

De wisselwerking tussen produktontwerp en het ontwerp van de produktiemiddelen

Citation for published version (APA):

Hoek, van der, W. (1968). De wisselwerking tussen produktontwerp en het ontwerp van de produktiemiddelen. *De Ingenieur*, 80(30), w165-w171.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1968

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

De wisselwerking tussen produktontwerp en het ontwerp van de produktiemiddelen ¹⁾

658.5

door prof. ir. W. van der Hoek, afd. Werktuigbouwkunde der T.H. Eindhoven, adviseur BM-RGT N.V. Philips

Summary: *Interrelationship between a product's design and the design of production tools.*

One of the principal conditions to be fulfilled by a factory is the optimal intertuning of its product's design and the tools to produce it in order to be able to maintain its position in the future. The consequences of this dictum are worked out, for products or their parts, being manufactured in a standardized way by more or less universal machines, as well as for products for which specially adapted tools are designed (Production mechanization).

These consequences are illustrated by a few examples, whilst the trend for the future is indicated likewise.

De titel van deze voordracht behelst een onderwerp dat ongetwijfeld aan de orde moet komen bij deze leergang, maar dat duidelijk aanleiding kan geven tot het intrappen van open deuren: het is immers iedereen zonder meer duidelijk dat deze wisselwerking bestaat. Als ik overga op de door mij bij voorkeur gebruikte formulering: 'Ontwerp van produkt en produktiemiddel als optimale éénheid', wordt de zaak al niet veel beter: in het algemeen gesproken is iedereen ervóór; word je specifiek, dan is het einde zoek. Het is ermee als met een pleidooi voor het huwelijk als optimale éénheid van man en vrouw: op de vraag: 'Raadt U mij aan te trouwen?', luidt het antwoord: 'Zeer zeker, natuurlijk'. Komt het probleem: 'Met wie dan?', dan kan de reactie niet méér zijn dan een schouderophalend: 'Weet ik veel'. Mag ik U voorstellen, ons - in het bewustzijn dat het nut van een voordracht als deze dus op zijn minst twijfelachtig is - toch nog wat nader te bezinnen op de nu aan de orde zijnde problematiek?

Wie bij de zich steeds verder doorzettende trend naar een open harde markt een omzet wil opbouwen en handhaven, moet komen met produkten van een bijzonder goed ontwerp (design), anders kan hij wel inpakken. Zijn produktontwerp moet in alle opzichten praktisch gesproken optimaal zijn. Zo moet het optimaal zijn afgestemd op de ervoor ter beschikking staande produktiemiddelen, maar omgekeerd geldt evenzeer dat de produktiemiddelen optimaal moeten zijn afgestemd op het

betrokken produkt. Vandaar, dat ik liever wil spreken over de optimale éénheid van produkt en produktiemiddel.

Een zelfde optimale éénheid ofwel vergaande wederzijdse afstemming moet er zijn tussen produktontwerp en organisatie (van de produktie) en tussen produktiekeus en -ontwerp en commerciële kanalen ('outlets').

Uiteraard moet het produktontwerp ook aangepast zijn aan de behoeften van de markt; aan de potentiële vraag dus, niet aan de echte vraag, want die vóóronderstelt kennis van het produkt. Bij nieuwe produkten, waar die kennis ontbreekt, moet men door voorlichting en reclame de vraag oproepen; zo kan men zelfs in het geval van marktbehoeften en produktontwerp spreken van een wederzijdse aanpassing! Hierop berust de uitspraak, dat het verschil tussen het oudste beroep en het beroep van de moderne industrieel voornamelijk daarin berust, dat het ene tegen betaling voorziet in natuurlijke behoeften, het andere echter tegen betaling in kunstmatig gecreëerde behoeften.

Nu zijn de behoeften van de markt, de commerciële kanalen en de organisatie van de produktie - hoe wisselend en variabel ook en hoe rijp voor kritisch onderzoek en reorganisatie - toch altijd vrij statisch in vergelijking met 'het ontwerp van produkt en produktiemiddel'. De huidige markt vraagt voortdurend vernieuwing en verbetering en zo zien wij steeds nieuwe produkten of althans varianten van produkten, gemaakt met steeds geperfectioneerdere produktiemiddelen door relatief stabiele produktie-organisaties en commerciële kanalen gemaakt en verkocht worden. Het ligt dan ook voor de hand, dat in deze leergang de aandacht vooral valt op de regelmatig weerkerende keuze-problematiek van de juiste produktiemethode voor een gewenste produktie en op de samenhang tussen produktontwerp en ontwerp van de produktiemiddelen.

In de enorme verscheidenheid van produkten en produktiemiddelen kunnen wij in het verband van deze leergang een geschikte onderscheiding maken tussen enerzijds die discrete produkten of onderdelen daarvan die op gestandaardiseerde en min of meer universele werktuigen (bijv. 'gereedschapswerktuigen') bewerkt worden, anderzijds produkten die in 'continue' processen gemaakt worden, met daartussen als derde groep de discrete produkten waarvoor specifieke produktiemiddelen ontworpen worden.

¹⁾ Voordracht, gehouden in het kader van de Leergang 'Produktie-techniek', 10 en 11 april 1968 aan de T.H. Eindhoven. Andere voordrachten van deze Leergang worden in later te verschijnen nummers van *De Ingenieur* opgenomen. Voor de aankondiging zie *De Ingenieur* 1967, nr. 50 blz. A 753.

Deze indeling is uiteraard noch scherp noch volledig. Zo kan men bijvoorbeeld de laatste groep weer onderverdelen in die gevallen waar het produkt zó uitzonderlijk is dat specifieke middelen ontworpen moeten worden om zelfs maar één zo'n produkt te kunnen vervaardigen en anderzijds de produkten die in serie- of massafabricage op specifieke produktiemiddelen goedkoper gemaakt kunnen worden.

