

Technische processen, procesbeheersing, ontwerpkaart

Citation for published version (APA):

Mal, van, H. H., Kools, F., & Hekma, E. J. (1983). *Technische processen, procesbeheersing, ontwerpkaart*. (EUT - BDK report. Dept. of Industrial Engineering and Management Science; Vol. 9). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1983

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.

Technische processen,
procesbeheersing,
ontwerpkaart

door

H.H. van Mal
F. Kools
E.J. Hekma

TECHNISCHE PROCESSEN, PROCESBEHEERSING,
ONTWERPKAART

door

H.H. van Mal

F. Kools

E.J. Hekma

Report EUT/BDK/9

ISBN 90-6757-009-5

Eindhoven, 1983

Eindhoven University of Technology

Department of Industrial Engineering and Management Science

Eindhoven, Netherlands

TECHNISCHE PROCESSEN, PROCESBEHEERSING, ONTWERPKAART

Samenvatting

Uitgegaan wordt van de noodzaak om tot betere beheersing van fabrikageprocessen te komen. De aandacht richt zich hierbij speciaal op de fabrikage van diskrete produkten die opgebouwd zijn uit meerdere onderdelen die elk op zich weer vervaardigd kunnen worden in verschillende processen. Die processen moeten vervolgens goed op elkaar zijn afgestemd. Een modelmatige benadering van een technisch proces geeft inzicht in de factoren die bekend moeten zijn om tot een beheerste vervaardiging van een gewenst onderdeel te komen. De relaties tussen de functies, de eigenschappen en de toestand van het onderdeel, de functies, de eigenschappen en de toestand van het produktiemiddel worden per processtap vastgelegd middels een ontwerpkaart. De functies van het produktiemiddel in deze is het scheppen van de procescondities om een ingangstoestand van een te bewerken objekt te transformeren in de gewenste uitgangstoestand. De koppeling van de processen loopt via de funktionele eisen te stellen aan het uitgangsprодукt van elk proces, afgeleid van de door de klant gewenste functies ten aanzien van het eindprodukt.

De genoemde ontwerpkaarten vragen een koppeling van verschillende kennisgebieden en vormen de basisdocumenten voor een systematische analyse of ontwerp van fabrikageprocessen. Een korte beschouwing wordt gegeven van organisatorische aspecten die direkt samenhangen met het streven naar een betere beheersing van fabrikageprocessen.

*)Dr.ir.H.H.van Mal is werkzaam aan de Technische Hogeschool te Eindhoven.

Ir.F.Kools en ir.E.J.Hekma zijn werkzaam bij Philips B.V. te Eindhoven, HIG Elcoma.

TECHNISCHE PROCESSEN, PROCESBEHEERSING, ONTWERPKAART

1. Inleiding

In een produktiesysteem worden grondstoffen in eindprodukten getransformeerd. Noodzakelijk daarbij is de beschikbaarheid van energie en van informatie in een passende vorm. Wordt de informatie beheerst door de mens dan spreekt men van een technisch produktiesysteem. Dit in tegenstelling tot de produktiesystemen in de natuur, waar de informatie is ingebouwd in de levende cellen.

Een technisch produktiesysteem heeft tot doel op de meest economische wijze produkten voort te brengen die voldoen aan de wensen van de klant: "fitness for use" (1). Enerzijds is het dus noodzakelijk voortdurend waakzaam te zijn ten aanzien van de vraag van de markt en te streven naar goede produkt/markt combinaties. Anderzijds is het noodzakelijk waakzaam te zijn ten aanzien van de kosten van de produktiefactoren. De belangrijkste faktor, die tevens de andere produktiefactoren in sterke mate kan beïnvloeden is de ontwikkeling van de technologie; de mens met zijn "kennis en vaardigheden". Technologie of leer der bewerkingen is een deelgebied van de technische wetenschappen dat onderzoek en ontwikkeling van processen omvat. Technologische kennis is de basis voor de beheerste vervaardiging van produkten met de gewenste eigenschappen.

De gewenste eigenschappen van een produkt worden vastgesteld uitgaande van de functies die het produkt moet verrichten voor de klant. De vraag "wat wil de klant dat het produkt voor hem doet" en de vertaling naar de eigenschappen van het produkt noemen we de produktdefinitie. De produktdefinitie wordt sterk bepaald door de beschikbare technologische kennis. Als bekend voorbeeld kunnen we de elektronenbuis noemen versus de transistor, die op een totaal andere technologie berust, beide hebben functies als: "verbeter signaal/ruis verhouding", "versterk signaal" etc. Het wordt nog duidelijker wanneer we een complexe elektronische functie nemen bijvoorbeeld een komputer opgebouwd uit vele elektronenbuizen of gerealiseerd met een klein integrated circuit (IC).

Men zou kunnen zeggen dat in hoofdzaak de functie gelijk is, echter bijkomende zaken die het funktioneren in belangrijke mate beïnvloeden doen een duidelijke voorkeur ontstaan.

Vooraf betrouwbaarheid, energiegebruik en ruimtegebruik zijn stimulans geweest voor de ontwikkeling van de nieuwe halfgeleidertechnologie. Natuurlijk had deze halfgeleidertechnologie niet kunnen ontstaan, zonder de ontwikkeling van de elektronenbuizen. Het introduceren van een alternatief produkt is zeker niet zonder risico's maar het is in dit geval toch de stijgende vraag naar radio's, televisies, komputers, telefoons en andere kommunikatiemiddelen geweest die de nieuwe ontwikkelingen mogelijk en nodig gemaakt hebben.

In figuur 1.1 zijn de "trek" vanuit de markt en de "druk" uitgeoefend door technologische ontwikkelingen uitgebeeld.

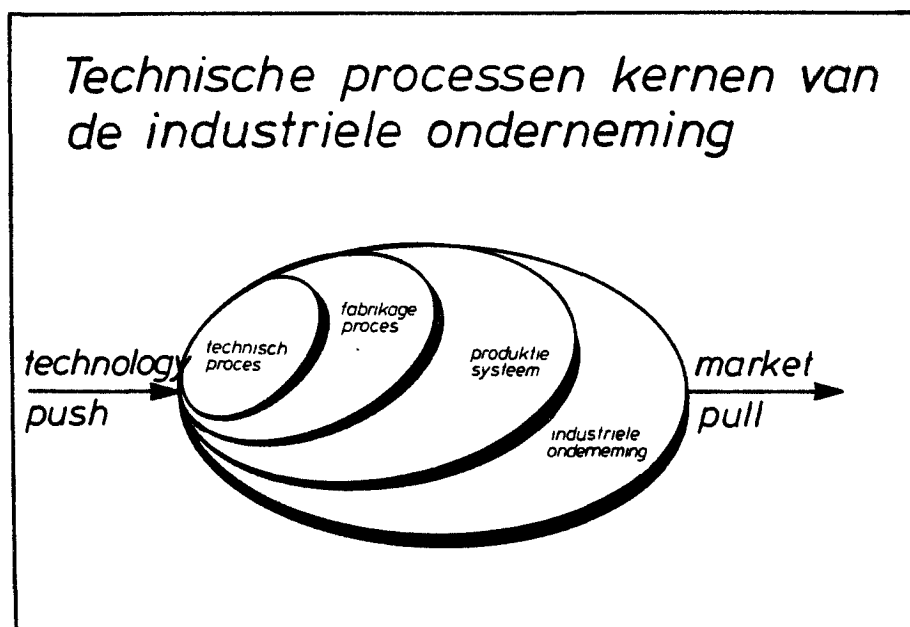


Fig.1.1. *Technische processen, kernen van de industriële onderneming. Onder invloed van technologische ontwikkelingen zullen vernieuwingen of verbeteringen in technische processen worden doorgevoerd.*

De figuur geeft een indicatie van de plaats van de technische processen binnen het industrieel ondernemen, als de belangrijkste kernen.

Een industriële onderneming kan vaak meerdere produktiesystemen beheren. Binnen een produktiesysteem onderkent men fabrikageprocessen, waarbij deze laatste vaak meerdere technische processen of bewerkingen kunnen omvatten. De keuze van de processen, maar ook de beheersing van die processen wordt in belangrijke mate bepaald door de beschikbare technologische kennis. Het feit dat kleine, middelgrote, maar zoals bekend ook grote bedrijven nog al eens problemen hebben om de gewenste produkten voort te brengen met de juiste kwaliteit, in de juiste aantallen, tegen de laagste kosten op de gewenste tijdstippen kan meestal teruggevoerd worden naar onvoldoende beheersing van de technische processen. Als symptomen onderkent men problemen in de informatiestromen over hoeveelheden, capaciteiten, uitval, afkeur etc. Kortom vaak een grote onrust in de fabrikage. De juiste kennis, op de juiste plaats en tijd (in Amerika het "just in time" concept) ontbreekt.

Bij analyse blijkt dat men ook problemen heeft met de beheersing van produkt- en procesinformatiestromen (geometrische en technologische informatie), met grote aantallen wijzigingen in het produktontwerp of in het ontwerp van de produktiemiddelen, met niet goed lopende wijzigingsprocedures: niet iedereen heeft dezelfde informatie en werkt met dezelfde informatie.

In de volgende paragraaf gaan we eerst een model invoeren van een proces in zijn algemeenheid. We maken dan een onderscheid tussen biologische en technische processen. In paragraaf 3 wordt een modelmatige benadering van een technisch proces, een transformatie of assemblage, gegeven. Dit wordt gevolgd door, aan de hand van dit model, voorwaarden te formuleren om tot een goede beheersing van technische processen te komen. In paragraaf 4 wordt ook de ontwerpkaart geïntroduceerd als basis voor het ontwerpen en analyseren van technische processen. Deze ontwerpkaart is de aaneenschakeling van de reeds geformuleerde relatiematrices. In de daarop volgende paragrafen wordt uitgaande van het genoemde model een beschrijving gegeven van een fabriekproces. Er wordt aangegeven wat men onder beheersing van een fabriekproces verstaat en welke niveau's van regeling van processen we onderscheiden. Vervolgens geven we een beschouwing hoe bij analyse en ontwerpen van processen de nadruk komt te liggen op specifieke relatiematrices en worden voorbeelden gegeven van gehanteerde proceskaarten (2,3). Het hoofdstuk wordt afgesloten met een korte beschrijving van organisatorische aspecten samenhangend met het komen tot betere beheersing van fabriekprocessen.

2. Technische proces

Een proces kan worden omschreven als:

"een reeks van gebeurtenissen of activiteiten, geordend in de tijd en plaatshebbend in of met konkrete materiele systemen. Spelen daarbij de gebeurtenissen of de activiteiten zich af in de materie zelf of tussen materiele systemen dan spreekt men van een fysische respektievelijk chemisch proces" (Encyclopedie).

Fysische en chemische processen verlopen volgens natuurwetten en de kennis van deze wetten maakt het mogelijk het verloop van de betreffende processen te voorspellen. Belangrijk zijn de "behoudswetten", de wetten over behoud van massa en energie. Belangrijk is ook de tweede hoofdwet van de thermodynamica: "het is niet mogelijk met behulp van een kringproces warmte volledig in arbeid (mechanisch arbeidsvermogen) om te zetten" (W. Thomson). Fysische en chemische processen zijn de kernen van de technische processen die we zullen beschouwen, zoals we in het hierop volgende zullen zien.

