

De fabriek van de toekomst heeft vele gezichten

Veel industriële ondernemingen moeten thans gelijktijdig voldoen aan eisen ten aanzien van efficiency, kwaliteit en flexibiliteit. Klassieke fabrieken, opgezet voor het behalen van maximale efficiency, blijken dat niet te kunnen. De hierdoor noodzakelijke veranderingen bestrijken een breed terrein en omvatten zowel de toegepaste technologieën als het socio-technische ontwerp van de betrokken produktieorganisaties. Ook in de toekomst zullen er zoveel verschillen tussen fabrieken blijven bestaan, dat niet gesproken kan worden van de fabriek van de toekomst. Vanuit te verwachten ontwikkelingen in produkttechnologieën, kan voor een aantal onderscheiden produktie-activiteiten globaal aangegeven worden hoe de fabriek van de toekomst eruit zal zien.

PROF. T. KUMPE M.A. – PROF.DR. P.T. BOLWIJN*

Markteisen

Een van de belangrijkste ontwikkelingen die de afgelopen decennia heeft plaatsgevonden, betreft het veranderende karakter van de vraag naar produkten. Tot de jaren zestig was de eerste en meestal ook laatste vraag die een klant stelde: Wat kost het? Als de consument niet veel te besteden heeft en het aanbod gering is, is de prijs van een produkt doorslaggevend. Eind jaren zestig ontstaat meer belangstelling voor de kwaliteit van de produkten. Zowel de welvaart als het aanbod van produkten is sterk toegenomen, bovendien weet de klant, door ervaring wijs geworden, dat reparatie en onderhoud ook geld kosten. De industrie dient nu tegelijkertijd te concurreren op prijs en kwaliteit. Aan het eind van de jaren zeventig veranderen de markteisen opnieuw. Men wordt veel mode- en trendgevoeliger. Naast prijs en kwaliteit let men erg op het uiterlijk, op aanwezige eigenschappen in produkten als afstandbediening, programmeringsmogelijkheden of de aanwezigheid van 'Dolby C' in plaats van 'Dolby B' ruisonderdrukking.

Deze ontwikkelingen te zamen leveren de situatie van vandaag op, waarin industrieën *tegelijkertijd* moeten concurreren op prijs, kwaliteit en uiterlijk, met een breed assortiment moderne produkten. Sommigen noemen het de drie k's: kosten, kwaliteit en keuze.

Ervaring leert dat de omzet van de verschillende typen binnen het assortiment aan sterke, onvoorziene, schommelingen onderhevig is. Dit leidt tot een toenemende behoefte aan 'mixflexibiliteit', het vermogen snel te kunnen reageren op afzetwisselingen vragen binnen het assortiment.

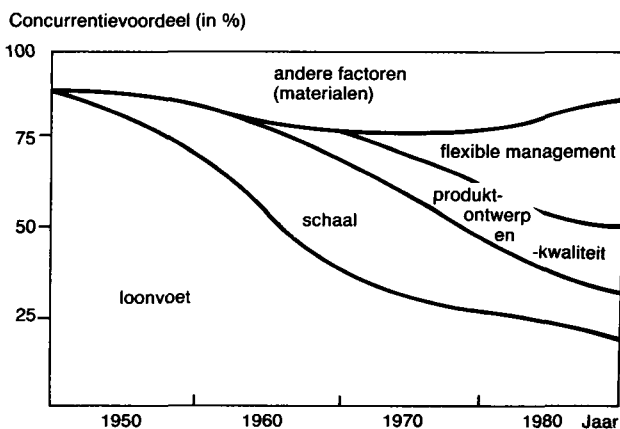
Daarnaast is er sprake van elkaar steeds sneller opvolgende produktfamilies, met andere woorden de commerciële levensduur van produkten wordt voortdurend korter. Dit noodzaakt in de produktie tot aanloopflexibiliteit, het snel kunnen brengen van nieuwe produkten.