Bij de laatste groep komt dan de vraag aan de orde, of men de specifieke produktiemiddelen nieuw zal ontwerpen ('Bedrijfsmechanisatie'), of dat de nodige machines bij een gespecialiseerde firma gekocht kunnen worden. Denkt U bijvoorbeeld aan machines voor de sigarenindustrie of voor de schoenindustrie, aan verpakkingsmachines of aan plasticspuitmachines en spuitgietmachines waar de matrices specifiek, maar de machine universeel is en bepaald geschikt voor serie- en massafabricage. In deze lijn verder denkend komt U dan op draaiautomaten, waar het programma met nokschijven wordt ingesteld, om dan via revolverbanken en numeriek bestuurd gereedschapswerktuigen ongemerkt uit de zopas gedefinieerde subgroep in de heel andere hoofdgroep van de universele gereedschapswerktuigen terecht te komen! Alweer een indicatie dat nut, gezag en toepasbaarheid van algemene beschouwingen als deze maar beperkt zijn!

Toch de gegeven indeling maar aanhoudend, komen wij dan eerst op de universele gereedschapswerktuigen als meest voor de hand liggend voorbeeld van universele produktiemiddelen. Zij zijn inzonderheid aangewezen voor enkel- en kleinserie-fabricage, hoewel zij veelal door allerlei voorzieningen (vullers, producttransfer, heel of halfautomatische opspaninrichtingen, enz.) nog heel ver méé kunnen groeien als een oorspronkelijk voor seriefabricage ontworpen produkt tot massaproduct uitgrøit. De voor de beoogde fabricage benodigde machines worden bij gerenommeerde fabrikanten van gereedschapswerktuigen gekocht; de eigen technische inbreng in dit stadium omvat dus géén machine-ontwerp maar wel de volledige keuze-problematiek, de technische specificatie, eventuele aanpassing van de aangeboden machines, de opstelling van de machine en de werkplaatsindeling en voorts alles wat er aan speciale gereedschappen, opspaninrichtingen, eventuele vullers, enz. nog bij pleegt te komen.

In veruit de meeste gevallen echter staat het bij het ontwerp van produkten voor enkel- en kleinserie-fabricage al tevoren vast dat er geen enkel nieuw gereedschapswerktuig gekocht zal worden, maar dat de fabricage zal geschieden in een bestaande werkplaats met een gegeven machinepark. Dit nu heeft grote consequenties voor het ontwerp. Enerzijds legt het de ontwerper grote beperkingen op, anderzijds betekent het een extra uitdaging. Een goed inspelen op de mogelijkheden van de bestaande machines en ook op de bestaande ervaring, het vakmanschap, de reeds eerder door de werkplaats vertoonde 'foefjes' en ontwikkelde speciale gereedschappen, maakt het mogelijk waardevolle kwaliteitsprodukten te ontwerpen en te maken, zonder de nieuwe investeringen die men daarvoor normaliter noodzakelijk zou achten. En – nog in het midden latend of men de vrijgekomen middelen nu moet besteden aan consumptie, ontwikkelingshulp of andere investeringen – wil ik toch wel stellen dat het met overleg overbodig maken van investeringen vóórdát ze in feite al gedaan zijn tot de meest verdienstelijke bezigheden behoort, die elke werkgever dan ook passend zal dienen te belonen.

Voorwaarde voor deze zo aantrekkelijke ontwikkeling is een uitstekend samenspel tussen werkplaats en produktontwerper: van de hoogste baas tot de jongste hulp moeten zij zich leden weten van één team, verantwoordelijk voor elkaars werk. Het

staat nu zo zachtjesaan wel vast, dat iedere werkplaats die daar behoefte aan heeft glashard kan aantonen dat de lui van de tekenkamer 'klunzen' zijn, die op de meest stomme manieren het onmogelijke vergen waar dit helemaal niet nodig is. Omgekeerd kan iedere constructeur de bewijzen op tafel leggen, dat die 'sukkels' uit de werkplaats amper een tekening kunnen lezen, de ene stommitieit na de andere uithalen en zonder enige waarschuwing alles dóórlaten bij de controle.

Beiden hebben namelijk gelijk. Zij moeten slechts beiden het uitgangspunt herzien: maakte niemand een fout, dan leefden wij in een utopia, dat wellicht ondraaglijk saai zou zijn; het gaat erom, één team te vormen waarin de een de ander behoedt voor fouten (anticiperen en opvangen achteraf) en waarin men tracht op efficiënte wijze het gestelde doel te bereiken met zo veel mogelijk voldoening en levensvreugde voor elk der betrokkenen. Kortom: in ontwikkeling en fabricage moet men dezelfde doeleinden nastreven en daartoe dezelfde instelling en benaderingswijze ontwikkelen als in het verkeer en in elk ander aspect van onze samenleving. Het ligt allemaal erg voor de hand, het is erg simpel en er is géén alternatief!

Is er nu met die betere afstemming van produktontwerp op de bestaande produktiemiddelen, waar wij het over hadden, werkelijk zoveel te verdienen? Hierop zeg ik volmondig: ja! Het is natuurlijk moeilijk om met concrete cijfers te komen; ik construeer liever dan dat ik statistiek bedrijf, maar ik zou mij toch willen wagen aan de volgende stelling: de produkten die in Nederland op de markt worden gebracht, konden bij een beter doordacht en beter aan de produktiemiddelen aangepast ontwerp gemiddeld één derde goedkoper zijn. Voor instrumenten in wetenschappelijke research, industriële research en medische wetenschappen schat ik zelfs: de helft! De enorme spreiding in wat er uit verschillende produkten blijkt t.a.v. intelligentie en 'inleefvermogen' van de diverse ontwerpers wettigt immers de verwachting, dat het gemiddelde produkt in eigenschappen en kostprijs bijzonder zou verbeteren als alle constructeurs zich de kwaliteiten van de besten onder hen konden verwerven.

Dit leidt tot de vraag naar onderwijs en opleiding. Hierop zou ik nu niet nader willen ingaan; ik moge volstaan met te verwijzen naar wat ik bij een eerdere gelegenheid te berde heb gebracht omtrent de vraag: 'kan men construeren leren?' ('Construieren als confrontatie tussen kritiek en creatie', inaugurele rede T. H. E., 19 oktober 1962; grotendeels weergegeven in *De Constructeur*, jrg. 1, nr. 12, december 1962.)