In een proces wordt een begintoestand van een objekt te onderkennen op tijdstip t_1 , getransformeerd in een daarvan verschillende eindtoestand op tijdstip t_2 , zie figuur 2.1. Wanneer er in het objekt (schijnbaar) geen verandering optreedt maar het objekt zich op tijdstip t_2 op een andere

plaats bevindt kan men van een transformatie in plaats spreken. Het bewaren of opslaan van een (schijnbaar onveranderd) object kan gezien worden als een transformatie in de tijd.

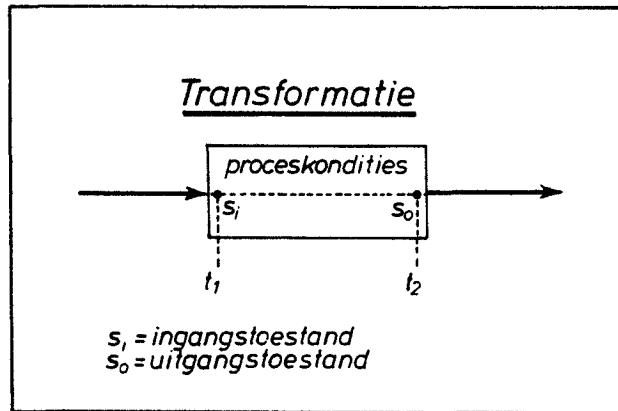


Fig.2.1. *Proces van toestandsverandering. Bij een toestandsverandering in materiële zin spreekt men van een bewerking of assemblage wanneer de informatie wordt beheerst door de mens. In een biologisch proces spreekt men bijvoorbeeld over groei.*

Een proces veronderstelt dus een eindige tijdsperiode Δt (met noodzakelijk t_2 "later in de tijd" dan t_1). Het proces wordt herkend aan de wijze waarop de toestandsverandering die daardoor is veroorzaakt teweeg wordt gebracht. Men spreekt over een lasproces, smeltproces, droogproces, groeiproces etc. Wanneer meerdere objecten met elkaar worden verbonden spreekt men van een assemblageproces. Het komt ook veel voor dat een object een serie bewerkingen moet ondergaan voor het een bruikbaar onderdeel is geworden. Men kan dan spreken over een aantal achtereenvolgende processtappen. Onderkend is dat voor elk proces energie en informatie, in een passende vorm, onder bepaalde kondities, moet worden toegevoerd. Voor de plantenwereld is (zonne)energie in de vorm van licht een voorwaarde voor de levensprocessen evenals een bepaalde omgevingstemperatuur, bodemgesteldheid, aanwezigheid van water etc. Ook de periodieke afwezigheid van licht is essentieel. Daarbij is in de levende cellen de informatiedrager steeds aanwezig. Dit onderscheidt biologische processen van technische processen.

Als we onder techniek in materiele zin verstaan "een verzameling creatieve manifestaties van de mens, steeds gericht om zijn bestaan te veraangenamen en zich te kunnen verdedigen tegen al hetgeen dit bestaan bedreigt" kunnen we een technisch proces opvatten als een proces dat gekonstrueerd is door mensen (en dus berustend op de materialisatie van een verzameling creatieve manifestaties), waarbij de sturingsinformatie door de mens wordt beheerst. Deze besturingsinformatie zal belangrijk worden beïnvloed door het streven om de gewenste toestandsverandering te

realiseren met een zo groot mogelijke verhouding van resultaat en offers, een zo groot mogelijke produktiviteit. Hierop zullen we later terugkomen. Allereerst gaan we nu een schematische weergave of model invoeren van een technisch proces. Dit zullen we dan verder steeds als uitgangspunt gebruiken.

3. Modelmatige benadering technisch proces

Via een modelmatige benadering van een technisch proces (3) zullen we proberen inzicht te krijgen in de relaties tussen de functie(s) van een produkt, de produkteigenschappen, de toestand van het produkt (produktontwerp, produktopbouw, produktrealisatie) en de functie(s), eigenschappen en toestand (configuratie) van de produktiemiddelen. Het is de functie van het produktiemiddel om de proceskondities te realiseren waarbij de toestand van het produkt tot stand komt. Een deel van de proceskondities kan bepaald worden door omgevingsomstandigheden. Wanneer de mens direkte invloed heeft op het proces zullen (een deel van) de proceskondities door de mens gerealiseerd worden. Het proces is de kern van het gebeuren en vormt de verbinding tussen enerzijds de produktfunctie en anderzijds de instelmogelijkheden van het produktiemiddel. Achtereenvolgens zullen ook aan de orde komen de diverse relaties, die in feite het kennisgebied omvatten ten aanzien van de technische processen. Deze relaties zijn respectievelijk de produktdefinitie, de toestandsdefinitie van het produkt, de procesdefinitie, de produktiemiddeldefinitie en de toestandsdefinitie van het produktiemiddel.

In de modelmatige benadering van figuur 3.1. is M' het eigenlijke fysische of chemische proces waarin de toestandsverandering tot stand komt en M het produktiemiddel dat voor betreffende toestandsverandering is ingezet. De toestandsverandering kan een bewerking zijn waarbij de aard, vorm, afmetingen, samenstelling, structuur of oppervlaktegesteldheid van het objekt wordt beïnvloed. Deze toestandsverandering van S_i naar S_o heeft tot resultaat dat het ingaande objekt met eigenschappen y_i wordt omgezet tot een objekt met eigenschappen y_o . Deze combinatie van eigenschappen y_o en de kwantiteit van elk van de eigenschappen maken dat de functies Y'_o van het produkt precies overeenkomen met de wensen van de klant. De genoemde toestandsverandering komt tot stand onder invloed van de proceskondities, waarvan f' de belangrijkste zijn, naast omgevingsinvloeden of rechtstreeks beïnvloedingen door de mens. De proceskondities f'_o zijn een direkt gevolg van de combinatie van eigenschappen f_o , van het produktiemiddel en de mate waarin die aanwezig zijn.

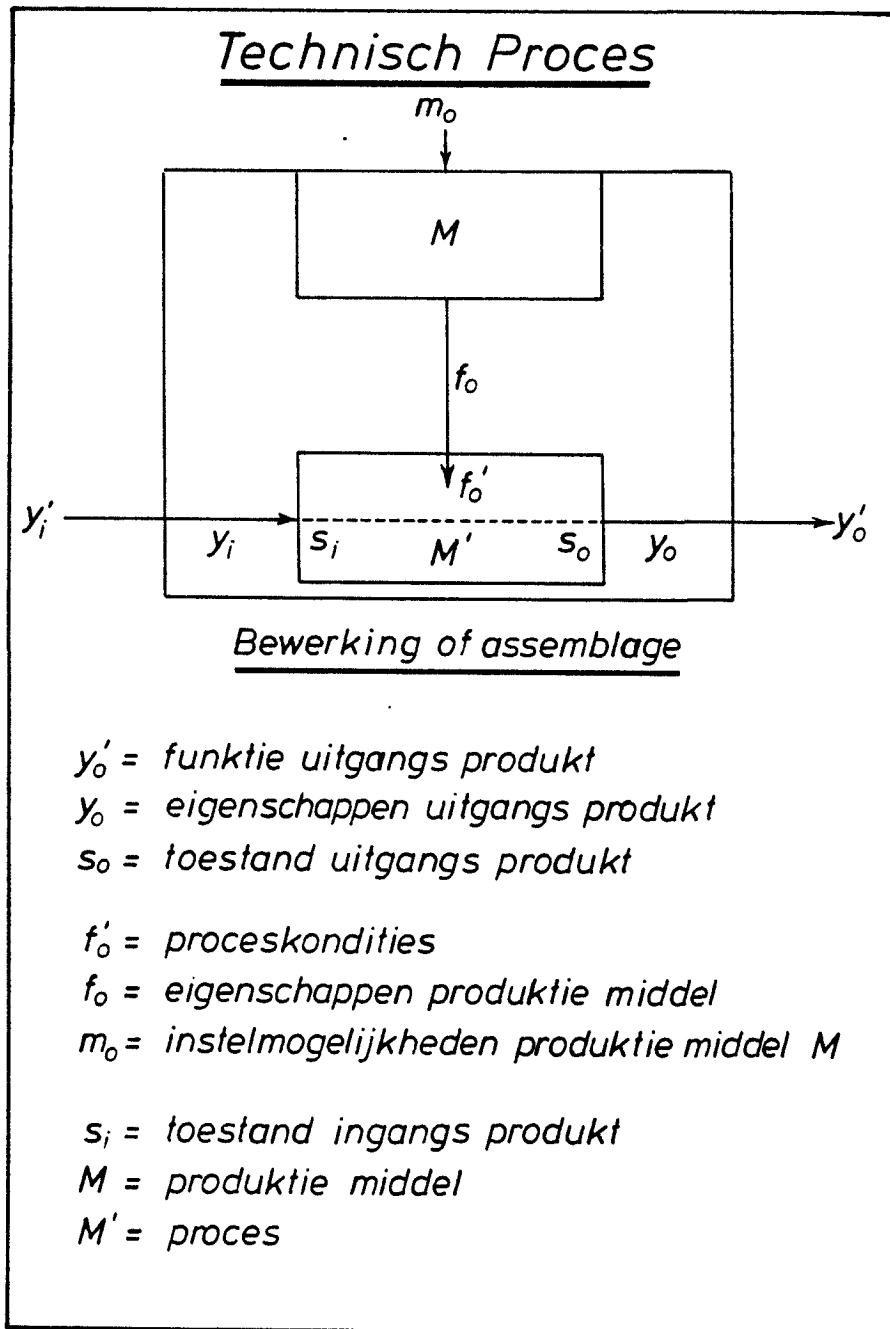


Fig.3.1. Modelmatige benadering van een technisch proces. Alle noodzakelijke informatie over het proces kan op systematische wijze in relatie tot elkaar worden gebracht. Het model geeft aan dat er vijf relatie-matrices beschreven kunnen worden (zie tekst).

De toestand van het produktiemiddel kan gedeeltelijk als vast worden gezien en gedeeltelijk als nog instelbaar. De instelmogelijkheden m bepalen de mate waarin de proceskondities kunnen worden gevarieerd, het bereik van het produktiemiddel. De (investering) prijs van het produktiemiddel, zal nauw samenhangen met de configuratie of toestand. (Grotere instelmogelijkheden, hogere prijs). Dit komt vervolgens tot uiting in de kosten van de bewerking.

De kern van dit alles is dat de functies y van het objekt de vervulling moeten zijn van de wensen van de klant en dus dat de klant daar een (meer)waarde aan toekent welke hij afweegt tegen de (meer)prijs van het objekt. Bij de behandeling van waardeanalyse activiteiten is dit het uitgangspunt. In de volgende paragraaf zullen op basis van het model de voorwaarden tot procesbeheersing worden afgeleid.