Prijs en kwaliteit van produkten worden hoofdzakelijk bepaald door de efficiency en kwaliteit van de onderne-

ming. Aangevoerd kan worden dat het kunnen leveren van een breed, vaak wisselend assortiment zonder dat dit leidt tot hoge voorraden, vooral afhangt van de flexibiliteit van ondernemingen. De consequentie van het tegelijkertijd concurreren op prijs, kwaliteit en assortiment van produkten is dan ook dat ondernemingen nu tegelijkertijd dienen te voldoen aan eisen ten aanzien van efficiency, kwaliteit en flexibiliteit.

De evolutie van de belangrijkste oorzaken voor de sterke concurrentiepositie van Japanse produktiebedrijven, zoals aangegeven in de figuur, illustreert de geschetste ontwikkelingen. De figuur toont dat de concurrentiekracht van de betrokken ondernemingen in de loop der tijd afhangt van steeds meer factoren. Bovendien zien we de evolutie van efficiency (lage lonen, schaal) naar efficiency en kwaliteit (produktontwerp en kwaliteitsbeheersing) naar efficiency, kwaliteit en flexibiliteit (flexibel management).

Figuur. Evolutie van de oorzaken van de concurrentievoorsprong van Japanse produktiebedrijven



Klassieke fabrieken, opgezet voor het behalen van maximale efficiency, blijken niet goed aan de veranderende markteisen te kunnen voldoen. In deze organisaties, gestructureerd volgens de 'scientific management'-methode, is arbeid vergaand opgesplitst zodat iedere produktmedewerker slechts eenvoudige, steeds weerkerende handelingen verricht. De toegepaste scheiding tussen denken en doen en het opsplitsen van handelingen in 'kortcyclische' deelhandelingen blijken in de praktijk te leiden tot het efficiënt kunnen produceren van grote aantallen standaardprodukten. De beperking van deze fabrieken ligt in het feit dat het geheel gebaseerd is op herhaalhandelingen, repetitief werk. Het produktenpakket mag zodoende niet te divers zijn en er mogen niet teveel wijzigingen optreden.

De toegenomen kwaliteitseisen leveren voor deze fabrieken problemen op. De ver doorgevoerde arbeidsdeling leidt tot demotivatie en ook het 'tempojagen' in de fabriek is niet bevorderlijk voor de kwaliteit 1). Bovendien leidt de eenzijdige nadruk op de prijs meer en meer tot kwaliteitsproblemen 2) bij toegeleverde produkten en onderdelen.

De toenemende diversiteit aan produkten gooit echt roet in het eten. Het moeten fabriceren van steeds meer typen produkten dwingt de fabrieken tot 'batch-gewijze' produktiemethoden, het achter elkaar produceren van partijen van hetzelfde type. Verschillende typen produkten bevatten veelal verschillende onderdelen en vereisen verschillende bewerkingen. Dit betekent dat de machines in de fabriek voor het overgaan van het ene type produkt op het andere, omgesteld moeten worden. Er ontstaan nu grote voorraden onderhanden werk in de fabrieken en lange doorlooptijden, onder andere omdat deze omstellingen vaak langdurig zijn en door de functionele opstelling van machines. Het is niet ongebruikelijk dat het enkele maanden duurt voordat een produkt met een bewerkingstijd van hooguit enige uren, de gehele produktiegang doorlopen heeft en afgeleverd wordt 3).

De lange fabricage-doorlooptijden, die zowel bij de toeleveranciers van onderdelen als bij de assemblage optreden, blijken uiterst nadelige gevolgen te hebben. De grote hoeveelheden voorraden onderhanden werk kosten veel geld, bovendien worden steeds hogere eisen gesteld aan de logistieke besturing van die voorraden. Verder kan alleen aan wisselingen in de marktvrage worden voldaan door van alle produkttypen voorraden gereed produkt aan te leggen, anders zou de klant maanden op zijn bestelling moeten wachten. Het aanhouden van die voorraden kost ook geld, tevens blijkt in de praktijk dat er altijd teveel produkten liggen waar geen vraag naar is, terwijl goedlopende produkttypen uitverkocht zijn.