De opdracht voor mijn eindstudenten bestaat steevast uit het ontwerp van een werktuig (een constructie of een mechanisme of enig ander 'tuig' dat ècht moet werken), aangepast aan de mogelijkheden van een met name genoemde fabriek of werkplaats. Deze toevoeging acht ik essentieel; hoe anders kan de student leren om zich in concreto te verdiepen in de wisselwerking die er ook in dezen bestaat tussen produktontwerp en produktiemiddel! Bijzondere verdienste acht ik gelegen in ontwerpen die binnen het bereik van de volwas doe-het-zelf-er gekomen zijn; van een in mijn groep bij Philips ontworpen micro-manipulator die in X en Y op 0,1 micron en in ϕ op 0,000004 radialen nauwkeurig is, vind ik het de grootste charme dat ik hem in één middag zelf thuis kan maken. En voor alle zekerheid: ik haal nauwelijks één 'pijlte' (bewerkingsteken ∇), laat staan de 'drie zwarte' die je hiervoor nodig zou achten!

Niet alleen in het hele slimme, ook in het gewone routine-werk van alledag is veel te bereiken met zo'n goede afstemming op de beschikbare werktuigen. Het monotekeningensysteem werkt dit in zeker opzicht in de hand: men kan per mono streven naar een minimum aantal bewerkingen op gewone

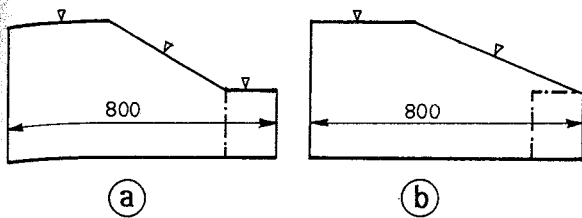


Fig. 1. Aanduidingen voor een te schaven plaatrand (a. verwerpelijk, indien b. evengoed aanvaardbaar is).

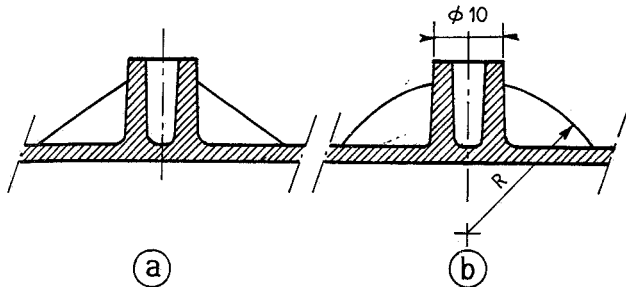


Fig. 2. Steunruggen in plastic spuitproduct. Uitvoering b. te verkiezen boven a.

gereedschapswerktuigen. Bijna altijd is het nog wel mogelijk om wat te verdienen door samenwerkende onderdelen zó aan te passen, dat het ene alle draadgaatjes bevat (en tot opluchting van bestellers, monteurs en onderhoudsmensen dan nog zo weinig mogelijk verschillende soorten draad, en per draadsoort één type en lengte boutjes!), terwijl het andere alle verzonken inwendig-zeskantkoppen moet bergen. Analoge verhalen gelden voor draaien, schaven, frezen, harden en slijpen.

Tenslotte is het aantal bewerkingen per onderdeel in hoge mate bepalend voor de kostprijs en de levertijd ervan. Nieuwe mogelijkheden tekenen zich echter hierbij af: automatisering en numerieke besturing, die zich vooral voor de seriefabricage wellicht zullen doorzetten op nieuwe typen machines (eerder 'bewerkingscentra' te noemen), waarvoor een nieuwe stijl van ontwerpen en een heroriëntatie van de ontwerpers nodig is. Ir. Huizing en ir. Van Lammeren zullen deze aspecten ongetwijfeld aan de orde stellen.

Wat er verder nog aan besparingen mogelijk is als de constructeur zich maar voortdurend voor de geest haalt wat de consequenties van zijn beslissingen zijn, is U waarschijnlijk uit eigen ervaring wel voldoende bekend. Ik wijs erop dat elke lijn, elke maat en elke tolerantie op de tekening een beslissing van de constructeur voorstelt, met zijn consequenties voor de kwaliteit, het functioneren, het dynamische gedrag, de levensduur, het onderhoud, de maakbaarheid, de kostprijs en alles wat daarmee samenhangt. Wat de maakbaarheid betreft, moge ik mij hier tot de volgende uitspraak beperken: stel dat een bedrijfsfunctionaris een employé ontbiedt en hem vervolgens enkele uren laat antichambren. De man zou het niet nemen (afhankelijk van instelling en generatie zou hij het nog net nemen, het via de vakbondsvertegenwoordiger in de kern ter sprake laten brengen of zelf 'handelend' optreden), men zou er schande van spreken en de betrokken functionaris zou terecht als ongeschikt beschouwd worden. Geldt hetzelfde niet voor de tekenaar of constructeur die de rand van een plaat laat schaven

volgens fig. 1a als het volgens fig. 1b evengoed kan, of steunruggen in een plastic spuitproduct voorschrijft volgens fig. 2a als het volgens fig. 2b óók had gekund?

Als bezwaar van het monotekeningensysteem wil ik nog even noemen het feit dat de constructeur niet snel geïnspireerd wordt tot het voorstellen van 'het nákalibreren van verzameltoleranties', en als hij al op het idee komt betekent het soms nogal veel werk om alles netjes en ondubbelzinnig op monotekeningen vast te leggen. Ik doel nu op de soms bijzonder verrassende nauwkeurigheid die men op zeer middelmatige machines kan bereiken door bewerkingen aan gedeeltelijk gemonteerde of zelfs al gedeeltelijk functionerende constructies, of door bewerkingen op of met slim bedacht (vaak de uiteindelijke functie imiterend) hulpgereedschap.

In de voorgestelde indeling stelden wij tegenover de nu besproken discrete producten voor enkel- of seriefabricage op standaard gereedschapswerktuigen, de 'continue productie' op specifieke apparatuur. Men denke aan metaalbewerking door walsen, continu-gieten, trekken, enz., aan stadia uit de papierfabricage en de rubberverwerking (kalanderen bijv.) en aan de talloze voorbeelden van continue productie in de chemische procesindustrie.