4. Voorwaarden tot procesbeheersing, ontwerpkaart

Het model beschreven in paragraaf 3. is een representatie van een enkelvoudige bewerking. In het algemeen is het resultaat een tussenprodukt, en zullen meerdere bewerkingen en assemblages achtereenvolgens leiden tot een eindprodukt. Voorlopig beperken we ons nog tot deze enkelvoudige bewerking en gaan kijken wat vastgelegd moet zijn om het proces te beheersen. Ook zal aangegeven worden, via relatiematrices welke kennisgebieden leiden tot de noodzakelijke informatie over produkt, proces en produktiemiddel.

Uit figuur 3.1. volgt dat achtereenvolgens gespecificeerd moeten worden:

1. de objektfunctie
2. de eigenschappen van het objekt
3. de toestand van het objekt
4. de procescondities, bij een bepaalde ingangstoestand van het objekt, respektievelijk de functie van het produktiemiddel
5. de eigenschappen van het produktiemiddel
6. de toestand (konfiguratie) van het produktiemiddel (deels vast, deels instelbaar)

Welke kennis moet aanwezig zijn om vanuit de produktfunctie, bij een gekozen proces, te komen tot de juiste instellingen van het produktiemiddel? Deze kennis kan, uitgaande van figuur 3.1, nu op systematische wijze worden bepaald en vastgelegd in de volgende relatiematrices.

1. Relaties $[y', y_0]$; produktdefinitie.

Relatiematrices van de produktfuncties versus de produkteigenschappen. Om de produktfuncties te kunnen vervullen zijn aan te geven hoeveelheden van bepaalde eigenschappen die het produkt moet bezitten noodzakelijk.

Het kunnen vastleggen van deze relaties is het vakgebied van de ontwerper in samenwerking met o.a. marketing, service en verkoop.

2. Relaties $[y_0, s_0]$; toestandsdefinitie (produktontwerp).

Relatiematrix van de produkteigenschappen versus de produkttoestand (de aard, vorm, afmetingen, structuur, oppervlaktegesteldheid etc.). Het produkt moet zodanig gekonstrueerd worden dat het de juiste hoeveelheden van de gewenste eigenschappen bezit.

Het kunnen vastleggen van deze relaties is het

- vakgebied van de konstrukteur of ontwerper in samenwerking met o.a. verkoop, service, werkvoorbereiding.
3. Relaties $[s_0, f'_0]$ bij bepaalde s_i ; procesdefinitie. Relatiematrix van de produkttoestand en de procescondities die vanuit een bepaalde ingangstoestand de gewenste transformatie tot stand brengen.
Meerdere ingangstoestanden zouden door variatie in de procescondities tot de gewenste uitgangstoestand kunnen leiden. Wanneer echter de procescondities niet toereikend gevarieerd kunnen worden zal er een ander proces gekozen moeten worden.
Het kunnen vastleggen van deze relaties is het vakgebied van de technologen of procesdeskundigen in samenwerking met o.a. de konstrukteur, werkvoorbereiding, fabrikage etc.
 4. Relaties $[f'_0, f_0]$; definitie produktiemiddel. Relatiematrix van de produktiemiddelfuncties (het creëren van de procescondities) versus de produktiemiddeleigenschappen. Om de gevraagde functies te kunnen vervullen moet het produktiemiddel aan te geven hoeveelheden van bepaalde eigenschappen bezitten.
Het kunnen vastleggen van deze relaties is het vakgebied van de ontwerper van produktiemiddelen in samenwerking met o.a. machinebouwers, bedrijfsmechanisatie (werktuigbouwkunde, elektrotechniek, hydrauliek), gereedschapsmakers, etc.
 5. Relaties $[f_0, m_0]$; toestandsdefinitie produktiemiddel. Relatiematrix van de eigenschappen van het produktiemiddel versus de toestand of configuratie van het produktiemiddel. Het produktiemiddel moet zodanig gekonstrueerd worden dat het de preciese hoeveelheden van de gewenste eigenschappen bezit.
Het kunnen vastleggen van deze relaties is het vakgebied van de machinebouwers en gereedschapsmakers in samenwerking met bedrijfsmechanisatie, werkvoorbereiding, etc.
Een deel van de toestand van het produktiemiddel zal star uitgevoerd worden. Een deel zal variabel uitgevoerd worden, zodat men een aantal instelmogelijkheden heeft.

Bovenstaande relatiematrices geven aan welke kennis men moet hebben om te kunnen komen tot de genoemde, verschillende specificaties ten aanzien van produkt, proces en produktiemiddel. Het streven naar procesbeheersing houdt in dat men bovengenoemde relaties zo goed mogelijk leert vast te leggen en te kwantificeren.

Het voorgaande kan men overzichtelijk weergeven in de ontwerpkaart (figuur 4.1.).

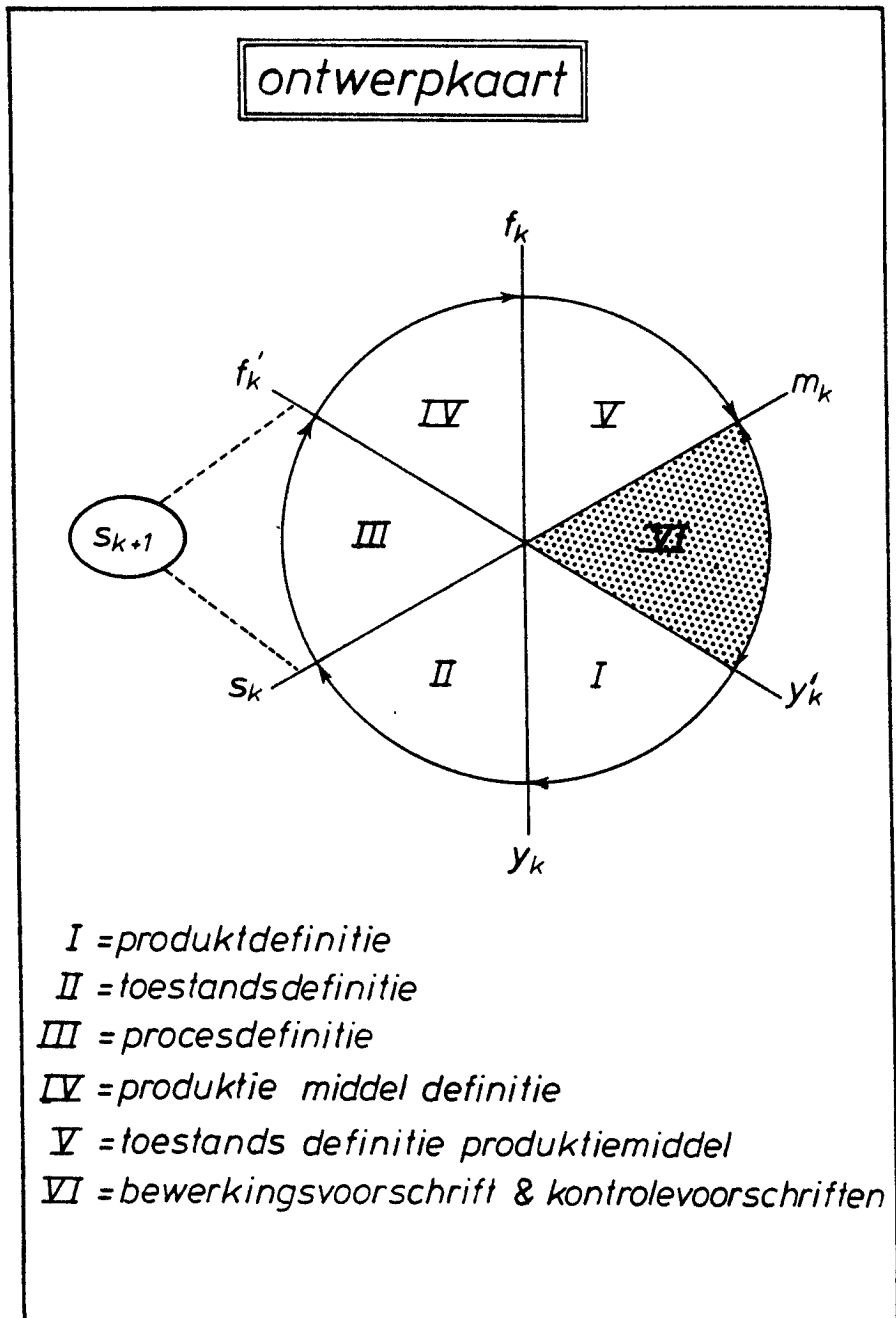


Fig.4.1. Ontwerpkaart. Een basisdocument met een systematische ordening van alle informatie opgebouwd volgens de aangegeven pijlen, met terugkoppelingen in omgekeerde richting. De informatiestroom start bij de functies die men verwacht van het uitgangsprодукt. De verschillende kennisgebieden zijn aangegeven, waarbij het bewerkingsvoorschrift en de controlevoorschriften het resultaat zijn. Een voldoende vastlegging van alle gegevens volgens de ontwerpkaart zal leiden tot een beheerst proces.

Door het vastleggen van deze kennis komt men tot bewerkingsvoorschriften, die aangeven welke de relatie is tussen de instelmogelijkheden van het produktiemiddel en de functie(s) van het produkt (eventueel de eigenschappen of toestand van het produkt). Het geeft de mogelijkheid tot functioneel testen (Japanse fabrieken).

Deze ontwerpkaart visualiseert de interkonnektie van de verschillende relatiematrices. Het geeft de direkte verbindingen van de verschillende vakgebieden. Het laat zien hoe de definities van het produkt, de eigenschappen, de produkttoestand, het proces, het produktiemiddel, de eigenschappen en de toestand van het produktiemiddel aan elkaar gekoppeld zijn. Het laat zien wat de gevolgen kunnen zijn, wanneer ergens een verandering optreedt in een specificatie. Het laat de mogelijkheid zien dat een tolerantie in s_k kan worden verdeeld over de procescondities f'_k en de ingangstoestand s_{k+1} . De proceskaarten die later in dit hoofdstuk aan de orde komen zijn afgeleid van de ontwerpkaart.

Opgemerkt moet worden dat we één proces hebben beschouwd en dat een produkt meestal is opgebouwd uit meerdere onderdelen, die elk op zich mogelijk verschillende bewerkingen hebben ondergaan. Er hebben in het algemeen ook meerdere assemblages plaatsgevonden. Via componenten naar sub-assemblages en tenslotte tot assemblage van het eindprodukt. De eisenstroom ten aanzien van elk onderdeel, elk proces en elk produktiemiddel start bij de wens van de klant, de functie(s) die een produkt voor de klant moet vervullen. We zullen dit zien bij de beschrijving van een fabrikageproces.

