2. Uitvoering van controlefuncties:

- veiligheidssystemen (positie, snelheid, overbelasting enz.);
- controle van handelingen (+ correctie hierop);
- zelfdiagnose met foutenindicatie.

3. Koppeling met buitenwereld :

- mens- en machinekoppeling met behulp van bedieningspaneel, programmeerunit enz.;

- koppeling met produktiesystemen;
- verwerking van sensorinformatie;
- uitwisselen van informatie/randapparaten.

De mate waarin bovengenoemde grootheden vastliggen in de systeemconfiguratie of vrij zijn te kiezen (programmeerbaar zijn), bepaalt voor een belangrijk deel de starheid, resp. flexibiliteit van een produktiesysteem.

Voor de uitvoering van deze taken is naast de benodigde apparatuur een aantal programmatuurcomponenten nodig; te noemen zijn o.a.:

operating system/besturingsprogramma van het computersysteem;  
applicatieprogrammatuur/besturingstaal;  
proces software/regelroutines enz.

Voor de directe gebruiker is vooral de applicatieprogrammatuur van belang. Het betreft hier de hogere besturingstaal waarmee de gebruiker de gewenste informatie aan de besturing kan overdragen omtrent bewegingsverloop, verwerking van sensorinformatie enz. Dit is het zogenaamde programmeren van het produktiemiddel.

#### 5.4.3.1 Programmeerwijzen

Bij het programmeren is een visuele terugkoppeling tussen de activiteiten van het produktiemiddel en hetgeen de operator inbrengt vaak belangrijk. De programmering wordt dan ook in veel gevallen direct op de werkplek uitgevoerd (on-line).

In andere gevallen is het eenvoudiger en/of zinvoller de programmering elders, dus onafhankelijk van het produktiemiddel te kunnen doen (off-line). Het programma kan dan op afroep in het geheugen van de besturingscomputer worden overgebracht.

#### On-line programming: direct aan machine

1. Programmeren met de hand van positiecoördinaten (of nummers), bewegingsvolgorde, snelheden, wachttijden enz. in het programmeergeheugen van de besturingscomputer.

Toepassingen:

- volgorde besturing;
- wijziging/correlaties bij bijvoorbeeld robots;
- afsluiting van off-line programmering.

2. Programmeren door voordoen ('teach-in'). Hierbij leidt de operator het gereedschap of gripper door het gewenste bewegingspatroon. We onderscheiden:

*'Teaching by doing' ('walk-through')*

Het kinematisch systeem wordt hierbij door de operator volgens het gewenste patroon bewogen. De besturing bemonstert dit patroon en slaat het op in het geheugen. Uitlezen van het geheugen geschiedt in de vorm van 'record-playback'. Toepassingen: verfspuiten enz.

*'Teaching by showing' ('head through')*

Hierbij wordt het kinematisch systeem door het gewenste bewegingspatroon gestuurd met behulp van het bedieningspaneel. Alleen op de juiste plaatsen (visuele controle) geeft de machinebediende het bevel deze posities in het geheugen op te slaan, eventueel met toevoeging van gewenste wachttijd, baansnelheid enz.



## Off-line programmering: niet aan de machine

1. Programmeren met de hand van de bewegingsgrootheden in een uitwisselbaar geheugen.
2. Met behulp van een programmeertaal; te vergelijken met het programmeren van numeriek bestuurd gereedschapswerktuigen. Voor flexibele produktiemiddelen staat de ontwikkeling van geschikte hogere programmeertalen nog in de kinderschoenen.
3. Door middel van een simulator.

In sommige gevallen is het mogelijk op een (kleiner) mechanisch identiek apparaat te programmeren. Het visuele aspect wordt dan gehandhaafd.

De bewegingen van het mechanisme worden hierop nagebootst: indirecte 'teach-in' programmering is dan mogelijk.

Als voordelen van off-line programmering zijn aan te merken:

- vermindering van gevaren voor operator zoals die voorkomen bij on-line programmering;
- geringe produktiestagnatie;
- mogelijke besparing op programmeereenheid en besturing;
- gebruik kunnen maken van geschiktere programmeerapparatuur en -programmatuur.

Als nadelen kunnen worden genoemd:

- programmeren is vaak tijdrovend;
- grote kans op fouten (geen terugkoppeling met handelingen);
- goede programmeertalen ontbreken nog;
- de werkomgeving van het produktiemiddel is slecht te benaderen, omdat:
  - objecten kunnen verschillen,
  - produktiemiddelen onderlinge verschillen en verloop vertonen,
  - produktiemiddelen zijn niet star ten opzichte van het werkstuk opgesteld,
  - programmering is (quasi) statisch;
- een on-line correctie blijkt dan ook dikwijls nodig.

### 5.4.3.2 Programmeertalen

Een belangrijk deel van het onderzoek naar off-line programmeertalen is gericht op de ontwikkeling van specifieke assemblagetalen. Off-line assemblagetalen behoren tot een van de volgende vier niveaus:

- Het actuatoorniveau: het programma beschrijft bewegingen in de vorm van hoekcoördinaten; dit is in praktijk erg onpraktisch.
- Het manipulatoorniveau: het programma beschrijft de bewegingen van het eindpunt van de manipulator (de hand) in vast xyz-coördinaten. Een omzetting van xyz-coördinaten in hoekcoördinaten zit in het systeem gebouwd. De eerste generatie robots heeft over het algemeen deze programmeerwijze.
- Het objectniveau: dit programma bevat een aantal assemblagehandelingen voor het te behandelen/transporteren object zelf. Dit kunnen ingewikkelder handelingen zijn die meer voorkomen.
- Het taakniveau: taakniveau programmeersystemen creëren een groot aantal instructies op laag niveau, beginnen bij algemene macro-instructies met gebruik van gegevenstanden en realiseren botsingvrije trajecten voor de te transporteren objecten.

### 5.4.3.3 Besturingsprincipes

Bepalend voor het besturingsprincipe is de vraag: hoe geschiedt het positioneren?

We onderscheiden hierbij twee hoofdstromingen:

1. Non-servo of volgorde besturing. De besturing van deze systemen gebeurt op basis van tijds- of bewegingsvolgorde; de posities zijn geometrisch bepaald.  
Koploper is hier de 'programmable logic controller' (plc), welke in hoofdzaak wordt ingezet voor apparaten met een eenvoudige beweging tussen aanslagen.  
Ontwikkelingen liggen in compacte, eenvoudige en goedkope plc's; bovendien zien we zowel de programmeertaal als de toepasbaarheid op een steeds hoger plan komen (bijvoorbeeld verwerking van analoge signalen en koppeling met procescomputers).
2. Servo of bewegingsbesturing. Het bewegingspatroon van een servo-gestuurd apparaat is continu: binnen de werkruimte is elke tussenpositie te bereiken. Het hart van de besturing is een microcomputer, opgebouwd uit een of meer micro-processoren en andere vlsi-bouwstenen.

Naar de wijze van bewegen wordt onderscheid gemaakt in punt-voor-punt sturing en baan-sturing. Vooral bij de laatste is zowel de wijze van programmeren als de rekenprestaties van de besturing van groot belang (coördinantentransformaties, interpolaties).

Er zijn hier vernieuwingsaspecten te verwachten in de richting van:

- toename van de verwerkingssnelheden;
- modulaire opbouw van programmatuur en apparatuur;
- momentane verwerking van sensor-informatie;
- algoritmen voor momentane interpolaties en coördinantentransformaties (ook bij redundante mechanische configuraties);
- adaptieve dynamische regelfuncties.

### 5.4.4 Sensoren

Hier kunnen we onderscheid maken tussen interne opnemers (bijvoorbeeld voor positie, snelheid, aanwezigheid produkt enz.) en externe sensoren (die informatie uit de buitenwereld halen om adaptief handelen mogelijk te maken).

De wijze waarop de informatie wordt vergaard kan zijn:

- met contact:
  - voelen (contact, kunstmatige huid),
  - krachtmeting (rekstrookjes enz.),
  - slipmeting (tussen grijper en object);
- contactloos:
  - nabijheidsvoelers (inductief, ultrasoon, optisch),
  - beeldsensoren (televisiecamera, 'laser scanner' enz.),
  - akoestische systemen (afstandbepaling, akoestische beeldvorming).

De ontwikkeling van geschikte sensoren is pas de laatste jaren goed op gang gekomen. Zoals hierboven vermeld, betreft het voornamelijk 'voelen' en 'zien'. Het bereik loopt van goed/fout waarneming (mechanisch contact, fotocel) via alle grijs tinten tot driedimensionale beeldverwerking.

Meer in het bijzonder zijn ontwikkelingen te verwachten in de richting van:

- programmatuur en apparatuur voor momentane verwerking van sensorinformatie en hogere programmeertalen ter implementatie in het systeem. (bijvoorbeeld modulair beeldherkenningsysteem);

- geïntegreerde sensorsystemen (intelligente sensor);
- interpretatie van beeld- en krachteninvoer voor bewegingscontrole.

Het toepassen van sensoren in combinatie met geschikte apparatuur en programmatuur maakt onder andere mogelijk:

- produktcontrole;
- het zoeken van produkten, eventueel op lopende transportbanden;
- actieve correcties van posities ('tactile control');
- produktherkenning;
- bewegingscorrecties, bijvoorbeeld bij gereedschapslijtage, booglassen, lopende transportbanden enz.;
- zelfleren of zelfoptimaliseren.

## 5.5 Mens-machine communicatie

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen de communicatie die nodig is voor het directe functioneren van flexibele produktiemiddelen (zoals de robots) en de communicatie, in de ruimste zin, die ontstaat doordat de machine en de mens samen in dezelfde omgeving functioneren. De eerste soort communicatie is sterk afhankelijk van het soort machine.

Mens-machine communicatie is een begrip dat is ontstaan doordat de machines, uitgerust met een computer, de indruk wekken dat er mee wordt gecommuniceerd. Vroeger sprak men uitsluitend over het bedienen en het instellen van een machine. Het verschil tussen bedienen en instellen is niet altijd even duidelijk. Instellen suggereert dat men daarna de machine met rust kan laten en dat deze dan vanzelf zijn taak vervult. Bedienen suggereert dat men voortdurend attent moet zijn (de bediener is in de regelkring opgenomen). Het doen inlezen van een programma voor een nc-draaibank is een vorm van instellen. Het is de vraag of het toevoeren van werkstukken, koelvloeistof enz. tot de bediening hoort.

Het lijkt redelijk niet alleen de informatie-uitwisseling in de beschouwingen te betrekken. Men zou beter over mens-machine interactie kunnen spreken. Energie- en materie-uitwisseling zouden dan mede in de beschouwingen worden betrokken. Bij een niet elektrische schrijfmachine is het aanslaan van een toets een combinatie van informatie- en energietoever. Toepassing van snij-olie is op te vatten als een energie-afvoer.

De tendens is dat de energietoever voor machines en robots steeds meer wordt geautomatiseerd, zodat de uitwisseling van informatie en materie waarschijnlijk belangrijker zal worden.

Dit geldt echter beslist niet wanneer het gaat om een uitwisseling van informatie van de tweede soort: het functioneren in een gemeenschappelijke omgeving. Het meest gevreesd is dan de (eenzijdige) uitwisseling van energie (robot doodt arbeider).

Communicatie varieert van simpele start-stop commando's tot het voortdurend bijregelen van een proces (functie). De communicatiemiddelen evolueren. Vroeger waren er alleen drukknoppen, handles, pedalen, stuurwielen en knuppels, waarmee men tevens de benodigde stuurenergie bij het commando moest meeleveren. Tegenwoordig wordt die relatie abstracter: men gebruikt toetsenborden, duimwielchakelaars, 'joysticks' en de laatste tijd zelfs spraakinvoer. Rechtstreekse koppeling aan het menselijke zenuwstelsel is een mogelijkheid die voor protheses voor ledematen en waarnemingsorganen naartoe wordt onderzocht en zelfs reeds wordt toegepast. Deze loskoppeling van commando en effect heeft psychologische nadelen, zodat men om ergonomische redenen weer denkt aan een terugkoppeling van het resulterende effect naar het invoerorgaan. Hierdoor voelt men als het ware de tegenkrachten weer. Ook bij de teruggevoerde informatie ziet men een toenemende

abstractie, waardoor de signalen geschikter kunnen worden gemaakt voor het menselijke opnemingsvermogen. Vroeger was dit meestal een directe fysische koppeling gebruikmakend van het te meten verschijnsel. Men denke aan peilglazen, zandlopers, hefboomen met vlag, wijzertjes en later aan indicatielampjes met onderschriften of een significante kleur. Men mag vooral auditieve hulpmiddelen als toeters en bellen niet vergeten. De bedieningslessenaars met vele rijen schakelaars en knoppen en gigantische wandpanelen met een jungle van indicatielampjes waren nauwelijks nog overzichtelijk te noemen. Tegenwoordig krijgt men in steeds meer video-apparaten keuzemenu's in klare (of tamelijk klare) taal en zelfs gesproken teksten. De selectie uit het menu geschiedt met toetsen of door aanwijzing met een lichtpen en dergelijke.

Er is een neiging afgeleiden van metingen weer te geven in het geval dat zo'n afgeleide als stuurgegevens moet dienen (bijvoorbeeld niet het toerental maar de verandering van het toerental). Dit is geheel in overeenstemming met de trend dat de informatieverwerking beter en goedkoper door computerachtige apparatuur kan geschieden dan door de mens. Het streven is de mens uit deze directe terugkoppelingskringen te verdrijven. Zijn rol wordt meer en meer die van de verzorger en controleur van de machine. Dit bevrijdt hem enerzijds van het onaangename machinegebonden werk, maar anderzijds geeft het de indruk dat hij degradeert tot slaaf van de machine.

De apparatuur wordt er meer en meer op ingericht dat zij op verbale wijze uitdrukking kan geven aan wat aan onderhoud en reparatie nodig is.

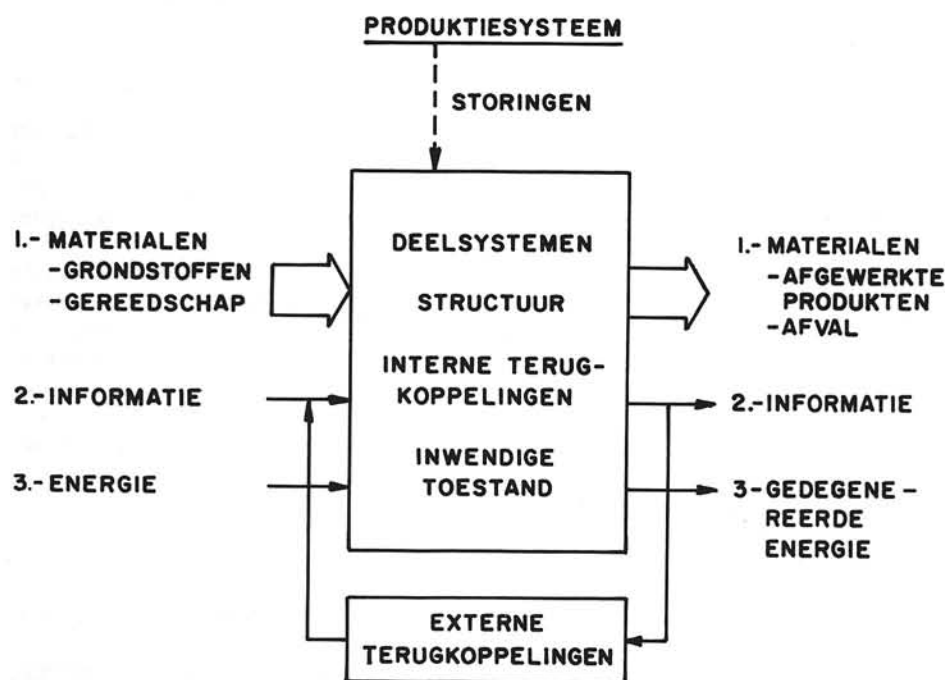
De interactie van een robot in dezelfde omgeving als een mens heeft eveneens verschillende aspecten. In de eerste plaats een actieve, namelijk dat hij de mensen niet mag verwonden. In de tweede plaats een passief aspect, namelijk dat hij deel uitmaakt van de omgeving en als zodanig ook niet mag hinderen. Het uiterlijk moet aangenaam zijn en hij mag niet stinken of hinderlijke geluiden maken. Tot nu toe is er niet erg veel aandacht besteed aan deze aspecten. Overigens moeten de mensen ze niet in de weg lopen. Met gele strepen worden de territoria afgebakend. Het zal echter, als er meer automatische machines ingevoerd worden, niet aanvaardbaar zijn dat het gebied dat met gele strepen is afgebakend zich zo zal uitbreiden, dat men de zaak omkeert en de schaarse plaatsen waar de mensen zich nog veilig kunnen bewegen, met geel markeert. Reeds nu voorziet men problemen met automatische transportwagentjes in kantoren, ziekenhuizen en fabrieken: de ene helft van de gang voor de automaten en de andere helft voor de mensen. Zeker als de robots 'intelligenter' worden, zullen zij beter worden aangepast aan hun omgeving. Dit geldt te meer als deze artefacten meer in het dagelijkse leven van de burgers zullen komen. Asimov had het nog niet zo gek bekeken met zijn wetten voor de robotica.

## 6. Het produktieproces

De vervaardiging van discrete produkten bestaat uit twee processen. Het eerste omvat de fysieke stroom van produkten van ruw materiaal of halffabrikaat tot gereed produkt: het produktieproces. De voornaamste stadia zijn bewerkingen en montage met daartussen inspectie en opslag.

Het tweede proces omvat het ontwerpproces, werkvoorbereiding in de produktie, ontwerp en vervaardiging van produktgebonden gereedschap voor fabricage, montage, inspectie en service. Kenmerkend voor deze handelingen is dat zij voor een bepaald produkttype eenmalig zijn.

In beide processen gaat automatisering een grote rol spelen, primair de automatisering van de informatieverwerking.



**Figuur 6.1** Schematische opbouw van een produktiesysteem.

## 6.1 Hoe is een productiesysteem opgebouwd?

De diverse deelhandelingen en bewerkingen in het productieproces (figuur 6.1) zijn in kwalitatieve zin te beschrijven volgende de hieronder vermelde typologie.

**Tabel 6.1** Mogelijke bewerkingen in een productieproces.

| kwalitatieve verandering | materie                                   | energie                                   | informatie                                |
|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| +                        | toevoegen                                 | toevoeren                                 | toevoegen                                 |
| 0                        | transformeren<br>opslaan<br>transporteren | transformeren<br>opslaan<br>transporteren | transformeren<br>opslaan<br>transporteren |
| -                        | afschieden                                | afvoeren                                  | vernietigen                               |

Elk deelproces heeft een aantal van de bovengenoemde aspecten in zich. Uiteraard kunnen er grote verschillen zijn in de mate waarin ze voorkomen. Zo zal bij montage het accent liggen op toevoegen van informatie en transporteren van materie. Bij een mechanische bewerking zal meer nadruk liggen op transformeren van energie en afscheiden van materie.

In bijna alle productieprocessen zal het streven naar een hogere doelmatigheid sterk op de voorgrond treden. Hiervoor is een goede beheersing van het productieproces een noodzakelijke voorwaarde. Veel technische ontwikkelingen zijn erop gericht om deze beheersing te verbeteren en te automatiseren en worden uiteraard gestimuleerd of afgeremd door sociale, economische en technische factoren.

Algemeen is het de wens te komen tot een zover mogelijk doorgevoerde automatisering, ten dienste van een verbeterde beheersing van het proces, of een verhoogde doelmatigheid, een verhoogde kwaliteit en een hogere produktiviteit.

### 6.1.1 Huidige situatie

Een van de kenmerkende verschillen tussen massafabricage en enkelstuks of kleinseriefabricage is de wijze waarop de produktie wordt beheerst.

In het eerste geval is er een intense voorbereiding voorafgaande aan de daadwerkelijke fabricage; in het tweede geval is produktiebeheersing een geïntegreerd onderdeel van de fabricage.

De kosten van een intensieve voorbereiding te zamen met de noodzakelijke investeringen in vaste activa, opleidingen, procedures enz. moeten uiteraard bedrijfseconomisch te verantwoorden zijn. Dit leidt, gecombineerd met de mogelijkheden van de techniek, tot de situatie dat er een groot aantal gelijke produkten moet worden geproduceerd om deze kosten te kunnen verantwoorden.

Het gevolg hiervan is het huidige produktie-automatiseringsbeeld zoals bekend mag worden verondersteld. Dit met als uitersten de kenmerken van massa- en enkelstuksfabricage (tabel 6.2).



**Tabel 6.2** Kenmerken van massa- en enkelstuksfabricage.

| Massafabricage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Enkelstuksfabricage                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- intense voorbereiding</li><li>- korte doorlooptijden</li><li>- goederenstroom beheerst</li><li>- bewerkingen geoptimaliseerd</li><li>- procesbeheersingskennis aanwezig (stapelprocessen)</li><li>- geïntegreerde kwaliteitscontrole</li><li>- uniforme informatiestromen</li><li>- veel identieke produkten</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- weinig voorbereiding</li><li>- sturing tijdens fabricage</li><li>- lange wachttijden</li><li>- langedoorlooptijd</li><li>- chaotische informatiestromen</li><li>- veel verschillende produkten</li><li>- veel omstellingen</li></ul> |

### *Conclusie*

Automatisering is tot nu toe alleen mogelijk bij grote series van gelijksoortige produkten. Dit door de hoge initiële kosten en de zeer beperkte flexibiliteit van de productie-apparaatuur.

### **6.1.2 Nieuwe tendensen**

De ontwikkeling in de micro-elektronica heeft ook weerslag op de productie. Complexe problemen kunnen in korte tijd, met een hoge betrouwbaarheid tegen veelal lage kosten worden opgelost.

Op de volgende gebieden zal de micro-elektronica grote invloed hebben:

- Beheer (gegevensverwerking)
  - planning
  - voortgangscntrole
  - kwaliteitsbeheersing
  - administratie
  - voorraadbeheer
  - coderen onderdelen
  - groepentechnologie
  - ontwerpen
- Besturing (signaalverwerking)
  - nc / cnc bewerkingsmachines
  - robots voor hanteren en bewerken
  - geautomatiseerde magazijnen
  - geautomatiseerd intern transport
  - automatisch testen
  - trendbewaking
- Mogelijkheid besturing en informatieverwerking met elkaar te koppelen, o.a. cam-systemen.

In principe kunnen alle handelingen en bewerkingen die nodig zijn voor fabricage en testen van produkten worden geautomatiseerd. De praktische mogelijkheden en toepassingen worden op vele plaatsen uitvoerig bestudeerd.

De overeenkomst met de klassieke mechanisatie is eenvoudig aan te geven. Ook nu geldt

dat de investeringen door een groot aantal produkten moeten worden gedragen. Echter met dit verschil dat deze produkten niet meer identiek zijn, maar verwant of verschillend. Hierdoor komen meer bedrijven in de gelegenheid een systematiek in te voeren die tot nu toe alleen voor de massafabricage was weggelegd. De fabricagestructuur dient dan procesgericht te worden ontworpen, gekoppeld aan een versterking van de interne en externe regelmogelijkheden per procesfase. De produktiemiddelen en de organisatie van de produktiemiddelen moeten in dat proces dan de flexibiliteit hebben om de verschillende produkten te kunnen maken.

## 6.2 Het begrip flexibiliteit

### 6.2.1 Produktflexibiliteit

Door de verkoopafdeling en de constructie-afdeling wordt meestal een onbegrensde flexibiliteit van het produkt gevraagd. Met enkele aanpassingen in de eindmontage kan vaak al een hoge flexibiliteit op de markt worden bereikt.

De flexibiliteit van het produkt wordt bepaald door de aanpassingsmogelijkheden aan de door de klant gewenste functies, prestaties en complexiteit. Het is de moeite waard de mogelijkheden van standaardisatie en het gebruik van modules te overwegen.

Standaardisatie vermindert de kosten bij de constructie en de productie en maakt hergebruik en snel uitwisselen van onderdelen mogelijk. Het gebruik van modules levert zowel voordelen op voor de producent, vooral bij de eindmontage, als ook voor de gebruiker, bijvoorbeeld het in voorraad hebben van reservemodules.

Bij het opstellen van de order en bij de verdere verwerking van de gegevens zijn eveneens voordelen aan te geven. Behalve dat hergebruik kan worden gemaakt van tekeningen, stuklijsten, werkplanning en programmatuur voor nc-gestuurde produktiemiddelen, vergemakkelijkt standaardisatie de invoering van automatisering in de werkvoorbereiding en de uitwerking van het ontwerp. Op dit moment worden door vele leveranciers al systemen aangeboden waarop programma's kunnen draaien die een bepaalde functie omschrijven. Dit kan een eenvoudig geometrisch element zijn zoals een cilinder, een draadeind of een conus, maar ook een complexe samenstelling zoals een tandwieloverbrenging, een werkstuk of een magazijn.

### 6.2.2 Productieflexibiliteit

In een productieproces komen twee hoofdvormen van flexibiliteit voor:

- *Ombouwflexibiliteit*, dat wil zeggen de snelheid en eenvoud waarmee de produktielijn van een bepaalde familie produkten kan worden omgeschakeld naar de fabricage van een andere familie van produkten. Hoe verder de produktfamilies uit elkaar liggen, hoe groter de benodigde flexibiliteit.
- *Omstelflexibiliteit*, dat wil zeggen de snelheid en eenvoud waarmee de produktielijn kan worden omgeschakeld binnen een familie van produkten. Hoe omvangrijker de produktfamilie, hoe groter in het algemeen de benodigde flexibiliteit.

Naast deze hoofdvormen van flexibiliteit kunnen de volgende soorten flexibiliteit worden onderscheiden:

- *Product-mix flexibiliteit*, de mate waarin de relatieve aantallen produkten in de loop der tijd ten opzichte van elkaar kunnen wijzigen.
- *Routeflexibiliteit*, het vraaggericht toewijzen van onderdelen aan de verschillende pro-

duktiemiddelen; het leiden van een onderdeel naar een andere machine als de capaciteit van de eerst geplande machine niet toereikend is.

- *Produktwijzigingsflexibiliteit*, het snel in het lopende productieproces kunnen implementeren van wijzigingen van een bestaand onderdeel.
- *Volumeflexibiliteit*, de mogelijkheid de hoeveelheid produkten te variëren tussen vastgestelde maximale en minimale waarden; op korte termijn bijvoorbeeld bij een wisselen van de vraag en op de lange termijn bij het volgen van de levenscyclus van het produkt.

Dilemma's bij de afweging van de verschillende soorten flexibiliteit maken het voor een bedrijf noodzakelijk vroegtijdig vast te stellen welke soorten flexibiliteit voor hem de meeste waarde hebben. Uit de strategische doelstellingen kan worden afgeleid hoeveel van welke flexibiliteit nodig is. Als men geen inzicht heeft in de richting van nieuwe produktontwikkelingen dan kan men veelal niet aangeven welke flexibiliteit men nodig heeft.

### 6.3 Het productieproces

Het aantal verschillende produkten van een middelgrote machinefabriek bedraagt al gauw enige duizenden. Het verschil tussen produceren in massa of in grote series (standaardprodukten) of in kleine series of in enkel stuk (systemen en projecten) is de zeer flexibele vorm van informatieverwerking die in de laatstgenoemde gevallen nodig is. Veel keuzeprocedures met een diversiteit aan processen verhogen de inspanning voor de produktievoorbereiding per eenheid produkt.

Tegen de achtergrond van produktkwaliteit (kwaliteit functievervulling, verkoopbaarheid), levertijd en kosten, kan alle benodigde produktie-informatie worden ingedeeld naar geometrische, materiaaltechnische, procestechnische en organisatorische informatie. Alle relevante kennis over technische, organisatorische en besliskundige processen kan in procedures worden samengebracht.

De industriële fabricage omspannt een grote verscheidenheid van technieken en methoden, aangepast aan produkttype, -vorm en -eisen en aan productieomstandigheden. Er dient onderscheid te worden gemaakt tussen productieprocessen, waarbij geen en waarbij wel een nauwkeurige positionering is vereist. Bijvoorbeeld bij fabricageprocessen in de chemische industrie, waar het produkt gasvormig, vloeibaar, poeder- of korrelvormig is, zijn andere parameters dan positie van belang.

Processen zonder positionering zijn in het algemeen veel gemakkelijker te automatiseren dan processen met positionering. Daardoor is bijvoorbeeld in de grootschalige chemische industrie het aantal bedieningsmensen vaak al teruggebracht tot het minimum dat voor het opvangen van grote storingen of van calamiteiten nodig is.

Tussenvormen zijn te vinden in het walsen van staal en het trekken van draad, waar positionering in een of twee dimensies is vereist. Echte positionering vindt plaats bij mechanische fabricage, montage en verpakking. Bij deze handelingen is het belangrijk dat werkstukken en gereedschappen steeds de juiste plaats en stand innemen. Dientengevolge omvat de fabricage in deze gevallen tenminste de volgende stappen:

- aanvoer van werkstukken en gereedschappen,
- positioneren van werkstuk (en gereedschap),
- uitvoeren van de bewerking,
- controleren van het resultaat,
- montage van onderdelen tot het produkt,
- controle op de werking,
- verpakken van het produkt.

In de volgende paragraaf zal nader worden ingegaan op de opbouw van huidige fabricage- en montagesystemen.

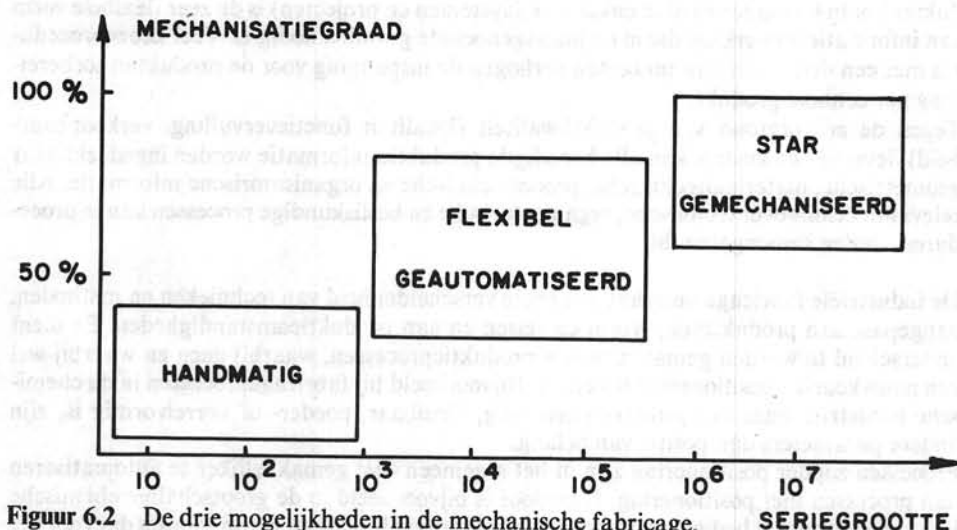
### 6.3.1 De fabricage

De fabricage is onder te verdelen in drie functies:

- het veranderen van vorm en/of eigenschappen van een basismateriaal;
- het transporteren, manipuleren en positioneren van basismateriaal en produkt;
- het meten en controleren van de aan het produkt gestelde eisen.

Bewerkingen worden uitgevoerd met fysische, chemische of mechanische processen, meestal onder toevoering van energie. Voor het besturen van deze processen zijn geometrische en procestechnische gegevens nodig.

Bij fabricageprocessen met positionering zijn drie mogelijkheden in gebruik (figuur 6.2). Elk van die drie mogelijkheden heeft haar eigen toepassingsgebied.



Figuur 6.2 De drie mogelijkheden in de mechanische fabricage.

- De traditionele aanpak met handgereedschappen, handbestuurde boormachines, freesbanken en draaibanken is zeer flexibel, maar brengt hoge personeelskosten met zich mee.
- De starre mechanisering, onder andere in de automobielassemblage, de vervaardiging van gloeilampen en de verpakking van levensmiddelen, waarbij de activiteiten volgens een vast programma worden uitgevoerd. De investeringen hiervoor zijn zeer hoog, zodat deze mechanisering alleen zin heeft bij de fabricage van zeer grote aantallen identieke producten.
- De derde mogelijkheid maakt gebruik van moderne technieken voor verhoging van flexibiliteit. In de mechanische productie is ze vertegenwoordigd door de numerieke besturing, die al in de jaren zestig op bescheiden schaal is ingevoerd. Aanvankelijk werden hierbij nog geen computers aan het proces vastgekoppeld (zie 5.2).

Het programma werd in een handgeprogrammeerde ponsband vastgelegd, die via logische schakelingen het gereedschapswerktuig (bijvoorbeeld een draaibank) bestuurt. In de jaren zeventig is de procescomputer in het systeem opgenomen, eerst in de vorm van minicomputers, nu reeds als één of meer micro-computers gekoppeld aan een mini-computer. In de jaren zeventig is ook de industriële robot geïntroduceerd. Op dit moment neemt de robot in het algemeen monotoon werk en activiteiten onder ongunstige fysieke omstandigheden over. De eerste generatie robots is nog beperkt in haar mogelijkheden. Voor veel processen is de vereiste nauwkeurigheid nog niet haalbaar. De nieuwe robotgeneratie, uitgerust met visuele en tactiele sensoren voor terugkoppeling, en bestuurd via hogere programmeertalen, heeft echter zo'n grote nauwkeurigheid dat zelfs fijn assemblagewerk kan worden uitgevoerd.

Bij de fabricage is procesbeheersing nodig voor het bereiken van kwaliteit en continuïteit. Indien de eisen voor reproduceerbaarheid niet te hoog zijn, kan men bij automatisering meestal volstaan met een sturing zonder terugkoppeling. De sturing kan desgewenst worden uitgebreid met een voorwaardse compensatie voor uitwendige storingen.

Als in het proces kan worden gemeten, is terugkoppeling mogelijk. In veel gevallen schieten zowel modelvorming en meetbaarheid te kort, zodat productiepersoneel voortdurend een deel van de procesbesturing moet verzorgen. Bij het gebruik van grondstoffen met variabele eigenschappen kan dit deel aanzienlijk worden.

Het tekortschieten van procesmodellen vormt een uitdaging tot het ontwikkelen van betere. De inspanning, de kosten en de tijd, die hiermee gepaard gaan, moeten echter niet worden onderschat.

### **6.3.2 De montage**

De montage onderscheidt zich van de fabricage doordat bij de samenstelling van onderdelen veelal geen krachtwerktuigen nodig zijn voor verspaning, vervorming of vorming van onderdelen. Bij de montage is de belangrijkste factor de behendigheid om de onderdelen te hanteren en te monteren. Daarom wordt in de montage nog veel handarbeid toegepast. Pas bij grote series is automatisering zinvol.

Voor een montagesysteem is het van belang om welke soort produkt het gaat en hoeveel varianten er zijn. Hierbij spelen functie, complexiteit, grootte en gewicht een belangrijke rol. Een andere belangrijke factor is de grootte van de totale serie en het aantal te monteren produkten per tijdseenheid, evenals de jaarlijks te leveren aantallen opgedeeld in bestelaantallen.

De uitvoering van de montage wordt bepaald door de produktstructuur en de montagevolgorde. De produktstructuur houdt verband met de vorm van de onderdelen en de wijze waarop deze worden samengevoegd. Uit basismateriaal worden onderdelen gemaakt, deze onderdelen worden tot componenten gevormd en deze componenten zijn de bouwstenen van grotere bouwelementen. Bouwelementen vormen samen het produkt of het technische systeem.

De montagestructuur geeft aan welke handelingen en bewerkingen in welke volgorde moeten plaatsvinden en welke technische kennis en produktiemiddelen nodig zijn.

De keuze van het montagesysteem wordt bepaald door strategische en technische factoren. In tabel 6.3 zijn deze factoren schematisch aangegeven.

**Tabel 6.3** Factoren bij de keuze van een montagesysteem.

|                 | strategisch                                                                                                                                                                                                                                   | technisch                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produkt         | management doelstellingen                                                                                                                                                                                                                     | onderdelen en montage-handelingen                                                                                                                                                                                                                        |
|                 | <ul style="list-style-type: none"><li>- markt</li><li>- volume en groei</li><li>- duurzaamheid ontwerp</li><li>- kwaliteit, betrouwbaarheid</li><li>- veiligheid</li><li>- zelf maken of kopen</li><li>- order of voorraadproductie</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- montagevolgorde</li><li>- soort handelingen</li><li>- geometrische beperkingen</li><li>- grootte en gewicht</li><li>- vorm en stijfheid</li><li>- tolerantie en vrijgave</li><li>- testen en inspectie</li></ul> |
| Montage-systeem | <ul style="list-style-type: none"><li>- kosten en produktiviteit</li><li>- aansluiting op de rest van de produktie</li><li>- hoeveel werknemers</li><li>- storingskans</li><li>- ruimtebeslag</li></ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"><li>- uitvoering</li><li>- keuze apparatuur</li><li>- taakomschrijvingen</li><li>- aanvoer onderdelen</li></ul>                                                                                                        |

In de hiërarchie van beslissingen slaan de eerste (initiële) beslissingen meestal terug op de strategische aspecten van de produkten. Lager in de hiërarchie worden de aspecten technischer en in toenemende mate bepaald door hogere beslissingen. Maar zowel op hoog als op laag niveau worden de beslissingen bepaald door aspecten van produkt en montagesysteem.

Er dient een wisselwerking te zijn tussen produktontwerp en montage; door (kleine) ontwerpwijzigingen zijn montagehandelingen zodanig eenduidiger of eenvoudiger te maken, dat mechanisering of automatisering verantwoord wordt. Het ontwerpen voor automatisering dient een strategie van het bedrijf te zijn. Hierbij moet niet alleen worden gedacht aan een goede hanteerbaarheid van de onderdelen, maar o.a. ook aan goede stapelbaarheid, waardoor ruimtewinst bij opslag en transport mogelijk is.

In figuur 6.3 zijn de stadia van eenvoudige handmontage tot volautomatische montagelijnen nader aangegeven.

Belangrijke parameters die de automatiseringsgraad van het montagesysteem bepalen zijn: seriegrootte, flexibiliteit, mechanisatiegraad, cyclustijd en aantal handelingen en bewerkingen. Om te kunnen vaststellen welke handeling in welke mate kan worden geautomatiseerd en waar de gewenste flexibiliteit aanwezig moet zijn, dient een analyse van alle deelhandelingen te worden uitgevoerd.

Op dit moment zijn nog vele star gemechaniseerde en geautomatiseerde montagesystemen in gebruik. In toekomstige montagesystemen zullen flexibeler hanteer- en bewerkingssystemen worden toegepast. Dit wordt mogelijk gemaakt door snellere en goedkopere informatieverwerkende apparatuur.



# SERIEGROOTTE

ENKELSTUKS

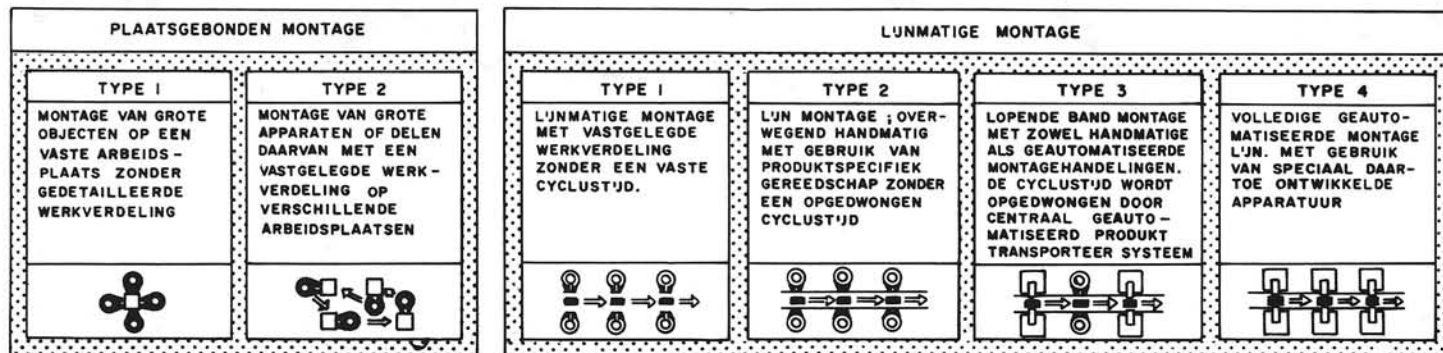
KLEIN

MIDDEL

GROOT

MASSA

## PRODUKTIE LAYOUT

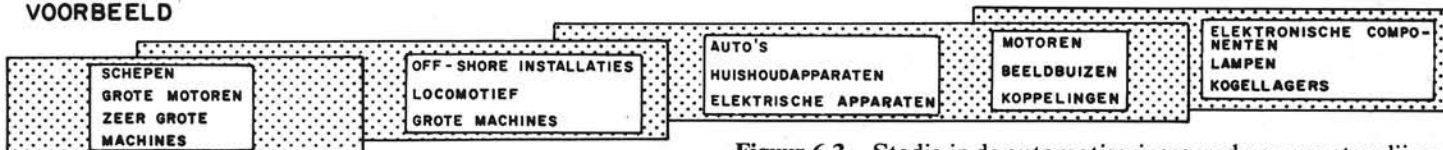


MECHANISERINGS / AUTOMATISERINGSGRAAD

## PRODUKT / SOORT

| INSTALLATIES EN APPARATEN |       | APPARATEN OF DELEN DAARVAN | APPARATEN OF DELEN DAARVAN | APPARATEN OF ONDERDELEN | ONDERDELEN | EENVOUDIGE ONDERDELEN |
|---------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|------------|-----------------------|
| GEWICHT                   | GROOT | GROOT                      | MIDDEL - GROOT             | MIDDEL                  | LAAG       | LAAG                  |
| DIMENSIES                 | GROOT | GROOT                      | MIDDEL - GROOT             | MIDDEL                  | MIDDEL     | KLEIN                 |
| COMPLEXITEIT              | GROOT | GROOT                      | MIDDEL - GROOT             | MIDDEL                  | MIDDEL     | LAAG                  |

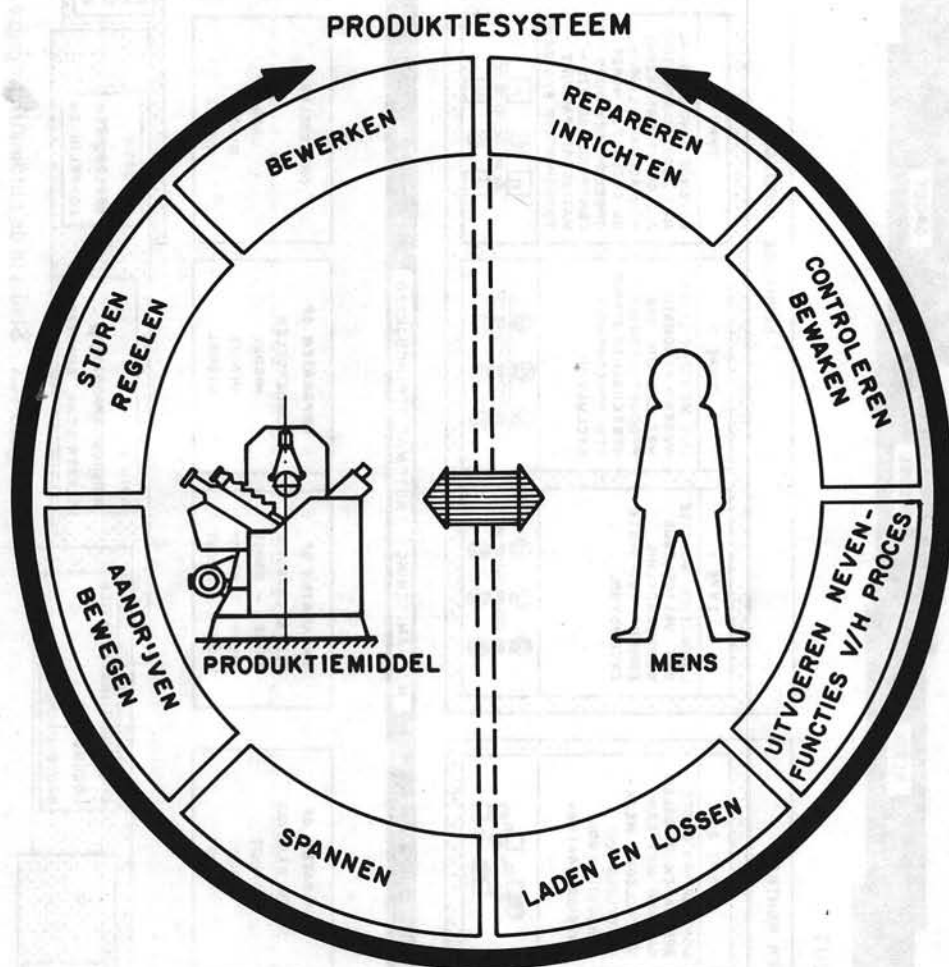
## VOORBEELD



Figuur 6.3 Stadia in de automatiseringsgraad van montagelijnen.