Het is duidelijk, dat zeker ook hier sprake is van een sterke wisselwerking en een wederzijdse aanpassing tussen product en produktiemiddel. Bij de chemische procesindustrie zijn de toegepaste bewerkingen veelal terug te voeren op een beperkt aantal hoofdfuncties, zoals extractie, rectificatie, kristallisatie, verdampen, drogen, filtreren, mengen, zeven, enz.; de zogenaamde 'unit operations' uit de fysische technologie (zie o.a. 'Het samenspel der Technologieën', inaugurele rede T.H.E., 8 okt. 1965, prof. dr. ir. H. A. C. Thijssen). De hierdoor mogelijke standaardisatie betreft meestal meer de methodiek en de berekening dan de uitvoeringsvorm en meestal zal dan ook bij een nieuw product een nieuwe opstelling of fabriek ontworpen worden, zij het dan ook met veel hulp van eerder opgedane ervaring en verworven inzicht. Het is een belangrijk en belangwekkend gebied, dat een bijzonder sterke groei vertoont. Het is echter als 'chemical engineering' slechts zijdelings betrokken bij het onderwerp van deze leergang, dat immers 'production engineering' zou kunnen heten.

Uitdrukkelijk wél bij deze leergang betrokken is het grote tussengebied van de discrete producten die – meestal in grote hoeveelheden – gemaakt worden op specifieke produktiemiddelen. Zo ergens, dan is hier de mogelijkheid geopend om door het ontwerp van product en produktiemiddel als optimale éénheid te komen tot efficiënte voortbrenging zonder onnodige investeringen en onnodige arbeidsinspanning van goedkope producten van goede en constante kwaliteit. Het is een onderwerp dat mij na aan het hart ligt en ik heb er dan ook vier jaar geleden bij een vakantieleergang. 'Mechanisatie van de Industriële productie' in Delft een voordracht aan gewijd ('Wat is Bedrijfsmechanisatie', *De Ingenieur*, 1964, nr. 32, 7 augustus). Was de bedrijfsmechanisatie aanvankelijk vooral gericht op het vervangen van menselijke spierarbeid, naarmate de computer doortziet, komen wij ook tot een steeds verdergaande eliminatie van overbodig geworden denkwerk. U zult het mij niet kwalijk nemen als ik dit ook enigszins op mijzelf betrek en liever mijzelf citeer dan nieuwe formuleringen te bedenken voor bruikbaar en zinvol gebleken 'subroutines'.

Na een pleidooi voor aantrekkelijker alternatieven, zoals het laten vervallen van bewerkingen, het op uiterst goedkope wijze voorzien in de behoeften door slimme kleine trucjes, of – als het dan écht niet zonder machines kan – het kopen van door

anderen ontwikkelde machines, kom ik dan eindelijk tot de bedrijfsmechanisatie in engere zin: het ontwerpen van nieuwe machines voor de mechanisatie van de eigen produktie.

'Voor welk produkt en welke produktiemethoden moet zo'n machine geschikt zijn? In eerste instantie denkt men aan het produkt zoals het altijd was en de methode waarop het tot nu toe met de hand gemaakt werd. Wie deze conceptie als uitgangspunt kiest, komt onvermijdelijk terecht bij de bekende armen- en benenmachines met allerlei handjes en tangetjes en grijpbeweginkjes. Zo'n machine is vaak heel ingenieus en altijd reuze leuk, maar zonder ook maar één alternatief te kunnen noemen zeg ik: de machine is wellicht goed, maar de methode is fout, het produkt is fout en het gevoel dat men economisch produceert en tegen alle concurrentie in zich zal kunnen handhaven is fout.

Stelt u zich voor: een breimachine die met twee pennen zit te knutselen; een naaimachine die met slimme handjes de naald van onderen doortrekt en weer door het goed terugsteekt; herinnert u zich de 'selfactor': het volmaakt gemechaniseerde spinrokken, dat u alleen nog in musea terugvindt.

Blijkbaar gaat het dus niet om produktiemiddelen voor een gegeven produkt en een vastgelegde produktiemethode, maar om een integrale aanpak van het hele industriële gebeuren: om de eenheid van produkt en produktiemiddel. Wat denkt u van een machine om stekkers aan netsnoeren te monteren, met vullers voor halve huisjes, voor stekkerpennen en voor twee of drie soorten schroefjes, met allerlei handjes voor het neerleggen, insteken, vasthouden, inschroeven, afhechten, enz.? Mij dunkt dat in massafabricage de aangespoten stekker met zijn tweevoudige puntlas plus één spuitschot het pleit al gewonnen heeft. Of vergelijkt U de coronasigaar met de bolknak: waarom zouden wij de fabrikant dwingen tot het maken van een omwentelings-ellipsoïde uit een vlak dekblad, als het met een cilinder net zo goed kan?

Het komt erop neer, dat u niet alleen vanuit het produkt naar de technologie toedenkt, maar ook eens vanuit de technologie naar het produkt. Tomado kon op een gegeven ogenblik goed en op industriële schaal knutselen met ijzerdraad: afknippen zonder scherpe puntjes, puntlassen die niet lossprongen, goede bescherming tegen corrosie. Deze technologie werd achtereenvolgens op allerlei produkten toegepast en probeert u nu nog eens zo'n houten afdruiprek te krijgen, waar u voor de oorlog de afwas op moest zetten!

Ook in mijn werkring bij Philips zijn voorbeelden hiervan te over: een etstechniek ontwikkeld voor de fabricage van fijne metaalzeeftjes die destijds niet nauwkeurig genoeg gestampt konden worden, werd toegepast voor fabricage van bedrukte panelen voor elektronische circuits, gaf toen aanleiding tot een geheel nieuwe conceptie voor schakelaars in miniatuuruitvoering, die uit metaalband geëst waren en is nu één van de verworvenheden van waaruit produktontwerper en B.M.-man gezamenlijk denken.'

De zojuist geciteerde voordracht gaat dan verder met de stelling dat de B.M.-man tot ver over zijn oren in de bedrijfspolitiek zit, in de contacten, het 'omgaan met mensen' – zoals dit ten onrechte wel eens specifiek wordt gesteld voor bepaalde niet-constructieve richtingen waarin de werktuigkundig ingenieur werkzaam kan zijn en tegenwoordig ook kan afstuderen. Immers, ook voor hem, ja juist voor hem zijn contact, verantwoordelijkheid, teamwork en samenspel de kern waar alles om draait. Hij moet de topleiding voorlichten over de technische mogelijkheden op het gebied van technologieën en produktiemiddelen.

T.o.v. de fabricage heeft hij zijn medeverantwoordelijkheid voor planning en lay-out, voor tijdige levering van machines en gereedschappen, voor onderhoud en verbetering. Hij heeft veelal de verantwoordelijkheid voor de fysieke werksituatie: de opstelling en Bedienbaarheid van machines en gereedschappen. Hij moet zich dus inleven in de situatie van de betrokken werker en in alle aspecten van de ergonomie: de kennis van het samenspel tussen mens en machine.