5. Fabrikageproces

Een fabrikageproces bestaat in het algemeen uit een reeks van technische processen (bewerkingen, montages), die in een bepaalde volgorde doorlopen moeten worden. Het eindprodukt bezit de functies, die door de klant of konsument gewenst worden. Het soort produkt (bulk of massa, diskreet of stuks), geeft aanleiding tot grote verschillen in het logistieke gebeuren. Wanneer bovendien een diskreet produkt opgebouwd is uit vele onderdelen, die op zich tot stand zijn gekomen in verschillende soorten bewerkingen, zal de afstemming van de diverse processen op elkaar een moeilijke opgave zijn. In belangrijke mate kan de omvang (grootte) van een produkt nog de moeilijkheidsgraad van het fabrikageproces beïnvloeden, door de ruimte- en transportproblemen. Het is juist in de fabrikage van genoemde complexe, diskrete produkten dat de beheersing van het fabrikageproces dikwijls problemen oplevert. Het zijn ook deze fabrikageprocessen waar frequent vernieuwing in zowel produkten als processen worden doorgevoerd, met samengaande beheersingsproblemen. Echter, ook bij reeds lang lopende fabrikageprocessen (b.v. emaileren, lakken, etc.) kan men door een systematische aanpak, in veel

gevallen nog aanzienlijke verbeteringen bereiken. Het is goed om ons te realiseren dat het woord fabriekage is afgeleid van fabriek. De fabriek is ontstaan toen automatisch aangedreven bewerkingsmachines hun intrede deden.

"De fabriek, een industrieel bedrijf waarin de produktie, vergeleken met huisvlijt en het handwerk, op grote schaal en met behulp van mechanische en chemische hulpmiddelen alsmede krachtwerktuigen wordt uitgevoerd" (Encyclopedie).

"De voordelen van deze produktiewijze vloeien ondermeer voort uit de arbeidsverdeling, die door de concentratie van werklieden in een gebouwencomplex mogelijk werd, uit de betere controle op de kwaliteit van de produkten en de prestaties en het efficiënte gebruik van werktuigen met een capaciteit vele malen groter dan de individuele thuiswerkers". (Encyclopedie).

Tegenwoordig ziet men meer en meer produktiemiddelen in de vorm van machines en bijbehorende gereedschappen. Dit ter vervanging van de ambachtelijke processen, waar wel gereedschappen een belangrijke rol spelen, maar waar de mens kracht en vernuft inbrengt.

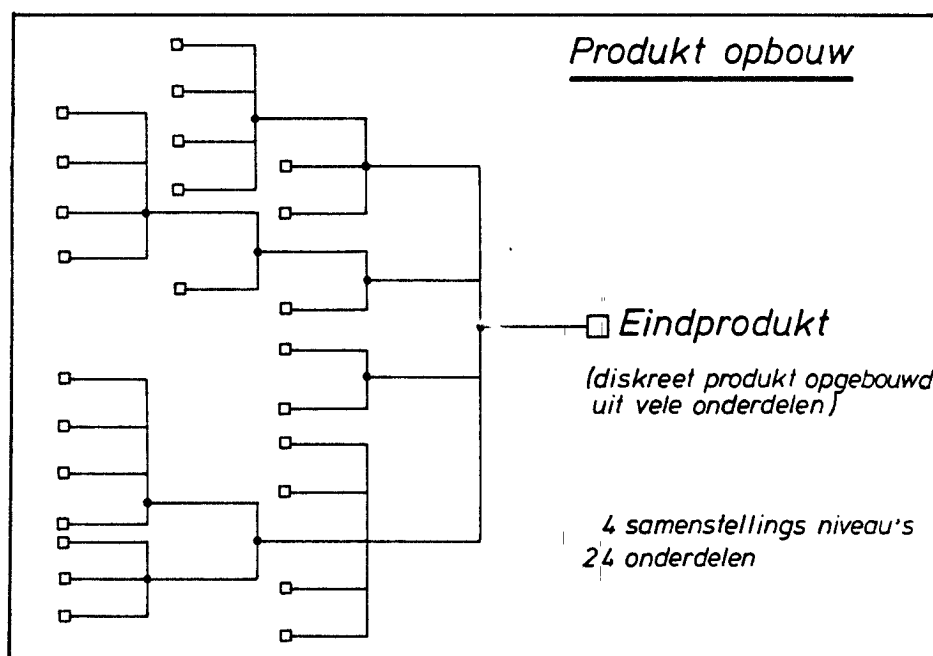


Fig.5.1. *Produktopbouw. De funkties van alle sub-samenstellingen en onderdelen leveren samengesteld de funkties van het eindprodukt. Elke sub-samenstelling komt tot stand via een assemblage. Elk onderdeel via één of meerdere achtereenvolgende bewerkingen.*

In figuur 5.1 is op schematische wijze de opbouw van een produkt gegeven. Men onderkent de eind-samenstelling, samenstellingen, sub-samenstellingen en componenten of onderdelen. Op onderdelenniveau kan men diverse technische

processen tegenkomen. Het kenmerk van een fabrikageproces is dat de technische processen onderling op elkaar afgestemd moeten zijn, voor het logistieke gebeuren is dit ook zeker van groot belang voor de produktie van grotere series. De door ons beschouwde afstemming omvat de bewerkingsnelheden, maar in het bijzonder ook de uitgangsprодукten van elk proces die moeten voldoen aan de eisen die worden gesteld aan het ingangsprодукt voor het daarop volgende proces. In figuur 5.2 is aangegeven hoe via een aantal achtereenvolgende bewerkingen een bepaald onderdeel tot stand komt.

De koppeling van de processen loopt via de funktionele eisen gesteld aan de uitgangsprодукten. Deze eisen zijn uiteindelijk afgeleid uit de eisen te stellen aan het eindprодукt. Het is duidelijk dat deze eisenstroom ontstaat bij de wensen van de klant of konsument en eindigt bij de eisen te stellen aan de toeleveranciers. De afstemming van de diverse processen ligt verankerd in het produktontwerp, (zie figuur 5.1) waardoor de keuze van de processen wordt vastgelegd en tevens de volgorde waarin deze doorlopen moeten worden.

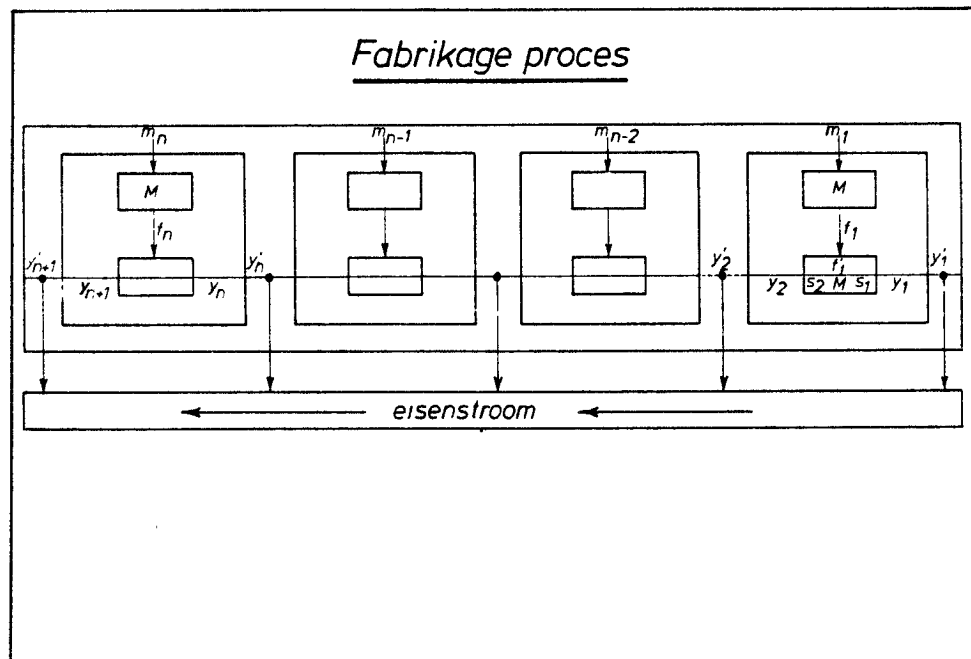


Fig.5.2. Fabrikageproces van een onderdeel. Het onderdeel ondergaat meerdere achtereenvolgende bewerkingen voor het zijn eindtoestand bereikt. Vanuit de funkties van het onderdeel worden de eisen afgeleid voor de tussenprодукten tot aan de eisen te stellen aan de materialen van de toeleveranciers. De koppeling loopt via de diverse processen.

Bij de afstemming moet rekening gehouden worden met alle andere activiteiten in het fabrikageproces zoals de zorg

voor tijdige toevoer van materialen, energie en informatie; reparatie en onderhoud van produktiemiddelen en gebouwelijke voorzieningen; regelmatige afvoer of doorvoer van produkten, etc.

De totale toestandsveandering in een fabrikageproces omvat dus als belangrijkste elementen één of meerdere bewerkingen (transformaties) en/of samenstellingen (montages, assemblages) en tenslotte verpakkingen (soms zelfs variërende verpakkingseenheden binnen een fabrikageproces). Binnen het fabrikageproces onderkennen we echter meerdere gebeurtenissen of activiteiten daarmee samenhangend. Bijvoorbeeld de volgende: ontvangst, transport, positionering (op de juiste plaats brengen, in de juiste stand), bewerking, opslag, verpakking, afvoer. Dit met betrekking tot materie, energie en informatie (zie tabel 5.1).

Tabel 5.1 AKTIVITEITEN MATRIX VOOR EEN TRANSFORMATIE

Specificatie begintoestand op tijdstip 1

Specificatie uitgangstoestand op tijdstip 2

	invoer		doorvoer		positionering		bewerking		uitname		verpakken		opslag		uitvoer	
materie	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
energie	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
informatie	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Het vervaardigen van een produkt op de meest economische wijze vraagt dus afstemming van een groot aantal activiteiten die daarvoor noodzakelijk zijn. De gezamenlijke offers (niet vermijdbaar) om deze activiteiten op de gewenste wijze en op de gewenste tijden te laten verlopen komen tot uitdrukking in de kostprijs van het produkt. De kosten zijn dus een eigenschap van het produkt, de verkoopprijs is een van de produktfuncties (voor de koper een negatieve functie, het kost hem geld). Een deel van de kostprijs wordt gevormd door de bewerkingskosten (arbeidskosten, machinekosten). De prijs van een produktiemiddel en het verwachte aantal gebruiksuren van de machine per jaar bepalen het uurtarief van de machine in belangrijke mate (behalve bij relatief hoge gebruikskosten). De snelheid van een bewerking (hoeveelheden of aantallen per tijdseenheid) is dus naast het uurtarief van machine en/of man een belangrijke faktor in de bepaling van de kosten. Opgemerkt moet worden dat de invoer, de doorvoer, positionering, doorvoer en uitname gekoppeld aan een bewerking in het algemeen tot de bewerkingstijd van de machine wordt gerekend. Men kan een machine zodanig inrichten dat invoer, positionering en uitvoer praktisch geen invloed uitoefenen op de bewerkingstijd. Denk aan het gebruik van een extra opspanmogelijkheid voor werkstukken (op een zgn. pallet) bij numeriek gestuurde draai- en

freesbanken.

Andere eisen die de kosten direkt kunnen beïnvloeden zijn

1. nauwkeurigheid
2. reproduceerbaarheid
3. duurzaamheid
4. betrouwbaarheid
5. beschikbaarheid van de processen.

