

5.2 Ontwerpfase

5.2.1 Inleiding

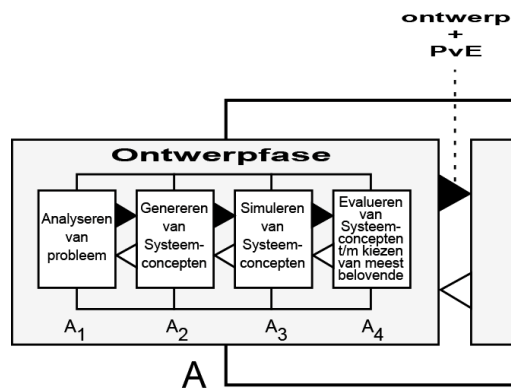
In de **ONTWERPFASE A** vindt een transformatie plaats van gesignaleerde behoeften in een ontwerp van een technische inrichting. Men veronderstelt daarbij dat hantering ervan na realisatie zal leiden tot opheffing van de wens- of klemssituatie. De behoeften kunnen bestaan bij een diskreet individu, maar ook binnen een anonieme markt. De eerste vragen die in beide gevallen beantwoord dienen te worden zijn: **WIE wil WAT WAARTOE en WAAROM?** Een *Problemanalyse* moet antwoord geven op deze vragen. Vaak zijn de antwoorden geformuleerd als wenselijkheden, die nog vertaald moeten worden in ontwerpeisen. De verzameling ontwerpeisen wordt *Programma van Eisen* genoemd. Dit programma vormt het resultaat van de problemanalyse.

Onder een *probleem* verstaan we de psycho-fysische spanning die ontstaat bij een zich voordoende kloof tussen de bestaande en de gewenste situatie.

Onder *denken* verstaan we de mentale activiteit die gericht is op het vinden van antwoorden op de vraag hoe (volgens welke methode) de onbevredigende situatie in de gewenste situatie kan worden getransformeerd.

De functie van denken is dus: probleemoplossen.

Het PvE vormt dus de bron voor de te ontwikkelen alternatieve systeemconcepten. Genoemde ontwikkelingsactiviteit vindt plaats in de subfase A_2 (zie figuur 5-03). In die figuur wordt op de ontwerpfase ingezoomd en worden de in die fase te doorlopen processtappen schematisch weergegeven. In de ontwerpfase wordt bovendien het PvE nader uitgewerkt, ondermeer op het punt van de interne randvoorwaarden².



Figuur 5-03 Nadere detaillering van de ontwerpfase.

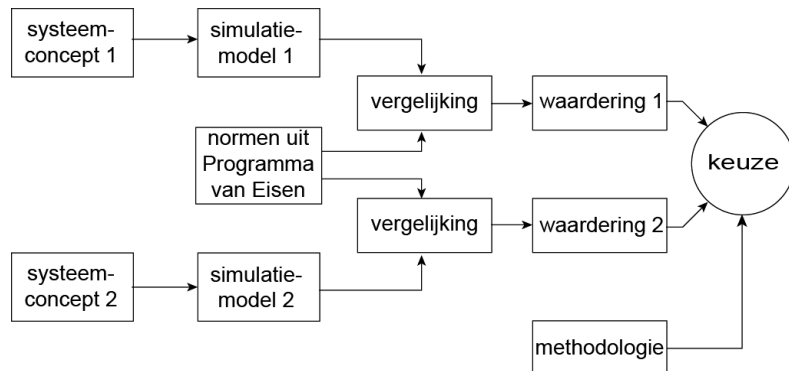
Onder een systeemconcept³ wordt een mentale constructie verstaan, die vaak gevisualiseerd kan worden door middel van een *symbolisch model*⁴. De gebruikte symbolen verwijzen dan naar de te realiseren functionaliteiten.

² Het onderscheid tussen interne en externe randvoorwaarden zal nog nader worden toegelicht in §5.2.5.

³ Op het begrip systeemconcept wordt elders uitvoeriger ingegaan.

⁴ Het *symbolische model* behoort tot de categorie van de *conceptuele modellen*. Het begrip *concept* is nagenoeg synoniem met het begrip ontwerp en verwijst naar een voorlopige formulering op een

Van de systeemconcepten dienen vervolgens in de subfase A₃ simulatiemodellen ontwikkeld te worden. Aan de hand van deze modellen kan het gedrag van het te ontwerpen systeem (vooralsnog) tentatief voorspeld worden. De uitkomsten daarvan worden vergeleken met de in het PvE vastgelegde beoordelingscriteria, teneinde de *waarde* of kwaliteit van het voorlopig ontwerp te kunnen bepalen. Deze activiteit wordt ‘evaluatie’ genoemd. Is de waarde van elk alternatief vastgesteld, dan kan overgegaan worden tot een keuze. Het proces van evalueren en kiezen vindt in de figuur 5-03 plaats in de subfase A₄. De structuur van het keuzeproces wordt weergegeven in de figuur 5-04.