## 6.4 De toepassing van flexibele produktie-automatisering

De hoofdkenmerken van automatisering zijn het verschuiven van de menselijke functie in het productieproces van de uitvoeringsfunctie naar de bewakingsfunctie en het 'zacht' maken van informatie. Met dit laatste wordt bedoeld dat produkt-, fabricage- en montagegegevens komen vast te liggen in ponsbanden en computergeheugens, in plaats van in malen en hulpgereedschappen.



**Figuur 6.4** Samenspel tussen mens en produktiemiddel in een produktiesysteem.

Het productieproces is een samenspel tussen de mens en de hem ter beschikking staande produktiemiddelen. In figuur 6.4 is deze samenhang schematisch aangegeven. Als in dit samenspel de gewenste flexibele automatisering onvoldoende aanwezig is, dan dient de situatie in de door het bedrijf gewenste zin te worden gewijzigd. Deze verandering kan worden gerealiseerd door vervanging van de mens, vervanging van het produktiemiddel, of vervanging van het produktiesysteem.



Bij het automatiseren van produkthantering is classificatie van de werkstukken mogelijk naar eigenschappen en gedrag van het werkstuk. Onder eigenschappen worden verstaan uitvoeringsvorm, geometrische gegevens, kenmerkende vormelementen en fysische eigenschappen. Het gedrag van het werkstuk geeft bijvoorbeeld aan of het werkstuk stapelbaar is, stabiel blijft liggen en op eenduidige wijze is te herkennen of te hanteren.

De arbeidsplaatsanalyse levert tenslotte een beschrijving van de elementaire functies waaruit de handeling is opgebouwd. Een voorbeeld is gegeven in figuur 6.5.

De hanteerfuncties die in de meeste gevallen voor flexibele automatisering in aanmerking komen, zijn in figuur 6.6 aangegeven.

De keuze van uitvoering van deze flexibele automatisering wordt bepaald door cyclustijd, seriegrootte, acceptabele omsteltijd en de levenscyclus van het productiesysteem in zijn geheel of in delen.

| BENAMING             | S'JMBOOL                                                                            | BENAMING                      | S'JMBOOL                                                                            | BENAMING     | S'JMBOOL                                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| OPSLAG<br>ONGEORDEND |    | ORDENEN                       |    | POSITIONEREN |    |
| OPSLAG<br>GEORDEND   |    | POSITIE<br>CONTROLLEREN       |    | SPANNEN      |    |
| TRANSPORT            |   | OMDRAAIEN<br>DRAAIEN<br>KEREN |   | LOSSEN       |   |
| SCHEIDEN             |  | TOEWIJZEN                     |  | UITNEMEN     |  |
| SAMEN-<br>VOEGEN     |  | INLEGGEN                      |  | BEWERKEN     |  |

**Figuur 6.6** De verschillende functies die produkthantering beschrijven. De dikomlijnde functies kunnen op dit moment door robots worden verricht.

De omschreven analyse van functies en deelfuncties is principieel hetzelfde in het geval dat:

- de robot werkstukken hanteert van een gedefinieerde positie in of uit het produktiemiddel, of
- de robot gereedschapdragend is met bewerking van werkstukken in een gedefinieerde positie (lakken, mengglaslassen, puntlassen).

De uitvoering van de functies is principieel verschillend. Over de automatisering van de arbeidsplaats is zeer veel literatuur aanwezig.

#### 6.4.2 Vervanging van het produktiemiddel

Door de ontwikkeling van de micro-electronica kunnen steeds meer functies door machines worden overgenomen. Tevens vindt machine-integratie plaats: functies die vroeger op verschillende machines moesten plaatsvinden zijn nu op één machine mogelijk. Mede door het vergrote bewerkingsvermogen is de productiecapaciteit van deze moderne machines zeer groot. Dit geldt niet alleen voor bewerkingscentra voor verspanende bewerking, maar eveneens voor onder andere cnc-ponsmachines en lasersnijmachines. Keerzijde van de medaille is, dat de prijs van dit soort machines navenant hoger is. Dit past slecht in het vervangingsbeleid van normale machines, nog afgezien van kapitaalvernietiging van normaal opspanen bewerkingsgereedschap, dat het vermogen van deze cnc-machines niet kan overleven.

De traditionele toestand van een man per machine zal worden verlaten. Een van de eerste ontwikkelingen is het toepassen van enkelvoudige tot meervoudige palletshuttles en het door één man laten bedienen van meer machines. Vooral dit laatste, meer machinebediening, ondervindt nogal wat weerstand. Het lijkt nogal tegenstrijdig dergelijk dure machines zonder één op één toezicht te laten draaien. Toch is het duidelijk dat dit soort productieopstellingen qua prestatie losgekoppeld gaat worden van de mens en uiteindelijk 24 uur per dag met een beperkte bewaking zal worden ingezet. Dit is het begin van de fabriek van de toekomst.

#### 6.4.3 Vervanging van het produktiesysteem

Om deze moderne installaties goed werkend te krijgen en te houden, moet het productieproces automatisch worden beheerst, zodat elke handeling betrouwbaar en voorspelbaar wordt uitgevoerd. De nadruk moet liggen op produktkwaliteit. Men kan produktkwaliteit vertalen naar elk deelproces en proberen de betrouwbaarheid van het verloop van het proces zo goed mogelijk te beheersen.

Alleen door deze voorspelbaarheid en beheersing van het productieproces wordt het mogelijk flexibele automatisering te bedrijven met een (ook financieel) goed resultaat. De ijzeren discipline, nodig om elke bron die storing zou kunnen veroorzaken op te sporen en weg te nemen, ligt de westerling niet zo. Wij zijn in het algemeen meer gewend te improviseren en in de voorbereiding slordig te zijn.

Het denken in termen van kwaliteit in elke geleiding van de organisatie is dan ook een basisvoorwaarde voor de toepassing van flexibele automatisering. Dit komt tot uiting in de soort eisen die bij flexibele automatisering aan de te bewerken producten moeten worden gesteld.

##### *Het invoeren van constructienormen (vermijden van constructieve franje)*

Er wordt nogal eens gesteld dat flexibele automatisering niet in staat is veel produktvarianten te verwerken. Dat lijkt ook zo, maar vaak is de achtergrond daarvan, dat door middel van technieken als waarde analyse en groeptechnologie, eerst de constructieve franje is verwijderd, inclusief de overdreven nauwkeurigheidseisen waar uiteindelijk toch niet aan hoeft te worden voldaan (goedgekeurde afkeur). Aan de constructeurs zullen randvoorwaarden worden gesteld waarbinnen de constructie moet worden gerealiseerd.

##### *Goede nulpuntreferenties*

Elk systeem moet weten waar de werkstukken zich bevinden. Maatgeving moet plaatsvinden vanaf goed gedefinieerde en gestandaardiseerde op- en aanlegvlakken. De bewerkingstoeslag moet minimaal zijn en in tolerantie worden beheerst.

### **Beperken van het aantal opspanningen**

Machine-integratie en daarmee beperken van het aantal opspanningen levert op zich al een grote kwaliteitsverbetering op door het verminderen van opspanfouten en -toleranties.

Flexibele automatisering kan niet uitsluitend worden bereikt met automatische machines en flexibele manipulators. Ook de infrastructuur rondom de robot moet flexibel zijn. Er moet communicatie zijn met de omgeving en de centrale besturing. Er is nog veel innovatief werk te verrichten voor onderdelentoevoer, produktherkenning en -bewaking, programmeerbare overzetters enz. Ook hier lijkt werk voor het midden- en kleinbedrijf weggelegd.



## 7. Produktie-organisatie

De invoering van flexibele produktie-automatisering wordt gekenmerkt door een toenemende integratie van allerlei taken op het uitvoerend niveau, in het bijzonder de werkvoorbereiding en planning, de feitelijke produktie, de kwaliteitsbeheersing en het onderhoud. Onderhoud wordt van toenemend belang, omdat de bedrijfstijd zal worden verlengd en de rendementen waarmee de produktie-apparatuur draait, moeten stijgen. Het toezichhoudend niveau gaat aan belang verliezen; coördinerende functies zullen in toenemende mate worden toegewezen aan uitvoerende functies. Een belangrijk aspect is ook de directe terugvoeding van informatie uit het produktieproces naar bediening en onderhoud. Een betere aansluiting op het hogere niveau ontstaat door het sneller en directer beschikbaar komen van managementinformatie.

Kortom: een toenemende mate van organisatievrijheid op het lagere niveau, een toenemende delegatie van taken en minder niveaus in de organisatie. Er komt een essentiële verbinding tussen tot nu ogenschijnlijk apart gehouden afdelingen. Niet alleen de apparatuur, maar ook de arbeidsorganisatie zal fundamenteel veranderen.

### 7.1 Karakterisering van produktie-organisatie

Niet één bedrijf is gelijk aan een ander bedrijf. Dit betekent dat elk bedrijf voor flexibele produktie-automatisering invoert zijn eigen oplossing nodig heeft. Toch kan een aantal karakteristieke produktievormen worden onderscheiden.

Een grof onderscheid is dat tussen een bewerkingsgerichte en een produktgerichte produktie. De bewerkingsgerichte produktie zal voornamelijk onderdeelbewerkingen inhouden in

| AANTALLEN →    |              |       |        |       |
|----------------|--------------|-------|--------|-------|
| ↓ COMPLEXITEIT |              | GROOT | MIDDEL | KLEIN |
|                | ENKELVOUDIG  | 1     | 2      | 3     |
|                | SAMENGESTELD | 4     | 5      | 6     |
|                | COMPLEX      | 7     | 8      | 9     |

**Figuur 7.1** Indeling van verschillende produktie-organisaties naar complexiteit en aantallen produkt.

enkelvoudige fabricage of kleine serie, die plaatsvinden in de onderdelenwerkplaats. Bij de bewerkingsgerichte structuur worden alle overeenkomstige bewerkingen in afdelingen gegroepeerd. De orders worden opgesplitst in componenten die ieder een aantal bewerkingen moeten ondergaan.

De produktgerichte produktie bestaat voornamelijk uit de samenbouw van enkelvoudige onderdelen tot bouwstenen en eenvoudige eindprodukten en de montage van bouwstenen tot complexe eindprodukten. De complexiteit van een produkt kunnen we naar drie categorieën indelen:

- enkelvoudige onderdelen;
- eenvoudige eindprodukten en samenstellingen;
- complexe eindprodukten opgebouwd uit samenstellingen.

Door de categorieën van seriegrootte en complexiteit van het produkt tegen elkaar uit te zetten, ontstaat een indeling naar negen karakteristieke produktie-organisaties (figuur 7.1). Voor elk van deze negen produktie-organisaties kunnen we onderzoeken of automatisering verantwoord en flexibiliteit noodzakelijk is.

### **Enkelvoudige onderdelen:**

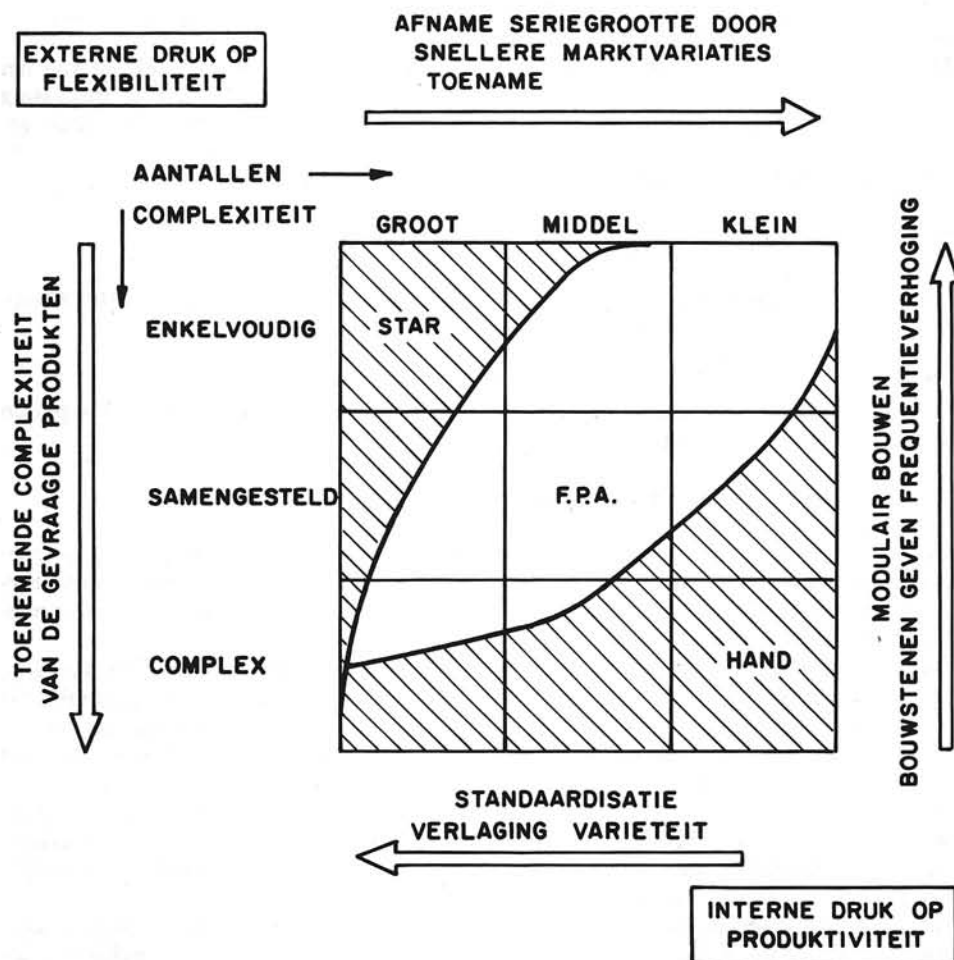
- |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gebied 1 | Deze produktie in grote aantallen is met starre mechanisatie goed en goedkoop mogelijk. Flexibiliteit wordt hier nauwelijks gevraagd. Het is een gebied dat zich goed leent voor de zogenaamde harde automatisering.                                                               |
| gebied 2 | De produktie van middelgrote aantallen van enkelvoudige produkten vraagt meer flexibiliteit. Half-automaten en/of nc-machines en eenvoudige robots (laden, lossen) zijn hier vaak verantwoord inzetbaar.                                                                           |
| gebied 3 | Bij het maken van kleine aantallen enkelvoudige produkten is universele apparatuur het geschiktst, tenzij de variëteit van de produkten klein is en de herhalingsfrequentie van de kleine aantallen hoog is; dan zijn nc-machines, en andere flexibele produktiemiddelen mogelijk. |

### **Eenvoudig samengestelde produkten:**

- |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gebied 4 | Grote aantallen samengestelde produkten. Afhankelijk van de technische mogelijkheden zal deze produktie met starre mechanisatie mogelijk zijn; anders is handmontage nodig. Bij deze produktie-organisatie is het gewenst de starre mechanisatie flexibel te maken om na afloop van een grote serie produkten de apparatuur technisch en economisch verantwoord te kunnen omstellen voor een nieuw produkt. Hier is flexibiliteit op langere termijn nodig. |
| gebied 5 | Dit is het belangrijkste toepassingsgebied van flexibele produktie-apparatuur: middelgrote series van samengestelde produkten. Op dit moment gebeurt het samenstellen veelal nog met de hand. Deze produktie-organisaties konden in het verleden niet economisch verantwoord automatiseren. Flexibele automatiseringsapparatuur kan hier de gewenste produktiviteitsverhoging leveren die voor produkt en markt rechtvaardig zijn.                          |
| gebied 6 | Een kleine serie samengestelde onderdelen. Evenals in gebied 3 geldt hier dat als de herhalingsfrequentie van een klein aantal varianten maar hoog genoeg is, flexibele automatisering mogelijk is. Anders zal universele apparatuur en handmatige produktie de goedkoopste oplossing blijven.                                                                                                                                                              |

# Complex samenstellingen:

- gebied 7 Voor grote aantallen produkten van complexe samenstelling worden of zeer dure en geavanceerde montagemachines gebruikt, of is handmontage aan een lijnopstelling de oplossing. Door de ontwikkeling van tweede en derde generatie robots wordt het mogelijk ook in dit gebied de handmontage verder te automatiseren.
- gebied 8 + 9 Hoe kleiner de seriegrootte van complexe samenstellingen wordt, des te meer zal handmontage de enige economisch verantwoorde produktievorm blijven.



**Figuur 7.2** Het gebied dat in aanmerking komt voor flexibele productie-apparatuur.

In figuur 7.2 zijn de 9 gebieden verdeeld over de mogelijke produktievorm: handmatig, flexibel geautomatiseerd en star geautomatiseerd. Tevens is aangegeven welke invloed een aantal ontwikkelingen heeft op de plaats van een produktievorm in de matrix.

Marktonwikkelingen oefenen een druk uit om de flexibiliteit van het produktieproces te verhogen. Vanuit de onderneming wordt een druk uitgeoefend om de produktiviteit te verhogen.

Als de frequentie van marktveranderingen toeneemt, zal de star geautomatiseerde apparatuur nog niet zijn afgeschreven als de vraag naar het produkt is verdwenen. Flexibiliteit t.a.v. ombouw op de lange termijn is dan gewenst. In de figuur treedt een verschuiving naar rechts op.

Vanuit de markt ontstaat een groeiende vraag naar produkten met een toenemende complexiteit. Dientengevolge neemt de complexiteit van de produktie toe; dit geeft in de figuur een verschuiving naar beneden.

Door standaardisatie neemt de variëteit van produkten af. Daardoor zijn grotere series mogelijk en wordt het gebruik van flexibele produktie-automatisering op een gegeven moment verantwoord (in de figuur een verschuiving naar links).

Het opsplitsen van een produkt in bouwstenen en modules zal de complexiteit van het produkt in de eindmontage verminderen. Meestal neemt de seriegrootte door toepassing van modules ook toe (standaardisatie van de modulen). Wederom ontstaat dan de mogelijkheid dat het gebruik van flexibele produktie-automatisering verantwoord wordt (in de figuur een verschuiving naar boven).

## 7.2 Produktiestructuur

Onder produktiestructuur verstaan wij de manier waarop bewerkingsstappen zijn gekoppeld. Er zijn twee hoofdvormen:

- de bewerkingsgerichte structuur
- de produktgerichte structuur

Daarnaast komen semi-autonome groepen voor in andere produktiestructuren. We praten dan over de groepenstructuur.

### 7.2.1 De bewerkingsgerichte structuur

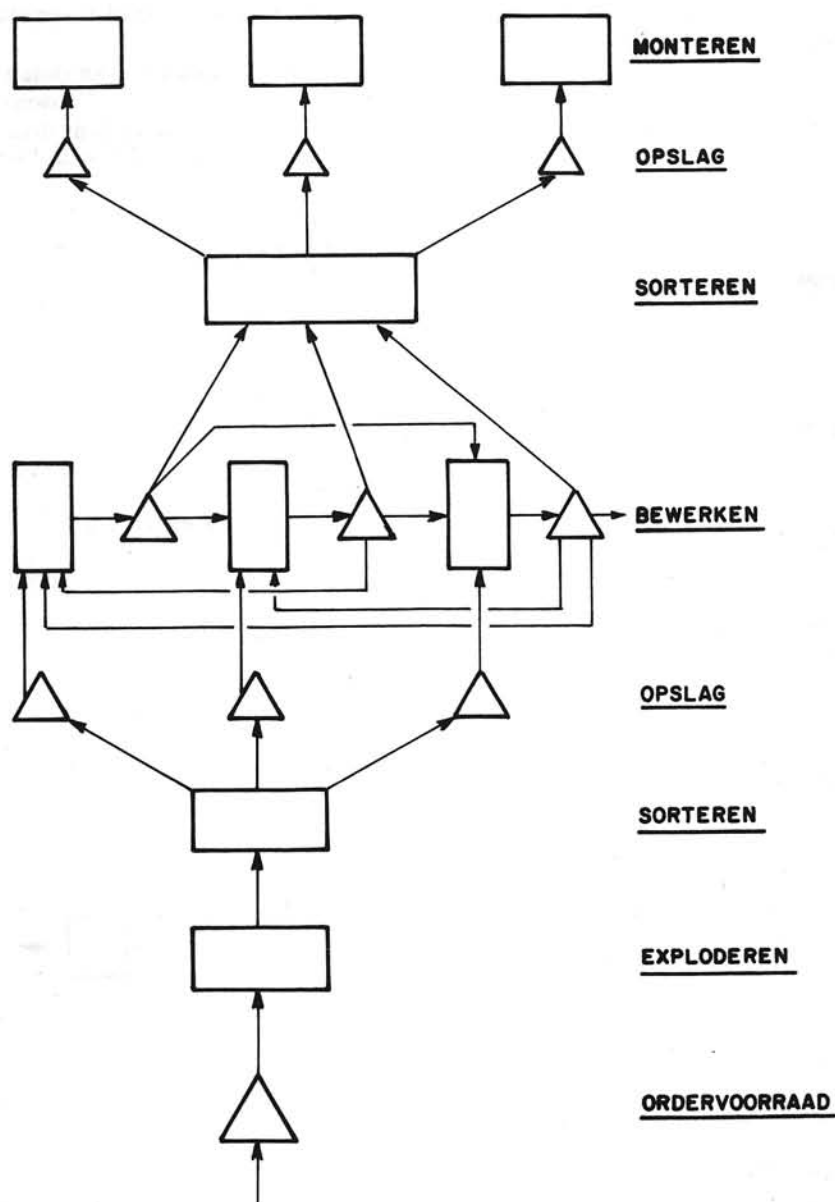
In deze structuur worden alle technisch indentieke bewerkingen in een afdeling gegroepeerd. Alle orders worden opgesplitst in componenten en alle componenten worden geordend naar vereiste bewerkingen. Grondstoffen en halffabrikaten worden naar de functionele afdelingen gedirigeerd.

Binnen de bewerkingsafdelingen werken de mensen en de machines parallel. Om elke afdeling vol te kunnen plannen, dienen veel orders tegelijk in bewerking te worden genomen. De doorlooptijd is in deze produktiestructuur bijzonder lang omdat de produktiecapaciteit simultaan wordt ingezet op veel orders (ervaringscijfer: bewerkingstijd is tussen de 5 tot 10% van de doorlooptijd).

Aangezien na elke bewerking de componenten moeten doorgaan naar verschillende volgende bewerkingsafdelingen en de bewerkingstijden verschillen, kan deze complexe materiaalstroom alleen worden bestuurd door batches te produceren die telkens aan de uitgangszijde worden geïdentificeerd en doorgestuurd.

Aangezien de bewerkingen technisch identiek zijn, maar niet altijd produkt-identiek, ontstaan ook micro-wachttijden bij machines waar te bewerken componenten in gelijksoortige kleine series moeten worden gesorteerd om de omsteltijden te beperken. De bewerkingsgerichte produktiestructuur is in figuur 7.3 schematisch weergegeven.

## BEWERKINGSGERICHTE STRUCTUUR

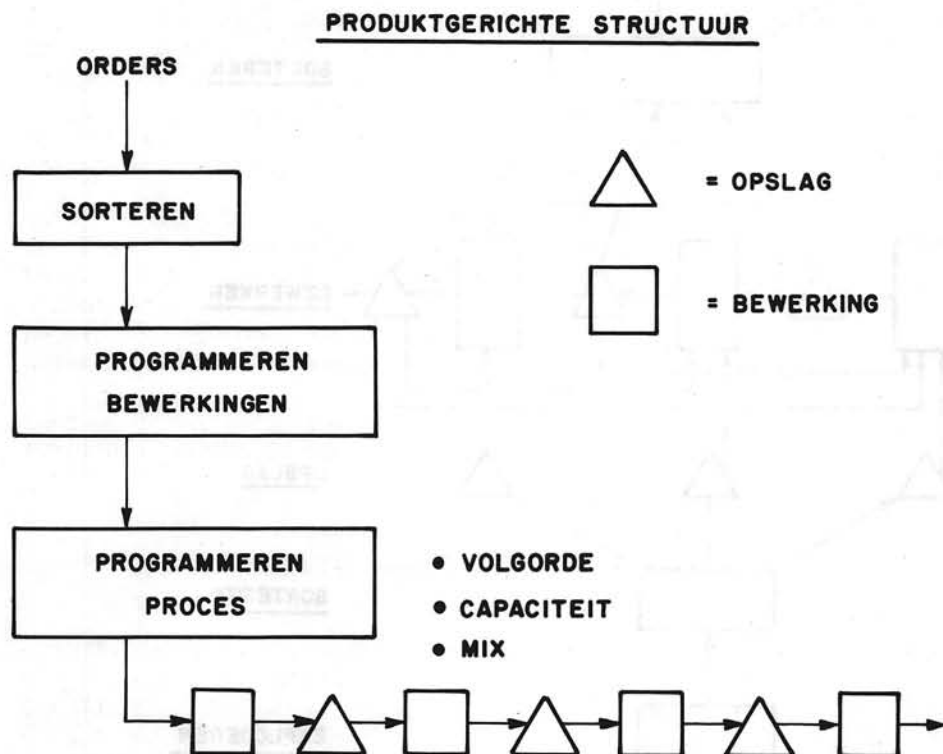


**Figuur 7.3** In een bewerkingsgerichte structuur werken mensen en machines parallel. Omdat na elke bewerking de componenten doorgaan naar verschillende volgende bewerkingsafdelingen is sorteren aan de ingangszijde en uitgangszijde nodig.

## 7.2.2 De produktgerichte structuur

In een produktgerichte structuur staan de bewerkingen in een vaste volgorde en zijn gespecialiseerd (figuur 7.4). De afleverintervallen zijn kort tot zeer kort. Daarom zijn er relatief veel gespecialiseerde bewerkingsstations nodig waarvan de cyclustijd exact gelijk is aan het afleverinterval.

Deze structuur is vanwege de nauwe tijdgebonden aansluiting tussen de bewerkingsstappen storingsgevoelig, zodat veelal toch in buffers tussen de stations is voorzien. Vanwege het grote aantal gespecialiseerde stations is de totale buffer dan toch groot en is de doorlooptijd relatief lang. De verhouding tussen bewerkingstijd en doorlooptijd is daardoor ongunstig.



- STORINGSGEVOELIG
- COMPLETE PROCESDETERMINATIE
- DOORLOOPTIJD
- OMSTELVERLIEZEN

**Figuur 7.4** In een produktgerichte structuur staan de bewerkingen in een vaste volgorde. Vanwege de nauwe, tijdgebonden aansluiting tussen de bewerkingsstappen zijn meestal buffers tussen de stations geplaatst.



De produktielijn is inflexibel ten aanzien van het produktievolume, dat alleen door de bedrijfstijd kan worden beïnvloed. Bij het omstellen van de lijn ten behoeve van wisselingen van series produktvarianten ontstaan gauw verschillen tussen de produktiesnelheden der individuele bewerkingen, zodat de lijn opnieuw moet worden gebalanceerd. Veelal zal men verlies van evenwicht moeten accepteren waardoor wachttijden van mensen en/of machines ontstaan. De lijn is dus niet flexibel om te stellen, ook als de bewerkingsstations vrij programmeerbaar zijn.

### 7.2.3 De groepenstructuur

Grondslag voor deze structuur is het produceren in relatief kleine werkgroepen van series verschillende bewerkingen aan een compleet produkt, module of produktcomponent. Kenmerkend is dat binnen de groep alle (per produkt eventueel wisselende) opeenvolgende bewerkingen zijn ondergebracht waarmee een compleet eindprodukt kan worden gemaakt. Dat eindprodukt kan een familie componenten zijn waarvoor meer bewerkingen nodig zijn, of een module waarbij componenten worden gemaakt en gemonteerd tot samenstelling, of de montage van een eindprodukt. Veelal zijn er meer bewerkingssoorten en bewerkingsplekken dan er groepsleden zijn.

De groepsleden zijn multifunctioneel opgeleid en kunnen elkaar geheel of gedeeltelijk bijstaan en geheel of gedeeltelijk van taak wisselen. Veelal verricht de groep zelf de detailplanning, de werkvoorbereiding, een deel van het onderhoud, de kwaliteitscontrole, de opleiding van nieuwe leden, de storingsopheffing en andere werkzaamheden. Het werkoverleg in deze groepen is voor een goede coördinatie en samenwerking onontbeerlijk. De groepen kunnen hun momentane informatie heel goed terugkoppelen voor een goede actuele besturing.

Omdat de groep relatief klein is en multifunctioneel is opgebouwd, is de gemiddelde voorraad werk gering, zijn de buffers relatief klein en is de doorlooptijd relatief kort bij een relatief lang afleverinterval.

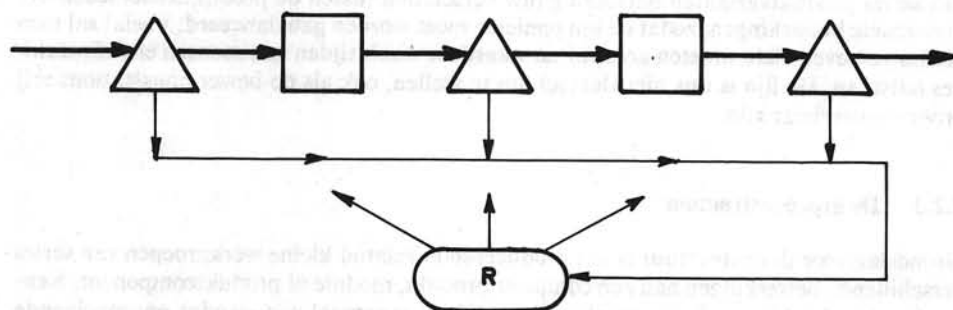
## 7.3 Invloed van flexibele automatisering op een productie-organisatie

Flexibele automatisering kan betrekking hebben op de mechanisering en gelijktijdig programmeerbare besturing van processtappen. Dat heet bewerkingsautomatisering (figuur 7.5). Dit is een ruim begrip omdat de stappen in het proces betrekking kunnen hebben op het eigenlijke bewerken van voorwerpen en op het hanteren (positieverandering) en transporteren van voorwerpen (plaatsverandering).

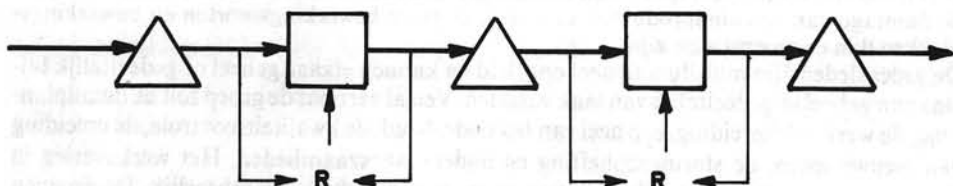
Flexibele automatisering kan ook betrekking hebben op de automatisering van de procesbesturing of materiaalstroombesturing binnen een compleet fabricageproces. Procesautomatisering koppelt de bewerkingen, hantering en transporten. Zij is dan ook toepasbaar op een proces waarin de bewerkingen volledig handmatig geschieden of handmatig worden gestuurd. Bij deelautomatisering vindt de koppeling niet over het gehele proces plaats, maar over delen daarvan.

Bewerkingsautomatisering kan onafhankelijk van procesautomatisering plaatsvinden. In dat geval zijn alle koppelingen (hantering en transport) tussen de bewerkingsstappen evenals de bewerkingen zelf gemechaniseerd, maar de materiaalstroombesturing is niet geprogrammeerd en wordt ter plaatse gestuurd. Van deelautomatisering is sprake indien sommige hanterings-, transport-, assemblage- of bewerkingsactiviteiten gemechaniseerd en flexibel programmeerbaar zijn. In dat geval zijn er in een conventionele produktielijn bepaalde

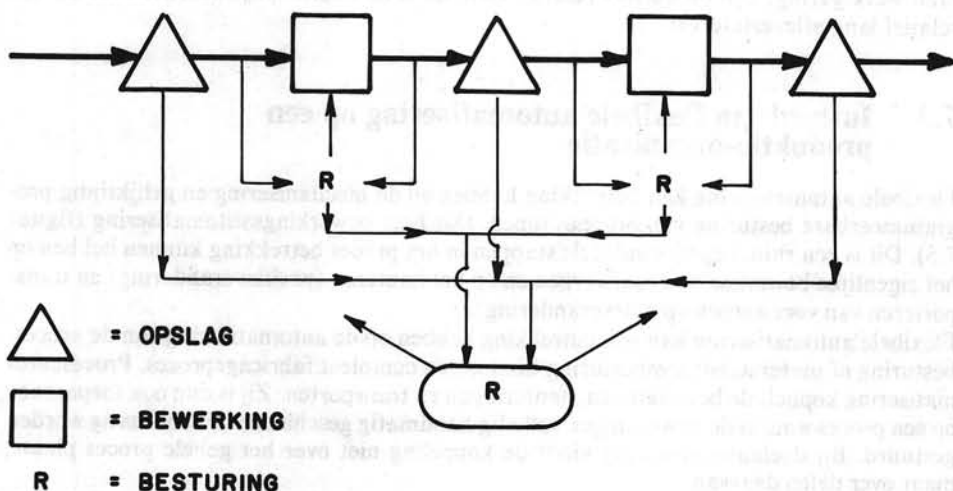
### PROCESAUTOMATISERING



### BEWERKINGSAUTOMATISERING



### INTEGRALEAUTOMATISERING



**Figuur 7.5** Bij procesautomatisering wordt de materiaalstroom binnen een compleet fabricageproces geautomatiseerd. Bij bewerkingsautomatisering worden de bewerkingen zelf gemechaniseerd, maar wordt de materiaalstroom ter plaatse gestuurd. Integrale automatisering koppelt procesautomatisering en bewerkingsautomatisering.

gedeelten waarin de bewerkingsschappen geheel mechanisch en vrij programmeerbaar plaatsvinden.

Integrale flexibele automatisering vindt plaats als alle stappen zijn gemechaniseerd en door een programma worden bestuurd (bewerkingsschappen) en bovendien alle koppelingen tussen de stappen via flexibele procesautomatisering met programma's worden gestuurd.

## **7.4 Flexibele automatisering in de verschillende produktiestructuren.**

Het is vanzelfsprekend dat de drie genoemde produktiestructuren - de bewerkingsschappen, de produktgerichte en de groepenstructuur - zich op verschillende wijze lenen voor flexibele automatisering. De mogelijkheden van bewerkingsschappen en procesautomatisering voor de drie produktiestructuren worden besproken.

### **7.4.1 Flexibele produktie-automatisering in een bewerkingsschappen structuur**

Bij bewerkingsschappen kan veelal worden volstaan met parallel opgestelde niet-gekoppelde apparatuur, aangezien een zeer complex transportsysteem zal zijn vereist voor de mechanische koppelingen tussen afdelingen en machines.

Procesautomatisering is moeilijk vanwege de uiterst complexe structuur van de sorteringshandelingen aan de ingang van de bewerkingsschappen en aan de uitgang van de bewerkingsschappen. De ontwikkeling van apparatuur zal relatief kostbaar zijn, terwijl het systeem toch inflexibel blijft, vooral ten aanzien van levertijden. Door een snellere doorstroming kan de hoeveelheid onderhanden werk enigszins afnemen.

Integrale automatisering is vrijwel onmogelijk; de op bewerkingsschappen gerichte opstelling maakt het bouwen van geïntegreerde transferlijnen of bewerkingsschappen onuitvoerbaar.

### **7.4.2 Flexibele produktie-automatisering in een produktgerichte structuur**

Wanneer slechts een beperkt aantal stations uit het totaal moet worden omgesteld, biedt een gedeeltelijke toepassing van bewerkingsschappen voordelen.

In andere gevallen zal de potentiële flexibiliteit van een geautomatiseerd station worden beperkt door het minst flexibele station. Een andere veel voorkomende mogelijkheid is de vervanging van zware, vuile en ergonomisch ongunstige arbeid door een automaat.

Dit kan een van de volgende consequenties hebben:

- Flexibele automatisering op enkele stations leidt tot ombouw van de overblijvende en voornamelijk nog handmatige stations tot flexibel geautomatiseerde eenheden.
- Flexibele automatisering op een enkel station blijft beperkt tot het inzetten van een automaat tussen de overige handmatige stations. Dit betekent dat op het betreffende station menselijke taken wegvallen. Aangezien het produktietempo van de automaat is geprogrammeerd verliezen de overige stations hun reeds kleine mogelijkheid tot regeling van het tempo en van de tussenvoorraden. Door de arbeidsdeling te vergroten, kan het tempo van de gehele produktie worden verhoogd.

Bij het maken van verschillende produkten op een star gemechaniseerde lijn leidt volledige automatisering van de bewerkingsschappen tot een ideale oplossing. Er ontstaat een flexibele trans-

ferlijn waarin alle bewerkingen, transporten en hanteringen gemechaniseerd en geautomatiseerd zijn. Er ontstaat dan een flexibele productiegroep.

De door mensen uitgevoerde bewerkingen zullen verdwijnen en de regulerende nevenfuncties kunnen worden geïntegreerd en uitgebreid. Men houdt toezicht, bewaakt, houdt schoon, regelt bij, verricht kwaliteitscontrole en onderhoud, heft storingen op en voert administratie. Ook kwaliteitscontrole op programma's en bijsturende programmering aan machines is zeer wel mogelijk.

De mogelijkheden van automatisering van de procesbesturing hebben vooral betrekking op sortering en hoeveelheidsbepaling aan de ingang van de lijn. In de lijn zelf zijn de mogelijkheden onbelangrijk omdat de lijn als vaste keten is ontworpen.

Flexibele besturing van de materiaalstroom is zonder gelijktijdige toepassing van flexibele automatisering bovendien niet goed mogelijk. De lijn is immers star.

Door procesautomatisering aan de bewerkingsautomatisering toe te voegen worden de koppelingen tussen bewerkingen, hanteringen en transporten geautomatiseerd. In principe ontstaat dan de onbemande lijn.

Het is de vraag of een dergelijk ontwerp effectief is zolang gedurende de procesgang toch storingen kunnen optreden. Als het besturingsprogramma een afwijking niet rechtstreeks teruggekoppeld krijgt en er niet voldoende voorzien is in geautomatiseerde storingsopheffing, ontstaat een duur spelgoed dat niet optimaal functioneert. Dan moet er een bemanning naast worden gezet met een monotone bewakingsfunctie die bij een minder hoge investering zelf de regulering ter plekke zou kunnen uitvoeren.

#### **7.4.3 Flexibele productie-automatisering in een groepenstructuur**

Het is duidelijk dat de groepenstructuur ideaal is voor flexibele productie-automatisering. Aangezien de groepen reeds op doorstroming zijn gebaseerd, lopen zij als het ware vooruit op flexibele productie-automatisering.

Flexibele automatisering van bewerkingen leidt tot het wegvallen van uitvoerende functies, zodat de groep zich nog meer kan richten op procesregulering, waarvoor de leden reeds getraind zijn. Toezicht, bewaking, storingsreductie, reparatie, onderhoud, kwaliteitscontrole en ontwikkeling worden hoofdfuncties. Ontwikkeling is daarbij niet de minst belangrijke. Beter dan wie ook kan de groep beoordelen welke technische en bestuurlijke knelpunten er in de productie zijn, welke storingen vaak voorkomen en hoe deze zouden kunnen worden aangepakt. Met behulp van eindtoestellen (terminals) kunnen gegevens ter plekke worden ingetoetst en periodiek door de groep worden geanalyseerd.