Het is goed om ons te realiseren dat gereedschappen zoals matrijzen, stempels, mallen, gietvormen, belichtingsramen etc. een belangrijke rol spelen. Zij bevatten een belangrijk deel van de produktinformatie en worden zodanig ontworpen dat ze voorzien in een deel van de noodzakelijke proceskondities.

Uit het voorgaande kunnen we vaststellen dat een fabrikageproces een grote samenhang vraagt tussen:

1. de keuze van het produktontwerp; er moet een afstemming op de processen plaatsvinden en van de processen onderling
2. de werkmethode en de keuze van de processen; de proceskondities zijn de functies van een produktiemiddel en gaan de kosten van de bewerking bepalen
3. de keuze van de produktiemiddelen en de gereedschappen.

Tenslotte blijft er nog de samenhang met de inrichting van de produktie, die deels wordt bepaald door de volgorde van de bewerkingen deels door omgevingsfactoren in verband met transport.

Belangrijk in deze zijn

- de lay-out of organisatie van de produktiemiddelen (incl. transportmiddelen, meetopstellingen, communicatiemiddelen)
- de aan- en afvoer van componenten, sub-samenstellingen, samenstellingen en eindprodukten (goederenstroom met opslagmogelijkheden)
- de verpakkingseenheden tussen de bewerkingen; deze zijn vaak niet op elkaar afgestemd en veroorzaken daardoor problemen met de bedrijfssignalering of leiden tot ongewenste hoge tussenvorraden
- de opstellingen voor te repareren produkten

De keuze van produktontwerp, processen, produktiemiddelen en gereedschappen worden in belangrijke mate beïnvloed door de grootte van de serie te produceren eenheden. Men zal er steeds naar streven om de kosten, per produkt zo laag mogelijk te krijgen, waarbij het produkt nog steeds voldoet aan de wensen van de klant. Naast deze keuzes is echter de ordening in de tijd van de gebeurtenissen of de activiteiten in het fabrikageproces samen met de geografische ordening van de produktiemiddelen belangrijk voor een efficiënte bedrijfsvoering. Opgemerkt moet nog worden dat het

optimaliseren van een bepaalde bewerking (bijvoorbeeld het sneller laten lopen van één machine) binnen het totaal van de bewerkingen in een fabriekproces niet hoeft te leiden tot een vermindering van de kosten per produkt. Het kan gemakkelijk leiden tot ongewenste sub-optimalisatie. Dit komt nogal eens voor.

6. Beheersing van fabriekprocessen

In een produktiesysteem zal er een algemeen streven zijn naar een zo groot mogelijke verhouding tussen opbrengst (omzet) en offers. Dit streven naar een zo groot mogelijke produktiviteit is schematisch weergegeven in figuur 6.1 (2,3).

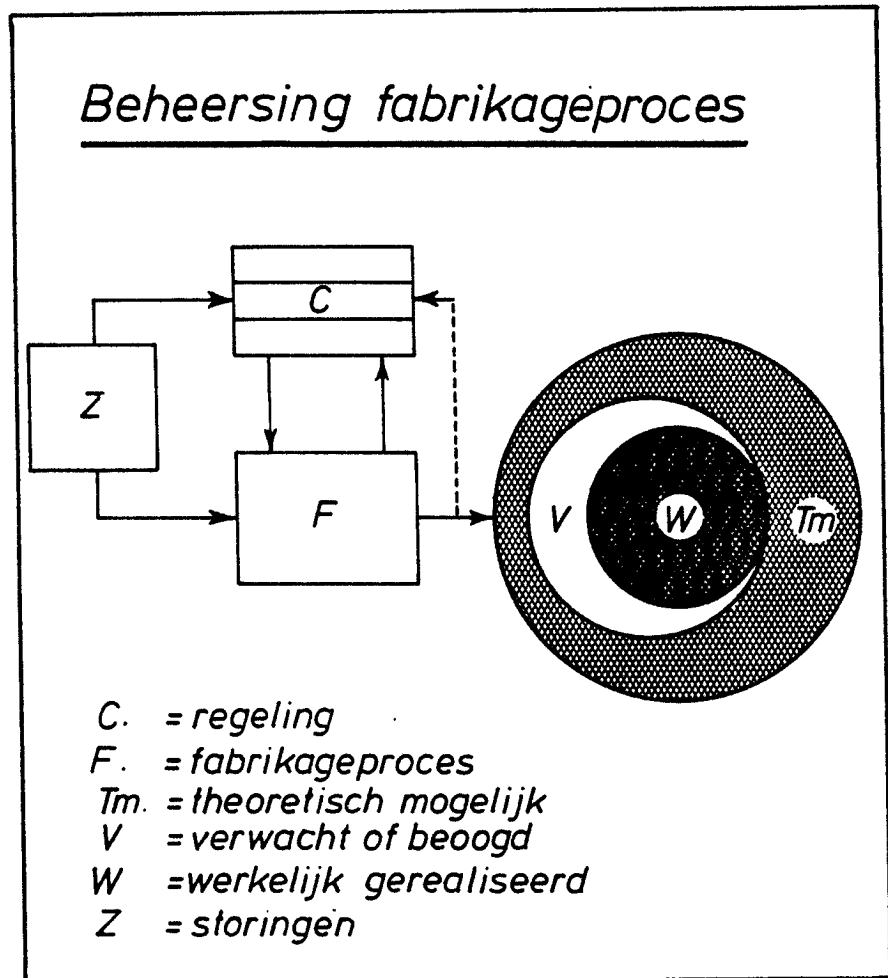


Fig.6.1. *Beheersing fabriekproces. De werkelijke opbrengst W ligt onder de verwachte opbrengst V. Dit wordt veroorzaakt door onbekende factoren of storingen Z, of door bekende factoren waarop niet direkt gereageerd kan worden met de juiste instelmogelijkheden.*

Omgevingsfactoren, maar ook interne factoren kunnen storingen Z (stilstand) in het fabricageproces veroorzaken. Via de regeling C zal worden geprobeerd om deze stilstandtijden tot een minimum te beperken. In de figuur is afgebeeld hoe bij een bepaald niveau voor de offers het werkelijke resultaat W, niet samenvalt met het verwachte of voorziene resultaat V. Het theoretisch mogelijke resultaat T_m gaat daar nog bovenuit. We hebben dus twee problemen:

1. V valt niet samen met T_m
2. W valt niet samen met V

Het feit dat V niet samenvalt met T_m behoort tot het gebied van onderzoek, waarbij de activiteiten zijn gericht op het vinden van nieuwe produktfuncties en nieuwe technologieën waarmee bestaande of nieuwe produktfuncties gerealiseerd kunnen worden. In de techniek hebben we het voorbeeld van een Carnot proces, waarbij de theoretisch mogelijke hoeveelheid arbeid wordt verkregen uit een warmtebron bij hoge temperatuur bij de aanwezigheid van een warmteput bij lage temperatuur. Dat de benzinemotor een output heeft welke ver achter blijft bij wat mogelijk is in een Carnotproces komt door aanwijsbare, voorlopig deels nog onvermijdbare warmteverliezen.

Ook in een fabricageproces is de ordening die gewenst is in de stromen en transformaties van materie, energie en informatie zodanig, dat men aanwijsbare en onvermijdbare produktieverliezen kan voorzien. Ook moeten we in aanmerking nemen dat er onvermijdbare afstemverliezen zullen bestaan omdat de beschikbaarheid van produktiemiddelen met diskrete capaciteiten kan worden veranderd evenals de organisatorische eenheden die minimaal met één man-capaciteit kunnen worden verhoogd of verlaagd. Dit terwijl de vraag naar produkten aan voortdurende variaties onderhevig is. Men is vaak ook niet op de hoogte van de nieuwste technologische ontwikkelingen of men kan niet tot aanschaf overgaan in verband met de liquiditeitspositie etc.

Het feit dat W niet samenvalt met V is ernstig. Dit probleem behoort tot het gebied van de procesbeheersing in de fabricage. In het algemeen spreekt men van een onbeheerst fabricageproces wanneer de opbrengst ver achter blijft bij de verwachting. In de beginperiode van de fabricage van de IC-chip, haalde men opbrengsten die onder de 10% bleven. Dat wil zeggen, dat van het aantal chips dat men redelijkerwijze uit een siliciumplak zou kunnen halen, minder dan 10% van het voorziene aantal er als goed werkende integrated circuits uit kwam.

Een slecht beheerst proces willen we een proces noemen waarvan de opbrengst naar de mening van het management te ver achterblijft bij de voorziene opbrengst. De kostprijs van de produkten is te hoog. Van een goede beheersing spreken we wanneer de opbrengst volgens verwachting is. De termen goed, minder goed, slecht beheerst etc. dienen slechts ter indicatie en worden bepaald door het management.

7. Met en regelen van processen

In het algemeen hebben we in de beschouwde fabriekprocessen te maken met een grote verscheidenheid aan technische processen. Elk proces zal aanleiding kunnen geven tot het gebruik van specifieke sensoren, vergelijkingsorganen (met de norm) en korrektieve acties om de functie, de eigenschappen en de toestand van het uitgangsprodukt binnen de normen te houden.

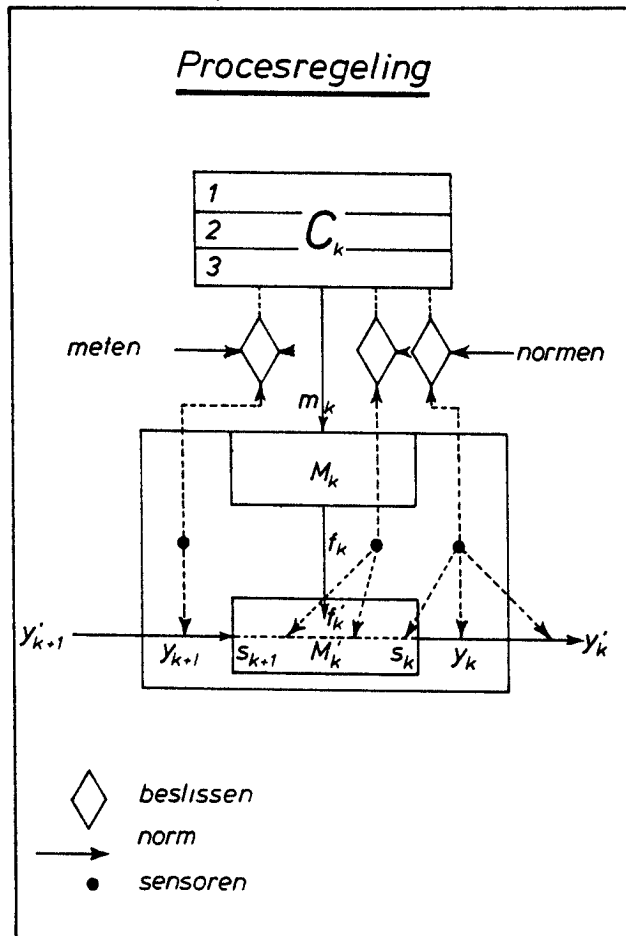


Fig.7.1. *Procesregeling. Voor het uitgangsprodukt is aangegeven dat de mogelijkheid bestaat om de toestandsgrootheden, de eigenschappen of de functies te meten en te vergelijken met de norm. Het is daarna mogelijk actief in te grijpen in de procescondities via regelorgaan C.*

Men heeft de keuze om de functie, de eigenschappen of de

toestand van een uitgangspunt te meten. In het proces zelf kan men het verloop van het proces volgen door op achtereenvolgende tijdstippen de toestand van het object waar te nemen. Van het ingangsprodukt (object voor toestandsverandering) worden in het algemeen alleen de toestandsgrootheden gemeten. In figuur 7.1 is een voorstelling gegeven van een technisch proces met de diverse metingen en mogelijkheden tot korrektieve acties.