Kortom, de klassieke fabriek, die zo efficiënt een smal assortiment massagoederen kan produceren, blijkt niet in staat goed te voldoen aan een steeds wisselende vraag naar een breed assortiment produkten van hoge kwaliteit 4).

Toekomstige fabrieken

Uit allerlei analyses blijkt dat fabrieken nodig zijn die zeer kleine 'batches' verschillende produkten kunnen fabriceren met zeer korte doorlooptijden en, als gevolg, lage voorraden 5). Een dergelijk produktiesysteem wordt vaak aangeduid met de term continue-stroom-produktie. Een van de grootste verschillen met klassieke fabricages ligt in de manier waarop voldaan wordt aan de steeds noodzakelijke efficiency-verbeteringen.

In tegenstelling tot de situatie bij klassieke fabrieken, wordt de efficiency niet nagestreefd door gedurende lange tijd de leerkromme zover mogelijk af te lopen, maar wordt door het invoeren van nieuwe technologieën steeds naar een nieuwe, 'lager gelegen' leerkromme gesprongen, die gedurende korte tijd zo snel mogelijk afgelopen wordt, waarna weer op een nieuwe leerkromme wordt overgegaan. De produktie-organisatie moet zodoende in staat

zijn, snel en met zo weinig mogelijk aanloopproblemen nieuwe produkten in produktie te nemen.

Een ander hoofdkenmerk van nieuwe fabrieken is, zoals gezegd, het streven naar minimale voorraadniveaus. De snelheid waarmee goederen door de fabriek stromen, is daarbij van meer belang dan de snelheid waarmee de medewerkers en de machines hun werk doen. Anders gezegd: het gaat niet meer om de bezettingsgraad van mensen en machines, of hun werktempo, maar om de snelheid van de goederenstroom.

Vanuit het reeds genoemde gegeven dat de verscheidenheid van te fabriceren produkten erg groot is, kan aangevoerd worden dat toekomstige produkties veelal een produktgerichte organisatie zullen bezitten en produktiemiddelen zeer korte omsteltijden zullen hebben. De produkties, nodig voor de ongestoord lopende goederenstromen, stellen ongekend hoge eisen aan de procesbeheersing en de produktkwaliteit 6). Naast snelle informatie van de betrokkenen over de kwaliteit van hun werk – in het ideale geval test een ieder zijn eigen werk – zal hiertoe veel aandacht nodig zijn voor de kwaliteit van arbeidsomstandigheden en -verhoudingen 7).

Het blijkt in de praktijk bijzonder lastig te zijn fabricagesystemen te ontwerpen die in staat zijn tegelijkertijd aan de drie eisen efficiency, kwaliteit en flexibiliteit te voldoen. Het streven naar kwaliteit en flexibiliteit houdt in dat andere eigenschappen vereist zijn dan die, nodig voor het streven naar efficiency. Dit vereist op zijn beurt veranderingen in de organisatiestructuur en het management. Een vergelijking zoals in tabel 1, tussen klassieke fabrieken, ontworpen voor het efficiënt produceren van massaprodukten, en eigentijdse, flexibele fabricages, toont duidelijk hoe groot de verschillen zijn.

Tabel 1. Verschillen tussen klassieke en eigentijdse produktie-organisatie

	Klassieke organisatie	Eigentijdse organisatie
Schaal	groot	klein
Arbeidsdeling	ver doorgevoerd	matig
Organisatie	functioneel	produktgericht
Produktiemethode	batch-gewijs	stroom-produktie
Machinerendement	bezettingsgraad	doorlooptijd
Werknemershouding	individuele discipline	groepsdiscipline
Management	autoritair	participatief

Het vermogen flexibele produktie-organisaties te creëren wordt een steeds belangrijker wapen in de concurrentiestrijd. Het zou overigens een misvatting zijn te menen dat de gelijktijdig optredende eisen van efficiency, kwaliteit en flexibiliteit alleen invloed hebben op de produktie. De structuur en het functioneren van de gehele organisatie zijn aan verandering onderhevig.