Figuur 5-04 De structuur van het keuzeproces

Op grond van de evaluatie wordt uit de alternatieve systeemconcepten de meest belovende geselecteerd. Deze zal in de constructiefase B nader uitgewerkt worden.

De evaluatie van de alternatieve systeemconcepten en de keuze daaruit van het meest belovende (het ‘ontwerp’) kan beschouwd worden als de overgang van de ontwerpfase naar de constructiefase. Hierbij doet zich opnieuw een paradox voor, die we de ***paradox van de evaluatie van concepten*** zullen noemen.

De abstracte systeemconcepten kunnen vaak voor wat betreft de functies al wel gesimuleerd en geëvalueerd worden. De waarde van elk alternatief wordt in deze bepaald door de effectiviteit. Er kunnen echter nog geen uitspraken gedaan worden over de mate waarin voldaan zal zijn aan de in de randvoorwaarden⁵ genoemde aanvaardbare offers. In deze fase zijn aan het concept immers nog geen geometrie en materiaal toegekend en kan dus nog niet geëvalueerd worden op als offers te beschouwen aspecten. Offers zijn immers onlosmakelijk verbonden aan de concrete werkelijkheid. Onder “beginselen voor onzekerheidsreductie in de ontwerpfase” zal aangegeven worden op welke wijze ten dienste van de eerste globale

begripsmatig niveau van iets wat tot stand gebracht moet worden. Onder een *conceptueel model* wordt verstaan een systeem van begrippen of symbolen. Het woord systeem wijst op een samenhang tussen de begrippen of symbolen. Voorbeelden van conceptuele modellen worden gevormd door diagrammen, netwerken, stroomschema’s, mathematische modellen en logische modellen. Onder een *symbolisch model* wordt verstaan een systeem waarin de elementen bestaan uit symbolen of symboolgroepen die verwijzen naar concrete operaties en/of functies. Als voorbeelden van symbolische modellen kunnen genoemd worden: logische schakelschema’s ten dienste van het vakgebied van de digitale elektronica, flow sheets in de procesindustrie, stroomdiagrammen in de softwareontwikkeling, structuurschetsen in de werktuigbouwkunde.

Zie ook: Eekels, J. en N.F.M. Roozenburg, *Productontwerpen, structuur en methoden* 1991, pag. 224

⁵

Zie §5.2.2.: Probleemanalyse.

evaluatie in de ontwerpfase toch reeds enige (voorlopige) kennis verkregen kan worden over de met elk systeemconcept na uitwerking gepaard gaande offers. Op dit moment willen we echter wel de begrippen effectiviteit en productiviteit introduceren. Deze begrippen zijn te beschouwen als de hoofdcriteria voor de evaluatie van systeemconcepten.

De te ontwerpen technische inrichting heeft als bedoeling een verandering in de omgeving te weeg te brengen. De te realiseren doelstelling noemen we het 'beoogde resultaat' R_{beoogd} . In de productontwikkelingsfase (fase A + B) ontstaat geleidelijk een indruk over het resultaat dat met behulp van het product verwacht mag worden: R_{verwacht} . Indien $R_{\text{verwacht}} \in R_{\text{beoogd}}$, kan het middel voorlopig als effectief beschouwd worden. Het betreft hier een theoretische effectiviteit. Immers, het middel moet voor de "proof of the pudding" nog verder ontwikkeld worden. De theoretische effectiviteit wordt nu als volgt gedefinieerd⁶:

$$\text{effectiviteit}_{\text{theoretisch}} = \frac{R_{\text{verwacht}}}{R_{\text{beoogd}}}$$

De alternatieve systeemconcepten met een $\text{effectiviteit}_{\text{theoretisch}} < 1$ vallen bij de evaluatie af, omdat daarmee de doelstellingen niet gerealiseerd kunnen worden. Van de overgeblevenen wordt vervolgens bepaald welke de offers zijn die - naar verwachting - gebracht zullen moeten worden voor de doelrealisatie. Met andere woorden: van elk resterend systeemconcept wordt de theoretische productiviteit bepaald. Een dergelijke bepaling kan uiteraard in deze fase van de productontwikkeling slechts een tentatieve schatting zijn. De theoretische productiviteit wordt als volgt gedefinieerd:

$$\text{productiviteit}_{\text{theoretisch}} = \frac{R_{\text{beoogd}}}{O_{\text{verwacht}}}$$

Als het meest belovende systeemconcept dient nu het concept beschouwd te worden met de hoogste theoretische productiviteit. De bepaling van de theoretische productiviteit is veel lastiger dan in deze eenvoudige beschouwing wellicht gesuggereerd wordt. Op de uitvoering van een dergelijke bepaling zullen we in deze beschouwing echter niet ingaan.