Maar bovenal is er: het samenspel met de produktontwerpers. Met hen moet hij overleggen hoe de beste aanpassing van produkt en produktiemiddel te vinden is; het gaat niet om een goed produkt en een goede machine, veel eerder moet de combinatie van produkt en produktiemiddel als optimale éénheid ontworpen worden! Het teamverband, dat ik hier schets, kan in een kleiner bedrijf of voor een kleiner project best geconcentreerd worden in één man, maar dan moet dat ook wel een bijzonder slimme figuur zijn. Zulke mensen zijn niet dicht gezaaid maar de bestaan, anders hadden wij nu geen veiligheidsspelden en drukknopen, paperclips en wasknijpers.

In veel constructies – en laten wij ons voor het gemak maar bij de alledaagse voorbeelden houden – herkent men de constructeur; vaak heb ik het gevoel dat ik de constructie ziende méér van de man begrijp, dan wanneer ik uren met hem in vergaderingen had gezeten. In elk geval ziet men hoe hij positie koos in het spanningsveld tussen produkt en produktiemiddel; enkelen zitten midden in de roos, van anderen is nog goed te zien uit welke hoek zij oorspronkelijk kwamen en hoe zij met vallen en opstaan tenslotte het min of meer geslaagde compromis bereikten.

Gevraagd: een molentje om kaas te raspen. Problemen: hoe werkt men harde korstjes op zonder de vingers te bezeren, hoe verdeelt men de kaas gelijkmatig over het gerecht en hoe zet men deugdelijk en goedkoop een zwengeltje vast op een as? (U realiseert zich toch, dat met uitzondering van de dure maar voor grote assen wel toegepaste S.K.F. hydraulische klemkoppeling er nog geen manier is bedacht om een naaf behoorlijk op een as vast te zetten? 'Behoorlijk' is dan: zonder de zaak bij het vastzetten excentrisch te trekken of axiaal te verschuiven, axiaal instelbaar – om van tangentiale instelbaarheid maar niet te spreken – losneembaar en in staat het askoppel over te dragen.) De oplossing toon ik U hier, voor drie à vier gulden in elk warenhuis verkrijgbaar. Het bedrijf dat deze constructeur in dienst neemt, is 'binnen'.

De bekende relatief goedkope stoeltjes voor café's en vergaderzalen leveren mooie voorbeelden op: de oudere ontwerpen zijn gebaseerd op de bekende houtbewerkingstechnieken als pen-en-gat verbindingen en ingelijmde houten klampen. Multiplex en stoombuigen gaf mogelijkheden tot beter vormgeving en wat beter houvast in de markt tegen de opkomende pijpenbuigers. Deze werkten bij voorkeur met verchroomde buis en splitsten zich wat de afwerking der einden betreft in de pletters en de dopopzetters. Al of niet lassen was een volgend punt (alternatieven: klemverbindingen en felsnagels). Zittingen en leuning, aanvankelijk uit gebogen multiplex, bleken in kunststofplaat een sterke troefkaart. Het plotseling opkomende vlechtwerk van plastic snaar en buis werd terugverwezen naar buiten-terras en camping. Achter de pijpenbuigers rijzen dan de stripzetters op, niet langer verchroomd maar zwartgemoffeld. Machines ontworpen om stoelen te maken, stoelen ontworpen om op die machines gemaakt te worden; produkt en produktiemiddel als een – voor de hedendaagse techniek – optimale éénheid. De pijpenbuigers konden nog vooruit met vierkant en rechthoekig profiel en met standaard U-profielen; terras en camping beheersen ze nog. Kantoor, kantine en vergaderzaal zijn echter veroverd door de zwart-gemoffelden.

Veel van dergelijke overgangen zijn U ongetwijfeld uit eigen ervaring bekend. Ik noem er enkele: frames voor dieselmotoren uit gietijzer of uit staalplaat gelast, tafels en lichte machineframes uit hoekijzer of uit gezette plaat, brievenbussen uit gietijzer, staalplaat of polyester-glasvezel, enz. Een leuk voorbeeld is een eindstudie-ontwerp voor een opnametafel voor teken- en trucfilm, twee meter hoog en bijna twee meter breed, met vier werkvlakken die in X-, Y- en Z-richting op ca. 0,1 mm nauwkeurig gepositioneerd moeten kunnen worden. In plaats van de gebruikelijke gietijzeren kolommen en sleden is hier het gehele apparaat gemaakt uit gezette staalplaat van 1 mm. Zulke platten doosconstructies kunnen zowel qua vormgeving als qua fabricage bijzonder charmant zijn; zij zijn trouwens in de automobieltechniek algemeen toegepast als 'zelfdragende carrosserie'.

De samenhang tussen produkt en produktiemiddel is een bijzonder belangrijke factor bij beschouwingen over de ontwikkeling van de industrie en de trend voor de verdere toekomst.

Allereerst is er de ontwikkeling van EEG en EFTA die leidt tot een schaalvergroting, waarbij de industrie tracht om o.a. door fusies te komen tot grotere en economisch sterkere eenheden. Daarbij is er enerzijds in de hardere markt een streven naar mindere (bijv. conjuncturele) kwetsbaarheid door *marktverbreding*. Anderzijds is er – nu bij de snelle technologische ontwikkeling in geen enkel bedrijf voldoende intellect en kapitaal beschikbaar is om alle technologieën up to date te bedrijven – een sterke trend naar *specialisatie*. Uiteraard zijn markt- en artikelverbreding en specialisatie strijdige begrippen en elke bedrijfssector zoekt zijn eigen compromis.

Zo voegen onze werven, die vroeger elk voor zich reparatie en nieuwbouw bedreven, maar dan liefst wel met eigen ketel-, turbine-, tandwielkasten- en motorenbouw, zich samen tot groepen, waarin bij voorkeur ook een of meer bedrijven worden opgenomen die niet 'van de waterkant' afkomstig zijn. Zo'n groep richt zich naast scheepsbouw en -reparatie ook tot de chemische industrie, de energievoorziening (centrales en apparatuur voor kerninstallaties) en zelfs op de industriële bouw-nijverheid. Intussen komt het binnen de groep tot een zekere specialisatie: elke partner kan één van de vroeger al bedreven activiteiten sterk ontwikkelen en uitbreiden, om voor de andere op zijn collega's terug te vallen.