In het voorgaande is aangegeven dat de evolutie in markteisen leidt tot het moeten opzetten van produktie-organisaties met geheel andere eigenschappen dan voorheen. Maar niet alle produkties zullen dezelfde veranderingen in dezelfde mate ondergaan. Uit een analyse van technologische ontwikkelingen in produkten, kan globaal worden afgeleid wat ons in verschillende produktie-organisaties te wachten staat.

1) J.F. Runcie, By days I make the cars, *Harvard Business Review*, mei/juni 1980.

2) Quality, the US drives to catch up, *Business Week*, november, 1982.

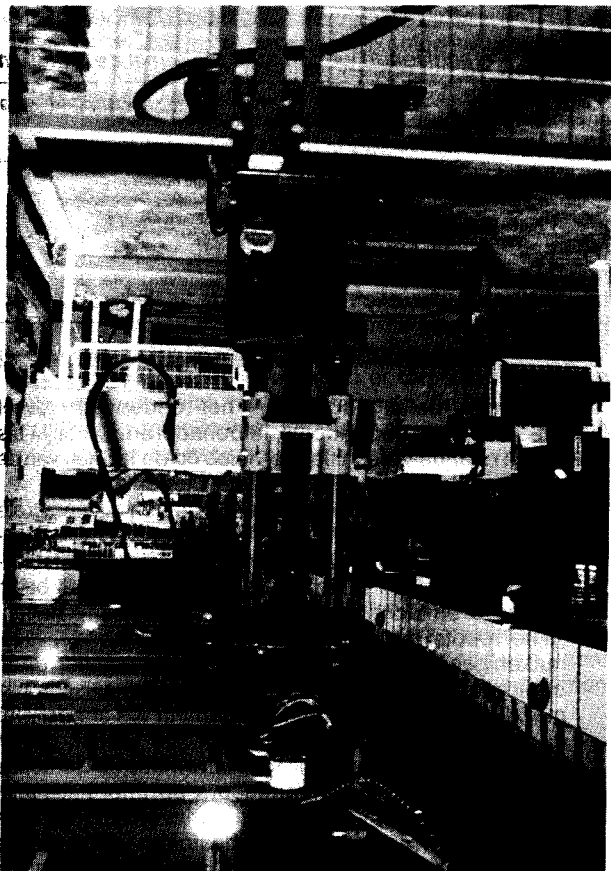
3) Elyahu M. Goldratt en Jeff Cox, *The goal*, North River Press, 1984.

4) L.U. de Sitter, *Op weg naar nieuwe fabrieken en kantoren*, Kluwer, 1981; J. in 't Veld, *Organisatiestructuur en arbeidsplaats*, Elsevier, 1981.

5) P.T. Bolwijn en T. Kumpe, Het succes van produktie-automatisering, *Tijdschrift voor Modern Management*, 1984, nr. 2.

6) P.T. Bolwijn en T. Kumpe, Toward the flexible factory, *The McKinsey Quarterly*, lente 1986.

7) L.U. de Sitter e.a., *Het flexibele bedrijf*, Kluwer, 1986.



Een nieuw gezicht op de zaak

(foto ANP)

Een van de belangrijkste kenmerken van de meeste nieuwe technologieën wordt gevormd door de toenemende functie-inhoud van onderdelen c.q. componenten: een glasvezelkabel kan hetzelfde als honderden conventionele koperkabels, een moderne halfgeleider bevat tienduizenden schakelingen, en een geïntegreerd metaal/kunststof-onderdeel vervangt vaak tien of meer voorheen aparte onderdelen. Het gevolg hiervan is dat producten opgebouwd worden uit steeds minder afzonderlijke onderdelen. Deze trend is algemeen waarneembaar: Swatch, de wederopstanding van de Zwitserse horloge-industrie, verminderde het aantal onderdelen van 150 tot 51, in een gemiddelde Ford nam het aantal onderdelen de laatste vijf jaar af van 30.000 naar 22.000, de Fiat-Fire-motor bevat 30% minder onderdelen dan zijn voorganger. Gelijksortige ontwikkelingen vinden plaats in versterkers, magnetron-ovens, personal computers, kopieerapparaten, compressoren, schrijfmachines en dergelijke.