Binnen het regelsysteem kan men drie niveaus onderscheiden:

1. automatisch ($C_{k,1}$), de factoren die het proces beïnvloeden zijn bekend en men weet welke instelling noodzakelijk is om te corrigeren
2. ingreep van de mens volgens voorschrift ($C_{k,2}$), de factoren die het proces beïnvloeden zijn bekend maar men moet zoeken naar de juiste correctiemogelijkheden
3. ad hoc reactie van de mens ($C_{k,3}$), de factoren die proces beïnvloeden zijn onbekend.

Het meten van de afwijkingen t.o.v. de normen van het uitgangsprodukt en het corrigeren via aanpassing van de proceskondities wordt regelen volgens het "feed back" principe genoemd. Het meten aan het ingangsprodukt en corrigeren via de proceskondities, noemt men regelen volgens het "feed forward" principe (ook wel "sturen" genoemd). Voor het laatste is veel meer kennis nodig. Het meten van de toestand van het object tijdens het proces en het corrigeren via de proceskondities is de directe (on-line) procescontrole.

Beheersing van een fabriekproces houdt dus in dat voorkomen moet worden dat storingen kunnen optreden of als ze optreden er snel gecorrigeerd kan worden. Het is dus een voortdurend streven om het onbekende te leren kennen en daarop in voldoende mate te reageren. Steeds minder ad hoc reacties van de mens, steeds meer ingreep volgens voorschrift of een automatische regeling. Automatiseren is de hoogste graad van procesbeheersing.

8. Analyse van fabriekprocessen, proceskaart

De uitgangssituatie is dat in een lopend fabriekproces problemen optreden met de procesbeheersing. Dit is te onderkennen aan grote uitval, te grote goederenstroom, teveel reparatie, te hoge kostprijs, willekeurige maatregelen etc.

Kreten als "er moet meer discipline komen in de fabriek" , "ze maken de spullen zelf kapot", de "toeleveranciers leveren rotte spullen", "de kwaliteitsafdeling keurt te snel af" etc. zijn aan de orde van de dag.

Zonder direkt in te gaan op de organisatorische aanpak, gaan we overeenkomstig de modelmatige benadering van een fabriekproces en een technisch proces te werk.

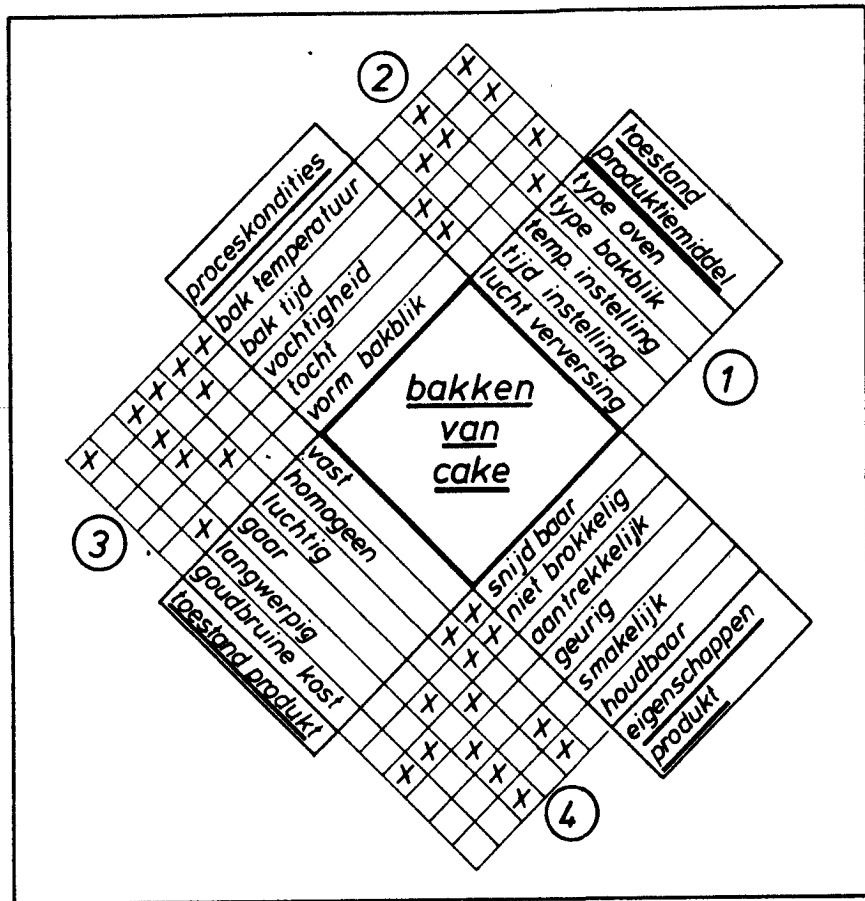


Fig.8.1. Proceskaart voor het bakken van cake. De ontwerpkaart is hier gereduceerd tot de noodzakelijk geachte relatiematrices die middels de proceskaart in verband met elkaar zijn gebracht. De volgende stap is het kwantificeren van de eigenschappen en toestand van het produkt en vervolgens van de proceskondities en toestand van het produktiemiddel (de oven, met zijn instelmogelijkheden).

Gestart wordt met het produktontwerp, hoe is het produkt opgebouwd, welke zijn de onderdelen, de sub-samenstellingen, de samenstellingen en de eind-samenstelling. (zie figuur 5.1) Wat is de functie van het eindprodukt. Welke eisen moet men daaraan stellen, wat zijn de afgeleide eisen op de diverse samenstellingsniveaus en op onderdelen niveau. Welke zijn de belangrijkste processen (hoofd- of kernprocessen) (4).

Uitgaande van de problemen in het fabricageproces en de genoemde eisenstroom wordt globaal bepaald waar oorzaken van problemen zouden kunnen zitten en welke de betreffende transformatie- en assemblageprocessen kunnen zijn. Nog steeds in samenwerking met alle betrokkenen worden betreffende processen nu meer in detail geanalyseerd. De

eerste stap hierin is het vaststellen van de functie van het betreffende onderdeel of uitgangspunt. Vervolgens kan men de overige relaties gaan vastleggen overeenkomstig de systematiek volgens de ontwerpkaart (figuur 4.1). Een methode die tot nu toe is gevolgd door Kools (2) is dat hij niet alle relaties in zijn beschouwing meenam, met het voordeel dat hij tot een eenvoudige presentatie kon komen in de vorm van een proceskaart, zie figuur 8.1.

Het is duidelijk dat deze proceskaart niet alle relaties bevat zoals beschreven in paragraaf 3. Er is uitgegaan van het feit dat de functies van het onderdeel goed zijn omschreven en dat daaruit de eigenschappen eenduidig zijn vastgelegd (relatiematrix I is hier bekend verondersteld). Vanuit die eigenschappen moet de relatie tot de toestand (vorm, samenstelling, structuur, afmeting etc.) van het onderdeel worden vastgelegd. Van het bestaande produktiemiddel zijn de eigenschappen niet direkt van belang verondersteld. De direkte relatie tussen de instelmogelijkheden van het produktiemiddel en de procescondities is bekend. (relatiematrix IV en V zijn samengenomen).

Voor we verder gaan moet opgemerkt worden dat het zeker aanbeveling verdient uit te gaan van de ontwerpkaart ook al denkt men dat bepaalde relaties goed zijn vastgelegd. Vaak blijkt dit dan later niet het geval te zijn. Het belangrijkste is echter om in samenwerking met de verschillende disciplines tot deze vaststelling van specificaties te komen. Juist de betrokkenheid van de diverse deskundigen zal leiden tot een snel en goed resultaat. De ontwerpkaart zal hier de nodige duidelijkheid bieden. Wanneer men besluit om via de proceskaart slechts een deel van de relaties in kaart te brengen is dit vervolgens ook een duidelijke afspraak en men kent de consequenties.

Van belang in deze analysefase is dat er oplossingen naar voren komen die ons in staat stellen de diverse processtappen beter te leren beheersen. Men moet deze analyse per processtap zien als een iteratief proces, waarbij steeds de eisen te stellen aan betreffend onderdeel moet worden getoetst aan de totale eisenstroom afgeleid van het eindprodukt. Daarbij moet ook de mogelijkheid worden meegenomen om de toleranties per processtap anders te verdelen of anderszins de eisenstroom aan te passen. Hierbij kunnen ook processtappen die tot dan toe, geen enkel probleem hebben gegeven, in de beschouwingen worden betrokken. Ook een gunstige verdeling van de toleranties over de diverse processen kan bijdragen tot verlaging van de kostprijs van het eindprodukt, door verkorting van bewerkingstijden en eventuele besparingen op investeringen, etc.

Het uiteindelijke doel is om in de fabricage de relatie tussen de instelmogelijkheden van het produktiemiddel en de functies van het vervaardigde produkt goed te beheersen. Wanneer bij analyse blijkt dat bepaalde relaties onbekend

zijn, kan men twee wegen volgen. Men kan via statistisch proefopzetten proberen een verband te vinden tussen oorzaak en gevolg of men kan langs technisch wetenschappelijke weg het verband leren kennen tussen oorzaak en gevolg. Het laatste heeft de voorkeur, omdat men dan het proces begrijpt en op anderssoortige storingen ook kan anticiperen. Wanneer technische kennis ontbreekt blijft alleen de statistische methode over. (Vergelijk de behandeling van patienten d.m.v. medicijnen in de medische wetenschap).

We onderscheiden dus:

1. verband tussen storingsfout en oorzaak leren kennen via statistische waarnemingen (empirisch) (5,6) c.q. opvoering van de vaardigheid (training)
2. verband tussen storingsfout en oorzaak leren kennen door inzicht in het proces te krijgen via technologische kennis (causaal verband), vergroten van de kennis

Gezien het feit dat het onder punt 2 genoemde meer inspanning en tijd kost, stelt men zich vaak tevreden met de op statistische waarnemingen verkregen uitkomsten. Het niet hebben van inzicht blokkeert dan de mogelijkheid te anticiperen op andere zaken die ook nog zouden kunnen gebeuren of de mogelijkheid om het proces op een nieuw instelpunt te bedrijven.