Andere bedrijven stellen hun produktiemiddelen, technologieën, ervaring en 'vakmanschap' centraal en zoeken nieuwe produkten bij een bestaand bedrijf. Ik noemde U al Tomado; ook een radiofabriek die T.V.'s en elektrofoons gaat maken is een duidelijk en vanzelfsprekend voorbeeld hiervan.

De overgang door één fabrikant van radiobuizenfabricage op transistoren en vandaar op integrated circuits is een heel ander geval. Hier wordt éénzelfde markt (die voor actieve elektronische componenten) vastgehouden ten koste van radicale omwentelingen in technologie en produktiemiddelen en -methoden. Iets dergelijks deed zich voor toen rijtuigfabrikanten (bij een latere start: aanhangwagenfabrikanten) zich begaven in de automobielbouw. In deze twee voorbeelden is de éénheid van de markt duidelijk. Waar dit wat minder opvallend was, zijn wellicht kansen gemist: scheepsbouwers noch fabrikanten van spoorwegmaterieel hebben zich erg geïnteresseerd voor de vliegtuigbouw, hoewel het duidelijk één markt betreft: 'personen- en vrachtovervoer'. Mij dunkt trouwens dat het met de Hovercrafts weer net zo gaat!

Uitbreiding van de markt door bestaande verkoopkanalen, ten koste van geheel nieuwe investeringen in produktiemiddelen, ziet men bijv. bij de vele bedrijven die 'alles' leveren voor één be-

drijfstack, bijv. voor de slagerij: van vleesmolens tot worststeel; 'Indola', die de kappers voorzag van cosmetica tot tondeuses. Een op de verkoopkanalen gebaseerde artikelverbreding ziet men ook bij bijv. radiofabrieken die scheerapparaten en wasmachines gaan maken. Een scheermesjesfabrikant die elektrische scheerapparaten gaat verkopen, baseert zich juist niet op het verkoopapparaat, maar op de wens om hoe dan ook in de behoefte – cleanshaveness – te blijven voorzien.

Samenvattend zou ik willen stellen dat in de toekomst grote kansen liggen voor kleinere gespecialiseerde bedrijven en voor breder opgestelde grotere bedrijven, maar dat voor beide onvoorwaardelijk geldt dat zij een voortreffelijk produkt brengen van goede en constante kwaliteit voor een prijs die wel niet marginaal hoeft te zijn, maar die toch ook geen voortdurende uitdaging voor outsiders betekent om met wat inventiviteit en ondernemerszin de markt voor hun neus weg te kapen. Het ontwerpen, fabriceren en met winst verkopen van een goed produkt is een compleet industrieel gebeuren, waarbij een groot aantal factoren een rol speelt. Populair gezegd: er zijn altijd nog ontzettend veel redenen waarom het mis kan gaan. Je bent echter nergens als er geen uitgangspunt is in de vorm van een goed produkt. Het zal u duidelijk zijn, dat ik in dit verband in het bijzonder de nadruk leg op het *ontwerp* van dit produkt en wel het ontwerp ervan in samenhang met de keus of het ontwerp van de *produktiemiddelen*.

Om, zij het dan ook in algemene zin, U enkele inzichten voor te leggen over de verhouding tussen het ontwerpen en de procesbeheersing, wil ik het gehele industriële gebeuren even neerslaan in een plat vlak. Uit de gekozen term 'neerslaan' blijkt reeds, dat hier de waarheid 'geweld' wordt aangedaan, en wel zodanig dat elke praktische toepasbaarheid hoogstens kan berusten op louter toeval! Dit is dan de derde maal dat ik U waarschuw voor de betrekkelijkheid van beschouwingen als deze. Evenwel, het toeval laat zich uitdagen: het beeld dat ik U zal schetsen heeft mij reeds vaak geholpen om de dingen beter te doorzien.

In een grafiek wil ik langs de verticale as uitzetten de 'te brengen offers', hoe dan ook gedefinieerd en gemeten, bijv. in termen van 'effort' of 'prijs'. Hoe lager een ding langs deze as staat ingeschaald, hoe minder moeite en inspanning het mij kost om zulke dingen te maken of ze mij te verschaffen. Langs de horizontale as zet ik uit de 'beperkingen in specificatie'. Fijne, nauwkeurige, aantrekkelijke, begerenswaardige dingen zitten dicht bij de oorsprong; hebben zij méér nadelen of beperkingen en heb je er minder plezier van, dan komen ze verder naar rechts. Ook hier missen wij de maat aller dingen, en ik hoed mij er dan ook voor numeriek te worden en getallen langs de assen te zetten. Toch laat zich aanvoelen dat een bepaald produkt weergegeven wordt door één punt in deze grafiek, bijv. punt A in fig. 3. Het zal U duidelijk zijn dat de ontwerper

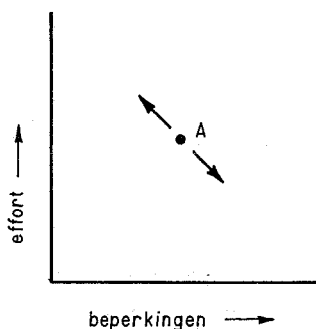


Fig. 3. Weergave van een bepaald produkt met betrekking tot 'effort' en 'beperkingen'.

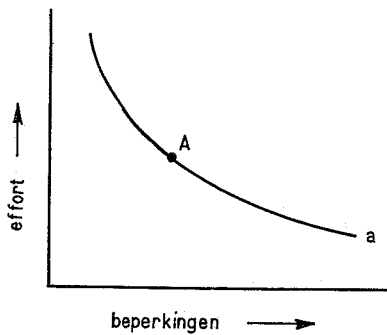


Fig. 4. Kromme waarop varianten van A gelegen zijn.