Belangrijkste oorzaak van deze afname van het aantal onderdelen in produkten is de niet aflatende druk op verhoging van de efficiency. De door nieuwe technologieën mogelijk gemaakte multifunctionele onderdelen hebben een veel gunstiger prijs/prestatie-verhouding dan hun voorgangers, bovendien betekent de reductie in het aantal onderdelen een bijna evenredige afname van de arbeidstijd van het montage-traject. Op dit moment zien we dan ook dat produkten bewust geconstrueerd worden met een zo klein mogelijk aantal onderdelen. Daartoe worden onder meer analyses als 'Design for Assembly' op grote schaal toegepast bij produktontwerpen. Er ontstaat zo niet alleen een verlaging van de kostprijs van het gehele eindprodukt, maar ook de opbouw van de kostprijs verandert. Onderdelen en componenten bevatten een steeds belangrijker aandeel van de toegevoegde waarde van het eindprodukt.

De geschetste veranderingen hebben verstrekkende gevolgen voor toekomstige productie-organisaties. Ten einde deze nader te beschrijven wordt een onderscheid gemaakt tussen de eindmontage van produkten, het fabriceren van specifieke subsamenstellingen en het maken van onderdelen c.q. componenten.

Het assembleren van eindprodukten

Voor het assembleren van eindprodukten is de consequentie dat veranderingen in de productieprocessen niet al te veel bijdragen aan efficiency- c.q. produktiviteitsverbeteringen. Automatisering van deze activiteiten zal niet of nauwelijks rendabel zijn, of het nu gaat om starre of flexibele automatisering. Ook zullen voordelen door schaalvergroting te verwaarlozen zijn. De tot nu toe sterk tegenvallende resultaten van Cad/Cam-systemen in assemblagefabrieken tonen dit ook: in Hamtramck produceert General Motors in een hooggeautomatiseerde autofabriek met 5.000 medewerkers 220.000 auto's per jaar, dat wil zeggen 44 auto's per medewerker per jaar. Mazda produceert in de omgeving met 3.500 medewerkers in een fabriek zonder al die geavanceerde apparatuur 240.000 auto's per jaar, ruim 68 auto's per medewerker per jaar. General Motors heeft naar aanleiding van deze en soortgelijke ervaringen zijn ambitieus opgezette plannen met betrekking tot het automatiseren van zijn fabrieken fors teruggeschroefd en anderen zullen ongetwijfeld volgen 8). GM-Fanuc, de Amerikaans-Japanse robotfabrikant heeft eind 1986 30% van zijn medewerkers ontslagen en de verwachtingen zijn dat de Amerikaanse robot-industrie in de volgende jaren met dalende omzetten zal worden geconfronteerd 9).

Hoewel produktiemethoden en organisatiestructuren, zoals gezegd, weinig of geen invloed zullen hebben op verdere verhoging van de efficiency, zijn ze wel van essentieel belang voor het voldoen aan de andere twee markteisen, kwaliteit en flexibiliteit. Korte doorlooptijden, hoge kwaliteitsniveaus en gemotiveerde medewerkers zijn hiervoor essentiële voorwaarden en dit wijst in de richting van het opzetten van continue-stroomproducties, waarbij zeer veel aandacht is geschonken aan de sociale aspecten van de organisatie 10).

Het fabriceren van specifieke subsamenstellingen

Ook bij subsamenstellingen, zoals gemonteerde printplaten, tv-beeldbuizen of automotoren, zien we een afname van het aantal onderdelen zoals bij eindprodukten. Daarnaast zien we dat de onderdelen voor subsamenstellingen kleiner worden. Bovendien worden de maattoleranties veel nauwkeuriger. Voor het samenstellen van deze produkten zijn dan ook vaak zeer specifieke gereedschappen nodig. Subsamenstellingen kennen in veel gevallen ook een wat langere commerciële levensduur, de diversiteit is vaak wat kleiner dan bij eindprodukten en ze worden in grotere aantallen geproduceerd. Dit houdt in dat er meer positieve schaaffecten zijn dan bij de assemblage van eindprodukten. Bij de fabricage van subsamenstellingen is zodoende een hoge graad van flexibele automatisering te verwachten in de toekomst.