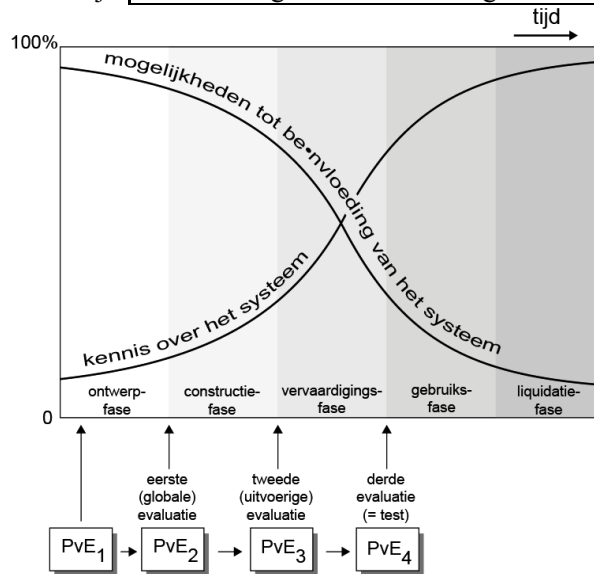
In de ontwerpfase worden beslissingen genomen die voor de werkelijke effectiviteit en werkelijke productiviteit van de te realiseren technische inrichting van cruciaal belang zijn. In de ontwerpfase is het aantal beschikbare vrijheidsgraden nog zeer groot. Het is dus van het grootste belang in die ontwerpfase de juiste beslissingen te nemen. Indien in de constructiefase blijkt, dat in de ontwerpfase een verkeerde beslissing genomen is, kost een herontwerp in de regel veel meer geld dan dat in de ontwerpfase beter nagedacht zou zijn. Hiervoor werd reeds aangeduid, dat de in de ontwerpfase beschikbare hoeveelheid informatie over het te ontwerpen systeem echter nog gering is. De besluiten moeten dus genomen worden onder grote onzekerheid. De figuur 5-05 toont deze *paradox van de levenscyclus*. Het is nu van groot belang de hoeveelheid onzekerheid in de ontwerpfase te reduceren. Daartoe volgen hier enkele beginselen.

Beginselen voor onzekerheidsreductie in de ontwerpfase

1. Een diepgaande probleemanalyse levert veel informatie op over:
 - de aard van het probleem;

⁶ Zie: Veld, J. in 't, Analyse van organisatieproblemen, achtste druk, 2002, pag. 210 - 215.

- waartoe men spontaan geassocieerde oplossingen wil aanwenden;
 - de bij de te ontwerpen technische inrichting belanghebbenden;
 - de mogelijkheden tot het vinden van een oplossing;
- en levert aldus uiteindelijk **een ver doorgestructureerd Programma van Eisen**.



Figuur 5-05 De paradox van de Levenscyclus.

2. Door instelling van een volgens de beginselen van interdisciplinariteit werkend ontwerpteam worden de *individuele Real Life Systems gekoppeld*⁷, hetgeen een vergroting met zich meebrengt van het aantal alternatieve systeemconcepten.

**De centraal daarbij te hanteren vraag is:
KAN HET OOK ANDERS?**

3. De abstracte systeemconcepten kunnen vaak al wel gesimuleerd en geëvalueerd worden op technische functionaliteit c.q. doeltreffendheid, maar slechts tentatief op doelmatigheid. In deze fase zijn aan het concept immers nog geen geometrie en materiaal toegekend en kan dus nog niet geëvalueerd worden op als offers te beschouwen aspecten als

snelheid, dissipatie, massa, en daarvan afgeleide eisen betreffende kosten, gebruiksvriendelijkheid, bedrijfszekerheid, onderhoudsarmoede enz.