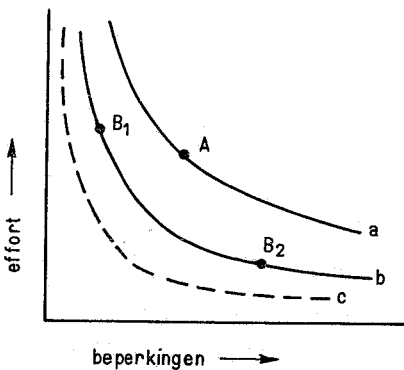


Fig. 5. Krommen van diverse concepties: 'beter' = meer nabij de assen gesitueerd.

van dit product het best een klein beetje goedkoper had kunnen maken, maar dan was het ook iets minder aantrekkelijk geweest; hij had een metalen stangetje bijv. niet kunnen laten verchromen, maar dan zou het eerder roesten. Ook had hij het wel iets aantrekkelijker kunnen maken door in de uitwerking wat verfijningen voor te schrijven, maar dan was het natuurlijk wel iets duurder geworden.

De ontwerper kan kennelijk door kleine varianten in de uitwerking van zijn ontwerp het punt A in fig. 3 nog verschuiven in de richting van de pijltjes. Dit brengt ons tot de gedachte dat de ligging van punt A in fig. 3 eigenlijk niet zo erg belangrijk is: A is de min of meer van detailvragen afhankelijke ligging van het onderhavige product op de in fig. 4 weergegeven kromme, die alle mogelijke varianten weergeeft van het veel wezenlijker aspect van het ontwerp, dat ik maar 'conceptie' zal noemen. Als de constructeur een helder idee krijgt omtrent de principiële oplossing voor de problemen die hij zich heeft gesteld, dan vindt hij een 'conceptie'; een lijn in onze grafiek. Pas als hij tot nadere uitwerking overgaat en de constructie in alle details vorm en gestalte geeft, kiest hij op de grafiek het concrete punt, waarmee zijn produkt in de markt komt te staan als 'value for money'.

Toch zal de constructeur liever over concrete dingen praten dan over de veel vagere 'concepties'. Hij denkt in principes, maar haalt zich de zaken meteen in detail voor ogen en brengt ze ook in die vorm onder woorden. Heel vaak merkt men nu in een gesprek tussen constructeurs die bezig zijn een beter product te ontwerpen, dat hierdoor misverstanden ontstaan. Zolang onder 'beter' alleen wordt verstaan 'beter aangepast aan de markt' door verschuiving van punt A langs de bij zijn conceptie horende kromme, gaat alles best. Zoekt men echter naar een betere conceptie, dus bijv. naar kromme b in fig. 5, dan ontstaan er moeilijkheden. De uitvinder praat immers niet over 'kromme b', maar hij doet een concreet voorstel, neerkomend bijv. op punt B₁ in fig. 5. Ogenblikkelijk roepen alle omstanders dat het wel aardig lijkt maar véél te duur is: duurder dan wat wij nu

hebben (punt A). De uitvinder voelt, dat hij toch gelijk heeft en komt met een nieuw voorstel; ditmaal héél goedkoop (punt B₂). Iedereen erkent dat het goedkoop is, maar het is dan ook zóveel slechter dan punt A, dat hem verder het woord wordt ontnomen en hij beschaamd zwijgt, zoals dat een introverte uitvinder past. En daarmee mist het bedrijf dan de kans om met produkten volgens conceptie b een markt te verwerven of te behouden, waarin conceptie a kansloos is. Moraal: zie de conceptie, de nog op allerlei wijzen te variëren grondgedachte, los van de eventueel met nadelen behepte uitvoeringsvorm waarin hij naar voren wordt gebracht.

Het is blijkbaar de taak van de ontwerper, van de ingenieur-constructeur zo U wilt, om steeds te zoeken naar betere concepties, om van kromme a naar kromme b te gaan en vandaar naar een kromme c, om a.h.w. te zoeken naar een steeds lagere waarde voor de constante voor het produkt van 'effort' en 'beperkingen'; een produkt dat, zoals de wet op het behoud van ellende ons leert, in principe constant is.

Met het zoeken van een zo gunstig mogelijke conceptie is de taak van de ontwerpers natuurlijk nog niet afgelopen. Integendeel: na de paar procent inspiratie wacht het vele werk: het in detail uitwerken van zowel de conceptie als de uitvoeringsvorm van het produkt, de keuze dus van de ligging van het punt op de kromme. Reeds eerder sprak ik U over dit werk, over 'Fertigungsgerechtes Konstruieren' en over monotekeningen, enz. U weet hoe belangrijk dit werk is, hoe gemakkelijk een project in deze fase kan mislukken, hoezeer men geneigd is dit werk te onderschatten en de tekenaars en constructeurs die het doen te onderwaarderen.

Wordt nu het produkt in werkelijkheid verwezenlijkt met precies de beoogde aantrekkelijkheid (performance, specificatie) tegen precies de verwachte moeite en kosten? Neen natuurlijk: zowel de gebrachte offers als het verkregen resultaat kan meef of tegenvallen. In enklafabricage komt het produkt in onze grafiek dus op zijn best als een punt in de buurt van het bedoelde punt te liggen, in massafabricage krijgen wij een wolkje van puntjes, en het is al heel mooi als dat wolkje tamelijk gecomprimeerd is rond het bedoelde punt (bijv. punt C in fig. 6).

Nu is ook duidelijk te zien wat in onze grafiek de invloed is van 'procesbeheersing': hoe beter de fabricageprocessen beheerst worden, hoe meer de verkregen punten samenvallen met het streefpunt.

Met een wat vrije hantering van de tachtig-twintig-regel stel ik nu, dat men bij wisselende kwaliteit van zijn produkten op de markt een naam krijgt die voor twintig procent van deze produkten aan de tē optimistische kant en voor de (betere) tachtig procent van deze produkten aan de tē pessimistische kant zit. Eveneens stel ik, dat de produktiekosten op analoge wijze ongunstig beïnvloed worden door slechte procesbeheersing.

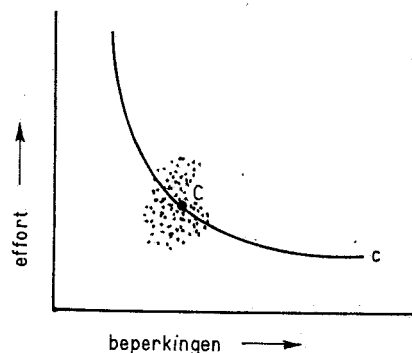


Fig. 6. Groepering der uitkomsten in de omgeving van het optimum (punt C) bij massafabricage.