De componentenindustrie

We komen nu bij de derde en laatste categorie, het fabriceren van componenten c.q. onderdelen, zoals plastic of metalen onderdelen en elektronische componenten. Hier zien we dat de functionele eisen, gesteld aan de produkten, snel toenemen. Algemeen bekend in dit verband is de vooruitgang in de micro-electronica, maar ook in de metaal- en plastic-industrie gaan de ontwikkelingen snel.

In het algemeen gesproken is er een ontwikkeling zichtbaar van precisiemechanica naar ultra-precisiemechanica, van microntechnologie naar sub-microntechnologie en van kunststof of metalen onderdelen naar gecombineerde kunststof/metaal-onderdelen.

Dit stelt ongekend hoge eisen aan de procesbeheersing. Gezien de hoge en steeds hoger wordende investeringen die dat met zich meebrengt speelt schaalgrootte in deze industrie wel een rol, vooral bij elektronische compo-

8) Amal Nag, US auto makers find 'factory of the future' is headache just now, *The Wall Street Journal*, 16 mei 1986.

9) Craig D. Rose en Wesley R. Iveren, Automation industry faces a shrinking market, *Electronics*, 21 augustus 1986.

10) Larry Hirschorn, *Beyond mechanization. Work and technology in a postindustrial age*, MIT, 1986.

nenten. Het is daarom zeer waarschijnlijk dat de componenten- en onderdelen-fabricage in de toekomst een grootschalige, hooggeautomatiseerde en hoog-technologische operatie zal zijn.

De te verwachten ontwikkelingen voor de drie onderscheiden sectoren kunnen als volgt worden samengevat:

- de assemblage van eindproducten zal voor het grootste deel handmatig blijven geschieden in fabrieken die niet al te grootschalig zijn, bij voorbeeld het assembleren van auto's, videorecorders, stofzuigers of bromfietzen;
- het fabriceren van subsamenstellingen zal plaatsvinden met behulp van specifieke, flexibele automatisering, bij voorbeeld het met behulp van robots samenstellen van automotoren zoals de Fire-motor; het geautomatiseerd monteren van componenten op printplaten;
- de productie van componenten zal grootschalige, hooggeautomatiseerde fabricages vergen, zoals de nieuwe IC-fabriek van Philips in Nijmegen.

Concurrentiepositie

Uit de grote verschillen die reeds blijken uit de voorafgaande, globale analyse kan geconcludeerd worden dat de fabriek van de toekomst niet bestaat. Het ware dan ook beter te spreken van excellente fabrieken of van fabrieken met een toekomst dan van de fabriek van de toekomst. Ook blijkt dat bij zeer veel fabricage-activiteiten de onbemande fabriek nog zeer ver van ons verwijderd is; daarmee blijven de sociale aspecten van fabrieken ook in de toekomst van groot belang.

De leveranciers van componenten zullen in toenemende mate de prijs van eindproducten bepalen. Dit is een direct gevolg van de veranderde produktontwerpen, waarbij de componenten een steeds belangrijker deel van de toegevoegde waarde vormen.