In een groepenstructuur zijn de voorraden klein en de doorlooptijden kort.

Aangezien in deze structuur kosten kunnen worden bespaard op doorlooptijden (en dus ook op geheugencapaciteit van computers) en voorraadbestedingen, is het machinerendement minder belangrijk, zodat de inzet van een enkele automaat binnen een groep niet steeds hoeft te leiden tot capaciteitsvergroting van de gehele groep of tot verlenging van de bedrijfstijd.

In tegenstelling tot de bewerkingsgerichte en de produktgerichte structuur leent de groepenstructuur zich zeer goed voor automatisering van de materiaalstroom.

In dit geval is het object van procesregulering niet de individuele bewerking tussen stations, maar de koppeling tussen de ingang en de uitgang van de productiegroepen. Binnen de groepen hanteert men een intelligente detail-regulering per dag of per week, terwijl het integrale besturingsprogramma slechts rekening houdt met de globale besturing en het voorraadbeheer tussen deze groepen.

De groepen voeden het programma rechtstreeks met actuele informatie. De procesbesturing hoeft hier niet complex te zijn en cumulatieve beslissingfouten op basis van verouderde informatie komen aanzienlijk minder voor.

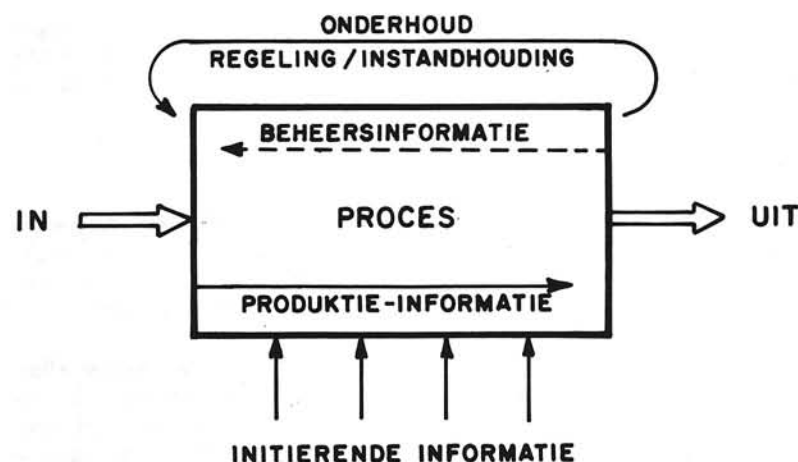
## 7.5 Informatiestromen in een produktie-organisatie

In een produktie-organisatie vinden in grote trekken twee processen plaats. Het produktieproces, bestaande uit de verwerking en uitvoering van de dagelijkse orderstroom en het initiërende proces dat de voorwaarden moet scheppen om het lopende produktieproces op langere termijn in stand te houden en zonodig te vernieuwen (figuur 7.6).

Het produktieproces gebruikt twee informatiestromen:

- produktie-informatie die nodig is voor de directe produktie. In dit proces zal steeds een compromis zijn gemaakt tussen capaciteit en prioriteit. De informatie is aangepast aan de integratie en differentiatie van functies en taken binnen het produktieproces.
- beheersinformatie, die uit de produktie wordt teruggekoppeld om het produktieproces te sturen en gegevens te verzamelen voor onderhoud en statistiek.

Het initiërende proces gebruikt een informatiestroom die aangeeft welke processen en produkten moeten worden gemaakt en welke machines en gereedschappen daarvoor moeten worden aangeschaft.



Figuur 7.6 De drie informatiestromen in een produktie-organisatie.

De informatie die nodig is om resultaten gesignaleerd te krijgen moet snel beschikbaar zijn. Voor het onderhoud en de statistiek is snelle beschikbaarheid minder essentieel. Deze informatie moet wel relevant zijn en goed geregistreerd en vastgelegd kunnen worden.

### 7.5.1 Informatie bij invoering van flexibele produktie-automatisering

Het is wenselijk enige aandacht te besteden aan de informatie die nodig is om tot nieuwe of gewijzigde produktiestructuren te komen met behulp van flexibele produktie-automatisering.



### *Programma van eisen*

De toekomstige gebruiker van een flexibel productie-apparaat moet goed beseffen dat het systeem kwetsbaarder wordt naarmate het ontwerp te veel is gericht op schaalgrootte en universaliteit en te weinig op een beperkt aantal parallel geschakelde geautomatiseerde eenheden. De gebruiker moet niet meer willen dan hij nodig heeft. De kwetsbaarheid (stagnatiekansen) neemt namelijk toe naarmate er meer functies in het apparaat worden ondergebracht. Als deze functies afzonderlijk kunnen worden in- en uitgeschakeld kan de stagnatiekansen worden verminderd.

De eisen voor betrouwbaarheid en regelbaarheid moeten strikt worden geformuleerd, evenals technische eisen zoals meet-, bewerkings- en plaatsingsnauwkeurigheid, onderhoudbaarheid, uitwisselbaarheid, standaard-subassemblages enz. De mate waarin aan al deze eisen kan worden voldaan en op welke plaatsen compromisoplossingen aanvaardbaar zijn, zijn niet tevoren aan te geven.

### *Ingebruikstelling*

Flexibele productie-automatisering moet als een project worden aangepakt. Per eenheid dient het gehele proces van bestellen, afname, opstelling, logistiek, bemanning en proefdraaien tot het gewenste produktieniveau effectief wordt gehaald, als een project te worden bewaakt en begeleid. De informatiestromen die hiervoor nodig zijn, hangen samen met de projectdefinities. Zij zijn afhankelijk van de opdeling in deelprojecten, de specificaties voor tijd, arbeidstijd en kwaliteit en van de kosten- en begrotingsrapportages.

Typische daarbij is, dat veel wordt teruggekoppeld en dat aanpassingen en oplossingen worden gezocht. Bovendien moet zo goed mogelijk aan de voorwaarden voor toekomstig functioneren worden gewerkt (meet- en onderhoudschema's, reservedelen, handboek enz.).

## **7.5.2 Informatie voor structurele evaluatie**

Er moet worden overwogen in welke mate en in welk detail ook technisch gedrag moet worden geregistreerd en gerapporteerd. Het is van belang stagnatie-oorzaken met kosten, stilstandsduur en frequentie van voorkomen per soort te leren kennen. Dat geldt ook voor meerkosten aan, c.q. afkeur van het produkt (zowel in de fabriek als bij afnemers).

Het kan zinvol worden zijn ook allerlei gedetailleerde statistische gegevens over instellingen, slijtage en maatnauwkeurigheid ter beschikking te krijgen. Dat geldt ook voor frequenties van stagnerende aanvoer of afkeur bij aanvoer op elk van de bewerkings- of montagestations en de frequenties van uitval en afval met hun oorzaken. Er is een neiging deze mogelijk benodigde informatie te registreren, koste wat kost, je kunt immers nooit weten!

In plaats daarvan kan losse zelfregistrerende apparatuur worden ingezet voor een gerichte, maar tijdelijke zoeklichtactie. Vooral in geautomatiseerde montageprocessen zal de storingskans relatief groot zijn: alle componenten moeten niet alleen op het juiste moment beschikbaar zijn, zij moeten ook die kwaliteit hebben die samenvoeging toestaat.

De kwaliteit van de componenten is essentieel voor een met weinig stagnaties verlopende montage.

De monteerbaarheid zal in veel gevallen fundamenteel kunnen worden verbeterd door de onderdelen daarop te ontwerpen. Denk aan het gericht houden van onderdelen, aan het elimineren van in elkaar haken, aan zoek- en geleideranden. Bij de vormgeving van onderdelen kan ook de filosofie van de groepentechnologie een rol spelen. Onderdelen kunnen zo worden gedimensioneerd dat gelijksoortige bewerkingen of bewerkingsvolgorden tot families voeren.



## 7.6 Beheersing van informatiestromen

Doordat bij flexibele automatisering het aantal ketens in het productieproces afneemt, wordt de logistiek eenvoudiger en de doorlooptijd van het produkt korter. Het aantal administratieve handelingen dat het proces begeleidt, vermindert. In complexe productieprocessen spelen de werkvoorbereiding en de planning een essentiële rol. De afdelingen werkvoorbereiding en planning lenen zich als knooppunt van informatiestromen bij uitstek voor automatisering. Hier komen technische en administratieve gegevens samen.

Uit de ontwerpafdeling stroomt veel informatie naar andere afdelingen. Deze afdeling is namelijk een knooppunt van technische en wetenschappelijke informatie. Het ontwerpen kan met 'computer aided design' effectiever geschieden. Dan is ook een automatische overdracht van ontwerpgegevens naar de fabricage-afdeling mogelijk. Bij een complex samengesteld produkt bieden in geautomatiseerde vorm vastgelegde stuklijsten voordelen. Een stap verder en ook de programmering van productie-apparatuur wordt door het cad-systeem geleverd.

In een onderneming zijn drie verschillende essentiële afdelingen die zich lenen voor automatisering, maar elk vanuit een andere achtergrond. Het zijn:

- de ontwerpafdeling,
- de planning en werkvoorbereidingsafdeling,
- de productie-afdelingen.

Op de ontwerpafdeling wordt van oudsher veel gerekend. Dit leidde in de jaren zestig en zeventig tot de introductie van wetenschappelijke computersystemen om de ontwerpers sneller en uitvoeriger de ontwerpen te laten doorrekenen. Uitgebreide programma's ontstonden om complexe ontwerpen en constructies door te rekenen en simulaties uit te voeren. Het wordt met behulp van cad-systemen mogelijk op een beeldscherm elektronisch een tekening op te bouwen. Het arbeidsintensieve tekenwerk kan op deze wijze aanzienlijk worden teruggebracht. De opbouw van de constructie in de innovatieve heuristische fase kan op het beeldscherm geschieden.

De laatste jaren wordt het elektronische tekenwerk geïntegreerd in deze wetenschappelijke systemen. Via beeldschermen wordt direct met de computer gecommuniceerd, worden berekeningen uitgevoerd en wordt het uiteindelijke ontwerp grafisch weergegeven. Alle ontwerp-informatie over het produkt is in elektronische vorm aanwezig en opvraagbaar.

Op de werkvoorbereidingsafdeling wordt van oudsher de ontwerp-informatie vertaald in productie-informatie. Een planning wordt opgesteld wanneer welke bewerkingen waar kunnen plaatsvinden. Beheersing van de stroom van goederen vergt een complex van organisatorische en operationele maatregelen waarmee de juiste goederen tegen minimale kosten op het juiste tijdstip in de gewenste hoeveelheid en kwaliteit de juiste bestemming bereiken. De behoefte aan deze beheersing komt voornamelijk voort uit de wens zinvol te reageren op fluctuaties en variaties in de afname van produkten.

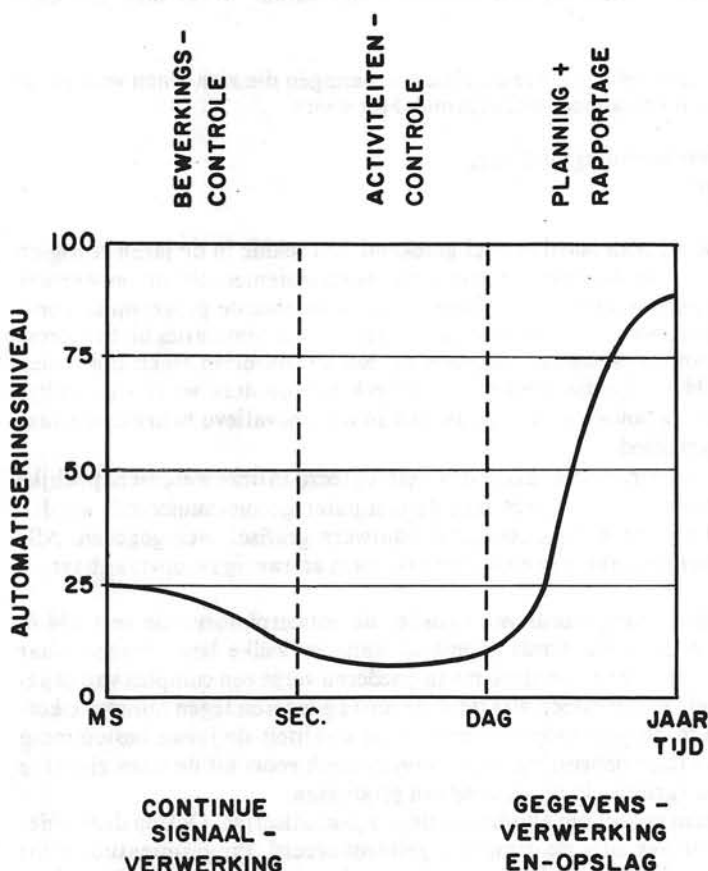
Beheersing van dit probleem vraagt om administratieve automatisering. Ook op deze afdeling is in de jaren zestig en zeventig de computer geïntroduceerd. Programmatuur werd vaak in standaardpakketten bij de betreffende computerfabrikant aangeschaft. In de loop der tijd zijn deze programma's waar mogelijk aangepast aan de specifieke wensen van de onderneming.

De huidige ontwikkelingen in de productie-automatisering maken gebruik van de mogelijkheid dat de verschillende cnc-bewerkingsmachines met elkaar kunnen communiceren. Een informatienetwerk kan worden opgebouwd en automatische transportsystemen kun-

nen vanuit dit netwerk worden bestuurd.

Door combinatie van zulke computergestuurde machines kan men tot 'computer aided manufacturing' komen.

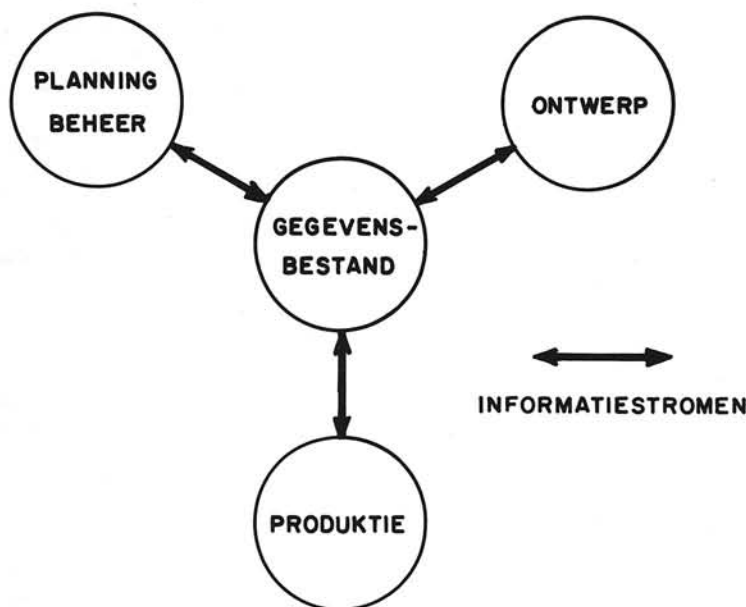
Dit betekent de automatisering van het gehele productieproces van produktontwerp tot fabricage, van planning tot voorraadbeheer enz. Het is nuttig hierbij een onderscheid te maken tussen computers voor verschillende taken. In figuur 7.7 is de penetratiegraad van het computergebruik uitgezet tegen de tijdsduur dat de gegevens relevant blijven en dus moeten worden opgeslagen. De lijn geeft globaal de omvang van de huidige activiteiten weer. Het verst is de automatisering van de administratie en de planning voortgeschreden.



**Figuur 7.7** De penetratiegraad van de computer in verschillende activiteiten. Automatisering van gegevensverwerking en -opslag op lange termijn is ver gevorderd; toepassing van momentane signaalverwerking ontwikkelt zich met behulp van micro-elektronica in snel tempo. Het tussengebied, de activiteitencontrole, is nog weinig geautomatiseerd.

De automatisering van produktiemachines en -processen is in opkomst. Het tussengebied moet nog worden opgevuld. Het belang van de beheersing van de informatie- en goederenstroom neemt toe.

Kenmerkend voor de jaren tachtig is dat de drie essentiële afdelingen (ontwerp, planning, produktie) in meer of mindere mate zijn geautomatiseerd en nog verder zullen worden geautomatiseerd. Echter met het historisch gegroeide probleem dat elke afdeling zijn eigen computersysteem heeft, dat voor die afdeling meestal optimaal is. Elk van deze beslissingen is op het moment van de keuze verantwoord geweest. Echter binnen de totale onderneming waren zij niet de optimale.



**Figuur 7.8** Koppeling van computersystemen in een produktie-organisatie.

De stap naar de geautomatiseerde fabriek is de koppeling van die drie afdelingen via een centraal gegevensbestand (figuur 7.8). Het probleem van de jaren tachtig is: hoe laat ik die systemen met elkaar communiceren? hoe beheers ik de informatiestromen die door de onderneming gaan stromen? De kosten voor apparatuur worden steeds lager. De beperkende factoren zullen in het bijzonder de kosten van programmatuur en de beschikbaarheid van programmeerspecialisten zijn.

Een goede systeemaanpak van de hele automatisering is absoluut noodzakelijk. De verschillende afdelingen vormen een geheel en moeten goed op elkaar worden afgestemd. Automatisering moet het beleid van de onderneming worden, niet het beleid van verschillende afdelingen.

Het management zal vanuit zijn strategie één automatiseringsplan moeten opstellen dat voor elke afdeling de randvoorwaarden t.a.v. organisatie, apparatuur en programmatuur bepaalt opdat de koppeling van systemen op het moment dat de tijd er rijp voor is, zonder technische en programmatische problemen kan plaatsvinden.

Er is een toenemende tendens naar verder geïntegreerde produktielijnen, waarin de machines onderling direct zijn gekoppeld.

Deze ontwikkelingen leidt tot een sterke toename van de complexiteit van de machines. Daarom wordt ook het onderhoudspersoneel geconfronteerd met nieuwe technieken. Naast de traditionele mechanische en elektrische systemen krijgt het onderhoudspersoneel in toenemende mate te maken met hydraulische, pneumatische, elektronische en micro-elektronische systemen en met programmatuur. Het wordt steeds moeilijker deze vakgebieden onderling binnen de apparatuur te scheiden. Zij komen op geïntegreerde wijze voor.

Bovengenoemde ontwikkelingen vergen grote investeringen. Om deze investeringen zo productief mogelijk te maken is er in het algemeen een tendens naar langere bedrijfsduur en ploegendiensten. Ongeplande stilstand van de machine en de daaruit voortvloeiende deriving van produktie krijgen steeds grotere gevolgen.

Dit leidt tot de noodzaak het aantal onderbrekingen en de duur van stilstand van machines te beperken. Er moet meer aandacht worden geschonken aan de bedrijfszekerheid en de onderhoudbaarheid van produktiemiddelen. Bij het ontwerpen van produktiemiddelen moet daarom het onderhoudsaspect worden meegerekend. Dit wordt wel aangeduid met onderhoudsbewust ontwerpen. Voor het gebruik is het van belang een optimaal onderhoudsplan vast te stellen, dat reeds in de ontwerpfase vorm moet krijgen.

#### *Onderhoud bij het ontwerpen*

Onderhoudsbewust ontwerpen dient door de toekomstige gebruiker te worden gestimuleerd en door de leverancier van het produktiemiddel te worden uitgevoerd. Het is nodig dat de gebruiker de leverancier dwingt tot onderhoudsbewust ontwerpen door dit in de specificaties op te nemen.

In de eisspecificaties dienen kwantitatieve eisen te worden opgenomen met betrekking tot bedrijfszekerheid, onderhoudbaarheid, beschikbaarheid, capaciteit en machinesnelheid onder goed gedefinieerde bedrijfsomstandigheden.

In de specificaties dient aandacht te worden geschonken aan het te verwachten verbruik van reservedelen en aan de zekerstelling van de levering van reservedelen over de te verwachten levensduur van de machines.

Van groot belang zijn de eisen die worden gesteld aan de te leveren documentatie over het onderhoud. Deze documentatie heeft betrekking op het onderhoudsconcept, storingzoekprocedures, beschrijving van de werking van de machine, overzicht van de onderdelen, tekeningen en schema's, instructies voor installatie en montage- en richtlijnen voor reparatie. Het is van belang tot overeenkomsten te komen met de leverancier over de serviceverlening en de opleiding van bedienings- en onderhoudspersoneel.

#### *Onderhoud in het gebruik*

Voor het onderhoud aan apparatuur kan men aanvankelijk gebruik maken van de richtlijnen die door de fabrikant zijn opgesteld. De ervaring leert dat deze richtlijnen in het algemeen te omvangrijk zijn. Dit is een gevolg van onzekerheid in de ontwerpfase omtrent het te verwachten storingsgedrag. De ontwerper wil zich graag veiligstellen. Een andere factor is dat de bedrijfs- en omgevingsomstandigheden niet altijd volledig kunnen worden voorzien, doordat deze in de loop van de tijd veranderen. De gebruiker is daarom gehouden het onderhoudsconcept zo spoedig mogelijk aan te passen aan het feitelijke onderhoudsgedrag van de apparatuur.

Onderhoudsconcepten hebben in de loop der tijd een vrij sterke ontwikkeling doorgemaakt. De traditionele aanpak was het correctieve onderhoud. Hierbij wordt pas onderhoud ver-

richt nadat storingen zijn opgetreden.

Door strengere veiligheidseisen en de ontoelaatbaarheid van produktiederving is het periodiek onderhoud in zwang gekomen. Dit is gebaseerd op totale revisie van een machine na een zekere kalendertijd of een aantal draai-uren.

In veel gevallen is het beter periodieke inspecties toe te passen. Het kenmerk van periodieke inspectie is, dat eerst de conditie van kritieke onderdelen, componenten en subsystemen wordt vastgesteld en op grond van de geconstateerde condities tot correctieve maatregelen wordt besloten. Het beoordelen van de conditie is als regel subjectief van aard. Het is afhankelijk van het oordeel van individuele monteurs.

Er is dan ook tegenwoordig een sterke tendens naar een objectief van conditie-afhankelijk onderhoud. Hierbij worden periodiek of continu bepaalde eigenschappen gemeten, die relevant zijn voor de conditie van kritieke onderdelen, componenten, subsystemen, machines of van een gehele produktielijn. Deze ontwikkeling wordt in sterke mate ondersteund door het beschikbaar komen van bedrijfszekerdere, kleinere en goedkopere sensoren voor het meten van verschillende signalen.

Steeds vaker worden microprocessoren toegepast om de gemeten signalen te verwerken en op te slaan. Deze informatie kan via beeldschermen worden gepresenteerd aan het onderhoudspersoneel. Deze kunnen hun oordeel nu baseren op kwantitatieve parameters en vooraf vastgestelde normen. Bewakingssystemen van condities bezitten mogelijkheden tot fout-signalering (indicatie over de aanwezigheid van defecten en storingen), foutlokalisering (identificatie van de plaats van het defect of de storing), opsporing van de oorzaken van storingen en defecten, opslag en rapportage van storingsgegevens (naar plaats, frequentie, duur en effecten), conditiesignalering door het meten van parameters tegenover normwaarden en tenslotte predictie van storingen en defecten door trendanalyse van voorgaande waarnemingen.

Het zal duidelijk zijn dat conditiebewaking slechts mogelijk is wanneer hieraan in de ontwerpfase reeds aandacht wordt geschonken (bijv. inbouw van de nodige sensoren).

Het onderhoudsconcept van een produktiemiddel dient te worden aangepast aan het feitelijke storingsgedrag. Dit zal zich in de loop der tijd wijzigen als gevolg van veroudering en slijtage en door veranderingen in bedrijfs- en omgevingsomstandigheden. Voor deze aanpassing is het noodzakelijk de onderhoudsgegevens van machines over een bepaalde periode te analyseren. Het betreft hier gegevens over storingen, reparaties, preventief onderhoud en verbruik van reservedelen. Er dienen geschikte voorzieningen te worden getroffen voor registratie, verwerking en opslag van deze gegevens. Deze gegevens moeten snel kunnen worden geselecteerd en teruggezocht. In de toekomst zal hiervoor in toenemende mate gebruik worden gemaakt van computersystemen. De historische onderhoudsgegevens worden geanalyseerd op primaire oorzaken van opgetreden storingen en defecten. Deze analyse zal er toe leiden dat een groot aantal storingen en defecten kan worden voorkomen door verbetering van de constructie, verbetering van de wijze van bedienen, 'foolproof' ontwerp en vaststelling van minimaal vereiste preventieve onderhoudsactiviteiten qua soort, interval en inhoud.

#### *Personeelsaspecten*

Het onderhoudspersoneel is traditioneel ingedeeld in vakgroepen. De storingsmonteurs met algemene kennis van produktie-apparatuur en installaties zijn meestal geplaatst in de produktieafdelingen. De specialisten zoals lassers, machinebankwerkers en constructiebankwerkers zijn meestal ingedeeld bij de centrale technische dienst. Daarnaast zijn er elektrotechnici, meet- en regeltechnici, instrumentatievaklieden en civieltechnische vaklieden. Bij moderne (flexibele) produktie-apparatuur treft men steeds meer geïntegreerde subsy-



stemen aan, waarbij vakgebieden van mechanische, elektrische, elektronische, micro-elektronische aard en programmatuur in onderlinge relatie voorkomen. Het onderhoud van dergelijke apparatuur vereist onderhoudspersoneel met een brede achtergrond. Het storingzoeken aan dergelijke geïntegreerde systemen stelt hoge eisen aan de diagnostische vaardigheden van het onderhoudspersoneel. Het is dan ook wenselijk dat dit personeel specifiek op deze vaardigheden wordt geselecteerd en daarin wordt getraind.

Hierin zal slechts in beperkte mate kunnen worden voorzien door personeel met een lagere technische opleiding. Het wordt noodzakelijk hiervoor personeel met een middelbare technische vorming in te zetten, bijgeschoold op speciale cursussen in de diverse vakgebieden.

Het werk van bedieningspersoneel vertoont een verschuiving van het verrichten van fysieke handelingen naar activiteiten zoals bewaking en optimalisering van het proces. Daarbij wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van directe presentatie van relevante proces- en machinegegevens op beeldschermen.

Het is nodig dat dit personeel inzicht heeft in de interacties tussen produkt en machine, machine en bediening en machine en onderhoud.

Wanneer bedieningspersoneel hiervan voldoende weet, kan het worden ingezet voor routinematige onderhoudswerkzaamheden. Die omvatten schoonmaken, smeren, afstellen, omstellen en het uitvoeren van kleine inspecties en reparaties. In die gevallen waar de kennis van machine, proces en produkt dominant wordt, valt te overwegen voormalige onderhoudsmonteurs in te zetten als bedieningspersoneel met als taak de bediening van een produktielijn en het verrichten van onderhoud.

Door bovengeschetste toenemende integratie van onderhouds- en produktie-activiteiten wordt het steeds wenselijker de verantwoordelijkheid hiervoor ook bij één persoon te leggen. Omdat het aspect van personeelscoördinatie in belang zal afnemen, zal ook het belang van het toezichthoudend niveau tussen uitvoering en bedrijfsleiding in belang gaan afnemen. De produktieleider zal alleen dan in staat zijn de verantwoordelijkheid voor de produktie en het onderhoud te dragen, wanneer hij beschikt over een aantal jaren ervaring in het onderhoud.

De rol van de centrale technische dienst zal hierdoor in toenemende mate worden gericht op het verlenen van ondersteunende activiteiten voor meer omvangrijke onderhoudswerkzaamheden aan de produktie-apparatuur. Naar verwachting zal hiervoor in toenemende mate een beroep worden gedaan op leveranciers en specialisten op basis van servicecontracten.



## 8. De sociaal-organisatorische aspecten

De techniek van flexibele automatisering is bekend. Voor kleine en grote ondernemingen is de apparatuur beschikbaar. Toepassing van deze apparatuur levert een bedrijf niet zonder meer een betere concurrentiepositie op. Een voordeel kan slechts worden bereikt door de wijze waarop de flexibele produktie-automatisering wordt toegepast. Flexibele produktie-automatisering heeft altijd consequenties voor de organisatie van de arbeid. De inhoud van veel functies verandert en daardoor wordt een herziening van de gehele taakstructuur nodig. Naar verwachting neemt hierbij de samenhang en wederzijdse afhankelijkheid van functies en afdelingen toe.

De dure en kwetsbare apparatuur vereist een gemotiveerde inzet van de mensen; vervreemding moet worden tegengegaan en voorkomen. Structuren moeten aan menselijke vermogens en verlangens worden aangepast; adequate werkwijzen en vormen van leidinggeven zijn hierbij nodig. Kortom: sociaal-organisatorische aanpassingen en management-innovatie zijn onlosmakelijk aan flexibele produktie-automatisering verbonden. De koppeling van deze aanpassingen aan de technische innovatie leidt tot eigentijdse arbeidsorganisaties en biedt het bedrijf de mogelijkheid de concurrentie het hoofd te bieden. Eigentijds houdt in dat de aangeboden arbeid past bij de mensen van deze tijd. In deze zin is kwaliteit van arbeid en organisatie een strategisch noodzaak en een essentieel onderdeel van een industriebeleid.

### 8.1 De kwaliteit van de arbeid

De kwaliteit van de arbeid, zoals hier bedoeld, wordt bepaald door de effecten die het verrichten van de arbeid op de mens heeft. Zij is laag bij effecten die negatief worden beoordeeld (ongevallen, ziekte, afnemende arbeidsgeschiktheid, vervreemding) en hoog bij effecten die positief worden beoordeeld (gezondheid, toenemende arbeidsgeschiktheid, mogelijkheden die kunnen leiden tot zelfontplooiing). Kwaliteit van de arbeid is de mate waarin de arbeid bijdraagt aan de menselijke waardigheid.

Tot de factoren die de kwaliteit van de arbeid beïnvloeden behoren kenmerken van de arbeidsplaats en het arbeidssysteem: arbeidsinhoud, fysieke en sociale arbeidsomstandigheden, arbeidsverhoudingen en arbeidsvoorwaarden. In het algemeen gesproken is vooral van belang hoeveel ruimte de werknemer heeft zelf keuzen te doen. Daarbij is de keuzeruimte ten aanzien van de taakinhoud - de mogelijkheid zelf samenstelling, volgorde, uitvoeringswijze enz. te bepalen - verreweg het belangrijkste. Dit aspect, verder aangeduid als 'regelcapaciteit', zal later verder worden besproken.

Naast de genoemde kenmerken van de arbeidssituatie zijn ook kenmerken van de werken van invloed op de kwaliteit van de arbeid: geestelijke en lichamelijke vermogens en beperkingen, de arbeidsmotivatie en het karakter. Uiteindelijk is het de afstemming tussen kenmerken van de arbeidsplaats en kenmerken van degene die de plaats bekleedt die positieve dan wel negatieve effecten doet ontstaan. Een grote mate van afwisseling en veel keuzeruimte mogen voor velen heilzaam zijn, bij hen die ontoereikende capaciteiten bezitten of te sterk prestatiegericht zijn, kunnen zij ongevallen of overbelasting veroorzaken.

Voor het verhogen of handhaven van de arbeidskwaliteit staan de organisatie verschillende middelen ter beschikking, gebaseerd op ingrepen in de diverse bepalende factoren. Enerzijds aanpassing van organisatiestructuur, arbeidsvoorwaarden en op interne verhoudingen gerichte organisatie-ontwikkeling, anderzijds aanpassing van personeelontwikkeling en -begeleiding, werving, selectie en plaatsing. Bij de invoering van flexibele produktie-auto-

mativering ligt het voor de hand de aandacht vooral te richten op de taakstructuur en de daarmee samenhangende organisatie-aspecten. Maar men mag de andere facetten niet uit het oog verliezen: voor de betrokken werknemers leggen beloning, omscholing en loopbaan-vooruitzichten veel gewicht in de schaal.

In het onderstaande wordt de nadruk gelegd op de taakstructuur zoals die er na invoering van flexibele produktie-automatisering komt uit te zien. In verband hiermee is het goed eerst stil te staan bij de basisfuncties die in elk produktieproces te onderscheiden zijn.

### **8.1.1 Uitvoering en regulering: basisfuncties in het produktieproces**

Elk produktieproces is opgebouwd uit twee gekoppelde en complementaire functies: uitvoering en regulering.

De regulering (ontwikkeling en coördinatie) heeft zowel betrekking op het produkt als op het proces. Produceren heeft niet alleen betrekking op het maken van een gespecificeerd produkt, maar ook op processpecificaties zoals tijd, hoeveelheid, afleverinterval, volgorde en werkmethoden. De uitvoering omvat de volgens de door de regulering gespecificeerde bewerkingen.

De scheiding tussen regulerende en uitvoerende functies is voor de kwaliteit van de arbeid van zeer groot belang. Louter uitvoerend werk heeft bijna altijd een lage kwaliteit.

### **8.1.2 Sociale en ergonomische structuur**

De regelcapaciteit die in de arbeidstaak ligt besloten, is een van de belangrijkste factoren van de kwaliteit van de arbeid. Deze regelcapaciteit is in principe te meten door te bepalen in welke mate iemand in en door zijn taak betrokken is in de produktieregulering. De sociale structuur van de produktie-organisatie is mede bepalend voor de verdeling van de kwaliteit van de arbeid over de verschillende taken in het produktiesysteem. Deze structuur hangt af van de mate waarin de uitvoerende en regulerende taken zijn gesplitst in deeltautvoeringen en deelreguleringen.

Andere factoren die de kwaliteit van de arbeid bepalen, zijn de fysieke arbeidsomstandigheden. De aanwezigheid van gassen, stof, vuil, lawaai, licht/donker, schitteringen in de werkomgeving kan van tijdelijke of blijvende invloed zijn op de lichaamsfuncties. De vereiste bewegingen en de daarbij te leveren energie veroorzaken vermoeidheid en slijtage. Deze factoren staan voor een deel op zichzelf en kunnen ook rechtstreeks door ingrepen worden beïnvloed. Voor een ander deel hangen zij echter samen met de psychische belasting. De complexiteit van prikkel, de variatie van spierbewegingen, de moeilijkheid van beslissingen, het aantal taken waarvoor verantwoordelijkheid wordt gedragen, de noodzaak te moeten reageren op onvoorspelde gebeurtenissen bepalen te zamen de mentale belasting van de werknemer.

## **8.2 Gevolgen van flexibele produktie-automatisering op de kwaliteit van de arbeid**

### **8.2.1 Rol van de techniek**

Alvorens in te gaan op de gevolgen van flexibele produktie-automatisering voor de kwaliteit van de arbeid moeten enkele opmerkingen worden gemaakt over de rol van de techniek en op het meten van arbeidskwaliteit.

- Techniek bepaalt geenszins noodzakelijkerwijze de kwaliteit van het werk. Technische bewerkingen worden verricht op basis van een technisch ontwerp. Aangezien er meestal verscheidene ontwerpen mogelijk zijn, hangt het van de keuze af of het ontwerp alleen technisch efficiënt, of bovendien sociaal efficiënt is.

De kwaliteit van de arbeid is in de eerste plaats een functie van de structuur van de arbeidsverdeling zoals die ontstaat uit de gekozen scheiding tussen uitvoerende en regelende taken en de splitsing daarvan in deeltaken.

Ook uit onderzoek blijkt dat techniek op zichzelf niet bepalend is voor de kwaliteit van de arbeid. Men vindt uiteenlopende kwaliteit van de arbeid in bedrijven die dezelfde soorten producten maken voor eenzelfde markt met dezelfde soort produktiemiddelen.

- Veranderingen in de kwaliteit van de arbeid worden vastgesteld door het verschil tussen de situatie voor en na de invoering van flexibele productie-automatisering te meten. Omdat een meting van de kwaliteit van de arbeid veelal geen absolute, maar relatieve uitkomsten oplevert, kan een positieve verandering zeer vaak betrekking hebben op - absoluut gesproken - iets zeer minimaals. Bij een uitgesproken lage kwaliteit van de arbeid voor de automatisering, moet een dergelijke uitkomst ook in dat licht worden gewogen.

- Er moet een onderscheid worden gemaakt tussen ergonomische en psychische factoren.

Robots worden bijvoorbeeld vaak ingezet ter vervanging van repeterende arbeid met een hoge fysieke en mentale belasting. In dat geval worden de arbeidsomstandigheden veelal verbeterd. De kwaliteit van de arbeid als geheel kan echter onveranderd zijn of zelfs zijn verslechterd. In dat geval kunnen de regelmogelijkheden in de taak zijn afgenomen, bijvoorbeeld door verminderde mogelijkheden tot coördinatie en verminderde greep op het tempo.

- Voorzover veranderingen 'gemeten' worden via vragen aan de betrokkenen, moet men rekening houden met hoe de betrokkene zijn werk ervaart. Werk dat in de uitgangssituatie geen regelcapaciteit bevat, wordt door de betrokkene veelal niet op dat aspect beoordeeld wanneer daarin niets verandert. Aangezien er meningsverschillen bestaan over de kern-criteria voor kwaliteit van de arbeid, ontbreekt een algemeen aanvaard objectief meetinstrument. Daarom zijn de uitkomsten van zulk onderzoek moeilijk vergelijkbaar. Bruikbare meetinstrumenten die binnenkort in ons land ter beschikking komen, zijn de Socio Technische Taak Analyse (STTA) en de Delftse Meetdoos voor Kwaliteit van de Arbeid.

### 8.2.2 De taakinhoud van bewerkingstappen: hoofdfuncties en nevenfuncties

De taakinhoud van bewerkende stappen in de productie kan worden verdeeld in hoofdfuncties en nevenfuncties.

#### *Hoofdfuncties*

- hanteren micro      het positioneren van werkstukken in een machine of het positioneren van een beweegbaar werktuig ten opzichte van een vastgezet werkstuk.
- hanteren macro      laden, lossen, stapelen, sorteren van werkstukken bij machines of werkstations.

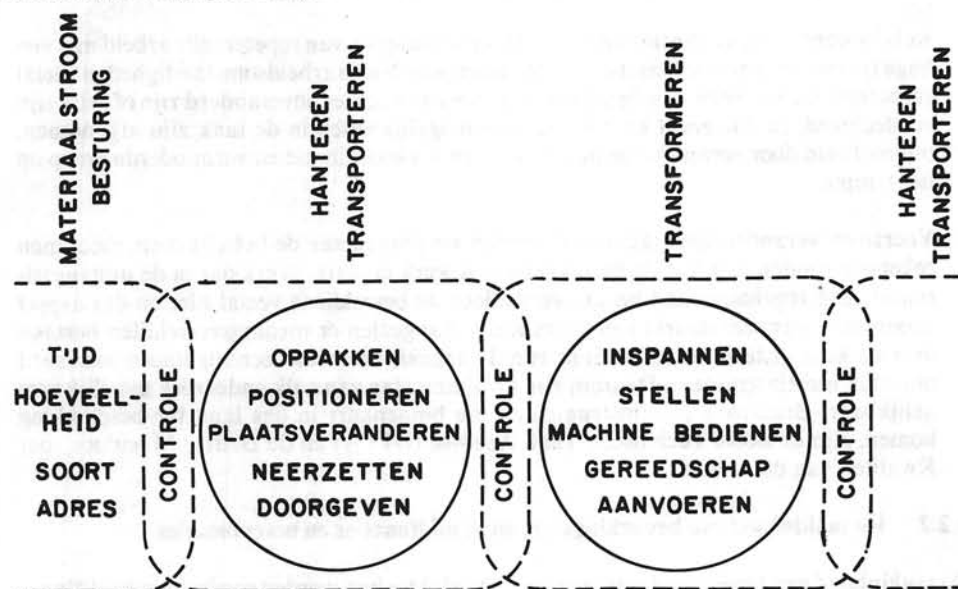
- transporteren      het verplaatsen van werkstukken van station naar station.
- transformeren      het aanbrengen van een vormverandering: verspanen, polijsten, harden, lakken, chromen, lassen, persen enz.
- assembleren        samenstellen van componenten tot eindproduct, halffabrikaat of module.

Het gaat bij hoofdfuncties om uitvoerende functies. Ze vergen veelal een sterke gebondenheid aan de werkplek. Als de hoofdfunctie complex is, bijvoorbeeld het draaien van een complexe vorm op een conventionele bank, dan zit aan deze bewerking nog veel regelende activiteit vast. Bij repetitieve, kortcyclische bewerkingen is dit echter niet het geval.

### *Nevenfuncties*

Controle op laden en lossen van de machine; storingen voorkomen en opheffen; schoonmaken; onderhouden; instructies vastleggen, doorgeven of ontvangen; werk verdelen, indelen, voorbereiden; materiaalstroom besturen; meewerken aan evaluatie en ontwikkeling. Nevenfuncties hebben dus betrekking op onderhoud en reparatie (instandhouding) en controle en regulering (inclusief voorbereiding en organisatie).

Bij mechanisering of automatisering van een hoofdfuncties zullen de nevenfuncties hoofdfuncties worden (figuur 8.1).



**Figuur 8.1** De omcirkelde delen geven de uitvoeringsstappen aan die door bewerkings- en procesautomatisering worden overgenomen.

De omcirkelde delen uit figuur 8.1 geven de uitvoeringsstappen aan die door flexibele productie-automatisering worden overgenomen (inclusief de controle). Wat overblijft, zijn de nevenfuncties in de periferie van de werkplek.

Wordt een transformatiefunctie geautomatiseerd dan komt de nadruk te liggen op de hanteringsfunctie in de periferie van de machine: het laden en lossen. Aangezien het machinetimepo veelal hoger zal liggen en meer variabel is (de bewerkingsgang is nu geprogrammeerd), zijn de volgende effecten te verwachten:

voor de taken:

- eenvoudiger werk, dus kortere inleertijd, en mindere scholing;
- de taak omvat minder stappen, dus minder coördinerende koppelingen tussen stappen, dus minder interne regelmogelijkheden;
- machinetimepo ligt hoger en is voorgeprogrammeerd, dus minder mogelijkheid voor temporegeling.

voor de arbeidsomstandigheden:

- eenzijdiger sensomotorische belasting;
- fysiek zwaarder werk;
- mentaal monotoner werk.