Aan de andere kant moeten we bedenken dat, om het fabriekageproces goed te laten lopen de eisen niet te stringent mogen zijn. De klanteneisen aan het eind-product laten vaak ook nogal wat ruimte (deze goed vaststellen bij de produktdefinitie). In de produkttoestand hebben we dus toleranties die we vervolgens over de technische processen en de tussenprodukten kunnen verdelen.

Opgemerkt moet worden, dat betrokken deskundigen uit diverse vakgebieden vaak zeer gekoncentreerd zijn op hun eigen problemen. Een bedrijfskundige moet de totale fabriekage kunnen overzien en door zijn inzicht in de konsekventies (en de kosten daarvan) is hij beter in staat de richting voor een optimale oplossing aan te geven. Hij moet in staat zijn de verschillende disciplines samen om de tafel te krijgen.

De verschillende stappen die bij de analyse doorlopen moeten worden kan men hier nog eens als volgt samenvatten

- a. stel vast welke de opbouw van het produkt is
- b. globale analyse van het fabriekageproces, vaststellen van probleemgebieden
- c. voor betreffende bewerkingen vaststellen: produktdefinitie, toestandsdefinitie, procesdefinitie, produktiemiddeldefinitie, produktmiddeltoestandsdefinitie (eventueel alleen die definities die belangrijk zijn in het betreffende geval). Dit moet leiden tot een goed bewerkings- en controlevoorschrift.
- d. indien c niet direkt mogelijk is: statistisch proefopzetten toepassen of meer inzicht in de causale verbanden verkrijgen (relaties oorzaak en gevolg leren kennen).

- e. een passende regeling invoeren in het proces of de storing wegnemen
- f. herhaling a, b, c, d en e om de beheersing van het proces op het gewenste niveau te krijgen.

9. Ontwerp van fabrikageprocessen, proceskaart

We gaan er weer vanuit dat fabrikageprocessen zijn gericht op de vervaardiging van produkten met door de klant gewenste functies. Om deze functies te realiseren zijn er in het algemeen diverse uitvoeringsmogelijkheden voor de toestand van het eindprodukt. De keuze van deze toestand, het produktontwerp of de opbouw van het produkt, bepaalt in grote mate de keuze van de transformatie- en assemblageprocessen (7,8,9,10). De seriegrootte en de omvang (grootte) van het produkt spelen daarbij ook een grote rol. De keuze van de processen en voorgaande overwegingen bepalen de keuze van de produktiemiddelen. Een illustratie van het voorgaande is de houten wasknijper en de plastic wasknijper. Ze vervullen nagenoeg dezelfde functie, maar de plastic wasknijper heeft de technologie van het spuitgietproces als basis. Ook de transistor en de elektronenbuis vervullen praktisch dezelfde functies (nog niet voor grote vermogens of hoge frequenties) maar in opbouw zijn ze zeer verschillend. De toenemende vraag naar elektronische produkten naast het lagere energie- en ruimtegebruik, de langere levensduur en de grotere mogelijkheden tot integratie van de transistor hebben geleid tot de ontwikkeling (die nog steeds gaande is) van geheel nieuwe processen en produktiemiddelen.

We hebben vastgesteld dat er diverse uitvoeringsvormen mogelijk zijn en dat geheel verschillende technologieën ten grondslag kunnen liggen aan de noodzakelijke processen. Het ontwerpen van een produkt en het bijbehorende fabrikageproces is in feite het nemen van een reeks van beslissingen uit een reeks van keuzemogelijkheden. Een uitspraak in deze is: "de beste oplossing is de eenvoudigste"(7,8,9,10).

Wanneer men de functies van een produkt heeft vastgelegd kan men deze proberen te vertalen in combinaties van hoeveelheden van eigenschappen die een produkt zou moeten bezitten. Vervolgens gaat men over tot configuratiestudies, waarbij de verschillende mogelijke combinaties worden getoetst aan de gestelde criteria (de vastgelegde eigenschappen en functies). Daarna kan men via een produkt-opbouw vaststellen hoeveel en welke sub-samenstellingen en onderdelen men heeft. Daaruit volgen dan de assemblage en de transformatieprocessen. Vanuit de gegevens over aantallen per tijdseenheid kan men een keuze gaan maken uit de beschikbare produktiemiddelen. Men kan eventueel produktiemiddelen laten ontwikkelen met de gewenste instelmogelijkheden.

Het bovenstaande is geheel in overeenstemming met de systematiek neergelegd in de ontwerpkaart. In een cyclisch

gebeuren, ofwel een iteratief proces, zal men geleidelijk komen van een globale invulling van de ontwerpkaart tot een detaillering die noodzakelijk is voor de goede beheersing van een proces. Dit moet men doen voor alle processtappen. Het is niet noodzakelijk om hier verder in te gaan op de ordening van de produktiemiddelen, dit is in paragraaf 8. voldoende aan de orde geweest.

In een eerdere benadering (3) is ook voor het ontwerpproces gebruik gemaakt van een proceskaart. Deze proceskaart was afwijkend van de proceskaart die is ingevoerd voor de analyse van fabriekprocessen.

De achterliggende gedachte voor de ontwerp-proceskaart was dat kleine en middelgrote bedrijven zich in het algemeen niet bezig zullen houden met de toestandsdefinitie (relatiematrix II van de ontwerpkaart) van deelprodukten. Men zal deze relaties tussen toestand en eigenschappen als een gegeven beschouwen. Het zal worden overgelaten aan research- en ontwikkellaboratoria om het onderzoek in deze uit te voeren. De gerichte produktontwikkeling zal van deze kennis dankbaar gebruik maken. Een ander uitgangspunt was dat genoemde bedrijven in het algemeen niet hun eigen produktiemiddelen zullen ontwikkelen en bouwen. Deze middelen zullen doorgaans ingekocht worden inclusief de achterliggende technologie (relatiematrix IV en V worden samen genomen). Wanneer we het bovenstaande als uitgangspunt nemen komen we tot de proceskaart zoals die is weergegeven in figuur 9.1.

Men ziet welke kennis in het bedrijf aanwezig moet zijn om de functies en eigenschappen van het produkt vast te leggen, gevolgd door de procescondities die direkt gekoppeld zijn aan de instelmogelijkheden. Wanneer voldoende kennis aanwezig is, kan men tot deze specificaties komen, tot keuze van het produktiemiddel en tot goede bewerkings- en controlevoorschriften per proces.

De afstemming van de processen volgt uit de eisenstroom die loopt van de wensen van de klant tot de eisen te stellen aan de toeleverancier, en de gevraagde aantallen (hoeveelheden) per tijdseenheid en snelheden van processen.

Uit het voorgaande is het duidelijk dat bij het ontwerpen de nadruk meer is gelegd op de produktdefinitie, terwijl bij de analyse de nadruk juist is gelegd op de toestandsdefinitie. Misschien is het feit dat in de praktijk de nadruk ook vaak zo gelegd wordt, dat men wel grote problemen moet verwachten met nieuw aangelopen processen en zelfs met processen die al langer lopen. Het lijkt dus noodzakelijk om zowel bij de analyse als bij het ontwerpen van fabriekprocessen uit te gaan van de ontwerpkaart.

Uit het voorgaande is ook duidelijk dat het ontwerpen van een fabriekproces een grote reeks van keuzes met zich brengt, maar dat in het algemeen de begrenzing in het bestaande machinepark van de onderneming zit, tenzij de onderneming zich nieuwe produktiemiddelen kan permitteren.

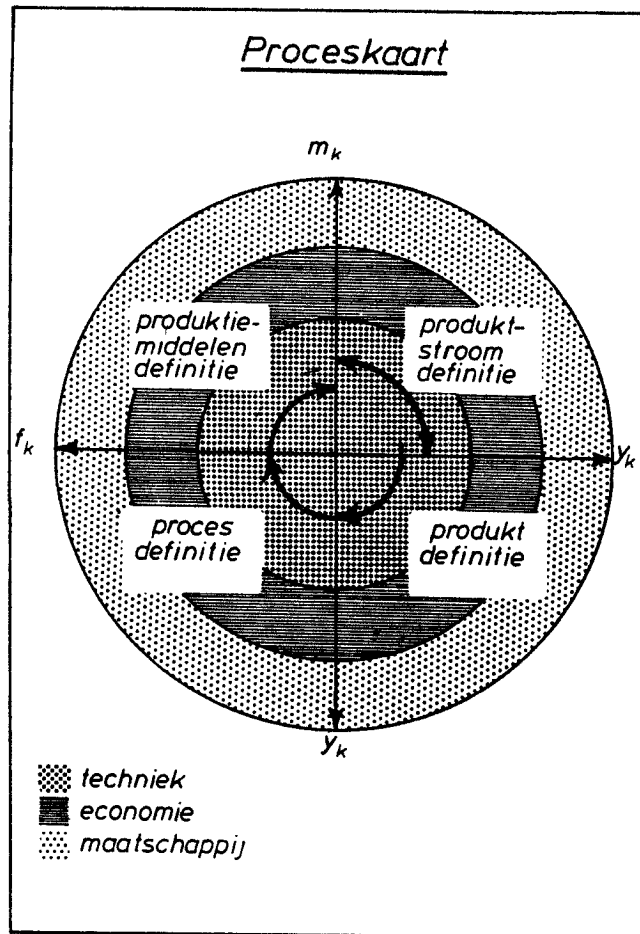


Fig.9.1. *Proceskaart. De ontwerpkaart is ook hier gereduceerd, doch anders dan bij de analyse, tot de noodzakelijk geachte relatiematrices, die middels deze proceskaart in verband met elkaar zijn gebracht. De termen procesdefinitie en produktiemiddelen-definitie zijn alleen korrekt wanneer we er van uitgaan dat de eigenschappen van een onderdeel eenduidig door de toestand worden bepaald, resp. de eigenschappen van het produktiemiddel eenduidig door de configuratie van het produktiemiddel worden bepaald (zie ook tekst). Produktstroomdefinitie betreft ook de ordening in de orderstroom, de goederenstroom in de fabriek en de distributie.*

Over figuur 9.1. moet nog worden opgemerkt, dat getracht is aan te geven dat technische eisen zijn gekoppeld aan economische- en maatschappelijke eisen. Dit is echter altijd het geval, en is daarom in de ontwerpkaart niet

expliciet aangegeven.

De konklusie is dat bij het ontwerpen men de ontwerpkaart als basis moet nemen voor de beschrijving van elk noodzakelijk proces. Onder bepaalde aannamen kan men tot een vereenvoudigde beschrijving komen van de processen en kan men gebruik maken van voorgestelde proceskaart. Het is duidelijk dat de keuze van het produktontwerp aanzienlijke konsekventies heeft op de noodzakelijke processen. In de totale beschouwing zal men de konsekventies voor de ordening van de produktiemiddelen en het logistieke gebeuren mee moeten nemen, evenals de functie van de mensen in het fabrikage proces.

10. Organisatorische aspecten van procesbeheersing

Onze aandacht is tot dusver sterk gericht geweest op de technische processen, de transformaties en de assemblages, waar grondstoffen, energie en informatie getransformeerd worden tot de door de klant gewenste produkten. We moeten ons echter realiseren dat het de mensen zijn die met hun kennis en vaardigheden de processen en het logistieke gebeuren in een fabrikageproces aan de gang houden. Goed opgeleide en goed gemotiveerde mensen moeten daarvoor in een goede afstemming met elkaar kunnen werken. Deze samenwerking betreft de activiteiten gericht op vernieuwing of verbetering van produkten en processen en de activiteiten gericht op verbetering van de procesbeheersing in lopende fabrikageprocessen.