Een sterke positie in de componentenindustrie is dan ook een essentiële voorwaarde voor een gezonde concurrentiepositie van een belangrijk deel van de Westerse industrie. In dit licht bezien is de overheersende en nog steeds groeiende positie van het Verre Oosten in elektronische componenten een grote bedreiging voor het Westen. De gevaren van de nog steeds toenemende trend, componenten vanuit het Verre Oosten (vooral Japan) te betrekken, kunnen als volgt samengevat worden:

- het veroorzaakt een belangrijk verlies aan werkgelegenheid, aangezien het grootste deel van de toegevoegde waarde in componenten zit;
- het maakt de Westerse industrie steeds afhankelijker van ondernemingen in het Verre Oosten, zowel wat betreft de verkrijgbaarheid van de noodzakelijke onderdelen als wat betreft kennis en know-how;
- het belemmert het opzetten van moderne nieuwe fabrieken die gestoeld dienen te zijn op principes als 'just-in-time', 'co-makship' en continue-stroomproductie, aangezien de praktijk heeft uitgewezen dat dergelijke fabricagesystemen alleen goed werken met regionale toeleveranciers.

Keuze

Uit het voorafgaande wordt duidelijk dat de vorm van toekomstige productie-organisaties beïnvloed zal worden door keuzen die gemaakt worden met betrekking tot zowel de plaats en functie van de productiefunctie als het karakter van de benodigde innovatie. Verschillende keuzen zullen daarbij leiden tot fundamenteel andere fabrieken (zie tabel 2).

Voor welke weg uiteindelijk gekozen wordt, hangt grotendeels af van de normen, waarden en kundigheden van het management, de staf en de technische afdelingen (11). De tabel schetst uitersten; in de praktijk blijken veranderingen het gehele spectrum ertussen te beslaan.

Veel discussies worden overigens geblokkeerd doordat

Tabel 2. Verschillende wegen naar toekomstige fabrieken

Productiefunctie van strategisch belang Technische en sociale innovatie Het management leiden	Productiefunctie van operationeel belang Technologische innovatie Technisch-specialisten leiden
Fabrieken op maat Beperkte arbeidsdeling Delegatie van bevoegdheden Decentralisatie Groepsverantwoordelijkheid Zoveel mogelijk zelf testen en inspecteren Medewerkers bepalen het tempo	Grootschalige fabrieken Ver doorgevoerde arbeidsdeling Weinig delegatie Centralisatie Individuele verantwoordelijkheid Gescheiden testen en inspectie Machines bepalen het tempo

verschillende belangengroepen het onderwerp teveel vanuit een eigen, beperkte, visie benaderen. Dit blijkt als we kijken naar de verschillende visies op de fabriek van de toekomst zoals we die in de literatuur tegenkomen:

- de onbemande fabriek. De fabriek gezien als één grote machine, liefst zonder verwarming en verlichting. Spontaan, wanneer er iets misgaat, gaan reparatieploegen de fabriek in. Deze visie ontstond aan het begin van de jaren tachtig en werd vergezeld van de slogan: „The robots are coming”. Robots worden niet moe, maken geen fouten en staken nooit. Dit beeld van de fabriek van de toekomst past bij een mechanistische kijk, met de werktuigbouwkundig ingenieur als stereotype;
- de informatieverwerkende fabriek. De fabriek gezien als geïntegreerd netwerk van informatieverwerkende systemen, waarbij programmeurs en informatie-analisten zorgdragen voor de informatieverwerking en de infrastructuur. In witte jassen gestoken medewerkers bedienen de terminals. 'Bits' en 'bytes' vergezellen de producten in wording, we zijn op weg naar de informatiemaatschappij. Deze visie past bij een rationeel beeld van de maatschappij, met de computer-expert als stereotype;
- de gemeenschapsfabriek. De fabriek gezien als gemeenschap, waaraan allen deelnemen en waar de scheiding tussen arbeid en vrije tijd grotendeels verdwenen is. Zware en/of onaangename arbeid is geautomatiseerd. De rest van het werk wordt door mensen verricht, daarbij terzijde gestaan door mensvriendelijke machines. Deze visie past bij een utopisch wereldbeeld, met linkse sociologen als stereotype.

Deze drie beschrijvingen bevatten elk een kern van waarheid: er zullen in de toekomst meer geavanceerde productiesystemen ingevoerd worden, informatieverwerkende systemen zullen een belangrijk onderdeel van toekomstige fabrieken vormen en de socio-technische aspecten van fabrieken zullen in veel gevallen van essentieel belang blijken.