Bij flexibele automatisering van de hanteringsfunctie kan men verwachten dat de overblijvende nevenfunctie - namelijk toezicht op de robot - wordt overgedragen aan de mensen die aan de bewerkingsmachines staan. Als hun taak aan die machine laagwaardig is, maakt deze toevoeging hun werk niet noemenswaard beter. Als de conventionele bewerkingsmachines worden gehandhaafd, maar de transport en hanteringsfunctie wordt geautomatiseerd, komen de bewerkende manuele taken geïsoleerd tussen de hanteringsrobots te staan en kan de bewerker geen invloed meer uitoefenen op het geautomatiseerde laden en lossen van zijn machine. De mensen verliezen externe regelmogelijkheden en het via menselijke contact coördineren van aan- en afvoer bij de machines.

Aangezien hun bewerkende activiteit nu wordt opgelegd door het programma van de hanteringstijd worden ook interne regelmogelijkheden minder.

De kwaliteit van de taken zal dus over het geheel genomen dalen.

De ergonomische kwaliteit zal echter kunnen stijgen omdat repetitief, kortcyclisch werk met een eenzijdige en vaak zware sensomotorische belasting wegvalt.

Hieruit volgt dat door flexibele automatisering de kwaliteit van de overblijvende functies zal kunnen dalen, terwijl gemiddeld genomen de kwaliteit van de arbeid door het wegvallen van zeer laagwaardige taken kan stijgen.

Tabel 8.1 toont bijvoorbeeld de veranderingen volgens de overblijvers in afdelingen van een automobielfabriek waar robots in gebruik werden genomen en de veranderingen die de vertrekkers ondervonden.

**Tabel 8.1** Oordeel over invoering van robots in een automobielfabriek.

| Oordeel over kwaliteit van de arbeid  | overblijvers in afdelingen met robots | vertrekkers uit afdelingen met robots |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Onveranderd                           | 11%                                   | 60%                                   |
| Positief veranderd                    | 21%                                   | 20%                                   |
| Zowel positief als negatief veranderd | 15%                                   | —                                     |
| Negatief veranderd                    | 53%                                   | 20%                                   |

Bron: Industrieroboter. Bedingungen und sociale Folgen des Einsatzes neuer Technologien in der Automobilproduktion, 1981.



In een conventionele fabricagestructuur zijn de regulering en instandhouding extern ondergebracht.

De nevenfuncties die bij toepassing van flexibele productie-automatisering typische restfuncties zijn, kunnen in principe te zamen hoogwaardig zijn indien ze in onderlinge samenhang over de gehele procesgang in de afdeling kunnen worden uitgevoerd.

In een conventionele fabricagestructuur is dit veelal niet mogelijk omdat:

- de taken als vanouds gespecificeerd zijn opgesplitste functies;
- men derhalve aan de werkplek gebonden is en geen taakwisselingen mogelijk zijn;
- de bewerkingsvolgorden zo star of zo complex zijn dat hetzij mogelijkheden voor coördinatie tussen werkplekken ontbreken, dan wel het overzicht ontbreekt tot effectieve uitvoering;
- de externe programmering van bewerking en proces en de externe voorziening in onderhoud en reparatie de mogelijkheden belemmeren de nevenfuncties inhoud en reikwijdte te geven.

Het gevolg is dat deze restfuncties ongeschoold personeel nodig is dat - beperkt tot zijn werkplek - moet opletten dat alles goed gaat zonder dat er veel in te grijpen valt als er iets fout gaat.

Nu is deze veelvoorkomende situatie wel te vermijden. Niet de techniek, maar het basisontwerp van de organisatie is hierbij in het geding.

De mate waarin aan de regelfuncties met een potentieel in de nevenfuncties liggen opgesloten werkelijk inhoud kan worden gegeven, is daarom primair afhankelijk van de produktiestructuur en de besturingsstructuur

Aangezien de produktiestructuur de belangrijkste factor is (waarvan de tweede afhankelijk is) kiezen we de produktiestructuur als uitgangspunt.

### **8.3 De produktiestructuur als bepalende factor bij toepassing van flexibele productie-automatisering**

De produktiestructuur wordt gevormd door de manier waarop de bewerkingsstappen zijn gekoppeld. Er zijn drie hoofdvormen (par. 7.2):

- de bewerkingsgerichte (functionele) structuur
- de produktgerichte (lijn)structuur
- de groepenstructuur

#### **8.3.1 De bewerkingsgerichte structuur**

In de bewerkingsgerichte structuur worden alle technisch identieke bewerkingen in afdelingen gegroepeerd. Alle orders worden gesplitst naar componenten en alle componenten worden geordend naar vereiste bewerkingen. Grondstoffen en halffabrikaten worden vanwege hun gelijksoortige bewerking naar de bewerkingsafdelingen gedirigeerd. In de bewerkingsafdelingen werken de mensen en de machines parallel.

De kenmerken van deze structuur naar de kwaliteit van de arbeid kunnen als volgt worden samengevat:

- parallel werkende stations en dus geïsoleerde werkplekken;
- geen overzicht van de procesgang, dus geen mogelijkheid in de productiebesturing een rol te spelen;
- geen inzicht in de bestemming en functie van een geproduceerde component, geen begrip voor kwaliteitseisen en geen ideeën over produktontwerp en produktverbeteringen;



- door de lange doorlooptijd ligt de nadruk op optimaal machinerendement; dit levert stuks gebonden machine-arbeid;
- om dezelfde reden is er een streven naar bedieningsspecialisatie en het afsplitsen van instellen en onderhoud.

### *Toepassingen van flexibele productie-automatisering in een bewerkingsgerichte structuur*

Door automatisering zullen instellen en gereedschapswisseling veelal wegvallen, terwijl de programmering door de werkvoorbereiding zal zijn gereedgemaakt. De mogelijkheden voor regulering nemen dus af. Omdat machine-koppelingen ontbreken, zal de nadruk in de nieuwe taak komen te liggen op laden en lossen in een door het machineprogramma opgelegd tempo.

De kwaliteit van de arbeid zal door een verbetering van de arbeidsomgeving kunnen toenemen: betere afscherming tegen lawaai, stof, licht e.d. De fysieke belasting zal om reeds genoemde redenen kunnen stijgen. Alles bijeen zijn echter de kansen voor een verbetering van de kwaliteit van de arbeid in de bewerkingsgerichte structuur ongunstig.

#### **8.3.2 De produktgerichte structuur**

De produktiestroom is hier produktgericht. De bewerkingen staan in een vaste volgorde en zijn gespecialiseerd.

De afleverintervallen zijn kort tot zeer kort zodat men veel gespecialiseerde bewerkingsstations zal aantreffen waarvan de cyclustijd exact gelijk is aan het afleverinterval.

Ten aanzien van de kwaliteit van de taken gelden de volgende problemen:

- veelal repetitief werk;
- gespecialiseerd werk met korte inleertijd;
- geen of zeer geringe mogelijkheid tot tempo-regulering;
- vaste binding aan de werkplek;
- afwezigheid van interactieve regelmogelijkheden; geen coördinatie tussen voorgangers en volgers;
- zeer beperkte interne regelmogelijkheden;
- geen leermogelijkheden.

Ten aanzien van de ergonomische aspecten zijn de volgende punten vaak typerend:

- de eenzijdige spier- en zenuwbelasting;
- mentale belasting door monotonie;
- weinig afstemming tussen variërende lichamelijke en mentale capaciteit en constante belasting;
- soms zware sensomotorische belasting door zwaarte van de stukken bij micro- en macrohantering.

### *Toepassingen van flexibele productie-automatisering in de produktgerichte structuur*

Bij integrale bewerkingsautomatisering zonder procesautomatisering ontstaat een uitgesproken verbetering van de kwaliteit van de arbeid. Fysieke en monotone mentale belasting worden veelal verbeterd omdat de uitvoerende functies wegvallen. Bij een goede organisatie worden de nevenfuncties hoofdfuncties. In de starre situatie van gesplitste taken zonder overzicht is de inhoud van deze functies minimaal en monotoon. In de flexibele geïntegreerde situatie kunnen deze functies als groeptaak worden uitgevoerd. Men is volledig verantwoordelijk voor besturing, storingsopheffing en kwaliteitscontrole. Belangrijke onderhoudstaken en programmeringstaken kunnen worden toegevoegd.

Bij partiële bewerkingsautomatisering is alleen een verbetering van de kwaliteit van de arbeid mogelijk wanneer men de stations voor en na de automaat hergroepeert zoals hierboven omschreven.

### **8.3.3 Semi-autonome groepen**

Semi-autonome groepen komen voor in produktiestructuren die niet ontworpen zijn op basis van bewerking of produkt. Grondslag voor de structuur is het produceren in relatief kleine groepen, die verantwoordelijk zijn voor een serie verschillende bewerkingen behorende bij een compleet produkt, module of produktcomponent. Kenmerkend is dat binnen de groep alle (per produkt eventueel wisselende) opeenvolgende bewerkingen zijn ondergebracht waarmee een compleet afgerond eindprodukt kan worden gemaakt.

De groepsleden zijn multifunctioneel opgeleid en kunnen elkaar bijstaan en geheel of gedeeltelijk van taak wisselen.

Veelal verricht de groep zelf de detailplanning, de werkvoorbereiding, een deel van het onderhoud, de kwaliteitscontrole, die opleiding van nieuwe leden, de storingsopheffing enz. Het werkoverleg in deze groepen is voor een goede coördinatie en samenwerking onontbeerlijk. De groepen kunnen door hun actuele informatie heel goed terugkoppelend informatie afgeven die voor een goede besturing is vereist.

Uit het bovenstaande volgt dat de kwaliteit van de arbeid in een groepenstructuur onafhankelijk van mechanisering en automatisering altijd gunstig afsteekt bij het werk dat in de bewerkingsgerichte en de produktgerichte structuur veelal domineert.

Ook bij invoering van flexibele produktie-automatisering kan de kwaliteit van de arbeid worden gehandhaafd of vergroot. Voorwaarde is dat de groep indirecte functies zoals opleiding, budgetbeheer, kwaliteitscontrole, onderhoud en reparatie behoudt en dat interne mogelijkheden voor regeling van tempo, transport en bewerkingen aanwezig zijn.

## **8.4 Kwaliteit van de arbeid en flexibele produktie-automatisering; organisatorische voorwaarden**

Om de organisatie bij flexibele produktie-automatisering zo effectief mogelijk te laten zijn, moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan.

### **8.4.1 Integrale benadering**

- Flexibele produktie-automatisering moet erop zijn gericht de doelstellingen van de produktie-organisatie beter te laten bereiken.
- Flexibele produktie-automatisering is geen exclusief technische innovatie; naast de technische verandering dient ook de organisatie met de beheersings- en besturingssystemen te worden aangepast.
- Flexibele produktie-automatisering moet zijn gebaseerd op een systeembenadering waarbij in iedere fase van het ontwerpproces technische, economische en sociaal-organisatorische factoren opnieuw op elkaar worden afgestemd (iteratief proces)

### **8.4.2 Definitie kwaliteit van de arbeid**

- De te hanteren definitie van kwaliteit van de arbeid moet zodanig worden uitgewerkt dat ze een sturend en toetsbaar wordt. Uit het feit dat het uiteindelijk steeds om een optimale relatie tussen de arbeid en de werkende mens gaat, vloeit de noodzaak van flexibiliteit voort.

*Sturend*: sociale criteria zouden de vorm moeten hebben van ontwerpregels. Enkele algemene eisen aan het technische ontwerp:

- transport, opslag en bewerking moeten, voor zover menselijke activiteiten nodig zijn, zo worden uitgevoerd dat een partijgewijze behandeling met beperkte tijdsduur mogelijk is;
- door modulaire opbouw van machines bestaat reparatie uit verwisseling van modules;
- de omstellingen dienen vast te zijn gedefinieerd (standen, knoppen, kalibers enz.);
- machinebesturing en procesbewaking dienen ondersteunend en niet plaatsgebonden te zijn (auditieve storingssignalering, geen centrale meld- en regelkamer, maar decentralisatie, prioriteit van ingrijpen, interactief systeem met procesgegevens, omstelgegevens, stukslijsten enz.).

*Toetsbaar*: kwaliteit van de arbeid laat zich door registratie van ongevallen, ziekteverzuim, vereiste kwalificaties en door observatie en ondervraging vaststellen. Van de factoren die de kwaliteit bepalen zijn die welke met de taakstructuur en fysieke arbeidsomstandigheden te maken hebben objectief te bepalen. Kwaliteit van de arbeid staat niet gelijk aan de arbeidstevredenheid van de betrokken werknemers.

*Flexibel*: bij flexibele productie-automatisering hoort een flexibele arbeidsstructuur, die aanpassingen mogelijk maakt aan de verschillen tussen mensen en de in hun mogelijkheden en wensen optredende veranderingen. De arbeidsstructuur dient differentieel en dynamisch te zijn. In het ideale geval dient de werker zelf de kwaliteit van de arbeid te kunnen optimaliseren. Die keuzeruimte heeft betrekking op omvang van de taak, werkmethode en -volgorde, plaats, werkcontacten en sociale contacten.

Hij bepaalt zelf binnen zekere grenzen zijn arbeid, afhankelijk van zijn behoefte op dat moment, in plaats van een opgelegde verrijkte taak.

Flexibele arbeidstaken voor individuen zijn vooral goed mogelijk bij groepswork.

### 8.4.3 Rol van het management

Het slagen van flexibele productie-automatisering met behoud of vergroting van de kwaliteit van de arbeid staat of valt met het management:

- in het normen- en waardenpatroon van het management ligt vaak de nadruk eenzijdig op beheersbaarheid van de veranderingen en op de afweging van kosten en baten;
- het management legt vaak een te grote tijdsdruk op de ontwerpfase, waardoor de sociaal-organisatorische aspecten op de achtergrond raken;
- het management moet beschikken over voldoende deskundigheid om aan het complexe veranderingsproces en de verschillende bijdragen vanuit andere organisatiedisciplines en gebruikers organisatorisch vorm te geven.

### 8.4.4 Rol en positie van het middenkader

Aan de rol en de positie van het middenkader moet bij flexibele productie-automatisering veel zorg worden besteed:

- het middenkader moet vaak een grote bijdrage geven aan de realisering maar wordt vaak slecht geïnformeerd;
- doordat bij flexibele productie-automatisering de regelkringen op een lager niveau in de organisatie komen, dreigt de functie van het middenkader te worden uitgehold, met als gevolg een grote weerstand vanwege:
  - onzekerheid over eigen toekomst,
  - grotere afhankelijkheid van het nieuwe systeem,

- veranderende rol: meer voorwaardenschappend en ondersteunend dan verdelend en controlerend; men wordt hierop te weinig voorbereid.

#### 8.4.5 Rol en positie van de arbeider

De rol en positie van de werkers in een systeem met flexibele productie-automatisering zijn van groot belang:

- de taken en arbeidsomstandigheden bepalen de aanvaarding van flexibele productie-automatisering en daarmee de effectiviteit;
- de beloning moet worden aangepast aan de veranderde taakinhoud; hierover moeten tevoren afspraken worden gemaakt;
- de uitvoerenden moeten deelnemen aan de besluitvorming rond automatisering voorzover deze betrekking heeft op veranderingen in hun werk; zij moeten ook invloed kunnen hebben op het tempo van verandering; gebruikersparticipatie verhoogt de effectiviteit van de innovatie; werkoverleg is hierbij zowel middel als voorwaarde.

#### 8.4.6 Projectorganisatie

Flexibele automatiseringsprojecten worden meestal in projectvorm gerealiseerd. Hierbij moet worden gezorgd voor:

- een duidelijke formulering van de doelstellingen;
- een duidelijke omschrijving en afbakening van bevoegdheden en verantwoordelijkheden;
- een duidelijke definiëring van opdrachtgevers, participanten, belanghebbenden en gebruikers;
- in veel gevallen, vooral in bewerkingsgerichte structuren, moet de horizontale structuur worden versterkt door o.a.:
  - horizontaal overleg,
  - grotere zelfstandigheid t.o.v. verticale afdelingen,
  - eigen budget,
  - recht op ondersteuning uit verticale afdelingen,
  - meer invloed van de fabricage op de ontwikkeling,
  - mede-beoordeling van het functioneren van individuele teamleden in de projectorganisatie.

## 9. Financieel-economische aspecten

De financieel-economische aspecten van flexibele productie-automatisering zijn in wezen niet anders dan die van een automatiseringsproject in het algemeen. Een project is economisch gerechtvaardigd als alle effecten op de kasstroom per saldo positief uitkomen, een project is financieel haalbaar (financierbaar) als op ieder moment de nodige betalingen kunnen worden gedaan. In het eerste deel van deze bijdrage komen de economische aspecten aan de orde; in het tweede deel de financieringsaspecten. Strategische aspecten zijn eerder in deze publikatie al aan de orde geweest en worden hier slechts zijdelings behandeld.

Ook de investeringsevaluatie is bij flexibele automatisering niet anders dan bij andere investeringsprojecten. Verwachtingen uitspreken over toekomstige waarden van een aantal (omgevings)variabelen blijft een van de moeilijkste zaken naast het kwantificeren van indirecte effecten van de automatisering.

Hoewel niet essentieel anders kan er toch een aantal specifieke opmerkingen worden gemaakt over flexibele productie-automatisering. We bekijken daartoe eerst een aantal veelgenoemde motieven voor de aanschaf van flexibele productie-apparatuur.

### 9.1 Motieven voor de aanschaf van flexibele productie-apparatuur

Verhoging van de produktiviteit (het aantal geproduceerde werkstukken per dag) wordt bij flexibele productie-automatisering en in het bijzonder bij robotisering, vaak als hoofdmotief genoemd. In het voorbeeld van tabel 9.1 wordt een produktiviteitsstijging van 50% geschetst. Zelfs bij een gelijkblijvende procestijd neemt de cyclustijd in dit voorbeeld af door betere laad- en lostijden en door het constante tempo van de robot. Daarnaast denkt men hier de capaciteit gedurende de bedrijfstijd langer te kunnen gebruiken.

**Tabel 9.1** Voorbeeld produktiviteitsvergelijking man - robot.

|                                                           | MAN             | ROBOT           |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Procestijd                                                | 2,50 min./prod. | 2,50 min./prod. |
| Laden/lossen                                              | 1,29            | 0,37            |
|                                                           | — +             | — +             |
|                                                           | 3,79            | 2,87            |
| Vermoeidheidsfactor                                       | 1,04            | 1,00            |
|                                                           | — ×             | — ×             |
| Cyclustijd                                                | 3,94            | 2,87            |
| Bruto capaciteit                                          | 60 min./uur     | 60 min./uur     |
| Niet produktief                                           | 12 min./uur     | 6 min./uur      |
| Bezettingsgraad                                           | 80%             | 90%             |
| Verwachte bezetting                                       | 44,8 min./uur   | 48,6 min./uur   |
| Verwachte produktie                                       | 11,37 stuks/uur | 16,93 stuks/uur |
| Produktiviteitsstijging: $(16,93 - 11,37) : 11,37 = 49\%$ |                 |                 |

Bij een hogere produktiviteit kunnen de machinekosten (afschrijving, rente) over meer produkten worden verdeeld. Echter, als de machinekosten bij flexibele produktie-automatisering bijv. tweemaal zo groot worden als bij een conventionele situatie, moet de produktiviteit al meer dan 100% stijgen om de investering in flexibele produktie-apparatuur te rechtvaardigen, althans als machinekosten de enige besparingsbron zouden zijn en als de bedrijfstijd even lang blijft. Naast machinekosten zijn er in de werkplaats arbeidskosten die bij flexibele produktie-automatisering per personeelslid iets hoger zouden kunnen worden. In veel gevallen neemt de produktiviteit per personeelslid sterk toe, zodat de arbeidskosten per werkstuk sterk kunnen dalen. Deze daling wordt sterker naarmate een werknemer meer machines kan bedienen. Of de arbeidskosten per werkstuk daadwerkelijk dalen, hangt af van de mate waarin de verkoopomvang kan stijgen en de mate waarin het personeelsbestand eventueel kan worden ingekrompen.

#### Samenvattend:

De produktiviteitsstijging leidt tot lagere arbeidskosten per werkstuk indien aan een aantal voorwaarden is voldaan. Daarentegen moet rekening worden gehouden met hogere kapitaalkosten per werkstuk.

Naast verhoging van de produktiviteit, is verkorting van de doorlooptijd een motief dat bij flexibele produktie-automatisering wordt gehanteerd. De doorlooptijd van een order bestaat uit een bewerkingstijd en wachttijd. De bewerkingstijd kan dalen bij een kortere cyclustijd of een kortere omsteltijd. De wachttijd zal vooral drastisch dalen indien een aantal conventionele bewerkingsstations bij flexibele produktie-automatisering wordt samengevoegd tot een station. De kortere doorlooptijd heeft twee economisch interessante consequenties: lager niveau van voorraden en onderhanden werk en kortere levertijden. De eerste leidt tot een daling van de behoefte aan vermogen en dus tot besparing van vermogenskosten. Kortere levertijden betekenen een concurrentievoordeel waaruit een groter marktaandeel of een hogere verkoopprijs valt te halen. Bij een hoge bezettingsgraad kunnen de wachttijden echter snel toenemen.

Flexibele produktie-automatisering kan leiden tot verbetering van de arbeidsomstandigheden en opheffing van het tekort aan geschoold personeel. De economische voordelen van deze effecten kunnen een daling van verloop en verzuim en een stijging van de afzet zijn. Kwaliteitsverbetering en kwaliteitswaarborg door flexibele produktie-automatisering betekenen minder afval en uitval, minder bewerkingsuren en wellicht meer afzet of een hogere prijs.

## 9.2 De economische evaluatie

In de vorige paragraaf zijn enkele gevolgen van flexibele produktie-automatisering vertaald naar economische voor- en nadelen. In een concrete situatie waarin flexibele automatisering wordt overwogen, zullen allereerst dergelijke gevolgen moeten worden geïnventariseerd. De reikwijdte van flexibele automatisering is breder dan alleen het station waar de flexibele apparatuur wordt opgesteld. Voor- en achterliggende stations ondervinden gevolgen van flexibele automatisering. Bovenliggende functies, zoals werkvoorbereiding en produktontwerp, zullen hun werkzaamheden opnieuw moeten inrichten en afstemmen.

De integrale inventarisatie van gevolgen van flexibele automatisering vormt de basis voor een economische evaluatie.



Als hoofdfases worden onderscheiden:

- marktstudie;
- bepaling van de bedrijfstijd;
- fasering van de invoering van flexibele automatisering;
- kasstrooianalyse;
- financiering.

### 9.2.1 Marktstudie

Automatisering van een functie waaraan in de toekomst geen behoefte meer bestaat heeft geen zin. Een marktonderzoek naar de verkoopmogelijkheden van het bestaande assortiment van produkten is dus een eerste vereiste. Uiteraard reageert de afzetmarkt op een betere kwaliteit of levertijd, maar het gaat erom of deze reacties samen te vatten zijn in betrouwbare schattingen van afzet en prijs. Vaak is het beter kwantificering van deze indirecte effecten na te laten en ze te beschouwen als een bijkomend voordeel van flexibele automatisering.

Wanneer flexibele automatisering nieuwe produkten bereikbaar maakt, staat het bedrijf voor een strategische keuze. Specialiseren leidt vaak tot kostprijsverlaging, maar alleen dan wanneer de marktomvang een redelijke capaciteitsbenutting mogelijk maakt. Wellicht ligt hier een kans voor het kleinere bedrijf om door investering in flexibele productie-apparaatuur specialistische uitbesteding van de grootindustrie uit te lokken.

Bij het onderzoek naar het marktpotentieel mag een zorgvuldige studie van exportmogelijkheden - wellicht in samenwerking met andere bedrijven - uiteraard niet ontbreken.

Na een 'make or buy' analyse, het beslissen of men een onderdeel zelf vervaardigt of inkoopt, moet de capaciteitsbehoefte aan flexibele productie-automatisering worden vastgesteld. Deze is vooral afhankelijk van de omvang van de bedrijfstijd en de fasering van de invoering van flexibele productie-automatisering.

De keuze van de bedrijfstijd komt - afgezien van onbemand draaien - neer op het bepalen van het aantal ploegen en de duur per ploeg. Deze beslissing kan niet per werkplek afzonderlijk worden genomen. Terwille van de eenvoud beperkt onderstaand voorbeeld zich tot de te automatiseren werkplek en tot de hoofdeffecten:

#### *Voorbeeld*

*Het uurloon bij een ploeg is f 30,—. Bij twee ploegen wordt een ploegentoeslag van 20% betaald. De extra kosten voor reizen en verwarming zijn f 1,50 per uur. Indirect personeel is en blijft ingeschakeld voor eenderde van de kosten van directe arbeid. Het aantal productieve uren per jaar is bij een ploeg 1500, bij twee ploegen 3000. De vermogenskosten zijn 20% voor belasting. Bij overgang op twee ploegendienst halveert de gebruiksduur van de vaste activa.*

*Bij bovenstaande gegevens bedragen de extra kosten bij twee ploegendienst in totaal f 10,— per uur (directe arbeid f 7,50 plus indirecte arbeid f 2,50), per jaar  $2 \times 1500 \times 10 = f 30.000$ . Omdat de afschrijving per jaar verdubbelt en dus per productief uur gelijk blijft, moeten de meerkosten volledig worden gerechtvaardigd door besparing op vermogenskosten. f 30.000,— vermogenskosten betekent bij 20% een gemiddeld geïnvesteerd vermogen van f 150.000,— ofwel een investeringsbedrag van f 300.000,—.*

*Uit kostenoogpunt wordt het dus voordeliger over te gaan op twee ploegen bij een uitgave aan activa per werkplek van meer dan f 300.000,—.*

*Gezien de grote onzekerheid van de gebruikte gegevens is het verstandig ook naar de terugverdientijd te kijken: stel dat bij een ploeg een kasstroom (toegevoegde waarde minus arbeidskosten) van f 50,— per uur op een werkplek wordt gegenereerd, dan is dat bij twee ploegen f 40,— per uur, ofwel f 75.000,— resp. f 120.000,— per jaar.*

*Een investering van bijv. f 300.000,— in die werkplek is dan in vier, resp. twee en een half jaar nominaal terugverdiend. Er valt te berekenen dat in negen, resp. vier jaar zowel de investering als de vermogenskosten zijn terugverdiend (samengestelde interest van 20%). Bij tweeploegendienst is er dus een veel snellere terugverdientijd.*

Door invoering van flexibele automatisering stijgt de arbeidsproductiviteit. Echter pas wanneer door bedrijfstijdverlenging de kapitaalsproductiviteit ook stijgt, is een daaruit resulterende kostprijsverlaging voorspelbaar. Indien met dure systemen in één ploeg gewerkt blijft worden (tweede van het aantal robots in Nederland werkt in één ploeg, STT-publikatie nr. 34), komt het economisch rendement al gauw in het gedrang. Naast rendement speelt ook risico een rol. Verdubbeling van de bedrijfstijd levert ongeveer een halvering van de terugverdientijd op en dringt het risico dus drastisch terug. Bovendien zal door intensief gebruik het produktiemiddel eerder aan vervanging toe zijn, zodat het door volgende generatie systemen kan worden opgevolgd. Alle redenen dus om zorgvuldig alle mogelijke vormen van bedrijfstijdverlenging te evalueren en na te gaan. Twee voorwaarden die altijd een belangrijke rol zullen blijven spelen, zijn een voldoende grote verkoopmarkt en een sociale acceptatie. Voor het eerste wordt verwezen naar opmerkingen over specialisatie en export; wat het laatste betreft naar het hoofdstuk over sociaal-organisatorische aspecten.

### **9.2.2 Fasering van de invoering van flexibele automatisering**

Een flexibel fabricagesysteem kan in z'n geheel worden ingevoerd, zodat bewerkingsproces, aan- en afvoer van materiaal en gereedschap en informatiestromen volledig op elkaar zijn afgestemd. Ook is het mogelijk de flexibele automatisering geleidelijk in te voeren door nieuwe besturingssystemen op bestaande apparatuur te plaatsen of een flexibel bewerkingsstation als 'stand-alone' te gebruiken, vervolgens het aantal stations uit te breiden en te koppelen tot flexibele cellen en tenslotte materiaal-gereedschaps- en informatiestromen hiermee te integreren. Bij 'stand-alone' oplossingen is het belangrijkste motief vaak produktiviteitsverhoging en verbetering van arbeidsomstandigheden. Bij flexibele fabricagesystemen zal tevens groot voordeel worden gehaald uit een sterke daling van de doorlooptijden.

Het moment van aanschaf van flexibele produktie-apparatuur is vooral in geval van diepte-investering een belangrijke overweging. Bij automatisering nu levert de nog niet versleten apparatuur wellicht een restwaarde op en kan meteen worden geprofiteerd van de voordelen van flexibele produktie-apparatuur.

Bij automatisering straks moet weliswaar eerst conventioneel worden doorgewerkt, maar kan later wellicht een goedkoper of geavanceerder systeem worden aangeschaft. Niet los van dit vraagstuk staat natuurlijk de vraag of door flexibele automatisering nieuwe orders haalbaar zijn.

Fasering van de invoering van flexibele automatisering en bepaling van de bedrijfstijd zijn enerzijds invoergegeven voor een economische rechtvaardiging van flexibele automatisering, anderzijds zijn de beste faseringsstrategie en de meest geschikte bedrijfstijd mede resultaat van economische inzichten. Als eerste stap lijkt het wenselijk een principe-oplossing te kiezen voor fasering en bedrijfstijd, vervolgens de economische haalbaarheid te beoordelen en op grond van de resultaten hiervan wijzigingen voor te stellen.

## 9.3 Kasstroomanalyse

Een keuze uit markt-, capaciteits- en bezettingsmogelijkheden levert een investeringsalternatief waarvan de economische consequentie kan worden nagegaan. Hierbij is een kasstroomanalyse een goed hulpmiddel. De kasstromen bij investering in flexibele automatisering worden per periode vergeleken met de kasstromen bij conventioneel doorgaan, vervangen of uitbreiden. Daarbij zijn alleen relevant de kasstromen die daadwerkelijk veranderen. Zo worden de de afschrijvingen in de calculatie niet meegenomen omdat naar kasstromen wordt gekeken. In plaats daarvan komen we naar investeringsbedragen en opbrengstwaarden. Ook blijven - indien relevant - de overheadkosten buiten de calculatie. Vooral op deze twee punten onderscheidt de kasstroomanalyse zich van een vergelijking van kostprijzen of tarieven.

Bovendien geeft de kasstroomanalyse een inzicht in de tijd. Daarmee kan een gefaseerde invoer van flexibele automatisering juist worden weergegeven. Ook uitstel van vervanging is makkelijk door te rekenen. Een andere tijdsafhankelijke factor is het leer-effect. Standardisatie in programmatuur, betere kwaliteit van het produkt, produktiviteit en doorstroomsnelheid worden pas op den duur gerealiseerd. Ten slotte kunnen met een kasstroomanalyse de effecten van capaciteitsschommeling, prijsfluctuaties en belastingen worden verwerkt.

### 9.3.1 De initiële kasstroom

De kasstroom kan worden verdeeld in een initiële kasstroom en een telkens terugkerende stroom. De initiële kasstroom bestaat in de eerste plaats uit een uitgave voor apparatuur. Naast hoofdapparatuur heeft randapparatuur een belangrijk aandeel in de uitgaven. Men denke bijvoorbeeld aan aan- en afvoerinstallaties, opspaninrichtingen, gereedschap, reservevellen, testapparatuur, controle- en beveiligingssystemen enz. Het installeren, aansluiten, testen en starten van de apparatuur kost natuurlijk ook geld. Verder behoren tot de initiële uitgaven voor een bepaalde werkplek alle uitgaven om voor- en achterliggende werkplekken af te stemmen op de nieuwe situatie en tevens de uitgaven ter herziening van produktontwerp en fabricagemethode. Meestal moet programmatuur worden gekocht en geschreven en moet personeel worden opgeleid. Bij deze kosten zij opgemerkt dat het kasstroomprincipe inhoudt dat de uitgaven volledig worden geteld op het moment van betalen, ook al zal in de toekomst door andere projecten dankbaar - gratis - gebruik worden gemaakt van de opgedane kennis of ontworpen systemen. Indien dit gebruik valt te voorzien, moet een meeromvattend investeringsproject worden geëvalueerd. Met andere woorden dan moet er een automatiseringsplan worden opgesteld.

De totale initiële uitgaven zijn - zeker voor kleine bedrijven - relatief omvangrijk. De door STT gehouden gebruikers-enquête (publikatie nr. 34), wijst uit dat bij robots de totale investeringsuitgaven vaak 1,5 à 1,8 maal de uitgaven voor hoofdapparatuur bedragen. Een onderzoek onder duitse flexibele fabricagesystemen, waar de totale investering uiteen liep van 2,5 tot 25 miljoen DM geeft een verdeling van dit bedrag in ongeveer 60% voor het bewerkingssysteem, 30% voor het transportsysteem en 10% voor het informatiesysteem. Zowel de hoogte als de spreiding van deze bedragen geven aan dat per specifieke situatie een nauwkeurige schatting nodig is van de afzonderlijke componenten van het investeringsbedrag.

Als aanvulling op de gebruikelijke WIR- en IPR-premies is een investeringsregeling in voorbereiding die in eerste instantie zal zijn gericht op voor Nederland nieuwe toepassingen van flexibele produktie-automatisering. In een later stadium wordt een breedschaliger stimulering in flexibele produktie-automatisering onderzocht.

Een kleine bron van inkomsten kan nog worden gevonden bij overbodige activa. Echter, alleen als deze activa werkelijk geldontvangsten opleveren zijn ze als kasstromen te beschouwen. Zo moet bijvoorbeeld vrijkomende ruimte inderdaad verkocht, verhuurd of zinnig besteed kunnen worden. Wanneer flexibele automatisering een conventionele vervanging overbodig maakt, moet uiteindelijk worden beoordeeld of de meerinvestering in flexibele automatisering rendabel is. Dat betekent dat van de initiële uitgaven voor flexibele automatisering de bespaarde uitgaven voor aanschaf van conventionele systemen met vergelijkbare capaciteit moeten worden afgetrokken. Geautomatiseerde systemen zijn vaak sneller dan conventionele, zodat verscheidene conventionele apparaten door één automaat kunnen worden vervangen.

### *Voorbeeld*

*Stel dat een automaat f 300.000 kost en twee conventionele machines van ieder f 100.000 vervangt. De automaat is dan rendabel als de meerinvestering van f 100.000 wordt verantwoord door de exploitatiebesparingen. Bij een besluit de automaat in twee ploegendienst te zetten, vervangt een automaat vier conventionele machines in één ploeg en is de investering in flexibele productie-apparatuur f 100.000 goedkoper dan conventionele vervanging. In feite treedt er nu bij flexibele automatisering zelfs een investeringsbesparing op waartegenover iets hogere loonkosten en een wellicht kortere (technische) levensduur staan.*

Een andere investeringsbesparing treedt op wanneer het door flexibele automatisering mogelijk is de doorstroomsnelheid zodanig op te voeren dat het niveau van voorraden en onderhanden werk drastisch kan verminderen. Dit zal vooral het geval zijn bij samenvoeging van verschillende bewerkingen in een station.

### **9.3.2 De kasstroom bij exploitatie**

Bij exploitatie brengt een investering in flexibele apparatuur voor sommige posten een periode meer uitgaven met zich mee dan bij conventionele productie: voor andere posten treden minder uitgaven, dus besparingen op.

Verschillen in kasstromen ten behoeve van energie en onderhoud zijn meestal gemakkelijk te schatten. Incidenteel treden besparingen op grondstoffen op, zoals bijvoorbeeld bij robotsputten, waar de verspillingen belangrijk minder zijn dan bij handspuiten.

Vaker treffen we arbeidsbesparingen aan. In het algemeen kunnen hierover geen uitspraken worden gedaan. Per geval zal door technici en bedrijfskundigen moeten worden vastgesteld welke besparingen reëel zijn. Dit zal er vaak op neerkomen dat alleen de besparingen op kosten van directe arbeid redelijk betrouwbaar te kwantificeren zijn.

De met flexibele productie-automatisering gepaard gaande activiteiten om het aantal onderdelen, aantal tekeningen, aantal wijzigingen in tekeningen en aantal verschillende benodigde gereedschappen terug te brengen, zijn vaak moeilijk om te zetten in harde schattingen van besparingen. Meestal moeten deze positieve effecten worden beschouwd als bijkomende voordelen die buiten de calculatie blijven, tenzij ze hoofddoel van een project zijn.

### **9.3.3 De nettowaarde van het investeringsalternatief**

De kasstroomanalyse houdt in dat de exploitatieposten per periode worden gesaldeerd. Rekening houdend met vermogenskosten en belastingvoor- en nadelen worden de jaarsaldi opgeteld totdat ze gelijk zijn aan de investeringsuitgave (de terugverdientijd) of ze worden

over de gehele levensduur gecumuleerd waarna na aftrek van de investeringsuitgave de nettowaarde van het doorgerekende alternatief bekend is.

De nettowaarde van een investeringsalternatief geeft aan hoeveel wordt verdiend door 'ja' te zeggen tegen het alternatief, mits alle verwachtingen uitkomen. Van die factoren die moeilijk voorspelbaar zijn, is het nuttig een optimistische en pessimistische schatting te maken, zodat een minimaal haalbare en maximaal mogelijke waarde bekend worden. Factoren die niet betrouwbaar te kwantificeren zijn, kunnen beter buiten de berekening worden gelaten. Als de waarde van een alternatief dan negatief is, geeft deze aan hoeveel men in feite moet over hebben voor de niet gekwantificeerde zaken, zoals verbetering van de arbeidsomstandigheden, kwaliteit of levertijd. Met andere woorden een negatief saldo zegt hoeveel netto baten deze verbeteringen moeten opleveren om de investering economisch rendabel te doen zijn. Ook van de doelen als bijblijven, experimenteren, het opdoen van ervaring met flexibele automatisering, kunnen op deze manier de nettokosten worden berekend die te zijner tijd moeten worden goedge maakt.

De nettowaarde van flexibele apparatuur krijgt pas echt inhoud als deze kan worden vergeleken met de nettowaarde van overige alternatieven. Naast technische varianten van flexibele automatisering zijn handmatige oplossingen of vormen van starre automatisering wellicht te overwegen. Aanpassing van het produktontwerp of een nieuwe versie van het produkt kan een betere geschiktheid voor flexibele automatisering geven. Denk ook eens aan uitbesteding, voorlopig uitstel van de aanschaf van flexibele automatisering voor één jaar, uitstel van de aanschaf tot vervanging van oude apparatuur aan de orde is of tot een nieuwe generatie flexibele automatiseringssystemen beschikbaar is. Tenslotte: ook andere producten, markten en bedrijfstijden dan die welke in het eerste alternatief zijn aangenomen, zijn in de praktijk mogelijk en economisch wellicht voordeliger.

De economische evaluatie is hiermee afgehandeld. Niet essentieel anders dan bij andere investeringen. De grote bedragen waar het voor het midden- en kleinbedrijf om gaat en de structurele veranderingen die door flexibele automatisering worden veroorzaakt, vragen een grote aandacht voor de evaluatie van flexibele productie-automatiseringsprojecten. De economische evaluatie maakt hier deel van uit, maar krijgt niet als enige stemrecht! Binnen de economische evaluatie speelt de kasstroomanalyse de belangrijkste rol. De grote onzekerheden die aan de ingangsgegevens ten grondslag liggen, gelden uiteraard ook voor de uitkomst: de nettowaarde. Misschien is het zich realiseren van de onzekerheden bij de kasstroomanalyse van groter belang dan die ene uitkomst. Ook het zoeken van alternatieven op grond van die uitkomst is belangrijker dan de uitkomst.

Tot slot van deze paragraaf een (sterk vereenvoudigd) voorbeeld van een kasstroomanalyse in een concreet geval:

#### *Voorbeeld*

*In dit voorbeeld worden de belangrijkste uitgaande kasstromen die een verandering ondergaan met elkaar vergeleken, namelijk de uitgaven aan investeringen en directe arbeid. Deze methode geeft meer inzicht dan bijvoorbeeld een calculatievergelijking van de tarieven op basis van de conventionele machine en de geautomatiseerde machine. De kasstroomanalyse geeft een inzicht in de tijd. Dit is nodig om twee redenen. In de eerste plaats krijgt men een inzicht in de geleidelijke vervanging afhankelijk van kostenvoordeel, levensduur van de oude machine en de omzet vanwege het schaafeffect van machines die een hogere werkbezetting vragen. Uitstel van vervanging kan ook worden overwogen*



omdat de zekerheid van werkbezetting toeneemt en de verhouding tussen prijs en prestatie van de nieuwe apparatuur verbetert. Een tweede tijdsafhankelijke factor is het leereffect. Standaardisatie in programmatuur, betere kwaliteit van het produkt (contourfrezers met nc-machines), flexibiliteit en verhoging van de doorstromingsnelheid worden slechts op den duur verwezenlijkt. Dit laatste wordt wel de 'residual factor of investment' genoemd. Deze factor kan in plaats van een residu een hoofdvoorwaarde worden.

Hieronder wordt een kasstroomanalyse weergegeven van een middelgrote machinefabriek. Over de periode 1973-1980 is onderzocht wat het financiële voordeel is als wordt overgegaan op nc-verspanende machines voor draaien, kotten, frezen en boren (zie tabel 9.2).

In 1973 waren 96 conventionele machines en 5 nc-machines aanwezig. Om een volledig inzicht te verkrijgen in wat het voordeel in 8 jaar betekent van een overgang naar nc-machines is een aanname gemaakt, dat in 1973 uitsluitend conventionele machines aanwezig zijn (referentiekader). In het hypothetische referentiekader waren er aldus 115 conventionele machines nodig. Bij een groei in de omzet van 200.000 uur in 1973 naar 236.000 uur in 1980 (24% per jaar) is een machinepark opgebouwd waarbij in 1980 16 nc-machines aanwezig waren en 80 conventionele.