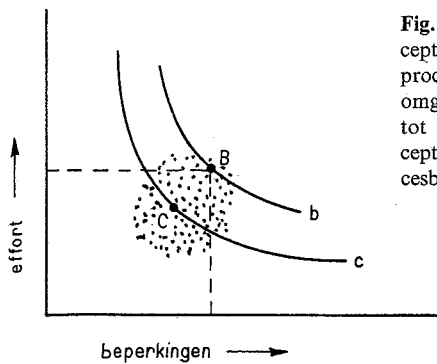


Fig. 7. Relatief goede conceptie bij relatief slechte procesbeheersing (C en omgeving), in vergelijking tot relatief slechte conceptie en volmaakte procesbeheersing (B).

Zodoende zal een relatief slechte procesbeheersing bij een relatief goede conceptie (wolkje rond C in fig. 7) uiteindelijk ongeveer evenveel 'effort' vragen en ongeveer evenveel 'performance' opleveren als een volmaakte procesbeheersing op een relatief slechte conceptie (punt B in fig. 7).

De conclusie ligt voor de hand: het gaat blijkbaar om twee dingen: om *procesbeheersing* (wolkje concentreren tot een punt) en om een optimale *conceptie* (punt op goede kromme kiezen). Pas daarna komt het duidelijk secundaire punt: Wáár op die lijn kiest men dat punt dan? Dat hangt van de markt af, en als men eenmaal de goede concepties heeft en de processen beheerst, dan is het kiezen van het gewenste punt niet meer dan het 'overhalen van een handle' (ook al kan dit jaren kosten en kapitalen vergen).

Wij hebben dit t.a.v. bijv. Japan te laat in de gaten gehad: wij lachten om die tonneelkijertjes; ze waren hoogstens goed om na een kinderfeestje bij het koekhappen cadeau te doen! Ze waren inderdaad ongelofelijk prullig, maar: ze waren allemaal precies éven prullig, er was geheid nu nooit eens een goede bij, maar ook niet een die slechter was dan de rest. En het hele idee, de conceptie, was niet gek, al was de uitvoeringsvorm waarin die conceptie ons gepresenteerd werd, beneden ons aandachtsniveau. De Japanse fabrikant zat - dunkt mij - op de goede kromme met de goede procesbeheersing in het goede punt voor de prulliamarkt. Toen hij zag dat er in onderwijs en

onderzoek in bijv. Europa en Amerika goede microscopen nodig waren, trok hij aan de handle: aan U te raden, waar de microscopen voor de medische studenten en industriële laboratoria vandaag de dag vandaan komen!

In de elektronische industrie maakt men vaak met nadruk onderscheid tussen wat dan heet 'professioneel' en 'entertainment'. Nu zie ik af van de vraag, of een T.V.-apparaat met een kleedje over de ventilatie-openingen, met een bloemenvaasje erop waardoor het af en toe wat morswater krijgt en jaar-in jaar-uit met de eerste duw op de knop moet gaan spelen, nu werkelijk zoveel minder professioneel uitgevoerd kan zijn dan een door deskundigen gekoesterde in geconditioneerde ruimten opgestelde telefooncentrale. In elk geval stel ik, dat ook hier geldt: beiden hebben gelijkelijk belang bij de keuze van optimale concepties, beiden hebben belang bij extreme procesbeheersing en hoogstens kunnen op het laatste moment de inzichten over de beste keus van 'het punt op de lijn' nog wat uiteenlopen.

U ziet: het grafiekje laat zich braaf als argument hanteren in allerlei discussies. Maar ik kom terug op mijn driemaal herhaalde waarschuwing: een algemene beschouwing zegt niet veel, zo'n grafiekje bewijst niets, men lost er geen enkel probleem mee op. Problemen worden nooit 'algemeen' opgelost, alleen maar heel concreet, door mensen met inzicht, energie en creativiteit, die bereid zijn naar anderen te luisteren, maar anderzijds ook de moeite nemen om zélf af en toe kritisch na te denken.

Het gaat erom, de geschikte mensen hiertoe een zo goed mogelijke opleiding te geven, leiding en steun waar zij dat nodig hebben, zoveel verantwoordelijkheid en zelfstandigheid als zij aankunnen, en bovenal: aandacht, zelfs al zou die zich alleen maar uiten in kritiek. Het achterwege blijven van kritiek op een bepaald moment verraad lafheid of gebrek aan aandacht, het werkt enorm frustrerend en ontnemt een stuk voldoening ook aan het wél goed bevonden werk.

Mensen met deze opleiding en deze instelling, bereid tot teamwork en zich bewust van hun verantwoordelijkheid, komen als vanzelf tot zinvolle producten en efficiënte produktiemiddelen in hun optimale samenhang, tot 'voortbrengselen der nijverheid', die - laten wij dat hopen! - de mensheid tot nut en zegen zijn.

Verbetering

In het artikel 'Overwegingen bij het gebruik van staal met hoge rekgrens in schepen' in *De Ingenieur* nr. 26 van 28 juni jl., blz. W 131 ... W 145, is een storende fout geslopen, die tot veel misverstand aanleiding kan geven.

Op blz. W 142, § 8, moet in de 24e regel van onderen staan 'bij schip 2' in plaats van 'bij schip 1'.

Korte technische berichten

Geautomatiseerde zagerij

De hoofdmoeilijkheid bij het automatiseren van een zagerij vormt het feit dat elke boom verschilt van de andere en bovendien zelf geen uniforme structuur heeft.

Normaal wordt elke stam afzonderlijk beoordeeld en overeenkomstig gezaagd voor het verkrijgen van een zo hoog mogelijk houtrendement, waarbij rekening moet worden gehouden, zowel met de afmetingen als met eventuele slechte gedeelten.

De Zweedse firma Kahrs Maskiner heeft het proces evenwel grotendeels kunnen automatiseren door gebruik te maken van een rekentuig, waarin de verschillende gegevens worden verwerkt, daarna worden de machines overeenkomstig bestuurd (zie fig. 1).

De kern van het mechanische gedeelte van de zaaginrichting wordt gevormd door vier stel van twee lintzagen, gevolgd door een enkele zaag, waarbij de zaaginstelling telkens wordt gewijzigd in overeenstemming met doorsnede en kwaliteit van de doorgaande boomstam.

Daartoe passeert elke stam eerst een röntgenstraalkamer, waarbij een waarnemer de te zagen stam via twee televisie-