Echter, de eenzijdige benadering van elk der beschrijvingen is er de oorzaak van dat de hieruit voortvloeiende toekomstbeelden slechts karikaturen zijn. Om tot succesvolle nieuwe productie-organisaties te komen zal een evenwichtige benadering nodig zijn, waarbij de verschillende facetten in samenhang worden meegenomen. De werkelijkheid is en blijft complex, het managen van de veranderingsprocessen is het managen van complexiteit.

De weg die uiteindelijk gekozen wordt, is ook afhankelijk van culturele, economische en technologische factoren. Zo zullen productie-organisaties, opererend op gelijksoortige markten, maar gevestigd in verschillende delen van de wereld, nu en in de toekomst op vrij veel punten verschillen. Er zijn meer wegen die naar Rome leiden en een wereldwijd geldende blauwdruk voor productie-organisaties zou geen ruimte laten voor de grote maatschappelijke verscheidenheid op onze planeet. In dit opzicht kan gesteld worden dat er bij de keuzevorming sprake is van cultureel determinisme.

11) Zie ook Wout Buitelaar en Ruud Vreeman, *Vakbondswerk en kwaliteit van de arbeid*, SUN, 1985.

Daarnaast is het duidelijk dat het in veel industriële sectoren noodzakelijk is, gedegen rekening te houden met financieel-economische ontwikkelingen in de wereld. Als zodanig is er ook sprake van economisch determinisme. Ten slotte geldt in veel industriële sectoren dat snel invoeren van nieuwe technologieën noodzakelijk is om een goede concurrentiepositie te handhaven. Daarbij kan sprake zijn van technologisch determinisme.

Dit mag echter, in het algemeen gesproken, niet leiden tot de gedachte dat de invoering van nieuwe technologieën ongehinderd en ongestoord doorgang moet vinden, waarbij de organisatie niets anders te doen staat dan zich aan de veranderende situaties aan te passen. Ongetwijfeld dienen industrieën technologisch gezien voorop te lopen. Dat houdt echter niet in dat er ten aanzien van het ontwerp en de wijze van invoering van die technologieën geen ruimte zou zijn voor andere overwegingen. Bedacht moet worden dat het succes van productie-organisaties in de toekomst grotendeels bepaald zal worden door de inzet en motivatie van alle betrokken medewerkers, evenals dat nu het geval is. Het gaat derhalve om de effectiviteit van het gehele systeem, het technisch en sociale systeem te zamen 12). Een aantal studies, gericht op de effectiviteit van nieuwe productie technologieën, bevestigt dit.

Sommige keuzen overstijgen de verantwoordelijkheid van individuele ondernemingen. De opkomst van Japan Inc. als productiecentrum, te zamen met een overheersen-

de positie in componenten, vormt niet alleen een bedreiging voor industrieën, maar voor het gehele geïndustrialiseerde Westen. De productie-industrie blijft de hoofdpijler voor het creëren van welvaart 13) en het Westen, in casu Europa zal zijn positie op het gebied van componenten, elektronische en fijnmechanische, moeten versterken.

T. Kumpe
P.T. Bolwijn

Dit artikel is een neerslag van een deel van het boek *Flexible manufacturing: integrating technological and social innovation* geschreven door P.T. Bolwijn, J. Boorsma, Q.H. van Breukelen, S. Brinkman en T. Kumpe, uitgegeven door Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1986.

* Beide auteurs zijn consultant bij Philips. De eerste auteur is tevens buitengewoon hoogleraar in de Technische Bedrijfsorganisatie aan de Katholieke Universiteit Brabant. De tweede auteur is tevens buitengewoon hoogleraar Technisch Management aan de Universiteit Twente.

12) Wickham Skinner, *Manufacturing: the formidable competitive weapon*, John Wiley en Sons, 1985.

13) G. Thomas Wachter, *Global strategies in manufacturing industries*, Report nr. 727, SRI International, 1985.



De informatieverwerkende fabriek: bits en bytes vergezellen de productie