Met de volgende factoren is in de analyse rekening gehouden:

1. De levensduur van conventionele machines is uniform op 15 jaar gesteld. Hierdoor neemt in 1973 de investering toe, daar enkele machines een hogere leeftijd dan 15 jaar hebben.
2. De nc-machines werken in 2 ploegen. De ploegentoeslag is op 16% gesteld. Voor machines boven f 300.000 loont het in ploegendienst te gaan werken. De levensduur is in dat geval op 10 jaar gesteld.
3. De prijsstijging voor conventionele machines is gemiddeld op 8% per jaar gesteld. Voor nc-machines is de prijsstijging 6%.
4. De man/machine verhouding is 1 : 1 bij het huidige pakket met kleine series.
5. Vanwege piekbezettingen wordt gemiddeld 30% uitbesteed.

### Conclusies

Uit figuren 9.1 en 9.2 blijkt dat de besparing uiteindelijk vooral uit de arbeidsbesparing komt. Een nc-machine kan - door combinatie van bewerkingen en kortere wisseltijden - doen wat vroeger ongeveer vier conventionele machines deden. De produktiesnelheid is voor alle 4 groepen (draaien, boren, frezen en kotten) met ongeveer een factor 2 verhoogd. De prijzen van nc-machines liggen nog aanmerkelijk hoger dan van conventionele machines: een factor 2 à 3 hoger voor kotten, slijpen en frezen en een factor 6 voor draaien. Het directe voordeel ligt daardoor vooral in de arbeidsbesparing. De f 1,5 miljoen besparing in 1980 betekent ongeveer 4% van de omzet in uren bewerking. Daar de laatste jaren de prijzen van nc-machines aanzienlijk zijn gedaald - onder meer door import uit goedkope landen - is het besparingseffect thans aanmerkelijk hoger en kan zeker tot 10% oplopen.

In het bovenstaande is het leereffect van bijvoorbeeld standaardisatie in de programmatuur niet meegenomen. Werkvoorbereiding en indirect personeel blijven in dit rekenvoorbeeld nog constant. Eveneens is de besparing op ruimte - ongeveer 25% - niet meegenomen.

Tabel 9.2 geeft voor het basisalternatief het aantal benodigde machines en het saldo van de investeringen. Dit laatste is het te investeren bedrag in nieuwe machines minus de alterna-

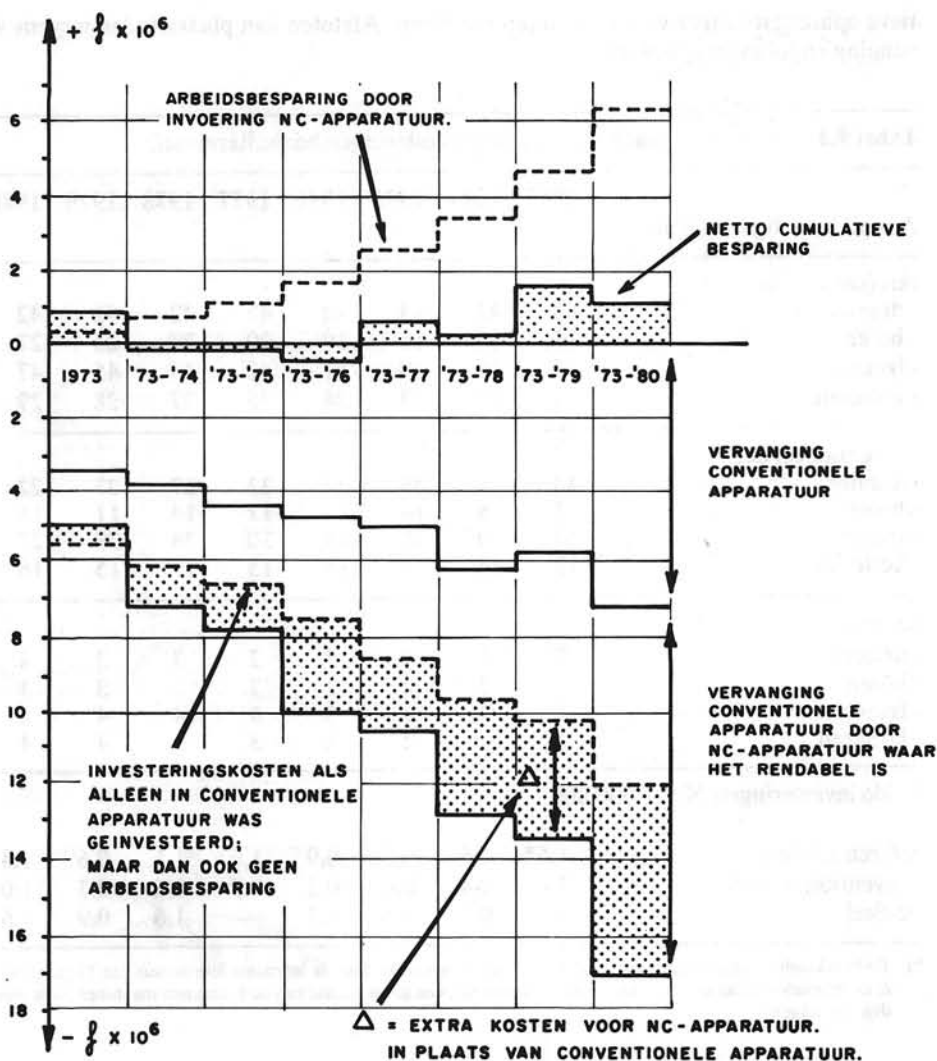


tieve opbrengstwaarde van af te stoten machines. Afstoten kan plaatsvinden wegens vervanging en/of overcapaciteit.

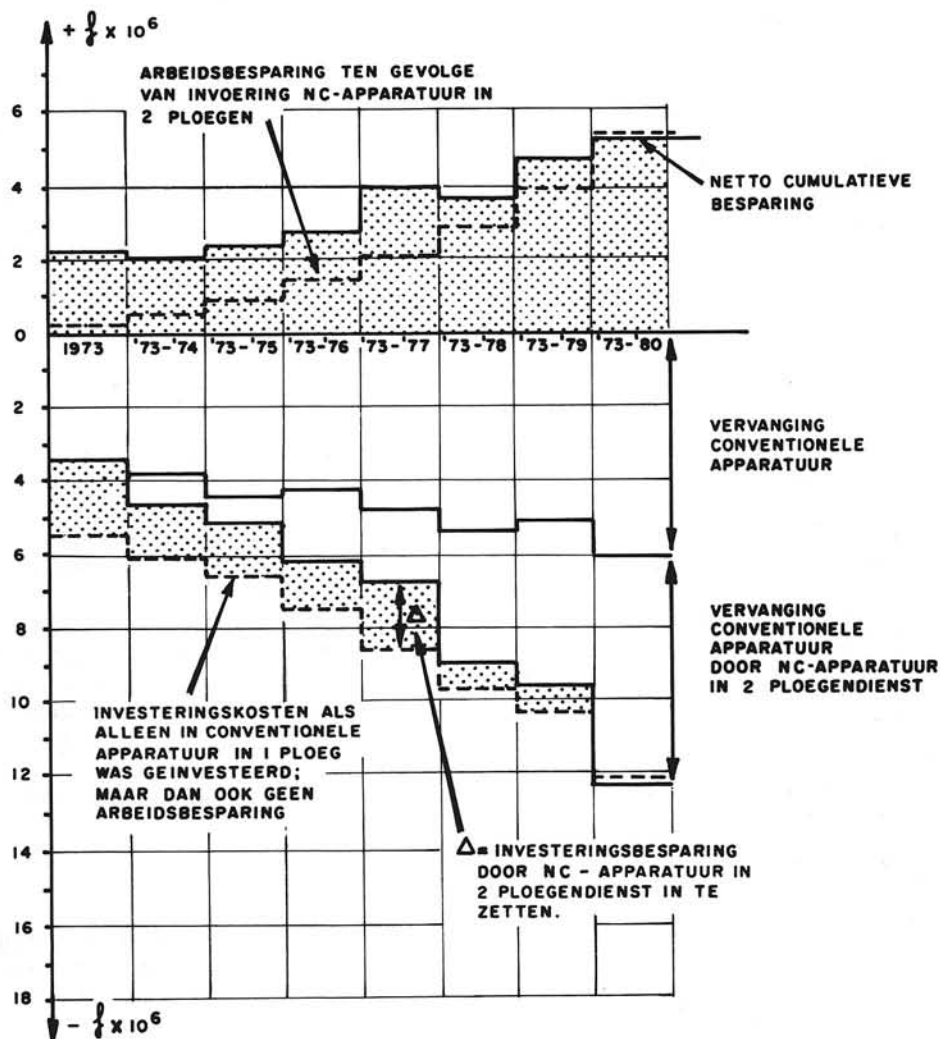
**Tabel 9.2** Aantallen machines en saldo investeringen basisalternatief.

|                                          | 1973  | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Aantal benodigde machines                |       |      |      |      |      |      |      |      |
| referentiekader:                         |       |      |      |      |      |      |      |      |
| - draaien                                | 43    | 43   | 43   | 42   | 42   | 42   | 42   | 42   |
| - boren                                  | 15    | 16   | 18   | 19   | 20   | 22   | 23   | 27   |
| - frezen                                 | 37    | 38   | 39   | 41   | 42   | 44   | 45   | 47   |
| - kotteren                               | 20    | 21   | 22   | 24   | 25   | 27   | 28   | 29   |
| conventioneel deel:                      |       |      |      |      |      |      |      |      |
| - draaien                                | 43    | 38   | 38   | 32   | 32   | 27   | 27   | 22   |
| - boren                                  | 7     | 8    | 10   | 11   | 12   | 14   | 11   | 15   |
| - frezen                                 | 33    | 30   | 31   | 29   | 30   | 28   | 29   | 27   |
| - kotteren                               | 13    | 14   | 16   | 14   | 15   | 17   | 15   | 16   |
| nc-deel:                                 |       |      |      |      |      |      |      |      |
| - draaien                                | 0     | 1    | 1    | 2    | 2    | 3    | 3    | 4    |
| - boren                                  | 2     | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 3    | 3    |
| - frezen                                 | 1     | 2    | 2    | 3    | 3    | 4    | 4    | 5    |
| - kotteren                               | 2     | 2    | 2    | 3    | 3    | 3    | 4    | 4    |
| Saldo investeringen $\times f$ 1.000.000 |       |      |      |      |      |      |      |      |
| referentiekader                          | 5,5*) | 0,6  | 0,5  | 0,9  | 1,0  | 1,1  | 0,6  | 1,8  |
| conventioneel deel                       | 3,4   | 0,4  | 0,6  | -0,2 | 0,5  | 0,6  | -0,3 | 1,0  |
| nc-deel                                  | —     | 0,7  | —    | 1,3  | —    | 1,6  | 0,9  | 1,6  |

\*) De berekende hoge investeringen in 1973 worden veroorzaakt door de ingezette levensduur van 15 jaar voor conventionele machines. Dit leidt tot de conclusie dat een groot aantal van de bestaande machines moet worden vervangen.



**Figuur 9.1** Cumulatieve kasstroomanalyse bij invoering nc-apparatuur in één ploeg. De netto cumulatieve besparing na acht jaar is marginaal.



**Figuur 9.2** Cumulatieve kasstroomanalyse bij invoering nc-apparatuur in twee ploegendienst. De netto cumulatieve besparing na acht jaar is ruim vijf miljoen gulden.

## 9.4 Financieringsfacetten

Financieringstechnisch gezien zijn investeringen in flexibele productie-automatisering niet anders dan investeringen in conventionele machinestraten of computerconfiguraties.

Elke investering leidt tot een behoefte aan financiering, waarvoor telkens de optimale oplossing moet worden gezocht.

In deze paragraaf zal een aantal financieringsfacetten worden belicht die vooral vanuit het gezichtspunt van de ondernemer van belang zijn.

Het is geenszins de bedoeling een theoretische benadering van het financieringsvraagstuk te geven; daarvoor zij verwezen naar de talrijke bedrijfseconomische handboeken.

### 9.4.1 Eigen vermogen of vreemd vermogen

#### 9.4.1.1 Eigen vermogen

In het geval dat een ondernemer een investering met eigen geld kan financieren, spreekt men van financiering met eigen vermogen. Nu staat eigen vermogen in beginsel voor onbeperkte duur aan het bedrijf ter beschikking. Vandaar dat eigen vermogen zich vooral goed leent voor de financiering van vaste activa (grond, gebouwen) en de vaste kern van de vlottende activa (voorraden en debiteuren). Omdat eigen vermogen risicodragend is, is de inbreng van eigen geld bovendien belangrijk voor het verkrijgen van krediet.

In theorie zou uitbreiding van het risicodragend vermogen als een eerste financieringsoplossing kunnen worden beschouwd. In de praktijk is uitbreiding van het eigen vermogen door aandelen-emissie of converteerbare obligaties echter nauwelijks een reële aanpak. In dit verband is overigens wel van belang de mogelijkheid van participatie in het aandelenkapitaal door een participatiemaatschappij. Ook deze financieringsvorm kan tot het eigen vermogen worden gerekend.

Winstreservering en afschrijvingen vormen daarentegen de meest voor de hand liggende mogelijkheid het eigen vermogen te vergroten.

#### 9.4.1.2 Vreemd vermogen

Door het verslechterde rendement wordt ter financiering van investeringen tegenwoordig meer en meer gebruik gemaakt van geleend geld ofwel vreemd vermogen. De belangrijkste vormen van vreemd vermogen zijn: hypothecaire leningen, leasing/huurkoop, bankkrediet/staatsgarantiekrediet en leverancierskrediet.

Voor de financiering van onroerend goed zal in beginsel gebruik worden gemaakt van langlopende leningen. Een hypothecaire geldlening is zo'n langlopende lening, waarbij de geldgever het recht van hypotheek heeft op onroerend goed.

Een middellang bankkrediet wordt vooral gebruikt voor de financiering van vaste activa met een middellange looptijd (inventaris, transportmiddelen, machines enz.). Leasing en huurkoop zijn beide eveneens geënt op de financiering van bedrijfsmiddelen met een middellange looptijd.

Vlottende activa als debiteuren en voorraden worden traditioneel met kort krediet gefinancierd. Het rekening-courant krediet is hiervoor bij uitstek geschikt in verband met de wisselende kredietbehoefte. In toenemende mate wordt voor debiteurenfinanciering van factoring gebruik gemaakt. Daarnaast is het gebruik van leverancierskrediet een financieringsmogelijkheid. De aantrekkelijkheid hiervan hangt vooral af van de geboden kortingen. Hierbij past echter de opmerking dat wanneer te zwaar op deze financieringsvorm wordt geleund het gevaar ontstaat van een te grote afhankelijkheid van de leveranciers.

## 9.4.2 Welke financieringsvorm?

Eén ideale financiële structuur voor alle bedrijven bestaat niet. Als algemene stelregel geldt dat de keuze van de financieringsvormen afhankelijk moet zijn van de bestemming van het geld.

De afstemming tussen de duur van de leningen en de bestemming van het geld is overigens terecht. Immers als de duur van de leningen en de rentekosten niet ongeveer even lang of even kort vastliggen als de activa waarvoor zij bestemd zijn, dan zal het bedrijf periodiek te veel of te weinig liquide middelen hebben. Daarbij belemmert een te krappe liquiditeit de ademhaling van een bedrijf, waardoor seizoensexpansie en snelle bedrijfsvergroting worden bemoeilijkt. Een te grote liquiditeit veroorzaakt daarentegen veelal renteverliezen. Om een optimale afstemming tussen ingaande en uitgaande kasstromen te verwezenlijken, is het zaak dat de looptijd van de financiering is afgestemd op de economische bruikbaarheid van het actief.

Voor investeringen in flexibele productie-automatisering zijn financieringsvormen met een middellange looptijd het meest relevant.

### 9.4.2.1 Bankkrediet of leasing?

Voor investeringen met een middellange economische bruikbaarheidsduur geldt als eerste oplossing het bankkrediet: een lening die qua looptijd op de investering is afgestemd. De bank verstrekt verstrekt de bank - uit krediettechnische overwegingen - echter nooit de volle honderd procent van het investeringsbedrag in de vorm van een bankkrediet, met daarbij uitsluitend het bedrijfsmiddel als onderpand. In doorsnee kan met een bankkrediet 50 à 60% van de aankoopssom worden gefinancierd.

Er bestaan daarnaast ook 'kredieten onder Staatsgarantie'. Dat zijn financieringen die worden gegarandeerd door de Staat.

Twee vormen van Staatsgarantiekrediet zijn in dit verband relevant:

- het Bedrijfskrediet: dit kan worden gebruikt zowel voor investeringen in machines en wagenpark als voor de financiering van debiteuren en voorraden.
- het Vermogensversterkingskrediet: een krediet waarmee het eigen vermogen wordt aangevuld, zodat andere kredieten of leningen mogelijk worden.

Het verdient daarbij aanbeveling hiervoor in een vroeg stadium de bank in te schakelen, aanzien de daarvoor te volgen procedure enige tijd vergt.

Leasing is een mogelijkheid, waarvoor de laatste jaren de belangstelling aanmerkelijk is toegenomen. Een eerste verklaring van meer algemene aard voor deze toegenomen belangstelling is reeds aan de orde geweest. Ondernemers zijn immers meer dan vroeger voor de financiering van hun investeringen aangewezen op vreemd vermogen.

Daarnaast is echter de vraag naar leasing gegroeid omdat, als gevolg van technische ontwikkelingen, er duidelijk een verkorting van de gemiddelde economische levensduur van bedrijfsmiddelen is. Daarbij dient adequaat te worden ingespeeld op veranderende marktomstandigheden, waardoor vaak een snelle beslissing bij investering is vereist. Daar niet iedere separate investering in een totaal financieringsplan kan worden gepast, biedt een partiële financiering, bijvoorbeeld in de vorm van leasing, vaak de beste oplossing. Een aspect dat bij de beoordeling een rol kan spelen, is dat banken in het kader van risicospreiding vaker tot inschakeling van een gespecialiseerde leasemaatschappij overgaan. Een laatste verklaring voor de toegenomen belangstelling houdt verband met de specifieke kenmerken van leasing. Het is een produkt dat beter aansluit op de vraag in de markt dan bestaan- de kredietvormen.

#### 9.4.2.2 Leasing

Onder de verzamelnaam leasing worden in de praktijk zeer verschillende transacties begrepen. Toch zijn er in beginsel slechts twee vormen van leasing, financiële leasing en operationele leasing.

Voor het onderscheid tussen een financieel en een operationeel contract is in feite slechts één vraag van belang: wie van de beide contractpartijen, de lessor (= leasemaatschappij) of de lessee (= ondernemer) draagt het economisch risico van het lease-object. Economisch risico betekent in dit verband de financiële consequenties van waardeveranderingen van het lease-object, anders gezegd de kansen van waardestijging en van waardedaling van het object als gevolg van veroudering (het restwaarderisico).

Bij operationele leasing is het economisch risico min of meer afgewenteld op de lessor. Draagt de lessee dit risico geheel of nagenoeg geheel, dan is er sprake van financiële leasing.

#### Operationele leasing

Operationele leasing kan worden gedefinieerd als een vorm van huur-verhuur. De lessee streeft flexibiliteit in de betreffende bedrijfsmiddelen na en betaalt derhalve voor het gebruik. Het economisch risico ligt volledig bij de lessor, omdat het contract in beginsel op ieder moment opzegbaar is. De lessor moet ervoor zorgen dat de lessee 'het genot van het goed' heeft. Als het bedrijfsmiddel niet deugdelijk functioneert, treft dat de lessor. Daarom zijn bij een operationeel leasecontract bijna altijd onderhoud, verzekering, eventuele belastingen en vervanging in de leasetermijnen ingecalculeerd.

Bekende voorbeelden van operationele lease, die het ook gemakkelijk maken het verschil te onthouden, zijn autolease, waarbij een auto voor een vaste prijs per kilometer wordt gehuurd, de lease van fotocopieermachines, waarbij wordt betaald per fotocopie en de telefoon waarbij wordt afgerekend per gesprekseenheid.

Het zal uit deze voorbeelden duidelijk zijn geworden dat operationele leasing zich vooral leent voor markten, waarop de lessor de restwaarde goed kan schatten. Dergelijke markten zijn gekenmerkt door:

- niet te snelle technische ontwikkelingen;
- het bestaan van een goede tweedehands afzetmogelijkheid.

Gezien de aard van de investeringen behoeft het geen betoog dat operationele leasing ten behoeve van flexibele productie-automatisering geen haalbare aanpak is.

#### Financiële leasing

Financiële leasing is, alhoewel de overeenkomst ook is ingekleed in de vorm van huur-verhuur, in wezen een vorm van middellang krediet. De leasemaatschappij legt het economisch risico bij de lessee, enerzijds doordat de gehele koopsom vermeerderd met rente in de leasetermijnen is begrepen, anderzijds doordat het contract in beginsel onopzegbaar is (in de praktijk is vervroegde aflossing overigens veelal wel mogelijk). Economisch gezien is de lessee dus als eigenaar te beschouwen en dat is een precies tegenovergestelde situatie als bij operationele lease. Kort samengevat kan operationele lease dus als een verhuur-activiteit van bedrijfsmiddelen worden beschouwd, die veelal in samenwerking met de leverancier van het bedrijfsmiddel plaatsvindt. Financiële lease is daarentegen primair een financieringsvorm, een produkt dat derhalve thuis hoort in het dienstenpakket van een bank.



## 9.5 Financiële leasing

### 9.5.1 Kenmerken van financiële leasing

De specifieke kenmerken van dit leaseproduct zijn:

Het eerste kenmerk luidt:

- De financiële leasing is op maat, dat wil zeggen, geënt op de investering die voor 100% wordt gefinancierd. Dat is een duidelijk en specifiek kenmerk van leasing, zeker in vergelijking met andere financieringsmogelijkheden, die, als het om roerende goederen gaat, niet zover gaan qua verstrekkingnorm. In sommige gevallen is het zelfs mogelijk de eerstejaars assurantieprijm en de btw mee te financieren. Een bijkomend voordeel is natuurlijk dat de middelen van het bedrijf niet in machines worden vastgelegd en het werkkapitaal derhalve intact blijft.
- De zekerheid wordt uitsluitend gevonden in het object; dus in principe wordt geen aanvullende zekerheid gevraagd. Dat heeft als voordeel dat met leasing de leencapaciteit van de onderneming wordt vergroot. Als een bedrijf middelen aantrekt via andere leenvormen moet er in het algemeen een overwaarde aan zekerheid worden geboden. Bij financiële leasing is dat niet het geval, waardoor de leencapaciteit optimaal wordt benut. Dat kan als een duidelijk voordeel van leasing worden beschouwd.
- De looptijd (leaseperiode) is afgestemd op de economische levensduur van het object. In vrijwel alle gevallen kan zo een directe koppeling worden gemaakt tussen de leasebetalingen en de mate waarin het betreffende produktiemiddel zichzelf terugverdient. Hierdoor wordt een optimale aanpassing van de middelenbehoefte bereikt.
- De betalingstermijnen (leaseprijs) zijn afgestemd op de inkomsten. Dit betekent dat de te betalen leasetermijnen moeten kunnen worden betaald uit inkomsten die de investering voortbrengt. Ook als de inkomsten bijvoorbeeld door seizoensinvloeden niet volgens een gelijkmatig patroon verlopen, kunnen de leasetermijnen daarop worden afgestemd.

Deze vier kenmerken tonen aan dat financiële leasing als financieringstechniek zich onderscheidt van andere leenvormen en daarboven een aantal specifieke voordelen biedt.

### 9.5.2 Fiscale aspecten

Door een minder eenduidige interpretatie van leasing is tot voor enkele jaren de suggestie gewekt alsof leasing iets heel bijzonders was. Vooral door het ontbreken van een wettelijke regeling ontstond een indruk die vooral was gestoeld op de fiscale aantrekkelijkheid van leasing. Het zal echter uit de toelichting duidelijk geworden zijn dat financiële leasing, economisch gezien, niet meer dan een wijze van financieren is.

Dit heeft tot consequentie dat er een onjuiste voorstelling van zaken ontstaat, wanneer financiële leases niet op de balans worden vermeld. Boekhoudkundig gezien, moet financiële lease niet anders worden behandeld dan andere vormen van financiering.

Met andere woorden, de investering moet geactiveerd, de schuld gepassiveerd en de afschrijving en betaalde rente op de Verlies & Winstrekening in aftrek worden gebracht. Deze handelwijze houdt tevens in dat de fiscale faciliteiten op het punt van investeringen, zoals de WIR, bij de lessee terechtkomen.

Dat is op zich een belangrijk aspect bij elke investering.

### 9.5.3 Leasing: object- of subjectgericht

Leasing wordt vaak gezien als objectfinanciering in de nauwste betekenis. Op zich lijkt dat een logische opvatting, want een van de kenmerken van leasing is dat het betreffende bedrijfsmiddel het enige verhaalobject is. De beoordeling van de waarde van wat wordt geleased is uit dien hoofde dan ook van wezenlijk belang.

Toch is de opvatting dat leasing zuiver objectgericht is, niet juist. Want leasing levert, even als elke andere vorm van vreemd vermogen, verplichtingen op. Omdat de leencapaciteit van een bedrijf onder meer afhangt van zijn financiële structuur, is een beoordeling die alleen op het object is toegespitst, niet juist. Deze noodzakelijke integrale benadering wordt vooral duidelijk bij investeringen in flexibele productie-automatisering. De beoordeling van de betrouwbaarheid of moraliteit van de onderneming en vooral van zijn ondernemerscapaciteiten zal in grote lijnen niet verschillen van de beoordeling bij een bedrijfskrediet of een rekening-courant krediet. De beoordeling van de financiële positie van de onderneming is vooral gericht op de rentabiliteit (uitmondend in betalingscapaciteit) en verder op de liquiditeit en de solvabiliteit. Essentieel is dat het bedrijf de verplichtingen kan opbrengen en dat betekent dat de nadruk in de beoordeling wordt gelegd op de rentabiliteit, dus de betalingscapaciteit.

## 10. Ervaringen uit de praktijk

Gemeten naar de huidige stand van de techniek zou er aanzienlijk meer kunnen zijn geautomatiseerd dan nu. Enerzijds ontbreken voldoende investeringsmiddelen; anderzijds hebben ondernemingen moeite greep te krijgen op de problemen van automatisering. De bedrijfsleiding heeft de neiging de economische voordelen te overschatten en de mogelijke sociale nadelen te onderschatten. Beide neigingen wijzen op een gebrek aan inzicht. Datzelfde gebrek aan inzicht uit zich lager in de organisatie in ongerustheid ten opzichte van technische systemen die men niet begrijpt en waardoor men verdere verschraving of totale uitstoot van arbeid vreest.

De ervaringen die tot op heden op kleine schaal in het bedrijfsleven zijn opgedaan, weerspiegelen duidelijk de zorgen die het 'grootschalig zijn' inhouden. De Commissie Rathenau bepleitte al sterk verbeterde voorlichting over doel, structuur en werkwijze rondom automatisering. Haar rapport pleitte voor scholing, studie en voorlichting om de deelnemers en organisaties in staat te stellen de betekenis en het doel van hun werk te begrijpen en te beïnvloeden. Het stelde dat bij het ontwerpen en veranderen van organisatiesystemen de werknemers moeten worden betrokken.

Uitgangspunt bij flexibele produktie-automatisering is dat de bedrijfsleiding volledig achter de plannen staat en zich geregeld laat voorlichten over de voortgang.

Deze benadering van boven af moet echter voldoende ruimte laten waarin ideeën van onderaf kunnen worden uitgewerkt. Zodra aan de top de beslissing wordt genomen een studie te doen uitvoeren naar een project voor flexibele produktie-automatisering zullen alle betrokkenen wezenlijke deelnemers in het project moeten worden. Als het project voor alle betrokkenen nieuw is zullen de vooroordelen minimaal zijn en de kans op slagen maximaal. Pas flexibele automatisering indien enigszins mogelijk toe op een nieuw produkt. Pas wanneer daarmee kennis en ervarig zijn opgedaan, zal het mogelijk zijn met een grote kans van slagen ook een bestaande produktie flexibel te automatiseren.

Waarom een beslissing op topniveau?

Omdat de ontwerp-, de produktie- en de verkoopafdeling nauw moeten samenwerken en deze afdelingen veelal afzonderlijk van elkaar werken. Stimulering, maar ook controle op bereiken van de doelstellingen vanuit de top zijn hierbij nodig.

De les uit het verleden is dat wij de tijd moeten nemen de wensen van de eigen gebruikers duidelijk te formuleren en de dialoog met de leverancier goed te organiseren. Doet men dat niet, dan bestaat het gevaar voor onvoldoende erkenning van de draagwijdte van bepaalde keuzen.

Ondanks een goede voorbereiding zullen zich ongetwijfeld gedurende de invoering van flexibele produktie-automatisering problemen voordoen.

Deze worden vooral veroorzaakt door het nog onvoldoende gebruik kunnen maken van ervaring en inzicht van anderen en het ontbreken hiervan in het eigen bedrijf.

### 10.1 Personele aspecten

Bij de invoering van flexibele produktie-automatisering zullen de medewerkers zo breed en zo zorgvuldig mogelijk moeten worden ingelicht.

Hiervoor is een systematische opzet nodig, waarin de produktie-automatisering en de gevolgen daarvan voor de werkplek van de medewerkers en het aantal medewerkers duidelijk zijn geformuleerd. Dit plan moet zo snel mogelijk met hoger en middenkader, de onder-

nemingsraad en de uitvoerenden worden doorgesproken. Deze openheid is essentieel.

Zorg er voor dat het belang van de uitvoering voor een ieder duidelijk is en werk aan een loyale opstelling van alle betrokkenen. Voldoende informatie en inspraak gedurende de voorbereiding en invoering zijn van groot belang.

Wanneer met de automatisering arbeidsplaatsen zijn gemoeid, dient er voor te worden gezorgd dat er geen ontslagen behoeven te vallen. De voorbereidings- en invoeringsfase zal gemiddeld zo'n twee jaar in beslag nemen; gedurende deze periode moet men zo weinig mogelijk werknemers aannemen. Interne overplaatsing, uitbestedingen en overwerk zijn mogelijkheden ter overbrugging.

Het is belangrijk er voor te zorgen dat flexibele automatisering niet tot taakverenging maar tot taakverruiming leidt. Taken naast de hoofdactiviteit zijn bijv.:

- zorg voor materiaal toe- en afvoer,
- in- en omstellen,
- programmeren (ten minste het programma kunnen corrigeren of aanpassen),
- verantwoordelijkheid voor verscheidene bewerkingen.

Voor de bediening en beheersing van een flexibel geautomatiseerde productie-eenheid zijn momenteel nauwelijks opleidingsmogelijkheden voorhanden.

Maak maximaal gebruik van wat de leverancier van het systeem aan opleidingsmogelijkheden kan bieden. Laat medewerkers die aandacht moeten geven aan automatiseringsvraagstukken niet bezig zijn met kleine projecten, terwijl de grote winstgevende projecten niet aan bod komen.

Een andere mogelijkheid is de plaatsing van medewerkers bij een ander bedrijf waar een soortgelijk systeem wordt toegepast. Toon bereidheid tot informatie-uitwisseling (informatie overdragen is geen verzwakking van het eigen bedrijf!).

Grote automatiseringsprojecten zijn alleen te verwezenlijken in samenwerking met andere disciplines en afdelingen. Zoek deze samenwerking in een vroeg stadium.

Oude taken en technieken blijven vaak geïntegreerd bestaan in de automatisering. Er komen nieuwe taken bij. Men kan spreken over een nieuwe functie, die bestaat uit de oude kennis en het verwerken hiervan met moderne middelen.

De direct betrokkenen moeten voor het project te enthousiasmeren zijn. De prikkel van een hogere beloning werkt op de langere termijn niet. Over de beloning en de functiewaardering van de nieuwe werkplek moet wel vooraf duidelijkheid bestaan.

Elke vorm van automatisering, hoe eenvoudig ook, vraagt reorganisatie. Dat geldt ook voor de veranderde functie-inhoud.

Dus: hanteer de psychologie van reorganisatie en ga uit van de gebruiker.

Het overwinnen van weerstand ten aanzien van automatisering is met succes in het volgende voorbeeld terug te vinden.

#### *Voorbeeld*

*De eerste lasrobot bij DAF is langdurig in laboratoriumopstelling uitgetest. De opmerkingen van de gebruikers zijn in de opzet betrokken. Pas daarna is de robot ingezet in de productie. Bovendien is bij de aanschaf gekozen voor behoud van vakmanschap van de medewerker. Bij zo'n aanpak verdwijnt een eventuele bedreiging. Bovendien is bij de introductie uitdrukkelijk gekozen voor een zeer geleidelijke aanpak met het oog op een succes op lange termijn. Tevens heeft men de medewerkers er zeer intensief bij betrokken. Daardoor is de lasrobot volledig geaccepteerd.*

## 10.2 Produktontwerp

Wanneer uit een eerste ontwerp een goed werkend prototype is ontstaan, zal dit ontwerp produktierijp worden gemaakt. Omdat we ons in dit onderzoek richten op flexibele produktie-automatisering zullen wij hierin vooralsnog geen cad gekoppeld aan cam betrekken.

Eerst moet worden uitgemaakt welke delen van de produktie bij de flexibele automatisering moeten worden betrokken. Bij voorkeur dient deze keuze door een projectteam te worden gedaan binnen een door de directie vast te stellen begroting.

Wanneer vaststaat welke produktie-activiteiten zullen worden geautomatiseerd, dient dit te worden doorgegeven aan de constructeur, zodat hij weet dat voor deze produkten niet de conventionele ontwerpmethode kan worden toegepast. Nu de te automatiseren activiteiten vaststaan, moet worden uitgezocht wat hiervan de betekenis is voor alle bewerkingen die het produkt moet ondergaan, alsmede voor de toe te passen materialen.

Betrek de constructeur volledig in het project, zodat hij weet waarom wat van hem wordt verwacht.

Veelal zal blijken dat wat voorheen in de produktie niet mogelijk was, nu wel kan. Maar ook het omgekeerde kan het geval zijn.

Daarom moet voor elk flexibel te automatiseren produktiemiddel zo goed mogelijk vooraf worden geschat wat de mogelijkheden en de beperkingen zijn. De constructeur moet zijn ontwerp daarop aanpassen. Wanneer hij naast zijn enthousiasme voor produktinnovatie ook enthousiasme kan opbrengen voor produktie-innovatie, is de specifieke ontwerpproblematiek al voor een deel opgelost.

Ondanks een goede voorbereiding in de ontwerpfasen zal bij de uitvoering toch dikwijls blijken dat een ontwerp nog niet robotvriendelijk genoeg is. Laat de constructeur zien waar het probleem ligt en zoek samen met hem naar een oplossing. Deze kan worden gevonden door wijziging van het ontwerp of wijziging van het gereedschap.

Produkt- en gereedschapconstructeurs moeten zeker gedurende de invoeringsfase nauw worden betrokken bij het flexibel automatiseringsproject. Hun produkt- en gereedschapontwerp moet aansluiten op het gekozen automatiseringssysteem. Ook hier dienen inzicht en ervaring te worden uitgebreid.

Bij samengestelde delen, bijv. flexibele automatisering in een lasserij, kan het voorkomen dat aan de produktienauwkeurigheid hogere eisen worden gesteld dan aan de produkt-nauwkeurigheid.

Aan de onderdelen die in een flexibel produktie-automatiseringssysteem worden verwerkt, zullen hoge kwaliteitseisen moeten worden gesteld. Vooral de maatnauwkeurigheid is van groot belang. Deze maatnauwkeurigheid is in veel gevallen alleen te verkrijgen wanneer het uitgangsmateriaal van een constante kwaliteit is. Inkopen van een bepaald materiaal bij verscheidene leveranciers kan om deze redenen niet langer gewenst zijn, tenzij die allen bereid en in staat zijn de gewenste kwaliteit te leveren.

## 10.3 Ontwerp van produktiemiddelen

Een belangrijke vraag is of de bestaande produktiemiddelen die op een of andere manier moeten samenwerken met het flexibel geautomatiseerde produktiesysteem, nauwkeurig en snel genoeg zijn.

Zo niet, dan zal ook daarin moeten worden geïnvesteerd. Verder zullen er specifieke gereedschappen nodig zijn voor bewerking, hantering en montage.

De gereedschap constructeur zal daarom precies moeten weten wat van hem wordt verwacht. Ook hij zal in een vroeg stadium bij de keuze van het project moeten worden betrokken.



Wanneer het systeem van flexibele produktie-automatisering en de daarbij benodigde gereedschappen, mallen, transportbanen enz. zijn geïnstalleerd, dient het geheel goed te functioneren.

De industriële robot bijvoorbeeld is als koopdeel slechts een deel van het gekozen systeem; de bijbehorende delen, veelal maakdelen, dienen in het systeem te worden geïntegreerd.

Wanneer zich aanloopproblemen voordoen, zal nauwkeurig moeten worden geanalyseerd wat de oorzaken zijn.

Ga er van uit dat het drie à zes maanden tijd vergt voordat de medewerkers, het systeem meester zijn.

Kies zo nodig voor rigoureuze oplossingen:

- is het te verwerken materiaal onvoldoende nauwkeurig, dan moet het worden verschromt en opnieuw ingekocht of aangemaakt;
- levert het gereedschap te veel problemen op, ontwerp dan met de opgedane kennis nieuw gereedschap;
- is het systeem onvoldoende stabiel of niet goed uitgelijnd, maak dan de diverse componenten los en ga opnieuw uitlijnen en zo nodig verstevigen;
- is het programma als gevolg van vele aanpassingen een 'lappendeken' geworden, maak dan een geheel nieuw programma;
- besteed veel aandacht aan tekortkomingen.

Vaak kan een automatisering teniet worden gedaan door kleinigheden (een hand van een robot pak iets wel of niet).

Wees niet bang het kostbare systeem in de aanloopfase een week of misschien wel langer stil te zetten. Een onvoldoende voldragen systeem in gebruik nemen, zal duurder blijken te zijn dan een werkend systeem op een later tijdstip.

Als er een nieuwe automatisering is begonnen, wordt nog te vaak gedacht dat er voorlopig een pas op de plaats moet worden gemaakt. Dit is niet goed: moderne automatiseringen verouderen zeer snel.

## 10.4 Werkvoorbereiding

Ook hier geldt dat de medewerkers van deze afdeling voldoende kennis moeten hebben van flexibele automatiseringssystemen en door scholing, training, beursbezoeken enz. op de hoogte blijven van de mogelijkheden.

Vaak moeten heel andere gedachtenpatronen worden ontwikkeld. Het belang van vroeger moet worden vergeten. Er zijn nieuwe belangen, die andere beslissingen en ingrepen vragen. Men moet systematisch leren denken en logische volgorde leren aangeven.

Dit vraagt een permanente opleiding. Je bent er niet met een cursus van de automatiseringsleverancier. Er komt meer bij kijken.

Bij de voorbereiding van de produktie-activiteiten zullen ook voor flexibele systemen normatieve bewerkingstijden moeten worden vastgesteld, incl. hanteren. Aan de hand van deze normatieve tijden kan worden vastgesteld wat de nieuwe kostprijs van een onderdeel of van een totaalprodukt wordt.

Normtijdenbestanden voor conventionele produktiemethoden zullen in de nieuwe situatie onbruikbaar zijn. Er moet dus principieel opnieuw worden nagedacht over het verloop van de produktieprocessen. Belangrijk zijn bijvoorbeeld:

- Bij verspanende bewerkingen kan per bewerkingssap de optimale verspaningsconditie (toerental, aanzet enz.) worden ingevoerd. Voorheen werd ingesteld op een gemiddelde waarde.
- Voor lasbewerkingen geldt eigen hetzelfde; lasstroom, lasdraadtoevoer en voortloopnelheid kunnen volledig per stapje las worden geoptimaliseerd waar dit voorheen geheel afhankelijk van de man was.



- Insteltijden zullen in het algemeen aanzienlijk korter worden, waardoor de seriegrootte kan afnemen en de voorraad onderhanden werk sterk kan worden verminderd.

## 10.5 Organisatie van de werkplaats

De bediener van een systeem van flexibele productie-automatisering moet zoveel mogelijk onafhankelijk van andere systemen kunnen werken. Probeer een werkcel of produktgroep te formeren, waarmee het mogelijk wordt de flexibele automatisering optimaal te laten werken. Enkele voorbeelden ter toelichting:

- Bij cnc-gestuurde bewerkingsmachine met automatische toe- en afvoer: zorg dat de bediener de mogelijkheid heeft zelf het nodige materiaal af te zagen (dus meer bewerkingen onder zijn verantwoordelijkheid).
- Bij robotlassen: laat de te lassen onderdelen vervaardigen door een of meer lassers die met de lasrobot een groep vormen.
- Bij montagehandelingen: zorg er voor dat de bediener in staat is de benodigde onderdelen uit het betreffende magazijn op te roepen.

Zorg dus dat de organisatievrijheid toeneemt door taken toe te delen zoals transport, planning, werkvoorbereiding enz.

Zorg dat bij storing altijd kan worden doorgeproduceerd, als is het op een lagere capaciteit.

Hiermee is het mogelijk:

- capaciteit te vergroten bij inhalen,
- onafhankelijker te zijn van storing,
- flexibele aantallen produkten te maken.

Pas op voor een te grote afhankelijkheid van de automatisering. We zijn zo gauw vergeten hoe het vroeger ging.

Bij storing en starten kan de 'oude' techniek nog een belangrijke rol spelen.

Denk daarbij aan tijdelijke vergroting van de capaciteit of het opvangen van een eerste behoefte, waardoor tijd vrijkomt om het probleem op te lossen.

Een vergrote capaciteit, die vaak gepaard gaat met automatisering, vraagt een beter gestroomlijnde goederenstroom. Verkorting van de doorlooptijd is dan gewenst, evenals een vermindering van bufferopslag.