Bij vernieuwingen of verbeteringen van de produkten en van de processen zal een interdisciplinaire samenwerking, overeenkomstig de vakgebieden aangegeven in de ontwerpkaart, noodzakelijk zijn. Het regelen van de kommunikatie is hier een belangrijk organisatorisch aspect. Om tot een goede gemeenschappelijke besluitvorming te komen, wordt een projektmatige, multidisciplinaire aanpak als de beste mogelijkheid gezien. Tijdens de voortschrijding van het projekt kan de leiding van dit projektteam verschuiven van de produktontwikkeling naar de fabrikagevoorbereiding, afhankelijk van de fase waarin het projekt verkeert.

Ook bij problemen met de beheersing van het pas aangelopen of bestaande fabrikageproces wordt een projektmatige, multidisciplinaire aanpak als noodzakelijk gezien. De voorzitter van dit team moet hoog in de organisatie rapporteren, tenminste op dat niveau waar alle disciplines voor het eerst samenkomen. In dit verband wordt een projekt gekenmerkt door een duidelijke doelstelling, het verwachte tijdstip van realisatie daarvan, toewijzing van benodigde capaciteit en een budget. In de projektplanning zullen tijdstippen opgenomen zijn van tussentijdse rapportage over de bereikte resultaten (en de projektuitgaven). Geadviseerd wordt om de projekten gericht op procesbeheersing te starten met behulp van een buitenstaander die beschikt over een brede kennis en inzicht in de systematische aanpak, zoals beschreven in het voorgaande, totdat de eigen organisatie de

kennis heeft overgenomen.

Een belangrijk aspect dat nog niet aan de orde is geweest is de opbouw van de organisatie rond de technische processen (4,11). Op het moment dat de ontwerpkaarten worden ingevuld is bekend welke de specificaties zijn van de produkten, processen, produktiemiddelen, materialen etc. De kwaliteitsnormen zijn hiermee vastgelegd en de fabrikagevoorschriften en controlevoorschriften kunnen worden gemaakt. Wanneer men de taken ten behoeve van fabrikage, montage, controle en voorbereiding heeft uitgewerkt naast de logistieke taken inclusief de planning van deze taken, kan men deze op een bepaalde wijze samenvoegen tot functies.

Men kan zich voorstellen dat dit op de volgende wijze gaat. Bij het completeren van de ontwerpkaarten kan via studie en/of meting de relaties en de variaties op het proces of ingangsmateriaal worden vastgelegd en op basis hiervan zijn dan de overige aspecten op te bouwen. Bekend is welke materialen met welke eigenschappen, toleranties, etc. per processtap nodig zijn. Hiermee is ook de basis gelegd voor het logistieke gebeuren. Aansluitend kan het kwaliteitsgebeuren nu omschreven worden omdat de eisen aan materialen en produktiemiddelen bekend zijn.

Kritische materiaalspecificaties en regelvariabelen in processtappen kunnen in de sturing als meetpunt worden meegenomen als input voor de procesregeling. Juist het meten van de kritische variabelen leidt tot meer inzicht en geeft de mogelijkheid de foutkansen te verkleinen tot bijvoorbeeld parts per million.

Het lijkt voorts mogelijk op basis van de kennis bijeengebracht in de ontwerpkaarten om het onderhoud meer preventief op te zetten, rekening houdend met de logistieke eisen en het verwachte verloop van de procesvariabelen. Ten aanzien van de produktie is dan bekend welke taken er liggen. Ten einde de storingsgevoeligheid zo klein mogelijk te houden is het noodzakelijk uitvoerende taken zoveel mogelijk te combineren met regelende taken, zodat minder uitgeholde, meer motiverende functies ontstaan waar vervolgens de procesbeheersing weer mee is gediend. Overwogen kan worden om ook de onderhoudstaken in deze functie onder te brengen zodat storingskansen nog verder worden teruggedrongen. Afhankelijk van de zo gekonstrueerde functies en de beschikbaarheid van de mensen volgt hier tevens uit welke opleidingen verzorgd moeten worden, c.q. welke opleidingseisen er te stellen zijn bij het aantrekken van nieuwe funktionarissen.

Dit kan men bij voorkeur zo uitwerken, dat deze functies voldoende uitdaging inhouden voor hoger gekwalificeerde mensen die tevens in staat zijn gerichte verbeteringsacties te starten bij optredende afwijkingen. Zij moeten in staat zijn om in teamverband met onderhoudspersoneel, werkvoorbereidingsmensen, etc. de problemen aan te pakken. De operators kunnen volledig geïnstrueerd zijn over waar, wat, wanneer, hoe en waarmee gemeten moet worden en hoe te

reageren bij afwijkingen. Men kan vaststellen dat een deel van de kwaliteitsorganisatie dan in de lijn is ingebouwd. Wanneer men bij de keuze van het produktontwerp voldoende inzicht heeft in de konsekventies van die keuze, kan men het produktontwerp ook nog zodanig beïnvloeden dat de functies van de mensen rond de technische processen hierbij een belangrijk uitgangspunt zouden kunnen zijn. Dit vraagt een zeer goed inzicht en een daarop gericht beleid.

De organisatie die activiteiten wil gaan ontwikkelen ter verbetering van de procesbeheersing zal in het algemeen ongeveer onderstaande aanpak volgen.

1. Stel vast dat onvoldoende beheersing het probleem is.
2. Benoem een voorzitter die voldoende hoog in de organisatie rapporteert en stel een multidisciplinair team samen.
3. Laat het team zijn doelstelling formuleren en stel einddatum van rapportage (planning, budget). Start het projekt gericht op procesbeheersing met behulp van een buitenstaander die geschikt over een brede kennis en inzicht in de systematische aanpak.
4. De eerste maatregelen zullen in het algemeen gericht zijn om rust in de fabricage te brengen door hulpmiddelen te bedenken om te kunnen sorteren eventueel te repareren (dit geldt zeker voor grote series).
5. Zie systematische aanpak volgens paragraaf 8.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat de ontwerpkaart basis zou kunnen vormen van het overleg in de kwaliteitskringen die rond de hoofdprocessen georganiseerd kunnen worden.

Referenties.

1. J.M. Juran, Quality Control Handbook, third edition.
2. F. Kools, Procesbeheersing, 1980, 1981, Private Communications
3. H.H. van Mal, Syllabus van het College Technische Processen, 1981.
4. P.C. Schumacher, Principles of Work Organisation, 1979.
5. G.E.P. Box, N.R. Draper, Evolutionary Operations, John Wiley & Sons Inc., New York, 1969.
6. R.H. Woodward, Cumulative Sum. Techniques, Oliver & Boyd, 1977
7. M.M. Andreasen, S. Kahler, T. Lund, Design for Assembly, IFS Publications, 1983.
8. B.J. Davies, Editor, Design Engineering, Proc. 6th Annual Conf. Birmingham U.K. 1983.
9. G. Boothroyd, Design for Assembly, University of Massachusetts, 1982.
10. G. Boothroyd, C.Ho, L.E. Murch, C.R. Poli, G.A. Russell and W.R.D. Wilson, Design for Economic Manufacture, University of Massachusetts, 1983.
11. E.J. Hekma, Organisatorische aspecten van procesbeheersing, 1982, Private Communication.

EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY /
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCE /
RESEARCH REPORTS

- EUT/BDK/1 Internal rate of return - an investment decision criterion of full applicability **Miroslaw M. Hajdasinski**
- EUT/BDK/2 A portfolio approach to the capital budgeting decision
L.A. Soenen
- EUT/BDK/3 Patient scheduling: A review **R.J. Kusters**
- EUT/BDK/4 Researchinspanningen, technische innovatie en werkgelegenheid: Een internationaal vergelijkende studie door middel van research-indicatoren **P.W. Hulzenga, C. Botter**
- EUT/BDK/5 Investeren in flexibele productie-automatisering
H.J. Hagenberg
- EUT/BDK/6 Diagnosemethoden; vraag, aanbod en kwaliteit: Een interpretatieve inventarisatie **H.G. Schotman**
- EUT/BDK/7 De bruikbaarheid van ontwikkelingsmodellen voor management en advisering **H.G. Schotman, R. Vonk**
- EUT/BDK/8 Het functioneren van HBO-verpleegkundigen in de praktijk van de gezondheidszorg **B.Th.M.M. Pieterse, J.A. Verwey**
- EUT/BDK/9 Technische processen, procesbeheersing, ontwerpkaart
H.H. van Mal, F. Kools, E.J. Hekma
- EUT/BDK/10 Variatie in onderwijsvormen binnen probleemgestuurd onderwijs: Evaluatie van een experiment **E. de Graaff, R. Mercx**
- EUT/BDK/11 The cost of downtime for maintenance: Preliminary considerations **W.M.J. Geraerds**
- EUT/BDK/12 Production and inventory control with the base stock system
J.P.J. Timmer, W. Monhemius, J.W.M. Bertrand
- EUT/BDK/13 Participative development of a budget system for operational control **Johan J.A. Bakker, Johan C. Wortmann, Jacques A.M. Theeuwes**
- EUT/BDK/14 Integrating management control and operational control
Johan J.A. Bakker, Jacques A.M. Theeuwes, Johan C. Wortmann
- EUT/BDK/15 Halffabrikaten van koper en koperlegeringen: Een analyse van productie en afzet in mondiaal perspectief **Ad Sannen**
- EUT/BDK/16 Studie-bijeenkomst contingentie-benadering **Vakgroep Organisatiekunde**
- EUT/BDK/17 Internationale Industriële productie: De economische theorie en de bedrijfskundige praktijk **A.D.M. v.d. Ven**
- EUT/BDK/18 Flexibele productie-automatisering: Het bedrijfskundig beoordelen ervan tijdens het ontwerpproces van productiesystemen bij Volvo Car B.V. **H.C.M. Schepers**
- EUT/BDK/19 De organisatie van de verplegingsdienst in algemene ziekenhuizen: Meetinstrumenten **R.J.M. Mercx**
- EUT/BDK/20 On the applications of energy analysis and second law analysis **W. Willeboer**
- EUT/BDK/21 Een economische kijk op energiesubstitutie, uitgaande van processen **P. van den Heuvel**
- EUT/BDK/22 Interne budgettering van de klinische verpleging op basis van werklastonderzoek in het St. Annaziekenhuis te Oss
P.W.H.M. van Stiphout
- EUT/BDK/23 Prestatiegrafieken van gereedschappen (Een nieuw informatiesysteem voor terugkoppeling op korte en lange termijn) **J.M.A. van de Molengraft**
- EUT/BDK/24 Vragenlijst verpleegkwaliteit: Onderzoek naar validiteit en betrouwbaarheid van een instrument voor verpleegkwaliteit
B.J.S. Lacko