Dit vraagt nogal wat aan discipline bij de medewerkers. Het is belangrijk dat er direct na het produceren wordt getransporteerd. Dat voorkomt dat produkten onnodig ergens blijven staan. Probeer niet alles op te voeren tot 100%. Dit geeft vaak storing en geen optimale stroom van produkten en kost veel inspanning om op gang te houden.

Betere een continue stroom met een produktie die voorspelbaar is dan een optimale stroom die steeds stagneert en een niet voorspelbare produktie geeft.

## 10.6 Kostenaspecten

Het kostenvraagstuk speelt vaak een hoofdrol bij de beslissing tot automatisering.

Probeer bij de overwegingen tevens door te berekenen wat buiten de directe invloedssfeer ligt. Juist heel hoge investeringen worden vaak afgewezen omdat de besparingen in andere afdelingen niet worden meegerekend, terwijl de invloed vaak groot kan zijn.

Het is gewenst bij de beslissing tot investering rekening te houden met de invoeringsproblemen. Behalve met de vooraf te calculeren kosten is het goed rekening te houden met:

- de doeltreffendheid van het systeem (aan de verwachtingen voldoen) ca. 6 maanden na eerste oplevering;

- invoeringskosten kunnen oplopen tot 10 à 20% van het geïnvesteerde bedrag. Onder deze laatste kosten zijn dan begrepen:
  - nascholing medewerkers en verdere betrokkenen,
  - herontwerp van hulpmiddelen,
  - wijziging in produktontwerp,
  - bedieningskosten en energiegebruik gedurende de aanlooperperiode.

## 10.7 Ondersteunende afdelingen

### *Technische dienst:*

Bij automatisering verandert er nogal wat in de onderhoudstaken. We zien een verschuiving naar meer elektronica. Hierdoor zal men het aantal elektrotechnische medewerkers moeten uitbreiden. Zorg voor voldoende geschoold personeel (minstens twee specialisten). Het preventieve onderhoud zal ook een belangrijkere rol spelen ten behoeve van een voorspelbare, storingsvrije produktie. Het aantal arbeidsplaatsen neemt toe. Het belang van goede informatie over de toestand van het produktiemiddel neemt ook toe. Zorg dus voor een betere administratie, ondanks de geringe bereidheid tot het voeren en analyseren van een goede administratie.

Probeer de vastlegging van gegevens voor automatisering eenduidig en direct goed te doen. Haastige speed is zeker hier zelden goed. Fouten in dit stadium, werken jaren door en kunnen leiden tot grote fouten en veel ellende en herstelwerkzaamheden later.

### *Bedrijfsmechanisatie:*

Inkoop zal belangrijker worden; ook hier moet goed geschoold elektronica-personeel aanwezig zijn. Dit moet kunnen bepalen hoe de te kopen (of te maken) componenten (printplaten enz.) er uit moeten zien.

### *Kwaliteitsdienst:*

100% controlesystemen komen binnen bereik, maar ook metingen met vooraf vast te stellen frequentie.

### *Personele en Sociale Zaken:*

Belangrijke verschuiving in de opleidingseisen. Bewaken en initiëren van goede interne overlegstructuren zijn essentieel.

## 11. De betekenis van produktie-automatisering voor onze samenleving

In een publikatie over flexibele produktie-automatisering mogen de maatschappelijke ontwikkelingen die door invoering van deze automatisering worden beïnvloed, niet ontbreken. Er mag worden verwacht dat verschillende belangengroepen over deze ontwikkelingen uiteenlopende meningen hebben. Om de diverse meningen naar voren te laten komen, is gekozen voor een discussie door exponenten van werkgevers- en werknemersorganisaties en overheidskringen. De bijdrage van deze werkgroep bestaat uit de weergave van de gespreksronden.

Dit verslag is een zo getrouw mogelijke weergave van vier gespreksronden die zijn gehouden op 19 november en 7 december 1982, 11 januari en 18 februari 1983. Voor deze gespreksronden stonden de volgende onderwerpen op de agenda: de positie van de nederlandse industrie, kwaliteit van de arbeid, werkloosheid en onderwijs in relatie tot produktie-automatisering.

De deelnemers aan de discussie waren (zie tevens hoofdstuk 1):

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| jhr.mr. M.L. de Brauw  | – voorzitter            |
| ir. W.J. ter Hart      | – werkgeversorganisatie |
| ir. J.W. Hillege       | – overheid              |
| ir. C.P.M. Kouwenhoven | – werkgeversorganisatie |
| G.S.A. Kuperus         | – werknemersorganisatie |
| drs. R. Ruiter         | – overheid              |
| drs. P.J. Vos          | – werknemersorganisatie |

Tevens waren bij de discussie aanwezig:

|                      |                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| dr.ir. C.A. Prins    | – voorzitter van de stuurgroep van het project              |
| ir. H. Timmerman     | – projectleider                                             |
| dr.ir. J.H. Galjaard | – stuurgroep lid, aanwezig op de vergadering van 11 januari |

De deelnemers aan de discussie komen uit verschillende organisaties; hun mening hoeft echter niet de officiële mening te zijn van de organisatie waarin zij werken.

De bedoeling van deze discussie is om al gedachtenwisselend een beeld te schetsen van allerhande aspecten die rondom flexibele automatisering vanuit maatschappelijk oogpunt spelen. Dit hoofdstuk beoogt niet een afgerond denken te zijn; wellicht kan het als gangmaker dienen voor de discussie van anderen.

De vraag die de groep zich stelt is: hoe wordt de weg begaanbaar gemaakt om het verwachte toekomstbeeld te bereiken?

Een steeds kleiner deel van de beroepsbevolking zal in de toekomst in de industrie werkzaam zijn. Het is een tendens die in de jaren zestig is ingezet en waarin de industrie de landbouw achterna gaat.

### De industrie

Over welke industrie spreken we? De term flexibele produktie-automatisering heeft betrekking op de produktie van afzonderlijke produkten. De middelgrote- en kleinseriefab-

bricage loopt achter op de procesindustrie en de massa-industrie in het automatiseren. Dit komt omdat grote processtromen, continu of per lading, eenvoudiger en met minder informatieverwerking zijn te automatiseren dan kleine series.

Kleine series vragen per serie of zelfs per produkt een andere informatiestroom. Flexibele produktie-automatisering levert kleinere bedrijven de mogelijkheid deze informatiestroom te beheersen en maakt daardoor produktiviteitsstijging mogelijk. Deze groep bedrijven is, door het beschikbaar komen van de technische middelen, bezig met een inhaalmanoeuvre.

De bedrijfstak die op het moment deze flexibele produktietechnieken als eerste in snel tempo gaat gebruiken is de metaalelektro-industrie.

**De Brauw:** De vraag is of Nederland een achterstand heeft ten opzichte van het buitenland.

**Hillege:** Ik vind het wel, zeker als we de aantallen bedrijven vergelijken die ervaring op dit gebied hebben. Een reden voor die achterstand is dat in Nederland nauwelijks grote bedrijven zijn die op het gebied van flexibele produktie-automatisering toonaangevend zijn. Een andere reden is dat we in Nederland nauwelijks een produktiemachine-industrie hebben en dat het aanbod van kennis klein is. Hoewel dus de vergelijking met het buitenland enigszins scheef is, kan toch over enige achterstand worden gesproken.

Ik vind het nodig eerst te bepalen wat de industrie met deze nieuwe technieken kan doen. Nederland krijgt door deze techniek een herkansing om de positie van de eigen industrie internationaal te versterken. In de industrie is 62 - 64% van de produktie gericht op de export. We kunnen flexibele produktie-automatisering gebruiken om nieuwe produkten en produkties te ontwikkelen. De internationale achterstand is nu nog gering en we kunnen nog op de internationale markt penetreren; over enkele jaren is die kans wellicht verkeken. Voor Nederland kan dit een nieuwe industriepolitiek worden, de produktie van 'nobeles' produkten met als doelstelling een sterke toeleveringsindustrie en de stimulering van ontwikkeling en produktie van specifieke produkten.

### **Metaalelektro-industrie**

**Hillege:** De metaalelektro heeft de laatste 6 à 7 jaar een vrij zwaar saneringsproces doorgeemaakt en sinds 1981 leek, los van enkele grote bedrijven, deze sector zeer stabiel. Men heeft orde op zaken gesteld voor zover dat kon. Daaroverheen komt nu een vrij zware depressie. Ik ben bang dat deze sector hierdoor nog een aantal veren heeft moeten laten. Je gaat meer bedrijven verliezen dan voor een sanering wenselijk is. Dit betekent structurele verliezen aan capaciteit, werkgelegenheid en mens-machine-organisatie.

In de metaalelektro is 55% van de omzet gericht op de export. Dit betekent dat, als een bedrijf een betere dan gemiddelde ontwikkeling wil doormaken, het sterk internationaal moet zijn gericht. De belangrijkste ontwikkelingen vindt men in de Verenigde Staten, Japan, Westduitsland en de nieuwe geïndustrialiseerde landen. Al deze landen hebben heel duidelijk gekozen voor de sector van flexibele produktie-automatisering, zowel in de overheidspolitiek als in de bedrijfspolitiek.

De vraag is of flexibele produktie-automatisering kansen biedt voor bepaalde ondernemingen. Kan de metaalelektro-industrie nieuwe trajecten vinden, door nieuwe technieken, nieuwe opleidingen en nieuwe benaderingen? Een goede keuze is kennis en middelen te investeren in de ontwikkeling van nieuwe produkten en de ontwikkeling van de export. Dit betekent: opleiding, innovatie, marktverkenningen plegen en investeren in flexibiliteit, snelheid en lage kosten.

Ten aanzien van de export lijkt nog een aantal mogelijkheden aanwezig: samenwerking van

kleine en middelgrote bedrijven; compensatie-orders, waarbij voor flexibele produktie-automatisering investeringen kunnen worden gedaan, waarvan je later voor je eigen produkt profijt hebt. Maar dit zijn pasklare oplossingen die je moet grijpen als ze zich aandienen.

In een beleid zou het verstandig zijn veel aandacht aan het gebied buiten de EG te besteden. De EG is in de toekomst een van de tragere ontwikkelingsgebieden in de wereld. Voor het opdoen van ervaring is de EG een goede mogelijkheid; je eerste stappen moet je niet te groot en te ver doen, maar de kansen liggen buiten de EG.

Dat laatste geldt natuurlijk slechts voor een beperkt aantal bedrijven, waaronder de grote. Zij hebben een management dat verder kan kijken door stafafdelingen, marketing enz., daarom zijn zij vaak eerder toe aan het doen van riskante investeringen op een onbekend terrein, zoals flexibele produktie-automatisering. Zij zijn nodig voor de voorbeeldwerking, voor de ervaring in Nederland. In Nederland zijn geen voorbeeldindustriën voor flexibele produktie-automatisering zoals in landen als Westduitsland en Frankrijk (auto-industrie, landbouwwerktuigen-industrie en krachtwerktuigenindustrie). Nederland is wat dat betreft minder bedeed en heeft niet het voordeel van een grote en soms ook afgeschermd thuismarkt, zoals bijvoorbeeld Japan. Op zo'n thuismarkt kun je eerst groeien en sterk worden voordat export noodzakelijk wordt.

**Ter Hart:** Ik onderschrijf dit geheel, maar wil er toch iets toevoegen: bij metaalelektro praat iedereen onmiddellijk over produkten, maar je hebt in de metaalelektro ondernemingen die eigen produkten maken, produktmakers, en je hebt toeleveranciers die geen eigen produkt maken, de toeleveranciers, in de wandeling de 'jobbers' genoemd.

Toeleveranciers missen in hun pakket een vrijheidsgraad: het ontwerp van het produkt. Als een toeleverancier iets wil afzetten, heeft hij slechts te maken met kwaliteit, levertijd en prijs. De produktmaker heeft daar het produkt bij dat hij door het unieke ontwerp tegen een hogere prijs kan afzetten.

Deze twee grote groepen hebben elk een eigen benadering en een eigen mentaliteit. Dit heeft weer grote invloed op de arbeidsorganisatie. De produktmakers hebben relatief hoge overheadkosten ten gevolge van ontwikkeling, ontwerp en marketing, maar hebben ook een extra vrijheidsgraad.

De toeleveranciers moeten zich bij uitstek toeleggen op het maken van een kwaliteitsonderdeel en het op tijd leveren van dit onderdeel tegen een lage prijs.

Dit 'make or buy' principe komt momenteel in de nederlandse industrie op gang, maar is jarenlang achtergebleven. Je kunt het niveau van een industrie wellicht afmeten aan de mate waarin men uitbestedt. In het algemeen tref je relatief grote ondernemingen aan bij de produktmakers en je vindt kleinere ondernemingen bij de toeleveranciers. Je moet bij de produktmakers steeds meer het belang van de keuze propageren: moet ik het maken of kan ik het kopen, met de tendens naar kopen. En dit omdat de toeleveranciers met behulp van flexibele produktie-automatisering en groepentechnologie, soortgelijke produkten met soortgelijke bewerkingen tegen relatief lagere prijzen kunnen leveren dan de produktmakers. De produktmakers zullen zich in sterke mate moeten toeleggen op produkten met een zeer hoge toegevoegde waarde, met andere woorden produkten waar een zeer hoge technische kennis voor nodig is. Dus toeleveranciers toegespitst op de produktie-ontwikkeling en produktmakers toegespitst op de produktontwikkeling.

**De Brauw:** Is er vanuit de grotere bedrijven te verwachten dat zij de stimulans zullen genereren naar die toeleverende bedrijven? Dien je je dan niet eerst naar de groten te wenden en daarna naar de kleinere?

**Vos:** Ik blijf enige moeite hebben met de opmerking van Hillege dat de nederlandse indus-



trie een achterstand heeft ten opzichte van het buitenland. De strekking van die bewering onderschrijf ik wel, maar de vraag is hoe we haar kunnen onderbouwen. Hoe meten we zoiets als een achterstand?

We kunnen de industriële structuur van ons land vergelijken met die van andere landen en dan zullen we ongetwijfeld verschillen zien. Maar waarom houden die verschillen voor ons een achterstand in? Als het ontbreken in de structuur van een werktuigmachine-industrie als een achterstand moet worden opgevat, hoe kunnen we die witte plek in de structuur dan vullen?

Kennis van de gewenste structuur is nodig om de prioriteiten van het industriebeleid te kunnen bepalen. Maar daarbij moeten we niet uitsluitend aan exportsteun denken. We zullen ook naar aangrijpingspunten moeten zoeken voor het beleid in de sfeer van de randvoorwaarden. Bijvoorbeeld door vragen te stellen als:

- Welke thuismarkt is er potentieel; welke thuismarkt hebben we in feite; hoe zou je het gat tussen potentiële en feitelijke markt kunnen sluiten?  
Dan is het beleid, gericht op vergroting van de exportquote, niet alleen afhankelijk van de prioriteitsstelling in de verdeling van steungelden, maar ook van pogingen tot het creëren van een basis in de thuismarkt.
- In hoeverre is ons onderwijs op de industrie georiënteerd? Als je in het onderwijs een vraag stelt over de industrie krijg je een heel lang volgehouden stilzwijgen als antwoord. Als wij het verschil in functioneren van het leerlingstelsel in Nederland met dat in Westduitsland vergelijken (dat is nog maar op betrekkelijk laag scholingsniveau), komt de vraag naar boven waar die grote verschillen vandaan komen.
- Zou niet in aansluiting op de onderwijsvraag veel meer aandacht moeten worden gegeven aan de arbeidsorganisatie? Men kan zich voorstellen dat dit een aandachtsgebied zou zijn in het overleg tussen vakbonden en werkgevers (organisaties).

**Hilleg:** Ik ben het er mee eens dat zeker voor de kleinere bedrijven de thuismarkt ontzettend belangrijk is. Dat is de markt van de grotere bedrijven en van de overheid.

Maar de ontwikkeling van die thuismarkt, in volume, is onvoldoende om mee uit te komen. Je zult andere dingen moeten doen. En als je het hebt over nieuwe produkten, dan denk ik dat het in het algemeen moet zijn gebaseerd op kennis en de nabijheid van een markt en proberen met een verandering in die markt te komen. Als het bedrijf die kennis niet heeft en het moet een nieuw produkt in een voor hem geheel nieuwe markt brengen, vooral als die markt in het buitenland ligt, is dat een opgave waarvan de kans van slagen op ongeveer 1 op 70 ligt. Je komt dan in afschuwelijke verhoudingen terecht.

De vraag is of flexibele productie-automatisering kansen zou bieden voor bepaalde ondernemingen. Om maar een voorbeeld te geven: het is de japanners gelukt de horloge-industrie over te nemen, voor een groot deel. Dat is ze niet gelukt in het oude veeruurwerk, daar hadden ze echt geen schijn van kans ook al hadden ze lagere produktiekosten. Het is ze gelukt door de horloge-industrie vanuit een heel nieuw traject te benaderen. En dat is ook een beetje dit verhaal. Kan de metaalelektro-industrie bepaalde trajecten vinden, door nieuwe technieken, door nieuwe opleidingen, door nieuwe benaderingen?

Ik wil nog even reageren op de vraag van Vos om de situatie van de metaalindustrie te onderbouwen. Ik heb daar enkele indicatoren voor, maar dat zijn zwakke signalen.

- Eerste signaal: In 1981 zijn per saldo in de metaal weinig arbeidsplaatsen verloren gegaan. Dit moet je ook zien in relatie met de economie. In 1982 hebben we weer 100 miljoen in de wereldhandel verloren, dat is gewoon teruggelopen. Dat is een externe depressie-achtige toestand waarin we zitten.
- Tweede signaal: Wij kregen veel minder kleine en middelgrote bedrijven uit de metaal-industrie bij onze EZ-lessenaar aankloppen.



- Derde signaal: de bedrijven die aanklopten hadden zelf al beter orde op zaken gesteld.
  - Een vierde signaal is nog dat de export relatief redelijk is ontwikkeld in dat jaar.
- Dit zijn de zwakke signalen waarop ik de uitspraak deed. Maar het zwakke punt in het hele verhaal is dat 1 jaar natuurlijk geen structuur-indicator is. Er zit 'wishful-thinking' in mijn hele verhaal.

**Ter Hart:** Ik vermeld, om het optimisme wat weg te halen, de laatste cijfers voor 1982. Het aantal arbeidsplaatsen dat we in het laatste kwartaal van dit jaar zijn kwijtgeraakt, is ruim drie keer zo hoog als in het laatste kwartaal van 1981. De schattingen zijn dat in 1983 het verlies aan arbeidsplaatsen 2 maal zo hoog zal zijn als in 1982. Dan praat je niet over honderden, maar over duizenden arbeidsplaatsen. Het beeld voor 1983 is bijzonder pessimistisch.

**De Brauw:** Ik heb de indruk dat we toch wel een paar uitspraken hebben gedaan, waar we iets aan hebben. In de eerste plaats wordt de blik in belangrijke mate naar de kleine en middelgrote ondernemingen (KMO) gericht. Tegelijkertijd hebben we gezegd dat dat niet is los te maken van de groten door o.a. de voorbeeldwerking en hun uitstralende effecten die, naar het zich laat aanzien, toch wel vrij groot zijn.

Dus niet een stimulans van de KMO apart, maar wel KMO in verbinding met de grote bedrijven. De vernieuwing moet in eerste instantie zijn gericht op de eigen markt, maar wel het perspectief hebben om zich naar Europa en verder dan Europa te richten. Er is een groot belang te hechten aan het scheppen van randvoorwaarden die deze ontwikkeling mogelijk zullen maken.

Dit zijn een paar conclusies die ik uit deze discussie meen te mogen trekken. We hebben geen antwoord kunnen vinden waar specifiek een perspectief zit voor een verdere ontwikkeling. De vraag die nog niet is beantwoord is: waar zit de achterstand en kunnen we die wat meer concretiseren?

### **De industrie: een aflopende zaak?**

**Ruiter:** Is het niet interessanter te onderzoeken wat onze mogelijkheden zijn? Onze industrie heeft het in het verleden heel goed gedaan. Onze export verloopt de afgelopen 30 jaar parallel aan de wereldexport. Ik vind dat je daar ook voor de toekomst van kunt uitgaan. Als je ervaring hebt over 30 jaar, moet je sterk in je schoenen staan om te veronderstellen dat het in de toekomst anders zal gaan. Dat geeft voor mij het potentieel aan.

Ik denk dat je kunt zeggen dat wij ongeveer in de pas zullen blijven lopen met de ontwikkeling van de produktie en export in de ontwikkelde landen en dat het er op aankomt te zorgen dat mogelijke remmingen worden weggenomen. Ik geloof niet dat je moet veronderstellen dat onze ondernemingen dommer zijn dan in andere landen. Wij hebben dezelfde mogelijkheden als andere landen.

**Vos:** Ik zie hier niet zoveel aansluitingsmogelijkheden. Al heel lang zijn er aanwijzingen dat niet alle sectoren in de florissante ontwikkeling van de afgelopen 30 jaar hebben gedeeld. Evenmin mag zonder meer worden aangenomen dat de produkties die succesvol waren in de afgelopen 30 jaar zullen worden opgevolgd door jonkies die het even goed zullen doen.

In dezelfde periode is het fenomeen leerlingstelsel eigenlijk ten gronde gegaan. De vanzelfsprekende kennis die 30 jaar geleden aanwezig was in elk huisgezin - wat gaan de jongens en meisjes later doen, de kennis van opleidingsmogelijkheden die toegang gaven tot vakmanschap - ik kom die kennis praktisch niet meer tegen.

Ik kom ook niet meer tegen het onderwijs dat informeert, dat het hiaat aan kennis probeert op te vullen. Men vertrouwt op de zelfdoenerij van de grote nederlandse industrie: neem een MAVO-leerling in plaats van een LTS'er en leidt hem zelf op. Maar wie kan dat nog buiten de grote bedrijven; de kleine ondernemingen in ieder geval niet.

Het is schrikbarend te moeten vaststellen dat tot in de vakbeweging toe gedacht wordt: de industrie is toch een aflopende zaak.

**Ter Hart:** Ik denk dat bestuurders, zeker nu, erg hun aandacht richten op het aantal arbeidsplaatsen. Ik praat liever over de hoeveelheid arbeidsuren per jaar. Dat is in de industrie op dit moment ongeveer 1600 miljoen.

Het aantal arbeidsuren neemt af. Moet je dan ook de arbeidstijd per individuele werknemer terugbrengen, dus van gemiddeld 40 uur naar pakweg 20 uur, of moet je zeggen o.k. dan is er maar de helft van het aantal mensen nodig, net als in de landbouw. Nu is de industrie heel duidelijk aan de beurt; het probleem is alleen dat die uitstoot niet meer wordt opgevangen, de kwartaire sector kan dat ook niet meer. Dus als je uitgaat van recht op arbeid dat zullen we er wel naar toe moeten dat iedereen een minder aantal uren gaat werken.

Bij dat teruglopen van de werkgelegenheid blijft het marktaandeel minstens gelijk. Wat nu in 1600 miljoen arbeidsuren wordt geproduceerd, datzelfde kan over zeg 10 jaar in 800 miljoen arbeidsuren worden geproduceerd. Sterker: hetzelfde zou in 800 miljoen arbeidsuren moeten worden geproduceerd. Flexibele produktie-automatisering geeft die mogelijkheden. Flexibele produktie-automatisering vernietigt geen arbeidsplaatsen, maar arbeidsuren; dat laatste hoeft niet meteen arbeidsplaatsen te betekenen, we moeten daarin een keuze maken: wat willen we? Gaan we uit van recht op arbeid of recht op inkomen. Ik ga nu erg snel, maar dat is wel het eind van het verhaal.

**Hilleg:** In de huidige situatie, met onze concurrentievoorwaarden zoals ze zijn, zal de industrie weinig overblijven dan te investeren in kapitaal, in het bijzonder in automatisering. Dan loopt het aantal uren terug en dat is niet wat we willen. Nee, de markt is groot, wij zijn klein. Als we dus qua concurrentievermogen goede produktieve uren kunnen maken, zou je 1600 miljoen uren kunnen blijven werken, maar met meer afzet en meer volume.

**Prins:** Er speelt nog een andere gedachte doorheen. Als je niet in staat bent je afzet zo groot te maken dat je volledig hetzelfde aantal arbeidsuren in dezelfde industrie houdt, maar wel inkomen genereert, kun je andere industrieën creëren die die arbeidsplaatsen opvullen. Maar de creatie van nieuwe werkgelegenheid hoeft niet per se in dezelfde industrie te zijn.

**Vos:** Ik deel de opvatting dat de produktiviteitsontwikkeling inherent is aan het formuleren van een enigszins ambitieuze groei-opstelling. Maar daarmee staat de werkgelegenheidsontwikkeling nog niet voldoende vast. We weten bijvoorbeeld niet hoe de automatisering in de metaalindustrie zal uitwerken op de werkgelegenheid in andere sectoren.

**Ter Hart:** Als we er in slagen de arbeidsorganisaties fundamenteel aan te passen aan de veranderde omstandigheden zowel maatschappelijk als vanuit de hoek van de techniek, dan heeft dat zo'n grote invloed, ook op de produktiviteit, dat daardoor het aantal arbeidsuren nog sneller zou afnemen dan alleen ten gevolge van die techniek, bij gelijkblijvende produktie. De rol van de arbeidsorganisatie is doorslaggevend.

Toepassen van techniek in een onderneming is een kwestie van financiële middelen en organisatorische aspecten. Maar het aanpassen van de arbeidsorganisatie aan de omstandigheden (de gemotiveerdheid, de betrokkenheid, het belang in de onderneming) is niet een kwestie van financiële middelen, dat is een kwestie van het overwinnen van mentale weerstand. Het moet beginnen aan de top en er zijn nog maar heel weinig topmensen in Nederland die daarvoor beginnen te voelen, die daarvoor beginnen open te staan.

**De Brauw:** Kunt u mij het land, behalve Japan dan, aanwijzen waar deze ontwikkeling allang gaande is? Want ik geloof dat op dat gebied wij in aanleg het in ons hebben voorop te lopen.

**Ter Hart:** Het is het verhaal van McArthur die na de nederlaag van Japan een zekere meneer Deming naar Japan heeft gehaald, die een nieuwe managementfilosofie in Japan heeft gebracht. Waarom? Omdat hij dat in Amerika had geprobeerd, maar men er niet in

geloofde. De jappers hebben die, vanuit hun mentaliteit toch al in collectieve termen te denken, wel ingevoerd. Iedereen ging kijken in Japan, kwam terug en zei 'Die kerels doen het toch wel fantastisch, maar ja het zijn ook jappers'; de fout die iedereen maakt.

Gelukkig komt er nu een aantal mensen die zeggen: laat die japanse mentaliteit nou even weg, en laten we kijken naar de managementtechnieken die er achter zitten. Men begint nu heel voorzichtig ook hier die managementstijl toe te passen, maar dan gericht op de nederlandse mentaliteit. Dat is niet iets dat je van de ene op de andere dag doet: dat is een proces van jaren. Er moeten enorme weerstanden worden overwonnen, ook in de top. Het is een soort godsdienst, je moet er in gaan geloven. Nashua in Amerika is er nu 4 jaar mee bezig en begint opmerkelijke resultaten te krijgen: tot 30% kostprijsverlaging en een kwaliteit die 5 maal zo hoog is als 4 jaar geleden.

**Vos:** Ik geloof daarin. Ik heb niet de indruk dat het streven naar vernieuwing op dit moment in Duitsland, Zwitserland en in Scandinavië meer inhoudt dan een poging om datgene wat we al eens hebben gedaan weer eens opnieuw te proberen. En niet die sprong te maken die we naar mijn gevoel eigenlijk moeten maken. Dit betekent dus dat we op dat gebied geen achterstand hebben, hooguit op Japan.

### **Micro- of macrobeleid**

**De Brauw:** Ik geloof dat de micro-situatie kwalitatieve aspecten in zich heeft die het voortzetten van het beeld, macro gezien, naar de toekomst toe erg dubieus maakt. Ik denk dat er veroudering heeft plaatsgevonden en een achterstand is opgelopen in de geavanceerde technologie-sector.

De investering in onderzoek heeft wellicht een achterstand opgelopen. Overigens is ook van een tekortkomen in de investerings sfeer sprake.

**Vos:** Misschien is dat mede te wijten aan de concentratie in de economische politiek op de macro-verschijnselen. Dat is geen verwijt aan de macro-economie, maar wel aan beleidsmakers, die hun beleid een wat bredere basis hadden kunnen geven. Een verwijt dat door Van der Zwan aan Zijlstra is gemaakt: 'als ik je hoor praten over de nederlandse industrie dan doe je net of die uitsluitend uit DSM, Philips, Shell en Unilever bestaat'.

De vraag is: hoe zit de structuur in elkaar, wat zijn de micro-aspecten, welke veranderingen vinden er binnen die structuur plaats, welke van die veranderingen verzwakken je totale positie en welke veranderingen kunnen versterkend zijn? Dat zijn vragen die niet systematisch in behandeling zijn geweest.

**Ruiter:** Ik vind dat wat overdreven. Het is tegenwoordig wel wat modieus om af te geven op het macrobeleid. Wat doe je als macro-econoom? Dan probeer je ruimte te maken voor de micro-activiteiten.

**Hillege:** Mijn conclusie is dat er juist een sterke concentratie op het macro-niveau nodig is. Iets anders is de vraag of de macrobeleidsmakers het goed doen, dat vind ik een heel ander verhaal. Gezien onze internationale markt is je macrobeleid een ontzettend belangrijke zaak waarop je je moet concentreren. Ik zou daar nog verder op in willen gaan, zo gauw je afwijkt van het macro-niveau draait de bewijslast zich zelfs om en moet je zeer aannemelijk kunnen maken waarom je het op een niet-algemene manier doet.

**De Brauw:** Ik heb me afgevraagd of we hier eigenlijk niet iets anders hebben bedoeld, namelijk dat de politiek zich inderdaad zeer sterk concentreerd op macro-verschijnselen en daarbij wel eens voorbij gaat aan de vertaalslag naar micro. Neem de selectieve investeringsregeling. Zeer sterk macro gedacht, maar volstrekt voorbijgaand aan het feit dat de opeenhoping van bedrijven die zich bijvoorbeeld in de Rijnmond heeft voorgedaan niet zonder reden heeft plaatsgevonden.

Dat is een heel logisch proces dat heel rationeel oorzaak- en gevolgketenen heeft geproduceerd. Daar hak je maar niet zo doorheen door deconcentratie van industrie, regionalisatie-

beleid en al dat soort dingen. De provincies zouden zich ook met sociaal-economische planningen moeten bezighouden. Ieder voor zich binnen het kader van hun provincie. Ze moeten zich oriënteren naar de macro-lijnen die zijn uitgezet door de politiek. Zij vergeten dat uitbreiding van een bedrijf alleen dan kan plaatsvinden wanneer het annex aan het bestaande bedrijf kan worden gebouwd; en dat de bouwplannen dus niet worden getoetst aan ik weet niet wat voor mooie ruimtelijke ordeningscriteria, die vanuit macro concepties nuttig en nodig worden geacht. Die criteria impliceren dat het uitbouwen van dat bedrijf ter plekke onmogelijk wordt gemaakt en dat men dus moet gaan denken aan een uitbreiding die volkomen zinloos is.

**Hillege:** Ik ontken dat de politiek zo'n aandacht aan het macro-circuit wijdt. Dat kan ik niet staven. Als je nou gewoon de handelingen van de kamer op dit punt zou bekijken, dan ontdek je dat er nauwelijks over het macrobeleid gesproken wordt. Dat doen ze een uur per jaar en verder wordt er gesproken over allerlei irrelevante micro-bijverschijnselen die vaak zelfs schadelijk zijn voor het macro-denken.

**De Brauw:** Ik had ook niet de politiek bedoeld, maar het beleid. Het overheidsbeleid is toch heel sterk macro-georiënteerd en houdt te weinig rekening met die vertaalslag naar micro.

**Hillege:** Jawel, maar als je nou zegt: ik heb een macrobeleid en dat probeert in Nederland de voorwaarde te scheppen voor die dynamiek enz., dan is er even de definitie: wat bedoel je met macro-beleid. Is dat meer dan strikt in een economieboek over macro-economische politiek staat? Daar wil ik best in meegaan. Dan noem je dat algemeen beleid. Ik denk dat de problemen die we hebben toch allemaal daarop aansluiten en dat het wel degelijk een accent verdient om op centraal niveau doelen te formuleren, op te schonen, ook in de deregulering. Wat ze in België bijvoorbeeld aan het doen zijn om dereguleringszones te maken, daar zie ik persoonlijk heel weinig in. Dat is typisch symptoombestrijding. We zeggen dat de regulering te ver gegaan is en nou gaan we ergens in een klein gebiedje dereguleren en we vergeten het grote probleem, namelijk dat we over het geheel moeten dereguleren. Ik zou daar de grootste oppositie tegen willen maken vanuit het macroniveau. Het macro-niveau, in die brede opvatting, heeft de taak te dereguleren. Dat dan de gemeente Goes gelukkig al jaren voor zichzelf zegt: 'ik zorg dat ik sneller ben dan concurrerende gemeenten en ik stel een ambtenaar aan die al die loketten overneemt, de ondernemer bij de hand neemt en hem er snel doorheen loodst', dat vind ik prima. Die gaat op micro-niveau proberen als man met een blikje olie of een oliespuit van dat verwrongen systeem nog iets te maken. Maar de eerste taak is om op macro-niveau die zaken te veranderen en flexibel te maken.

**De Brauw:** Ja, ja daar zijn we het wel over eens. Alleen was mijn vraag of we niet bedoelen te zeggen dat bij de oriëntatie op macro-beleid toch meer rekening moet worden gehouden met die vertaalslag naar micro-situaties.

**Ruiter:** Ja, zo moet je het zeggen.

**De Brauw:** STT heeft als voor-exercitie voor Van der Zwan een analyse gemaakt van verschillende bedrijfstakken. (Toekomstbeeld der industrie, STT-publikatie no. 24) En het was opmerkelijk dat in de gesprekken die met ondernemingsleidingen in allerlei diverse branches waren gevoerd, het toekomstperspectief over het algemeen nogal pessimistisch werd omschreven. Vooral ook in de sectoren waar wij historisch buitengewoon sterk waren, zoals bijvoorbeeld de farmacie. Het toekomstperspectief werd daar zeer schamel beschreven, onder andere vanwege de concentratie van bedrijven en schaalvergroting op internationale schaal, die als zeer fundamenteel werd getaxeerd.

Zo kon je sector voor sector afgaan, en in elke sector waar dit soort elementen aanwezig was, ook de sectoren waarin wij sterk waren, waren dit soort geluiden te horen. Dit aspect manifesteert zich op dit moment zeer duidelijk.



## Utilisatiegraad

**Hillege:** We zijn niet erg optimistisch. Dat vind ik jammer. Ik zie nog steeds, als je redeneert vanuit optimisme: Nederland is een klein land en de markt is zeer groot, zeker als er internationaal iets aan de ontwikkelingslanden zou kunnen gebeuren. Dan kan je zeker vraagtrajecten op wat langere termijn helemaal onder ogen zien. Dat gaat niet hard, dat gaat geleidelijk, maar het kan wel een positieve ontwikkeling hebben. En dan denk ik dat een klein land mits het goed presteert, daar qua volume een behoorlijk aandeel in kan hebben. De Benelux is geloof ik de vierde of de vijfde handelspartner in de wereld. Laten we nou eens positief redeneren. Wat zijn wij eigenlijk als kleine Benelux, wat stelt dat nou voor. Dat betekent dat we na Amerika, Japan en een paar van die grote blokken de meeste omzet maken in de handel. Zo'n klein gebiedje! Meer dan Duitsland en veel meer dan Frankrijk. Dan zeg ik: optimisme. Dat kan worden verbeterd. Wij zijn klein; de wereld is groot. Venetië heeft het vroeger ook zo gedaan. De Zeven Provinciën hebben het ook zo gedaan. Ik denk dat het kan, maar dan moet je er wel voor willen werken.

Neem het punt van die utilisatiegraad. Als je kijkt naar de nederlandse textielindustrie; daar zijn goede studies over gedaan. Wij hebben meer geïnvesteerd in de katoen-, rayon- en linnenindustrie per arbeidsplaats dan in Duitsland en in Frankrijk. Wij hebben goede handelskanalen. Misschien dat de modebemeting e.d. iets te wensen overlaat maar dan ga je gissen. C & A weet dat overigens wereldwijd exorbitant goed te doen, want die blijft alsmmaar in de race.

Waaruit verklaar je het veel grotere verlies aan arbeidsplaatsen in de textielindustrie dan in andere landen? Het totale volume is gelijk gebleven. De export is iets vergroot binnen dat gebeuren, er is iets meer naar andere landen gegaan.

Ik denk dat wij het fout hebben gedaan. We zijn te inflexibel geweest om die machines veel beter te benutten, iets dat men in andere landen beter gedaan heeft, waardoor hun machines minder stilstaan en ze een kostprijsvoordeel hebben. Want de kwaliteit van onze mensen is niet minder; we hebben een keiharde en lange traditie in textielmensen die goed weten in welk vak ze werken. We hebben textielscholen die prima zijn. Daar kan ik het allemaal niet uit verklaren. Nee, het is te verklaren uit de utilisatiegraad en de kosten. Je kunt de kosten per uur vergelijken, dat is ook gedaan in die studies. In Duitsland en Frankrijk zitten er meer sectorale en regionale verschillen in. De textiel is daar geconcentreerd in regio's waar aanzienlijk lagere lonen en meer utiliteitsbezetting zijn. Ik denk dat zulke eenvoudige dingen toch veel schelen in het kunnen doorstomen met zo'n sector of niet.

En wat is het vervelende: Je ziet nu een tendens dat de textiel toch weer een stukje terug gaat komen vanuit dat Verre Oosten. Maar wij horen er niet meer bij. Momenteel weegt de kwaliteitsvraag in de markt weer wat zwaarder. De lonen zijn daarginds ook omhoog gelopen en C & A en soortgelijke bedrijven beginnen meer te voelen voor kortere 'intake'-lijnen en in een dichtere nabijheid wat betreft het onder druk zetten van de fabrieken. En ze laten ook iets meer marge dan een tijd geleden. Dan zeg ik: Potverdomme! We zitten er wel naast met z'n allen. We hebben er veel geld in gestopt en we horen er veel te weinig bij. We horen erbij voor 40% terwijl we er voor 60% bij hadden kunnen horen. We hebben zeker 20% verloren op de concurrentie. Daar wind ik me over op.

**Kuperus:** Daar speelt natuurlijk ook wat anders bij. De slag is natuurlijk verloren door de confectie. De confectie had de traditionele contacten met de textiel. Maar als de textiel geen confectie heeft, dan kan het nog zo prachtig zijn, of een eigen markt om daar te kunnen afzetten, dan staat ze er altijd minder voor. Eerst is de confectie geweldig achteruitgehold. De hele modelijn is naar andere landen verlegd en als gevolg daarvan zijn we sterk anders uitgekomen. Een typische intermediaire producent als een textielproducent komt dan in de moeilijkheden.

Ik geef volledig toe dat er dan alles overheen komt op het gebied van hoge loonkosten en noem maar op. Dat ben ik helemaal met u eens. Maar het vervelende is natuurlijk dat in het verdwijnen van een thuismarkt de rechtstreekse relatie ligt.

**Vos:** Je zou moeten proberen onderscheid te maken tussen sectoren waarbij het begrip thuismarkt echt alleen tot Nederland zou zijn beperkt en sectoren waarbij Europa als thuismarkt zou fungeren. Je kunt naar de verwerkende industrie kijken, zoals dat bij de textielindustrie de confectie-industrie is. Waarom is die confectie-industrie hier veel verder weggefallen dan in Duitsland? De andere kant van diezelfde medaille: waarom leveren wij eigenlijk de technische vernieuwing niet vanuit de nederlandse industrie, in het bijzonder vanuit de metaalelektro.

**Timmerman:** Op een bijeenkomst in Delft over robotica heeft professor Van Nauta Lemke er op gewezen dat een industrie zich moet richten op een sterke thuismarkt - er werd gedacht aan agrarische industrie - om voor die industrie speciale apparatuur te maken. Een tuinder heeft al een microprocessor in z'n kas, hij is niet bang voor de techniek, waarom bijvoorbeeld geen tomatenplukrobot ontwikkelen?

**Ter Hart:** Dit is het bedrijfstak overschrijdende; dat moet je eigenlijk hebben.

Richt je op je eigen sterke industrie ook vanuit het kleine bedrijf en ga daarvoor toepassingen bedenken. Samen met die sterke industrie en bedrijfstak overschrijdend.

### **Kwaliteit van de arbeid**

**De Brauw:** Een ander aspect dat in onze discussie nog niet naar voren is gekomen, is dat van de veranderingen die zich door automatisering zullen voordoen ten aanzien van de industriële arbeid. De heer Galjaard is uitgenodigd nader in te gaan op het aspect kwaliteit van de arbeid in relatie tot voortgaande automatisering.

**Galjaard:** Het is goed vast te stellen dat problemen altijd ontstaan binnen een bepaalde samenhang. Dat geldt ook voor het probleem 'Kwaliteit van de arbeid'. De reden dat we überhaupt over zo'n onderwerp praten, is dat we bepaalde normatieve denkwijzen hebben ten aanzien van de werkelijkheid. Een belangrijk aspect van de denkbeelden over de sociale werkelijkheid is, dat die kenmerken heeft die we democratisch noemen.

Mensen hanteren niet één werkelijkheidsbeeld, maar een aantal verschillende werkelijkheidsbeelden. Naast het werkelijkheidsbeeld dat we democratie noemen, hebben we te maken met een ander werkelijkheidsbeeld, dat z'n wortels heeft in de wetenschap. Dat denkbeeld leert ons dat de werkelijkheid beantwoord en zou moeten beantwoorden aan logica en feiten. Dat betekent dat de werkelijkheid waarneembaar, reproduceerbaar, herhaalbaar, kortom beheersbaar en programmeerbaar in elkaar zou kunnen/moeten zitten. Binnen dit denkbeeld wordt een definitie van kwaliteit van de arbeid opgevuld. Het gaat dan over autonomie binnen deze wetenschappelijke context, ingevuld met technische termen.

Zoals De Sitter, die een belangrijk boek heeft geschreven over kwaliteit van de arbeid 'Op weg naar nieuwe fabrieken en kantoren'; hij vult autonomie op heel vanzelfsprekende wijze in en noemt het regelcapaciteit.

Het begrip regelcapaciteit als maatstaf voor kwaliteit van de arbeid heeft dus eigenlijk een dubbele context. Het begrip autonomie wat erin zit, verwijst naar een context die met sociaal-politieke opvattingen te maken heeft, maar het verwijst via het begrip regelcapaciteit ook naar het begrip beheersbaarheid.

Sinds het begin van het industrialisatieproces wordt met grote inspanning gewerkt aan het volledig beheersen van productieprocessen. Als gevolg daarvan komen andere benaderingen van de werkelijkheid onder druk te staan en zien we zelfs geen kans meer kwaliteit van



de arbeid anders te definiëren dan in termen van beheersing. Wat wij automatisering noemen, is in feite niets anders dan conceptueel een voortzetting van Taylors' 'scientific management'. Het probleem van kwaliteit van de arbeid is daarom een fundamenteel contextprobleem.

Tot slot wil ik tot een omschrijving van kwaliteit van de arbeid komen.

Kwaliteit van de arbeid kan alleen maar bestaan wanneer zij mensen in staat stelt tot reflectie op een door hen zelf tijdens die arbeid gemaakte werkelijkheid. Dat ligt heel dicht bij het onderscheid dat David Noble aanbrengt tussen twee mogelijke ontwikkelingen, namelijk een ontwikkeling die eenzijdig gericht is op het maken van machines en ontwikkelingen die hij gereedschapachtig van karakter noemt. Dat betekent hulpmiddelen ontwikkelen waarmee mensen nog wat kunnen.

**Vos:** Ik heb problemen met die genoemde werkelijkheid. Als ik de ontwikkeling van arbeidsverdeling en scientific management terug zou voeren naar het verleden, dan moet ik uitkomen op een maatschappij waarin de doorsnee werknemer wakker lag van de problemen die hij binnen een boeiende werkring moest proberen op te lossen.

Maar het zag er in het verleden heel anders uit. Dat had weinig te maken met mensen die allemaal boeiend en ambachtelijk bezig waren. Ik geloof dat er een stukje geschiedvervalsing sluipt in de redenering dat er uitsluitend een reductie heeft plaatsgevonden. Daarnaast moet met de gedachtengang, zoals het scientific management, iets bijzonders aan de hand zijn, wil het zo massaal worden toegepast. Het moet heel breed aangeslagen zijn in de maatschappelijke behoeften. Indertijd zag men er zeker voordelen in; naast de nadelen die er ontegenzeggelijk ook zijn.

**Galjaard:** Mijn probleem is, dat een regel die Taylor ooit uitschreef best nuttig kan zijn, maar dat die te ver is doorgeschoten. In die context moet mijn bezorgdheid worden gezien dat ook de creativiteit aan die regels wordt onderworpen. De draaier is vervangen door een nc-machine en een programmeur ontwerpt nu het programma; maar die programmeur is onderworpen aan dezelfde regels en zal ook worden vervangen, enz. Waarheen verschuift dat, wat is het eindpunt?

**Hilleg:** Het automatiseren van arbeid geldt zolang die lichamelijke arbeid een verplichting heeft en een druk vanuit één of ander economisch systeem. Een heleboel mensen zijn graag fysiek bezig en doen, omdat ze lichamen hun energie kwijt willen, in hun vrije tijd werk dat de arbeidsinspectie zou verbieden.

**Vos:** Als ik bij dat beeld van die geschiedenis terugkom, dan is scientific management iets dat binnen de bedrijven plaatsvindt. Wij zien binnen de bedrijven een beheersingsvraag annex een toegenomen complexiteit. Buiten de bedrijven zien we diezelfde complexiteit toenemen. We krijgen de neiging daarom te zeggen: daar moet je, omdat die complexiteit een beetje bedreigend is, dan ook een beheersingsvraag op loslaten.

**Galjaard:** Dat niet alleen, maar je kunt zien dat je buiten de bedrijven een soortgelijke ontwikkeling krijgt. Een voorbeeld. Je gaat naar een supermarkt. Tot voor kort had ik daar contact met de mensen die het statiegeld in ontvangst namen. Als ik er nu heen ga, zit dat jongetje of meisje daar niet meer. Er staat een machine met een instructiekaart als ware ik in een fabriek. Zet daar je pot, druk op die knop en het geld komt uit de gleuf.

Eenzelfde verschijnsel zie je bij bankinstellingen: mensen heb je op een gegeven moment niet meer nodig, je drukt op de knop en je krijgt wat je wenst. Dat is niet een verschijnsel om lichtvaardig overheen te stappen. Het zou tot nadenken moeten stemmen. Steeds opnieuw zie je dat techniek tussen mensen komt. Want achter die machine zit wel weer iemand die het geld telt.

**Kuperus:** De bedrijfseconomische overweging zorgt voor een voortschrijdende automatisering. Diezelfde overweging heeft ook in een verkorting van de werktijden geresulteerd. Het

voorbeeld van die 1600 miljoen arbeidsuren die teruglopen tot 800 miljoen arbeidsuren betekent een compensatie van arbeidsuren in vrije tijd. Dan zegt u: Ja, maar ook daar zit dezelfde druk op. Dat ben ik niet met u eens. Wel als ik naar de supermarkt ga, die zit met het probleem vanuit de werksituatie om z'n flessenjongen te vervangen door een apparaat dat per saldo goedkoper is. Maar mijn klaverjasclub? Sportorganisaties zijn de snelst groeiende organisaties in Nederland.

**Hilleg:** En de hockey-club die z'n kwitanties via de computer regelt, terwijl vroeger iemand dat met de hand deed. Dat is helemaal in de vrije tijdssfeer en toch kiest men daar voor.

**Vos:** Dan komen we bij de vraag uit waar de norm vandaan komt van waaruit de kwaliteit van de arbeid wordt beoordeeld en de gedachte van waaruit de vraag naar de kwaliteit van de arbeid wordt gesteld.

Als ik naar de beroepsbevolking van 40, 50 jaar geleden kijk, dan waren dat voor het merendeel betrekkelijk laag geschoolde mensen met betrekkelijk geringe beroepsmogelijkheden. In tal van opzichten op elkaar gelijkend. Neem de ontwikkeling rond de Rotterdamse arbeidsmarkt. Ik vindt een kenmerk van de periode waarin 'scientific management' een grote rol heeft gespeeld, dat die beroepsbevolking, een betrekkelijk homogene, ongeschoolde massa op een laag bestaansniveau, nu bij Albert Heijn op zo'n onpersoonlijke manier dingen kan kopen, waarvan ze in het begin van hun aanwezigheid als lid van die beroepsbevolking nooit hadden gedacht dat ze dat zouden kunnen. Dat zijn twee kanten van de ontwikkeling van diezelfde werkelijkheid. De laaggeschoolde beroepsbevolking had niet de mogelijkheid om een vrije keuze te hebben, ook niet in de vrije tijd die toen erg beperkt was.

Nogmaals als ik bij het begrip reductie van die werkelijkheid voor een bepaalde eenzijdigheid waarschuw, dan is dat vanwege de manier waarop we erover praten. Ik stel die vraag zo scherp over die geschiedvervalsing ten behoeve van de discussie. Ik vraag me af of we niet in een periode zitten met een grote belangstelling voor de kwaliteit van de arbeid omdat we ons de luxe kunnen veroorloven om die vraag te herdefiniëren om als het ware de drempels wat te verhogen in de normen die we stellen. Dat vind ik op zich een uitstekende ontwikkeling. Maar dan zou ik op grond daarvan niet willen concluderen dat de werkelijkheid in die zin is ontwikkeld dat de kwaliteit van de arbeid geringer is geworden dan die vroeger was. Neen, dan wil ik de mogelijkheid openhouden dat de kwaliteit van de arbeid in de loop van de tijd op een aanmerkelijk hoger niveau is komen te liggen. Die werkelijkheid is bezig in deze periode ingehaald te worden door onze manier van denken over die werkelijkheid. We gaan er hogere normen aan stellen, wat in wezen ook een vooruitgangverschijnsel is.

**Galjaard:** U zegt dat de kwaliteit van de arbeid in de loop van de jaren op een hoger niveau is gekomen, er is geen onderzoek dat dat bewijst.

**Vos:** Ik heb zoëven het woord geschiedvervalsing niet zonder enige opzet gebruikt, ik zou namelijk niet de mogelijkheid onder tafel willen laten vallen, dat de veelheid van geschriften die ons dat zeggen, geen bewijs is dat het inderdaad zo is geweest.

**Galjaard:** Afgezien van arbeidsomstandigheden. Er is onderzoek gedaan van de meest uiteenlopende soort (bijvoorbeeld bij Volkswagen), vanuit verschillende manieren om met de werkelijkheid om te gaan. De algemene teneur is dat er met de kwaliteit van de arbeid iets aan de hand is als gevolg van dat streven naar beheersing.

**Kuperus:** Wat je moet vergelijken is de landarbeider in Drente anno 1930. In 1946 wordt de Enka-fabriek geopend. Hij gaat bij de Enka werken in een functie die erg weinig kwaliteit had. Nu komt er bij wijze van spreken een nieuwe fabriek, hij schuift door. Voor elke functie zal gelden, dat die ergens in een tijd z'n hoogtepunt heeft waarin hij de meeste invloed heeft en dat vervolgens de functie geleidelijk aan wordt uitgehold. Maar het ver-

schijnsel is natuurlijk dat de zoon van die functionaris een heel andere functie heeft.

**Timmerman:** Had iemand die aan de lopende band stond bij de T-Ford een lagere kwaliteit van de arbeid dan iemand die nu bij Volvo of bij Volkswagen staat?

**Galjaard:** Ik weet dat niet, maar het probleem is dat op deze manier de discussie voorbij gaat aan wat ik eigenlijk wil zeggen. In het verleden had je sociale arbeidsverdeling, waardoor beroepen ontstonden; het hele principe van arbeidsverdeling heeft in het algemeen de beroepen verknijpt.

**Hillege:** Maar ik snap u niet. Uw Volkswagenstudie zou u in New York niet hebben kunnen doen, want er is geen enkele autofabriek meer. Er is bijna geen industrie meer. Maar die mensen werken daar wel. Er is een zeer hoge graad van werkgelegenheid. Ze noemen het 'software-city': dienstverlening, verzekering, bankwezen en noem maar op. Dat zijn nieuwe trajecten waar straks ook automatisering gaat toeslaan. In New York is nauwelijks industrie. Die is in Detroit en ook daar zal dat veranderen. In Amerika is de dienstverlening momenteel iets van 60% van het nationaal produkt.

**Galjaard:** Ik ben dat met u eens. Het probleem is alleen dat ik probeer aan te geven, dat er geen stukje van het menselijk functioneren is dat we menselijke arbeid noemen, of het is toegankelijk voor het proces van beheersing zoals dat zich tot nu toe heeft ontwikkeld.

**Hillege:** Maar het is de vraag of het waar is. Voor bepaalde industriële taken is dat heel duidelijk. Die zullen straks in een heel eenvoudige automatisering gewoon verdwijnen, zoals dat al zo lang gebeurt. Er zijn in het verleden hele bedrijfstakken verdwenen. Als je zag hoe er vroeger in Zeeland verf gemaakt werd; dat doen we helemaal niet meer zo. De software, als je daar naar kijkt, daar wordt heel anders geredeneerd. Dat is een optimistische bedrijfstak, wereldwijd. Die heeft mensen tekort, die automatiseert, niet vanwege Taylor, die automatiseert omdat men het software-werk niet aangedragen kan krijgen als men niet stukken in de software standaardiseert. Er ligt zo'n uitdaging dat we de perspectieven die zich aftekenen niet eens aankunnen als we dat soort toepassingen niet doen, die we in het verleden in de industrie ook gedaan hebben.

**Kouwenhoven:** Ik ben er van overtuigd dat 'scientific management' daar op aansluit. Dat mensen dat als een uitdaging zien. Het blijkt in het verleden goed gewerkt te hebben en ik verwacht dat het ook in de toekomst zo zal werken.

## Arbeidsbeleving

**Hillege:** New York is van ca. 60% industrie gegaan naar ca. 80% dienstverlening en dat is software-industrie. Software-industrie is niet kapitaalintensief, maar 'human capital' intensief. De toegevoegde waarde komt voornamelijk uit de mens.

**Vos:** Als je nou de ontwikkeling van de arbeid omschrijft: je geeft arbeid een bepaalde inhoud en je kijkt naar functies. Dan zie je dat er een voortdurende ontwikkeling is naar een vermindering van de creativiteitseisen die per functie aan de verrichters van die arbeid worden gesteld. Kijk je in diezelfde periode naar de ontwikkeling binnen de beroepsbevolking dan zie je dat in die beroepsbevolking de mogelijkheden tot creativiteitsbeoefening van generatie tot generatie groter zijn geworden. Dat is de paradox. En vanuit die paradox krijgen wij nu te maken met mensen die, omdat ze een arbeidserfaring hebben met een hogere creativiteitsbeleving dan vroeger het geval was, vinden dat ook onze normen ten aanzien van de vraag wat kwaliteit van de arbeid genoemd moet worden langzamerhand opschuiven.

**Kuperus:** Mag ik een voorbeeld geven? De havenbedrijven vroeger in Amsterdam en Rotterdam tot de jaren dertig, daar was praktisch alles handarbeid. Zakje op de rug en sjouwen. Dat werd door het grootste deel van de mensen gedaan. Dat was niet creatief natuurlijk. Enkelen zaten in de leiding, waren boekhouder, noem maar op en waren ongetwijfeld zeer creatief. Toen kwam de kraan. Er bleef van die werkgelegenheid misschien de helft

over. De sjouwers verdwenen. De functie van sjouwer was weinig creatief en werd vervolgens weggeautomatiseerd. Maar de nieuwe functies die als gevolg daarvan ontstonden, dat waren er per saldo wel minder, maar die functies hadden meer creativiteit.

**Ruiter:** Zie wat je vroeger van een secretaresse eiste en wat je tegenwoordig van een secretaresse eist. Dat is gewoon toegenomen. Het probleem is: kunnen ze er aan voldoen? En een lagere ambtenaar. Moet je eens kijken wat ze tegenwoordig van een lagere ambtenaar vragen.

**De Brauw:** Ja, maar als je naar de industrie kijkt in een wat verder getechnologiseerd proces dan is deze constatering niet terecht.

**Hillege:** Ik ben het eens met wat net gezegd is: ik denk dat dat heel verschillende trajecten zijn. Als je New York 'software-city' noemt en die geeft de toon aan op het gebied van mode, computers, bankwezen enz. dan denk ik dat de creativiteit daar ontzettend toegenomen is. Als je kijkt naar de papierindustrie, dan ben ik het met je eens daar heeft op de werkvloer een enorme mechanisatie doorgezet, maar daar is ook het aantal werknemers enorm afgenomen. Dat is nou juist de sector waar in de managementsfeer en de commerciële sfeer het aantal mensen niet is afgenomen. Nee, daar moet je wel degelijk met die mensen aan de gang blijven en daar zijn de moeilijkheden en daarmee de creatieve oplossingen die je moet verzinnen zeker toegenomen.

**De Brauw:** De industriële arbeid, daar gaat het om. Kijken naar wijzertjes met gekruiste armen.

**Ruiter:** Je bent dan juist erg intensief bezig. Je bent in feite veel creatiever bezig.

**De Brauw:** Nee, nee dat is echt niet waar.

**Ruiter:** Kijk, we richten die arbeidsorganisatie verkeerd in. We denken ook inderdaad dat je die mensen zo kan laten zitten. Wat zijn dan de grote problemen? Dat de mensen er niet op getraind worden en tenslotte niet meer weten wat ze moeten doen.

**De Brauw:** Het probleem is daar de 'split second' reactie van een man die geacht wordt 7 uur per dag geconcentreerd naar metertjes te kijken.

**Ruiter:** Je moet hem er dus telkens op trainen.

**De Brauw:** Ja, maar de creativiteitsbeoefening van die man is naar een lager pitje gegaan.

**Ruiter:** Nee, volgens mij niet. Volgens mij moest je vroeger maar een heel klein stukje werk doen. Op het ogenblik moet hij als operator die hele fabriek in de gaten houden. Dan ben je toch veel creatiever bezig dan toen.

**Hillege:** Het is een moeilijk discussie. Het is een beetje de vergelijking van een werkpaard en een renpaard. Ik denk dat een renpaard zeker zo creatief moet zijn, maar dat rent maar 1 keer in de maand. En een werkpaard trekt 8 uur per dag die ploeg. Wie is nou creatiever?

**De Brauw:** Wat is het antwoord daarop? Dat men verder 'back up' geautomatiseerde systemen gaat maken. Omdat de mens in die 'split second' reactie voor eisen wordt gesteld waaraan nauwelijks is te voldoen. Dus zodra je kunt automatiseren, zodra het aan vaste ja/nee regels is gebonden, is er heel weinig ruimte voor creativiteit.

**Prins:** Ik denk aan het voorbeeld waarbij vroeger een man achter een draaibank het hele werkstuk zelf maakte. Nu heeft hij een numerieke bank waar hij misschien alleen maar op een knop hoeft te drukken. Dan is de volgende vraag: gaan we hem daar weghalen en hem bezig laten zijn met het voorbereidend werk opdat die numerieke bank kan blijven werken? Of ik ga opnieuw organiseren zodat hij wel creatief werk krijgt?

**Ter Hart:** Dan is de vraag: wat versta je onder creatief? Dat is zo subjectief.

**Ruiter:** Al die verhalen dat die arbeid zo uitgehold is, dat is allemaal neo-marxisme.

**De Brauw:** Nou, past u op. Nee, dat ben ik niet met u eens.

**Ter Hart:** Mag ik een conclusie trekken? Ik denk dat je gewoon moet zeggen: Je mag niet generaliseren.



**Vos:** Ik vraag me af of het voor onze discussie toch niet op z'n minst relevant is om de vraag te stellen of wij een vermindering van de kwaliteit van arbeid in objectieve zin menen vast te stellen, dan wel dat wij een verandering van normen die mensen aan de kwaliteit van de arbeid die ze willen verrichten zien plaatsvinden. Ik vind dat daarom zo belangrijk omdat we straks met de resultaten van die discussie terecht komen in een buitenwereld die denkt dat het vaststaat wat er met de kwaliteit van de arbeid gaat gebeuren: die is namelijk slechter aan het worden. Je kunt nergens je oor te luisteren leggen, je kunt niets lezen of die kwaliteit is slechter aan het worden. Ik denk dat je in een heleboel discussies heel plausibele argumenten daarvoor kunt vinden. Toch kan ik me niet aan het gevoel onttrekken dat we ze te weinig tegenspreken, je bent gelijk verdacht als je dan doet.

**Galjaard:** Het voorbeeld van industriële robots. Er zijn twee soorten robots herkenbaar. Robots die geprogrammeerd worden binnen goed Tayloriaanse traditie op een aparte werkvoorbereidingsafdeling, waar de man op de werkvloer niets mee kan. Of robots, ik denk even aan lasrobots, die op de werkvloer worden geprogrammeerd door middel van analoge taal, die heel dicht ligt bij de ervaring van de mensen op de werkvloer en die als een gereedschap fungeert in handen van die werker.

**Timmerman:** Geprogrammeerd op een werkvoorbereiding is die robot het gereedschap van die werkvoorbereider; daar is ook vakmanschap voor nodig.

**Ter Hart:** Het hangt samen met de arbeidsorganisatie in de onderneming die op weg is naar een veel grotere zelfwerkzaamheid. Daar past dit soort robots in, maar het soort robots van de eerste generatie niet.

**Vos:** Maar wie kiest er dan tussen die twee soorten robots?

**Galjaard:** Dat gaat zoals je dat in bedrijven ziet gebeuren. Hoe kiest een bedrijf? Dat kiest op grond van bedrijfseconomische overwegingen. De problemen die ontstaan bij mensen, los je bij wijze van spreken op door te hopen dat ze gepensioneerd worden. Er zit een sterke eenzijdigheid in.

**Vos:** Speelt bij dat bedrijf ook niet de vraagzijde, maar dan ten aanzien van de arbeidsmarkt een rol? Is het niet zo dat in de keuze voor de arbeidsorganisatie een rol speelt: welk soort mensen haal ik binnen? Mag je verwachten dat men arbeidsorganisaties zal blijven ontwikkelen die een beetje haaks staan op het mensentype dat binnen die organisaties moet opereren? Ik heb de neiging te zeggen: dat zal wel niet gebeuren. Al kan het best in een bepaalde periode botsen zodat mensen binnen een arbeidsorganisatie balend functioneren. Maar ik geloof dat er op dat moment bedrijfseconomische argumenten gaan ontstaan om iets aan de arbeidsorganisatie te doen.

**Timmerman:** Die arbeidsorganisatie wordt dan een bedrijfseconomisch argument. De technische mogelijkheden zijn begrensd en de kwaliteit van de organisatie bepaalt dan hoe je die middelen inzet; de organisatie van je mensen en middelen bepaalt of jij net iets goedkoper je produkt kan produceren dan je concurrent.

**Vos:** Dat is alleen maar zolang de mensen binnen die arbeidsorganisatie zo functioneren dat ze die organisatie naar z'n doelstellingen doen functioneren. Wanneer de mensen zich voortdurend daartegen verzetten omdat die vorm van arbeidsorganisatie tal van behoeftes onbevredigd laat, dan doen ze hem niet goed functioneren en dan gaat datzelfde bedrijfseconomische argument de andere kant uitwerken, namelijk in de richting van een verandering van die arbeidsorganisatie.

**Galjaard:** Of weg automatiseren. De sterke druk op ondernemingen om de problemen kwijt te raken is heel vanzelfsprekend.

## **Wat is arbeid?**

**Ter Hart:** Waarom accepteerden bepaalde mensen bepaalde functies in bepaalde ondernemingen. Nu zie je dat de sociale omstandigheden een tikje in de knel komen, je ziet onmid-

dellijk al heel duidelijk verschuivingen. Men accepteert op economische gronden bepaalde banen en functies al makkelijker dan een tijd geleden. Het is in wat voor situatie je zit. Hoever die vrije wil of die vrije keuze aanwezig is, hangt heel sterk van de omstandigheden af.

Stel nou eens - en dat is een reële aanname - dat in het jaar 2000 in de industrie de betaalde arbeid met de helft is afgenomen. Wat betekent dat dan voor onze samenleving? Dan moet je je ook afvragen: Wat versta je onder arbeid? Als je dat zou definiëren als: de inspanning en inrichting die nodig zijn voor het menselijk leven in brede zin, neem je alle arbeid, ook niet-betaalde arbeid, mee.

Die aanname betekent dat een heel kleine groep mensen beroepsmatige, betaalde, arbeid verricht en dat een leger mensen zich maar ergens mee bezig moet houden. Ik weet ook niet hoe het moet, maar dan heb je een totaalbeeld van de maatschappij die we dan hebben. Welke maatregelen moet je nemen om de maatschappij te krijgen die je eigenlijk wilt.

**De Brauw:** Moeten we zover gaan om nu al over het toekomstbeeld van de maatschappij-inrichting te praten. Hebben we tot nu toe voldoende elementen aangedragen om aannemelijk te maken dat het realistisch is om te praten over de halvering van het aantal arbeidsuren in de industrie.

**Ruiter:** Ik heb nog steeds een maatschappij voor ogen waar iedereen werkt. Als iemand niet werkt, krijgt hij ook geen inkomen. Het is meer een kwestie van: welke kant *wil* je op, dan welke kant *gaan* we op. Er is geen enkele reden waarom we naar een maatschappij moeten gaan waar niet iedereen werkt. In Europa zijn de afgelopen tien jaar 10 miljoen arbeidsplaatsen opgeruimd; in de VS zijn in diezelfde periode 10 miljoen arbeidsplaatsen gecreëerd.

**Prins:** Ik plaats een vraagteken bij deze keuzevrijheid. In de VS is niet bewust gedacht: we moeten de mensen aan het werk houden. De techniek heeft daar gezorgd voor nieuwe industrieën; dat is ons in Europa niet gelukt.

**Ruiter:** Ik vind dat automatisering stijging van de arbeidsproductiviteit betekent en in principe stijging van inkomen. Je zorgt dat je net zoveel meer consumeert als de produktiviteit stijgt en de zaak is rond. Dan hoeft je geen arbeidstijdverkortings toe te passen. Je kunt het aantal arbeidsuren gelijk houden, of, zoals in het verleden is gedaan als gevolg van toenemende welvaart minder uren werken. Maar dat is een keuze. Je kunt met z'n allen de economie maken die je wilt.

**De Brauw:** Als we constateren dat door automatisering produktiviteitsstijging plaatsvindt, maar dat we daardoor minder mankracht nodig hebben, is automatisering 'an sich' ook een reden om arbeidstijdverkortings door te voeren.

We zijn aan beperkingen onderhevig. We hebben het gehad over onze thuismarkt. We zijn daarom meer beperkt dan anderen. Daardoor verschillen we wezenlijk van de VS en Japan.

**Ruiter:** Onze thuismarkt is groter dan die van de VS. De hele wereld is onze thuismarkt en dat geldt niet voor de VS.

**Ter Hart:** Men houdt meestal te weinig rekening met de technische 'impact': de trendbreuk die optreedt. Flexibele automatisering is zo'n gigantische trendbreuk. Daarnaast zitten de verschillen in produktiviteit niet alleen in de techniek, maar ook in de vorm van de arbeidsorganisatie; het benutten van het systeem van mensen en machines. Het systeem in de ondernemingen zie ik nu al duidelijk veranderen. De combinatie automatisering met verandering van de arbeidsorganisatie brengt een dermate grote afbraak van arbeidsplaatsen teweeg bij een onveranderd aantal uren, dat je niet over arbeidsplaatsen moet praten, maar over arbeidsuren. Het aantal arbeidsuren zal zelfs *moeten* afnemen.

**De Brauw:** Ik sluit me wel bij die visie aan, maar we moeten letten op het verschil tussen macro en micro. Op macro-niveau zou je de ontwikkeling van Ruiter kunnen krijgen. Op micro-niveau kom je voor de sociale vraagstelling van de werkgelegenheid te staan en hoe los je dat op.



**Hilleg:** Ruiter heeft theoretisch gelijk. De sterke groei van arbeidsplaatsen in de VS heeft in korte tijd plaatsgevonden; in een jaar of vier zijn er 10 miljoen arbeidsplaatsen bijgekomen. Vertaald naar Nederland houdt dat in dat we op dat moment een enorme spanning op de arbeidsmarkt zouden hebben. Dan waren er eind jaren zeventig 350.000 mensen te weinig. De arbeidsgroei in de VS vond in een paar staten plaats, o.a. Californië. Voor Singapore geldt een zelfde verhaal. In een klein land als het onze, mits het het juiste klimaat weet te scheppen, zijn die mogelijkheden ook aanwezig.

Voor Nederland zou zo'n scenario kunnen; ik zou er graag aan meewerken.

Flexibiliteit, dat is wat we dan verkopen. We worden 'jobber' op alles. We werken het weekend door, we doen niet moeilijk, we hebben politiek een laag profiel; het kan ons niet schelen aan wie we leveren of waar we kopen. Chili of Zuidafrika, het interessert ons niks: we werken! Ploegendienst is hardstikke leuk! 's Avonds werken, 's nachts werken, 's morgens werken; we werken met z'n allen. Wie niet werkt, is de sigaar, want die krijgt bijna niks. Zo'n scenario zou voor een vrij klein land wel kunnen werken, maar ik denk dat het politiek niet haalbaar is. Op zich is dat een kortzichtigheid van ons allemaal. Het zou even doorbijten zijn door de zure appel; je zou vijf, zes jaar een enorme harde economie hebben met een aantal mensen die werkelijk leed hebben. Maar daarna zouden er voor de kinderen veel meer vooruitzichten liggen dan we ze nu ooit kunnen beloven. Dat moet je wel in de afweging meenemen.

Het genoemde scenario is een wensscenario en fysiek niet op korte termijn te verwezenlijken. Over een lange periode kan ik me voorstellen dat het toch gebeurt, want het scenario dat we nu hebben, houd je nooit vol. Wij praten allemaal over automatisering, maar die is betrekkelijk irrelevant ten opzichte van heel andere dingen als: Hoe dynamisch is Taiwan en hoe flexibel is men daar in het inslaan van nieuwe richtingen en hoe hard is die economie voor degene die niet probeert te werken op welke manier dan ook. De economie is daar keihard en bij ons niet.

Kijk naar vroeger naar Venetië. In de schaal van de economie vroeger is dat net zoals als Nederland nu: een 'global village'. Venetië kon zich een macht en een economische kracht verwerven door hard te werken en veel risico's te nemen. Op een gegeven moment komt de 'freewheel'-periode en dan ga je op een gegeven moment weer kapot, want dan is iedereen vergeten dat er tegenaan moet worden gegaan. Ik zie dat scenario van Ruiter echt wel en ik ben het er ook mee eens dat het zou kunnen, mits iedereen voor zoiets koos. Dat laatste zie ik niet gebeuren.

**Ruiter:** Zover ik de grote stromingen kan aanvoelen, zitten we nu op een keerpunt. We zijn het probleem aan het onderkennen. Deze regering streeft er ook, eindelijk, naar. De regering is serieus bezig met ombuigingen, met het creëren van verschillen tussen beloning van actieven en niet-actieven, met het bevorderen van de investeringen en de consumptie naar beneden te drukken, met veranderingen aanbrengen in het onderwijs. Deze ombuigingen zijn heel erg wenselijk en moeten aan alle kanten worden ondersteund.

## **Werkloosheid**

**De Brauw:** U legt erg de nadruk op de actuele situatie. Het probleem is niet het toekomstbeeld over 25 jaar. Daarover heeft men een vrij brede consensus in Nederland. De ontvankelijkheid voor het WRR-rapport was vrij groot. Het probleem is hoe je van situatie A, de situatie nu, komt naar situatie B, de situatie waarin we best met z'n allen zouden willen leven over 25 jaar. Je zult een aantal moeilijke jaren moeten doormaken, maar dan creëer je een situatie met een geweldige dynamiek en spontaniteit. Of het vijf of tien jaar is, laat ik in het midden, maar die vijf of tien jaar zijn ontstellend essentieel.

Ik denk dat het gebrek aan visie dat zich op het ogenblik manifesteert, het gebrek aan visie is hoe je die overgangperiode moet inrichten. De technische ontwikkelingen gaan met zo'n

snelheid dat we politiek gezien steeds worden geconfronteerd met 'de wal keert het schip'. Alles wat er nu gebeurt is niet verrassend. Dat hebben we tien jaar geleden zien aankomen. We hebben er zelfs een kabinetscrisis voor overgehad in 1972 omdat je het kon zien aankomen. Maar het was op dat moment niet effectueerbaar. Het blijkt pas effectueerbaar te zijn als de wal het schip keert.

Nu het besef zodanig is doorgedrongen dat we wat moeten, is men met veel morren bereid zich aan te passen, maar vergeet niet wat dat voor ellende creëert, sociaal en maatschappelijk. Wij zien aankomen dat de technische ontwikkelingen zo hard gaan, dat de kaders waarbinnen maatschappelijk aanvaardbare situaties kunnen worden geschapen, waarbinnen deze ontwikkeling een bedding krijgt en wordt opgevangen, niet op tijd gereed zijn en dat dat tot grote conflicten en discontinuïteiten leidt.

**Ter Hart:** Het heeft in de kern te maken met: Wat verstaan we onder arbeid? Het is geen herverdelingsvraagstuk, maar het is een financieringsvraagstuk.

Wat doen we nu? We zijn bezig op dat stuk dat we professionele, betaalde arbeid noemen. Daar is de toegevoegde waarde relatief klein. We kunnen binnen dat gebied of het werk verdelen, of hetzelfde aantal mensen aan het werk houden en de toegevoegde waarde overhevelen naar degenen die niet werken. Dat vind ik fout. Je ziet dat 15 miljard gulden - buiten het zwarte circuit om - wordt gestopt in zakken van mensen die niets doen. Terwijl ik als ik over de weg rijd, denk: die zou wel eens wat beter kunnen. Zo kan de situatie ontstaan dat in een buurt waar veel wordt ingebroken, de bewoners zwart een aantal werklozen inhuren die 's nachts surveilleren, omdat de politie te weinig mankracht heeft om dat te doen.

Er is werk, zelfs in het grensgebied van wat we betaalde arbeid noemen. Ik heb berekend dat we 100.000 werklozen, met behoud van uitkering, op een modaal inkomen kunnen brengen door minder dan 1% te heffen van degenen die nu actief werken. Dat is op zich misschien een hoog bedrag, maar dat is voor een betaalde dienstverlening waarvan er op dit moment niet genoeg zijn. Er is zoveel werk, ook in het overlapgebied van betaald en niet-betaald, voor de instandhouding en de inrichting van het menselijk leven, dat dat volgens mij een oplossing is. Maar dat laten we liggen, daar komen we niet aan.

**Ruiter:** Laten we blijven bij het voorbeeld van Ter Hart over het huren van werklozen om 's nachts te surveilleren. De wijkbewoners onderhouden natuurlijk die drie werklozen. Zij betalen belasting, sociale lasten enz. Maar ze willen ook met die werklozen nog iets gaan doen. Ze geven ze nog wat meer, zwart. Mijn voorstel is, neem de werklozen in dienst: wit de arbeid en maak van de uitkering een loon. Je moet dat schot tussen werklozen en werkenden weghalen. Want nu heeft iedereen problemen, de wijkbewoners, de werklozen zelf, en de maatschappij. Met mijn voorstel zijn al die problemen weg.

**Hillege:** Als het is toegestaan het hele salaris voor een werkloze te betalen en het op het belastingformulier af te trekken, dan had je die mensen gewit, zij betalen evenveel belasting, zij betalen die mensen nu ook door die uitkeringen.

## **Productiviteit**

**Ter Hart:** Deze oplossing levert macro-gezien niks op. Het is een gewoon een interne dienstverlening; overheveling van inkomen. Je moet natuurlijk een motor hebben die inkomen genereert en waarmee je de macro-economie in Nederland kan financieren. We lopen tegen het probleem aan: hoe creëren we, macro gezien, meer toegevoegde waarde? Dat kan met meer volume, dus meer arbeidsuren, of per arbeidsuur meer toegevoegde waarde.

**Ruiter:** Door werklozen in dienst te nemen, verhoog je de toegevoegde waarde.

**De Brauw:** Dat dacht ik niet.

**Ruiter:** Natuurlijk, iedere betaalde arbeid levert een verhoging van de toegevoegde waarde.

**Ter Hart:** Maar het blijft binnen het nationale circuit.

**Hillege:** Natuurlijk blijft het binnen het nationale circuit, maar het is een bijdrage aan het nationaal produkt.

**Ter Hart:** Dat zal betekenen als je die theorie in het extreme doortrekt, dat je helemaal niet hoeft te exporteren. En als je niet exporteert kun je ook niet importeren.

**Hillege:** Je hoeft in dat verhaal niet te exporteren. Als wij niet exporteren en dus niet kunnen importeren, gaan de lonen omlaag; maar we blijven waarde toevoegen. Het gaat erom hoe je de toegevoegde waarde kunt vergroten. In die toegevoegde waarde moet een flink stuk zitten wat in buitenlandse afzet wordt gehonoreerd.

Dat is ook wat het rapport van Van der Zwan opnieuw heeft opgeschud, want dat begon wat vergeten te raken in Nederland. Dat betekent dat je concurrentiepositie op een aantal punten sterk moet zijn en dat je die punten met z'n allen zal moeten uitvechten. Dan kun je praten over automatisering, dat is dan één onderdeel van de mogelijkheden. Dat is toegevoegde waarde vermeerdering met inzet van minder mensen. Met meer kapitaal meestal. Dat is één weg. Een tweede weg is de toegevoegde waarde vergroten van datgene dat internationaal een goede concurrentiepositie heeft. Dat kan door zo efficiënt mogelijk te produceren en aan de andere kant door tegen zo laag mogelijke prijs te produceren. Als onze prijs te hoog is, zullen we met die prijs omlaag moeten. Ik denk dat het zo eenvoudig is.

**De Brauw:** Daar zijn we het over eens, maar wat heeft dat dan voor implicaties. We praten over twee verschillende dingen maar zijn het globaal eens. Maar het betekent dat we die overgang van 1600 miljoen naar 800 miljoen manuren moeten maken. Hoe is de maatschappelijke acceptatie te vinden om zo'n proces door te gaan maken.

**Hillege:** Ik denk dat die acceptatie er niet is. Het zou een heel harde ingreep betekenen. Ik vind relevant, zonder dat ik het hard kan maken, dat de banenvernietiging die je hebt door de internationale concurrentie, doordat je te duur bent, volgens mij vele malen hoger is dan de banenvernietiging die op dit moment optreedt door automatisering. De enige manier voor een onderneming om toch nog in die internationale concurrentie mee te kunnen, is, als de uurlonen niet lager kunnen, te zorgen dat door toevoeging van kapitaal uit die uren nog zoveel mogelijk wordt gehaald. En dat binnen grenzen, want kapitaal kost ook geld. Daar zit de flexibiliteit, aan de arbeidskant is geen enkele flexibiliteit. Dus schiet iedereen die richting in. Daarom is ook de produktiviteitsprestatie in Nederland bijzonder hoog; wij zitten bijna het hoogste van de hele wereld.

Alleen de laatste 3 à 4 jaar is die produktiviteitsstijging relatief lager dan bij de concurrenten. Dat vind ik zelf altijd moeilijk te verklaren. Aan de ene kant het effect dat bedrijven behoorlijk gesaneerd zijn. De slechtste bedrijven zijn eruit en in de bedrijven is de factor arbeid behoorlijk gesaneerd; ook intern probeert men het rode potlood te hanteren opdat de meest krakkemikkigen eruit gaan, hoewel binnen grenzen want daar zijn allerlei regels voor.

Aan de andere kant blijven wij in de mutaties de laatste paar jaar achter bij de belangrijkste concurrenten. Wat is de enige verklaring hiervoor? Dat de onderbezetting van ons productie-apparaat ondanks deze trends dermate groot is dat er eigenlijk nog een verborgen werkloosheid in de bedrijven zit, die immens is. Als je het naar de komende twee jaar vertaalt en de economie zou aantrekken in de wereld, zouden wij de gunstige gevolgen van het aantrekken het laatst merken, want wij hebben in de bedrijven nog een eindeloze ruimte om meer te produceren voordat er ook nog maar één arbeidsplaats extra komt.

**Ter Hart:** Je zult zien dat in 1983 de produktiviteitsstijging toeneemt.

**Hillege:** Ja, dan loopt het ineens op door die ruimte die er zit, vanwege die onderbezetting. En als je je werkelijk met concurrenten wilt vergelijken, dan moet je eigenlijk niet naar België of naar Duitsland kijken; dan zou je je eigenlijk eens moeten vergelijken met Singapore of met Taiwan. Dan moet je in het tempo waarin men zich daar weet te verbeteren,

proberen mee te komen. Dat zijn de concurrenten die je straks op de internationale markt ontmoet. Dan denk ik altijd met een soort bang gevoel: we zijn ons inderdaad wel aan het saneren, maar of het wel genoeg is, is een heel andere vraag.

**De Brauw:** Is het zo dat wij dicht bij de bevestiging zijn van de conclusie die al eerder ter sprake is geweest, dat de flexibele automatisering op zich niet zo iets bijzonders is dat het niet zou gehoorzamen aan de wetten waar we al sinds jaar en dag mee worden geconfronteerd? De infrastructuur van ondernemingsland is meer bepalend voor een gezonde ontwikkeling en groeimogelijkheden van ondernemingen, dan trendbreuken ten gevolge van flexibele automatisering.

**Hillege:** Je kan twee conclusies trekken. In een statische maatschappij moet je er enorme angst voor trendbreuk hebben. In een dynamische maatschappij ligt er een kans. Het is hetzelfde als toen de elektromotor er kwam en daarmee schaalverkleining in de industrie mogelijk werd. Als je ziet wat een immense verandering dat heeft gegeven! Het is voor Nederland de kans geweest om zich te industrialiseren.

In Engeland zag je circa 10 jaar geleden nog heel wat bedrijven die nog die oude bovenleidingen hadden met leren banden en één centrale motor. Met alle risico's, dat als dat ding stopte, de hele fabriek stil lag. Die engelsen hebben gewoon liggen slapen. Ze hebben wel een aantal jaren het voordeel gehad dat ze niet de uitstoot van arbeid hadden, die plaatsvindt als je naar kleinschaliger toepassing van elektromotoren gaat. Daarna hebben ze meteen het nadeel gekregen door het ontbreken van de flexibiliteit. Ze zijn statisch gebleven. Je hebt op de korte termijn even een schijnbaar voordeel gehad, op de lange baan heb je de oorlog verloren. Zonder te kunnen overzien wat er op ons afkomt, denk ik dat voor ons die flexibele automatisering hetzelfde is als de ontwikkeling van de elektromotor.

**Ruiter:** Ik denk dat flexibele productie-automatisering ingezet moet worden voor herstel van de werkgelegenheid. Alle kansen die de markt geeft, moet je aangrijpen.

**Hillege:** Hoe hoger de kosten van arbeid blijven ten opzichte van concurrenten, hoe interessanter het is om te automatiseren. Als je als land op het traject van automatisering voorop moet lopen ten opzichte van concurrenten, houdt dat grote risico's in, want het is helemaal niet zo'n makkelijk vak, zeker niet voor kleinere bedrijven. Het zou dus aantrekkelijker zijn als je dat zeer geleidelijk kon doen met je eigen leercurve. Maar zolang die uren zo duur zijn, val je uit, of word je gedwongen sneller te automatiseren dan anderen.

**Ter Hart:** Nog een aanvulling daarbij. Het moet naar mijn smaak heel snel gebeuren, want er vallen regelmatig ondernemingen af die, al zouden ze willen, door die hoge loonkosten nauwelijks meer een eigen vermogen hebben. De kapitaallasten ten gevolge van die automatisering zijn zo hoog dat ze het allemaal met vreemd vermogen zouden moeten doen en gewoon afhaken in deze race. Ik geloof nog steeds dat het 1 minuut voor twaalf is, hoewel het voor sommigen al 1 minuut over twaalf is.

**De Brauw:** Ik dacht dat we op dit punt niet al te vergaande ambities er op na kunnen houden.

## Onderwijs

**De Brauw:** Er is nog een ander punt dat ons erg heeft beziggehouden en dat hierbij aansluit: De aansluiting bij het onderwijs, iets waar de commissie Wagner nu ook nogal sterk op heeft gewezen en wat bij ons een heel grote rol heeft gespeeld.

**Ruiter:** Bij het onderwijs is precies hetzelfde gebeurd als bij onze economie. Daar is de zaak ook uit de hand gelopen. Economie en onderwijs trekken gelijk op. Wat was de afgelopen jaren het grote groeiende bedrijf? Dat was de kwartaire sector. Dat zag je ook weerspiegeld in de beroepskeuze van jonge mensen. Een gerichtheid op sociaal-wetenschappelijke vakken. Je ziet een ommekeer. Aan de kwartaire sector is een halt toegeroepen en er wordt een groter



accent gelegd op de industrie. Dat betekent ook al dat er bij de jongelui een heroriëntering plaatsvindt van onderwijs. Men gaat al veel meer naar het beroepsonderwijs en keert zich af van het algemeen vormend onderwijs.

Ik vind dat we ook op die trend moeten gaan zitten. Die jongelui voelen wel aan dat we scheef zitten.

**De Brauw:** Dat impliceert dat we niet alleen maar sociale faculteiten moeten afbouwen, wat momenteel gebeurt, maar dat de inhoud van het onderwijs veel meer aansluiting moet zoeken bij de ontwikkelingen van de verdienende sector in de maatschappij. En dat die ook wat meer praktijkgericht zou moeten zijn.

**Ruiter:** En aansluitend bij de voorkeur van de jonge mensen. De jongelui hebben grote belangstelling voor de techniek, grote belangstelling voor de automatisering en daar moet het onderwijs op inspelen.

**Hillege:** Hetzelfde geldt voor de TH's en de HTS'en in Nederland, ook daarin moet je selectief zijn en zeggen bundel het onderwijs nu eens. De fransen hebben een leerstoel, een hele faculteit voor flexibele automatisering; wij niet. Dat is toch een belangrijke constatering. Kennelijk hebben zij dat in hun onderwijscultuur al meegenomen.

Ook het leerlingwezen is belangrijk; je moet in de breedte mogelijkheden opbouwen. Alleen ingenieurs opleiden is niet genoeg. Waar het in een industriële structuur om gaat, is dat je de mensen hebt in de brede zin. Dat is op de werkvloer nodig en doorslaggevend. Ik vind dit nog belangrijker dan ingenieurs, want die kan ik nog inhuren uit Amerika (niet dat ik dat bepleit, maar je zou het kunnen proberen). Maar de mensen op de werkvloer en het middle management, dat is een probleem.

Laten we de MTS nemen, die toch op dit punt mensen opleidt die, als je deze strategie en dit traject zou ingaan, verantwoordelijkheid moet nemen op dit gebied. Die scholen staan soms nog met draaibanken uit de tijd van het Marshallplan. Wat is de handicap? Als je ergens een numeriek bestuurd proces zou neerzetten - dat is dan nog eenvoudig - dan moet je eens kijken wat er gebeurt. Je zet iets neer dat in 5 jaar is verouderd. Je zet iets neer dat per uur 7000 assen uitspuwt. Die moet je allemaal verschrompen, want die school heeft daar niets aan. Na 5 jaar zit je in de puree, want de machine, die ongeveer 30% bezetting heeft gehad, wat doodzonde is voor zo'n machine, moet weg, want hij is eigenlijk alweer van de vorige generatie.

Ergo: (nu even zwart-wit) ik vind het uitzichtloos als de opleiding uitsluitend in scholen plaatsvindt. Je zit dan met een aantal problemen: Hoe doe je dat? Hoe ga je kosten verdelen? Als bedrijven in Nederland de weg van flexibele produktie-automatisering zouden inslaan, kan dat niet zonder dat de scholen daarin heel duidelijk vooroplopen, of in ieder geval meelopen. En wellicht lever je met enige creativiteit nog een bijdrage in het oplossen van de jeugdwerkloosheid.

**Ter Hart:** Aan de integratie van het onderwijs in de industrie zitten natuurlijk een heleboel aspecten. In de metaalelektro zijn ca. 1000 ondernemingen met minder dan 100 mensen in dienst. Deze kleinere bedrijven zijn niet bij machte jongelui op die kostbare apparatuur te laten spelen. Er zijn wel methodes voor. Philips heeft bijvoorbeeld voor jongelieden in hun eigen opleiding wel de computerapparatuur van de bewerkingsmachine, maar die computer bedient een piepklein draaibankje, dat echter wel alle functies kan uitvoeren. Je kunt daar helemaal mee leren hoe zo'n machine verkt. Je hoeft in principe geen 7000 assen per uur te maken.

Fundamenteel ben ik het met Hillege eens dat juist dit soort opleidingen, ook weer naar Duits voorbeeld, een weg zouden moeten vinden van het reguliere onderwijs naar het bedrijfsleven. In het onderwijs is op dit moment de invloed van het bedrijfsleven uiterst miniem. In de programma-commissie zit nauwelijks iemand uit de industrie.

Wat wij in Nederland en in Europa toch wel erg sterk missen is het kader 'education permanente'. Vooral in managementtechnieken. Geredeneerd vanuit die flexibele automatisering komt het toepassen daarvan maar voor een zeer gering deel goed tot z'n recht als we de huidige conventionele managementtechnieken blijven toepassen. Het betekent gewoon een complete 'refreshment course'. En daar kun je nergens voor terecht. Het barst van de cursussen, maar één die goed is toegespitst op de problematiek van wat er nu komt, die is er niet.

**Hillegge:** Als je nou naar het voorbeeld van Amerika gaat; daar worden veel meer avondstudies op eigen initiatief, eigen titel en eigen kosten genoten dan in Nederland. Dat hangt weer helemaal samen met die dynamiek, want dat betekent een werkelijke positieverbetering op de arbeidsmarkt. Bij ons is de impuls om dat te doen aanzienlijk geringer. Het loopt iets op maar het is lang niet zo intensief als daarginds en ik denk dat dat alles te maken heeft met die dynamiek en de kansen die er in een bepaald gebied liggen.

**Ter Hart:** Geredeneerd vanuit de 80/20 regel zeggen we vaak dat 80% van het management niet is opgewassen tegen zijn taak. Dat betekent niet dat 80% van het management niet deugt. Er zitten bij die managers grote capaciteiten. Maar het punt is dat ze eigenlijk niet weten hoe ze moeten managen gericht op de toekomst. Capaciteiten zijn er zeker. Het wil er bij mij niet in dat 80% van de managers in de kern niet zou deugen. Maar men ziet niet hoe het moet.

**Hillegge:** Ik denk dat de omgeving waarin het management moet managen zo complex en moeilijk is geworden dat bijna niemand het meer haalt. Er zou eens een studie moeten zijn naar hoeveel tijd een manager van een middelgroot bedrijf eigenlijk moet investeren in al die externe relaties die niet primair met de toegevoegde waarde van z'n produkt of met z'n afzet te maken hebben, maar met het voldoen aan de eisen die de omgeving hem oplegt. Ik schat dat het gauw de helft of meer van z'n tijd is. Als dat bij de concurrenten minder is, dan heb je wel dezelfde kwalitatieve manager, maar de ene is de hele dag bezig met z'n markt en met z'n produktie en de ander is de helft van de dag bezig met het onderhouden van maatschappelijk noodzakelijk geachte contacten.

**De Brauw:** Maar is dat niet een beetje een wereldwijd verschijnsel? Een manager in de VS heeft precies hetzelfde. De situatie in de VS is vaak nog ellendiger dan bij ons.

In de dynamiek van toekomstig leven, waarin veel meer overstapfasen zich in een carrière zullen gaan aandienen, zou het zeer wel denkbaar zijn dat je de eerste fase van je onderwijs bekort en in het kader van minder arbeidsuren betaalde arbeid en ruimte krijgt daadwerkelijk nieuwe fasen in het proces te bouwen, waardoor men die permanente educatie van de grond zal kunnen krijgen. Is het niet wenselijk dat de eerste aaneensluitende in volle dagtijd uitgevoerde onderwijsfase zou moeten worden bekort? Ik geloof dat we daar op zich in Nederland wel mee bezig zijn - kijk maar naar het herstructureren van het wetenschappelijk onderwijs - maar dat er dan veel bewuster moet worden gestreefd naar het scheppen van mogelijkheden om daarna tussenfasen in te bouwen, ofwel in avondonderwijs ofwel op andere manieren, waarbij men die 'refreshment courses' zou kunnen meemaken. En dat we daarnaast denken aan een veel grotere flexibiliteit, waarbij het niet allemaal binnen het zeer stringente, door de overheid gereguleerde kader hoeft, dat eigenlijk het enige kader is waarbinnen in Nederland wordt gedacht.

**Hillegge:** Volgens mij krijg je die ruimte niet, die ruimte moet je nemen. Ik denk dat er meer door de mensen op eigen risico moet worden gedaan. Want waarom studeren die mensen in Californië zo hard? Niet omdat daar de staat Californië aparte regelingen heeft die de mensen ruimte geven om zichzelf op te leiden. De dynamiek is zo dat als iemand de ruimte neemt om zichzelf op te leiden en in zichzelf investeert, dat hij betere kansen heeft om mee te gaan in die dynamiek die daar heerst.

**De Brauw:** Ik ben het er in principe mee eens, zij het dat ik toch de aantekening wil plaatsen



dat ook door de werkgevers die ruimte niet gegeven wordt, veel te weinig althans. Het is niet alleen de overheid, het is ook het bedrijf.

### 'Human capital'

**Timmerman:** Dan kom je eigenlijk op de alternatieven om opleiding, arbeid en vrije tijd over de hele levensperiode te verdelen. De arbeidzame periode centreert zich steeds meer. Men leert langer en gaat eerder met pensioen. Je kunt ook zeggen: Ik stap eerder de maatschappij in met minder vooropleiding, zodat je daarna veel beter een keuze kunt maken wat je werkelijke interesses zijn, maar dan de vrijheid hebben bijvoorbeeld op je 22e jaar te gaan studeren.

**Hillege:** Daar ben ik het mee eens, maar noem het dan 'human capital'. Dat betekent dat je niet naar het emotionele en het sociale kijkt, maar naar de mens als menselijk kapitaal. Dat menselijk kapitaal heeft een jaargang, net als gewoon kapitaal. Er is in geïnvesteerd en dan brengt die investering een tijdlang geld op en dan krijgt-ie afnemende opbrengsten en op een gegeven moment is-ie ten opzichte van nieuw 'human capital' verouderd. Ik zie daar precies dezelfde jaargangencyclus in. Dat moet je in de levenscyclus van dat kapitaal een paar keer herhalen. Dat laatste zou heel goed kunnen als je zou zeggen: Ik ben mij als jongere (20 jaar) bewust dat ik over 10 jaar verouderd ben en dat dan mijn kansen, als ik me niet bijschool, verminderen. Daar zijn allerlei manieren voor. Je zou met je 20e al per jaar 2% opzij kunnen leggen, via een verzekeringscircuit, om uiteindelijk na 10 jaar een voldoende bedrag te hebben om het risico aan te durven jezelf bij te scholen en jezelf dan ook qua (kapitaals)positie op die arbeidsmarkt te verbeteren. Die trend moet meer opgang vinden in Nederland. Al die opleidingen in de subsidiesfeer blijken vaak ontzettend ver te staan van wat de behoefte aan de marktkant is. Als we op die systematiek doorgaan, blijven we dat probleem altijd houden. Probeer de beslissing te leggen bij de man of de vrouw die zichzelf een harde spiegel voorhoudt: hoe school ik mezelf bij en waar doe ik dat? Dan moet er wel een aantal mogelijkheden zijn. De overheid kan dan nog best een algemeen instrument hebben om iemand die die keuze maakt nog een zekere stimulans te geven. Die eigen risico factor moet er echter vrij belangrijk inzitten.

**Ter Hart:** Wij willen naar regionale opleidingsinstituten toe die door de ondernemingen gezamenlijk in stand worden gehouden. We hebben een landelijk fonds en we subsidiëren naar die regio's per leerling. De opleidingsinstituten die wij willen creëren, borduren natuurlijk voort op het reguliere onderwijs. Je moet het ook niet los van elkaar zien. Algemeen vormend technisch onderwijs is eigenlijk voor iedereen. Ook al komen ze niet in aanraking met techniek. Techniek is zo essentieel in ons leven, dat iedereen daar iets van moet weten, om te voorkomen, dat men naderhand, als men in de maatschappij gaat functioneren, zegt: Techniek dat is vies, daar kunnen we niet mee uit de voeten, dat moeten we maar afschaffen.

### Bedrijfstijdverlenging

**De Brauw:** In onze discussie zijn we nog niet ingegaan op het onderwerp bedrijfstijdverlenging.

**Ruiter:** Ik denk niet dat je het onderwerp bedrijfstijdverlenging moet aanroeren. Dat is een sterk politiek geladen onderwerp.

**Timmerman:** Op ontwerpafdelingen wordt op dit moment dure 'computer aided design' apparatuur aangeschaft. In Amerika gaat men op deze ontwerpafdelingen al in ploegendienst werken; dit zijn afdelingen die in het verleden nog nooit in ploegendienst hebben gewerkt. En men gaat in ploegendienst werken omdat die apparatuur anders niet meer te betalen is. Ditzelfde zie je gebeuren bij productie-afdelingen waar kapitaalintensieve produktiemid-

delen worden aangeschaft. Een bedrijfseconoom zegt meteen: het is rendabel als ik de produktiemiddelen in een tweede of derde ploeg zet.

**Hilleg:** Ik denk ook dat je arbeidstijdverkorting eenvoudiger zou kunnen doorvoeren als dat een verlenging en dus een betere bezetting van je kapitaalgoederenvoorraad oplevert. Wil je dat doen, dan zijn nieuwe menselijke flexibiliteiten nodig. Dat betekent dat er misschien het weekend doorgewerkt moet worden en 's nachts. Maar dat betekent niet dat je per man langer moet gaan werken.

**Prins:** Nee, dat betekent alleen dat de utilisatiegraad wordt verhoogd.

**Ruiter:** Voor bepaalde bedrijven kan korter werken ook heel goed mogelijk zijn. Voor een ander bedrijf weer niet. Ik zie niet waarom je niet drie uur per dag open zou kunnen zijn.

**Ter Hart:** Ik zie wel dat arbeidstijd hoe langer hoe meer diffuus wordt. Wat is arbeidsduur? De tijd dat je ter plekke aanwezig bent? Maar als je nu eens niet meer aanwezig hoeft te zijn en onderwijl iets anders kunt doen en wordt gewaarschuwd als je beschikbaarheid vereist is? In die context kan ik best begrijpen dat je aanwezigheid niet meer dan een uurtje per dag is vereist. Maar dat wil niet zeggen dat de bedrijfstijd naar één uur teruggebracht gaat worden. Ik denk dat produktie-apparatuur voor een groot deel de kant uit gaat dat die onbewaakt kan functioneren.

**De Brauw:** In dat kader is het naar voren brengen van bedrijfstijd die wordt vertaald naar aanwezigheidsgraad misschien wat misleidend.

**Hilleg:** Maar het uitgangspunt van Prins is utilisatie. We moeten zorgen dat de produktiemiddelen maximaal worden bezet. Dat vereist een bepaalde flexibele opstelling van degenen die werken. In Delft draait al een elektriciteitscentrale waar geen man in zit. In het weekend loopt iemand rond met een pieper die is gekoppeld aan de besturing in de centrale. Als er iets mis gaat, gaat-ie piepen en dan moet hij er als de donder heen.

**De Brauw:** Goeie suggestie om het op die manier op te lossen.

## Conclusie

Flexibele produktie-automatisering is op zich niet zoiets bijzonders dat het niet zou gehoorzamen aan de wetmatigheden waar we al sinds jaar en dag mee worden geconfronteerd. De structuur van de hele economie is meer bepalend voor een gezonde ontwikkeling en groei-mogelijkheden, dan nieuwe ontwikkelingen ten gevolge van flexibele automatisering.

Om voorop te lopen ten opzichte van concurrenten moet niet alleen de keuze en de kwaliteit van het produkt goed zijn, ook de prijs moet aantrekkelijk zijn. Flexibele produktie-automatisering biedt ons mede die kans. We kunnen met deze techniek opgelopen achterstanden verminderen en mogelijk zelfs op bepaalde terreinen een voorsprong opbouwen.

Voor een klein land als Nederland liggen er zeker mogelijkheden mits we het juiste klimaat weten te scheppen; we zullen dan echter dynamischer en flexibeler moeten worden waardoor we het kunnen opnemen tegen landen als Taiwan, Korea of Singapore.

Als onze afzet niet meer toeneemt zal het aantal arbeidsplaatsen in de industrie zeker blijven afnemen. Een halvering in tien jaar van het aantal uren is niet irreëel. Als deze ontwikkeling doorzet zullen we een keuze moeten maken: gaan we uit van recht op arbeid of van recht op inkomen; gaan we uit van een maatschappij waar iedereen werkt?

Automatisering van arbeid vindt plaats als er een economisch voordeel mee wordt verkregen of als een sociale noodzaak aanwezig is om onaangenaam werk te elimineren. Door automatisering zullen bepaalde soorten arbeid zonder meer verdwijnen en nieuwe soorten arbeid zullen ontstaan, zoals dat al zo lang gebeurt. Daarnaast zien we door automatisering een integratie van werkzaamheden mogelijk worden waardoor een groeiende beheersingsvraag ontstaan. Het gevaar bestaat dat dit beheersingsvraagstuk een verslechtering van de

kwaliteit van de arbeid met zich brengt. Nu de sociale omstandigheden onder druk van de huidige economische situatie in de knel komen, accepteert men op economische gronden bepaalde functies en banen al makkelijker dan een tijdje geleden.

De flexibele produktie-apparatuur is op dit moment voor iedereen te koop, een voordeel wordt nog slechts verkregen door de wijze waarop deze produktiemiddelen worden toegepast. Door de toenemende automatisering zal de kwaliteit van de arbeidsorganisatie, en dus ook de kwaliteit van de arbeid, een steeds belangrijker bedrijfseconomisch argument worden.

Bij het scheppen van randvoorwaarden die deze ontwikkeling mogelijk maken ligt een groot accent op opleiding en onderwijs, vooral het praktisch gerichte onderwijs dat dicht bij het bedrijfsleven staat. Als bedrijven in Nederland de weg van flexibele produktie-automatisering zouden inslaan, dan mogen de scholen daarin zeker niet achterlopen. Het technische onderwijs zal niet meer uitsluitend in scholen moeten plaatsvinden; het zal daar zelfs niet meer uitsluitend *kunnen* plaatsvinden. Het onderwijs en het bedrijfsleven moeten tot samenwerking komen.

Daarnaast zal door het grotere aantal overstapfasen dat zich in een carrière zal aandienen, doorlopende om- en herscholing op alle niveaus nodig worden.

Ook op managementniveau is onderricht in nieuwe managementtechnieken nodig. Niet alleen de manager moet die dynamiek hebben; ook de onderneming moet daarin mogelijkheden scheppen.

## **Lijst van gebruikte (technische) termen en hun betekenis.**

- |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| actuator           | – een mechanisme, dat een commando omzet in een mechanische beweging die gepaard gaat met een zekere kracht of een bepaald vermogen.                                                                                                                                                  |
| adaptieve regeling | – een regeling die de sturende parameters aanpast aan wijzigende omstandigheden.                                                                                                                                                                                                      |
| cad                | – 'computer aided design'; ontwerpen op een beeldscherm, aangesloten op een computer.                                                                                                                                                                                                 |
| cam                | – 'computer aided manufacturing'; planning en beheersing van het productieproces met behulp van een computer.                                                                                                                                                                         |
| cat                | – 'computer aided testing'; het testen van onderdelen of producten met behulp van een computer.                                                                                                                                                                                       |
| ergonomie          | – een technologie, waarbij men op basis van kennis over psychologische, fysiologische en anatomische aspecten van de mens tracht zowel machines en gereedschappen, als ook taken en functies, alsmede de directe werkomgeving als onderdelen van een systeem op mensen af te stemmen. |
| groepentechnologie | – classificatie voor de verdeling van producten en produktonderdelen, afhankelijk van hun vorm en noodzakelijke bewerking(en).                                                                                                                                                        |
| machining center   | – cnc-machine waarop verschillende soorten bewerkingen kunnen plaatsvinden.                                                                                                                                                                                                           |
| mis                | – 'management information system'.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| nc-besturing       | – 'numerical control'; numerieke besturing: besturing van gereedschap of produkt naar in getallen uitgedrukte coördinaten.                                                                                                                                                            |
| nc-machine         | – een produktiemiddel waarvan de numerieke besturing geschiedt met een ponsband, waarin het programma is vastgelegd.                                                                                                                                                                  |
| cnc-machine        | – 'computer numerical control'; een produktiemiddel waarvan de besturing geschiedt met een numeriek programma, dat is vastgelegd in de ingebouwde computer.                                                                                                                           |
| dnc-machine        | – 'direct numerical control'; een produktiemiddel waarvan de besturing geschiedt met een in een centrale computer vastgelegd programma. Deze centrale computer bedient verscheidene machines.                                                                                         |
| off-line           | – programmering, onafhankelijk van het produktiemiddel.                                                                                                                                                                                                                               |

|                       |                                                                                                                                                        |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| on-line               | – programmering, direct gekoppeld aan het produktiemiddel.                                                                                             |
| operator              | – bedieningsvakman.                                                                                                                                    |
| plc                   | – 'programmable logic controller'.                                                                                                                     |
| real-time             | – momentaan, doorlopend.                                                                                                                               |
| record-playback       | – nc-apparatuur of industriële robot, geprogrammeerd door de operator aan de machine.                                                                  |
| robot                 | – een automatische hanteerinrichting, die in meer dan een as vrij programmeerbaar is, voorzien van grijper of gereedschap.                             |
| scientific management | – wetenschappelijke bedrijfsvoering om tot beheersing van het productieproces te komen door een zo groot mogelijke opsplitsing van taken.              |
| sensor                | – waarnemingsorgaan                                                                                                                                    |
| standaardisatie       | – het vaststellen en aannemen van bepaalde gelijke vormen en afmetingen, waardoor een zo groot mogelijke uniformiteit van het produkt wordt verkregen. |
| stuklijst             | – lijst, die een opsomming geeft van de halffabrikaten die men nodig heeft voor de montage van samengestelde producten of gereede producten.           |
| tactiele sensor       | – voeler                                                                                                                                               |
| Taylor, F.W.          | – grondlegger van het 'scientific management' of het 'Taylorsysteem' (1856 - 1915)                                                                     |
| teaching by doing     | – het systeem wordt door de operator volgens het gewenste patroon bewogen. De besturing registreert dit patroon en slaat het op in het geheugen.       |
| teaching by showing   | – het systeem wordt door de operator volgens het gewenste patroon gestuurd met behulp van het bedieningspaneel.                                        |
| transferstraat        | – produktielijn, waarin de bewerkingen gespecialiseerd zijn en in een vaste volgorde plaatsvinden.                                                     |
| visuele sensor        | – beeldvorming met sensoren.                                                                                                                           |
| vlsi                  | – 'very large scale intergration'; Bouwsteen ('chip') voor micro-elektronica met zeer hoge dichtheid van logische functies.                            |



## Geraadpleegde literatuur

- F. van Auwera. Toekomstperspektieven van de industriële robot, Informatie jaargang 23, nr. 718, juli/augustus 1981.
- F. Best. Recycling People, The Futurist, february 1978.
- H.K. Boswijk e.a. Micro-elektronica in beroep en bedrijf: balans en verwachting, STT-publikatie nr. 31, 1981.
- H.K. Boswijk, R.G.F. de Groot. De industrie in Nederland: Verkenning van knelpunten en mogelijkheden, STT-publikatie nr. 23, 1978.
- M.J. Cooley. Some social aspects of CAD, North-Holland Publishing Company, Computers in Industry 2, 1981
- New technologies - some trade union concerns and possible solutions, Information society: for richer for poorer, North Holland Publishing Company, 1982.
- C.L. Ekkers e.a. Menselijke stuur- en regeltaken, TNO-NIPG, Leiden, 1980.
- E. Frank (red.). Robots in Japan, flexibele automatisering in de produktie. Verslag van een studiereis naar Japan, TNO-MI, Apeldoorn.
- P. Hermann. Flexibele Fertigungskonzepte, VDI-Z 123 nr 15/16, Aachen, August 1981.
- C. Jenkins, B. Sherman. The collapse of work, Eijre Methuen Ltd., London 1979.
- T. Kumpe, B. Goudswaard, P.T. Bolwijn. Een nieuw industrieel elan is niet genoeg; notities over een industriebeleid, Philips Technical efficiency & organisation information centre, januari 1982.
- T. Kumpe, P.T. Bolwijn, J. Boorsma, Q.H. van Breukelen. Technologie en organisatie. Computer aided technologieën: naar een meer efficiënte en meer flexibele industrie. Philips, technische efficiency & organisatie, mei 1982
- G. Larson. The computer, a management tool for the factory floor, Hewlett Packard Company, data systems division.

- G. Laurentius, H. Timmerman, A.A.M. Vermeulen. Flexibele automatisering in Nederland; ervaringen en opinies, STT-publikatie nr. 34, oktober 1982.
- E.J. Lerner. Computer-aided manufacturing, IEEE-spectrum, november 1981.
- H.W. Lintsen. Fasen in de geschiedenis van techniek en industrie, rode draden voor een industriemuseum, rapport voor de commissie vestiging industriemuseum, Eindhoven, 1982.
- P.M.P.J. Merkelbach. Human capital, richtinggevende maatstaf voor een industriebeleid? proefschrift KH Tilburg, 1981.
- O. Mickler et. al. Industrieroboter. Bedingungen und soziale Folgen des Einsatzes neuer Technologien in der Automobilproduktion, Campusverlag 1981.
- F. Oezhan, C. Stark. Fachgebiete in Jahresübersichten, Bearbeitungszentren Von Detlef Michaelis, VDA-Z 123 nr 11, Berlin, Juni 1981.
- M. Pieterse (red.). Het technisch labyrint, een maatschappijgeschiedenis van drie industriële revoluties, Meppel 1981.
- L.N. Reijers. Automatisering in de productie - een postindustriële revolutie: Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van gewoon hoogleraar aan Technische Hogeschool Delft, afdeling Werktuigbouwkunde op 17 september 1980, Waltman, 1980.
- Industriële Robots, verkenning van de mogelijkheden voor gemeenschappelijk onderzoek, augustus 1981.
- H.H. Rosenbrock. Technology policies and options, University of Manchester, Information society: for richer, for poorer, North-Holland Publishing Company, 1981
- K. Sadamoto. Robots in the Japanese Economy, Survey Japan, Tokio, 1981.
- B. Schiemenz. Automatisierung der Produktion, Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen, 1980.
- J.F.P. Schönfeld, H.K. Boswijk. Micro-electronica: procesinnovatie in de sector elektrometaal, STT-publikatie nr. 31-3, 1981.
- L.U. de Sitter. Op weg naar nieuwe fabrieken en kantoren, Kluwer, Deventer, 1981.

|                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| G. Spur.                                                                                                                                                                                           | Produktionstechnik im Wandel, Berlin, 1979.                                          |
| H.J. Stal.                                                                                                                                                                                         | Van mechanisering tot automatisering, De constructeur nr. 6, juni 1977.              |
| J. in 't Veld.                                                                                                                                                                                     | Organisatiestructuur en arbeidsplaats, Elsevier, Amsterdam, 1981.                    |
| H.J. Warnecke, R.D. Schraft                                                                                                                                                                        | Industrieroboter, Kranskopf Verlag, 1979.                                            |
| M.D. Weck e.a.                                                                                                                                                                                     | Fortschrittliche Produktionstechnik, VDI-Z 123 nr 7, Aachen, April 1981.             |
| H. Zanders.                                                                                                                                                                                        | Automatisering en kwaliteit van de arbeid, VIFKA-publikatie, Tilburg/Den Haag, 1981. |
| De verdeling en de waardering van arbeid, IVA-rapport voor de WRR, 1976.                                                                                                                           |                                                                                      |
| Industrial Robots, Ingersoll Engineers, DOI/National Engineering Laboratory, Glasgow, 1980.                                                                                                        |                                                                                      |
| Robots joint the labor Force, Business Week, juni 1980.                                                                                                                                            |                                                                                      |
| Technologische ontwikkeling, kans of bedreiging? Verslag van het Kongres van de Landelijke Bedienden Centrale, Knokke mei 1981.                                                                    |                                                                                      |
| Technology, organisation and manpower, applications of CNC in manufacturing in Great Britain and West Germany, Information society: for richer for poorer, North Holland Publishing Company, 1981. |                                                                                      |

# Overzicht van reeds verschenen publikaties van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek

1. Toekomstbeeld der Techniek; ir. J. Smit, 1968 (uitverkocht)
2. Techniek en Toekomstbeeld, Telecommunicatie in telescopisch beeld; prof.dr.ir. R.M.M. Oberman, 1968 (uitverkocht)
3. Verkeersmiddelen; prof.ir. J.L.A. Cuperus, prof. ir. J.H. Krietemeijer, ir. G. Veldhuyzen, ir. F. Oudendal, prof.ir. G.J. van der Burgt en prof.ir. H. Wittenberg, 1968
4. Hoe komt een beleidsvisie tot stand? ir. P.H. Bosboom, 1969
5. De overgangsprocedures in het verkeer; prof.ir. J.L.A. Cuperus, prof.dr. L.H. Klaassen, mr. R.J.H. Fortuyn, mr. M.G. de Bruin, A. Blankert, mr. Th. van der Meer, drs. J.A. van de Kamp, prof.drs. E.H. van de Poll, ir. G.C. Meeuse, A.M. Lels, mr. M. van den Bos en E. van Donkelaar, 1969
6. De invloed van goedkope elektrische energie op de technische ontwikkeling in Nederland; dr. P.J. van Duin, 1971
7. Electrical energy needs and environmental problems, now and in the future; ir. J.H. Bakker, prof.dr. J.J. Went, dr. K.J. Keller, ir. A.J. Elshout, H. van Duuren, ir. J.L. Koolen, P.E. Joosting, dr. J.C. ten Houten, J.A.G. Davids, prof.dr. J.A. Goedkoop en ir. M. Muysken, 1971
8. Mens en milieu: prioriteiten en keuze; ir. L. Schepers, dr.ir. W.J. Beek, prof.dr. D.J. Kuenen, prof. H. van Genderen, dr.ir. L.J. Revallier en dr.ir. H. Hoog, 1971
9. Het voeden van Nederland nu en in de toekomst; prof. dr.ir. M.J.L. Dols, drs. J. de Veer, dr. C. Engel, prof.dr. J. Boldingh, prof.dr. H. Doorenbos, drs. W.C. Bus, ir. H. Glazenburg en prof.dr. A.G.M. van Melsen, 1971
10. Barge Carriers: some technical, economic and legal aspects; drs. W. Cordia, mr. G.J.W. de Vries en ir. N. Wijnolst, 1972
11. Transmissiesystemen voor elektrische energie in Nederland; prof.dr. J.J. Went, ir. A. Govers, drs. M.C. Lelie en prof.ir. H. Wiggerts, 1972
12. Elektriciteit in onze toekomstige energievoorziening: mogelijkheden en consequenties; dr.ir. H. Hoog, ir. P.J. Wemelsfelder, prof.ir. D.G.H. Latzko, dr. D.J. Kroon en prof.ir. J.J. Broeze, 1972
13. Communicatiestad 1985: elektronische communicatie met huis en bedrijf; prof.dr.ir. J.L. Bordewijk e.a., ir. D. van den Berg en dr. W. Horn, 1973
14. Techniek en preventief gezondheidsonderzoek; dr. M.J. Hartgerink, prof.dr. H.H.W. Hogerzeil, prof.dr.ir. P. Eykhoff, prof.dr. J.C.M. Hattinga Verschure, prof.dr. H.J.J. Leenen, dr. P. Gootjes, prof.dr. A.H. Wiebenga en ir. D.H. Bekkering, 1973
15. Technologisch verkennen: doelstellingen en methoden; ir. A. van der Lee, drs. Th.M.A. Bemelmans en dr.ir. W.J. Beek, 1973
16. Mens en milieu: beheerste groei; Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973

17. Mens en milieu: zorg voor zuivere lucht; Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
18. Mens en milieu: kringlopen van materie; Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
19. Energy Conservation: ways and means; edited by J.A. Over and A.C. Sjoerdsma, 1974 (uitverkocht)
20. Voedsel voor allen, plaats en rol van de EEG; prof. dr. J. Tinbergen, prof.dr.ir. J. de Hoogh, dr. J.R. Jensma, prof.drs. J. de Veer, ir. I.B. Warmenhoven, dr.ir. A.W.G. Koppejan, ir. K.K. Vervelde en dr.ir. W.J. Beek, 1976
21. Stedelijk verkeer en vervoer langs nieuwe banen?; redactie: ir. J. Overeem, 1976
22. Materialen voor onze samenleving; redactie: ir. J.A. Over, 1976
23. De industrie in Nederland: Verkenning van knelpunten en mogelijkheden; redactie: ir. H.K. Boswijk en ir. R.G.F. de Groot, 1978
24. Toekomstbeeld der industrie; prof.dr. P. de Wolff, drs. R.F.M. Lubbers, dr.ir. H. Kramers, prof.ir. J. in 't Veld en mr. G.A. Wagner, 1978
25. Arts en gegevensverwerking; redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1979
26. Bos en hout voor onze toekomst; redactie: ir. T.K. de Haas, ir. J.H.F. van Apeldoorn en ir. A.C. Sjoerdsma, 1979
27. Steenkool voor onze toekomst; eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1980

*Overige uitgaven:*

De innovatienota; een aanvulling; ir. H.K. Boswijk, dr.ir. J.G. Wissema en prof. W.C.L. Zegveld, 1980

Deze publikaties zijn schriftelijk te bestellen bij:

Stichting Toekomstbeeld der Techniek  
Postbus 30424  
2500 GK 's-GRAVENHAGE

28. Distributie van consumentengoederen; informatie en communicatie in perspectief; redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1980 (ISBN 90 6275 052 4)
29. Wonen en Techniek; ervaringen van gisteren, ideeën voor morgen; redactie: ir. J. Overeem en dr. G.H. Jansen, 1981 (ISBN 90 6275 053 2)
30. Biotechnology; a Dutch Perspective edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1981 (ISBN 90 6275 051 6)
31. Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting; Samensteller: ir. H.K. Boswijk, 1981 (ISBN 90 6275 064 8)

Bij deze studie behorende deelstudies zijn los verkrijgbaar

- 31.1 Micro-elektronica: de Rundveehouderij (ISBN 90 6275 066 4)
- 31.2 Micro-elektronica: de Grafische industrie en Uitgeverijen (ISBN 90 6275 067 2)
- 31.3 Micro-elektronica: Procesinnovatie in de sector Elektro-metaal (ISBN 90 6275 068 0)

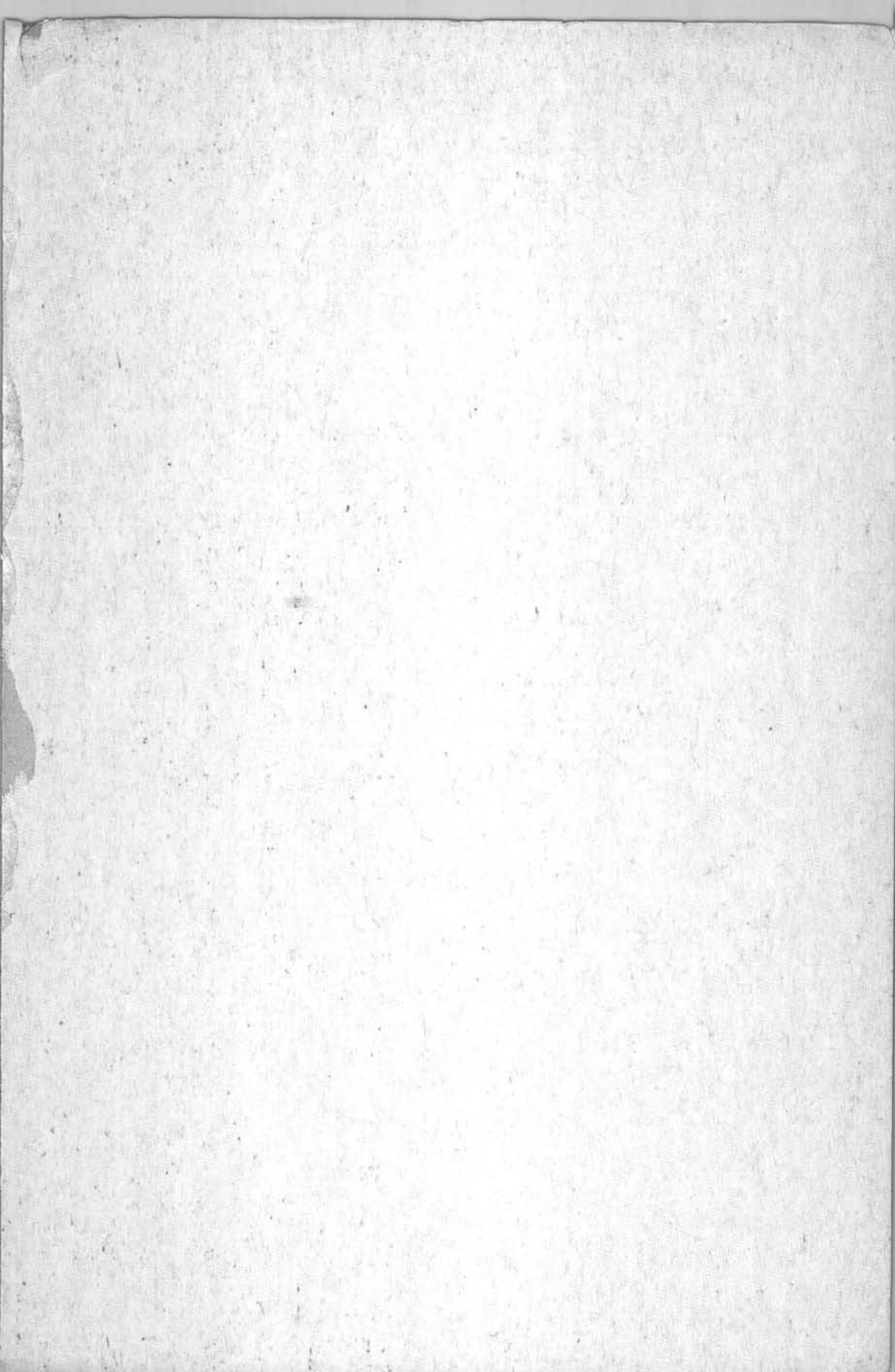
- 31.4 Micro-elektronica: Produktinnovatie van consumentenprodukten en diensten voor gebruik in huis (ISBN 90 6275 069 9)
- 31.5 Micro-elektronica: het Ontwerpproces (ISBN 90 6275 070 2)
- 31.6 Micro-elektronica: het Bankwezen (ISBN 90 6275 071 0)
- 31.7 Micro-elektronica: het Kantoor (ISBN 90 6275 072 9)
- 31.8 Micro-elektronica: het Reiswezen (ISBN 90 6275 073 7)
- 31.9 Micro-elektronica: de Belastingdienst (ISBN 90 6275 074 5)
- 32. Micro-elektronica voor onze toekomst; een kritische beschouwing; 1982 (ISBN 90 6275 089 3)
- 33. Toekomstige verwarming van woningen en gebouwen; eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1982 (ISBN 90 6275 094 X)
- 34. Flexibele automatisering in Nederland, ervaringen en opinies; redactie: ir. G. Laurentius, ir. H. Timmerman, ir. A.A.M. Vermeulen, 1982 (ISBN 90 6275 098 2)
- 37. Nederland en de rijkdommen van de zee: industrieel perspectief en het nieuwe zeerecht; redactie: ir. J.F.P. Schönfeld, mr.drs. Ph.J. de Koning Gans, 1983 (ISBN 90 6275 111 3)

Publikaties 28 en later zijn verkrijgbaar bij de boekhandel of bij de uitgever:

Delftse Universitaire Pers  
 Mijnbouwplein 11  
 2628 RT DELFT  
 telefoon (015) 78 32 54



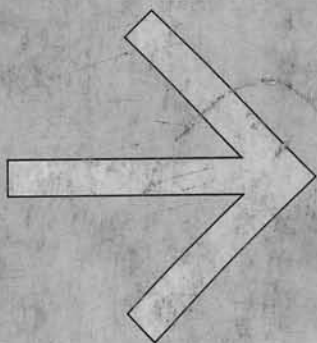




Technische produktiemiddelen die door een computer worden gestuurd, zijn volop in ontwikkeling. Hiermee wordt het mogelijk een fabriek geheel te automatiseren van produktontwerp tot vervaardiging van het gereede produkt.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek heeft nagegaan wat hiervan de betekenis is voor onze industrie.

Met flexibele produktiemiddelen, zoals robots, kan op één produktielijn een scala van verschillende produkten in willekeurige volgorde worden vervaardigd. Dit leidt tot hogere produktiviteit, grotere flexibiliteit, betere beheersing van het productieproces, hogere en constante kwaliteit, kortere levertijden en lagere produktiekosten. Er is vastgelegd wat allemaal nodig is om deze mogelijkheden te verwezenlijken. Naast de techniek worden de organisatorische, economische en sociale aspecten behandeld. Er wordt gewezen op de problemen die zich in de praktijk kunnen voordoen en er wordt aangegeven hoe deze kunnen worden vermeden of opgelost.



delftse universitaire pers