En toch moeten er reeds in de ontwerpfase keuzen gemaakt worden aangaande deze 'productiviteitscriteria teneinde het meest belovende systeemconcept verder te kunnen uitwerken. De grote vraag is dus: in welke mate zal straks een systeemconcept na materiële uitwerking voldoen aan het PvE, terwijl die materialisatie op dit moment van beslissen nog niet heeft plaatsgevonden?

De onzekerheid dienaangaande kan ondermeer verkleind worden door in de ontwerpfase:

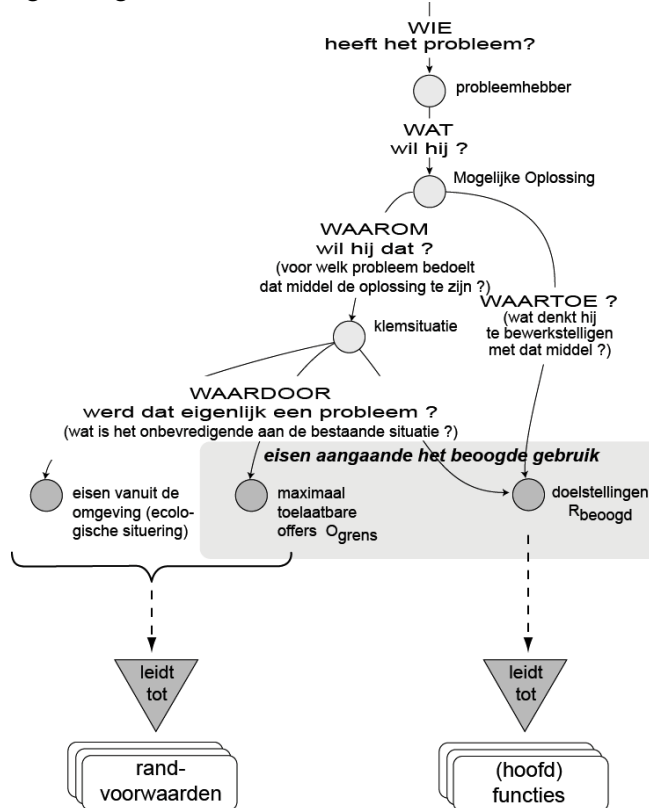
- gebruik te maken van expert judgement
- de systeemconcepten al zover uit te werken dat een verantwoord besluit wél mogelijk is.

⁷

Voor de beginselen van ont- en herkoppeling van capaciteiten: Zie "Fundamentals of business engineering and management, hoofdstuk 10 'Basic forms of co-operation'

5.2.2 Probleemanalyse

Omdat dit thema uitvoerig aan de orde komt in hoofdstuk 12 “A fundamental problem approach model” van “*Fundamentals of business engineering and management*” beperken we ons op deze plaats tot de figuur 5-06 en een summier beschrijving daarvan. Deze figuur vormt een uitbreiding van figuur 12.18 uit “*Fundamentals enz.*”.



Figuur 5-06 De structuur van de probleemanalyse.

Uitgangspunt van de figuur vormt de veronderstelling, dat een probleemhebber met reeds een vaag idee over een oplossing voor zijn probleem, in contact komt met een probleemoplosser. De probleemoplosser stelt zichzelf vijf fundamentele vragen:

- a. WIE is de probleemhebber?
- b. WAT wil die probleemhebber?
- c. WAAROM wil hij dat eigenlijk?
- d. WAARDOOR werd het eigenlijk een probleem?
- e. WAARTOE wil hij het middel gebruiken?

De antwoorden op die vragen verwijzen naar:

ad a: De probleemhebber.

ad b 1^e: Diens idee voor een mogelijke oplossing.

N.B. Probleemhebbers zijn veelal geneigd hun problemen te formuleren in termen van de oplossing die hen reeds voor ogen staat!

2^e De offers die hij bereid is te brengen (zie ook §5.2.1. en §4.4)

3^e De eisen die voortkomen uit de wisselwerking van het gezochte middel met de omgeving ervan. Zie hierbij ook §5.4.3. en § 5.4.4 van dit hoofdstuk!

ad c De wens- of klemsituatie waarin de probleemhebber zich bevindt. Feitelijk stelt de probleemhebber zichzelf de vraag “Voor welk probleem is dit een oplossing?” In

- hoofdstuk 12 “A fundamental problem approach model” van “*Fundamentals ...*” werd dit aangeduid met *terugdenken* (zie ook figuur 12.7 aldaar).
- ad d Een veel uitvoeriger probleemomschrijving dan wat bij c kernachtig in één zin weergegeven werd.
- ad f Welk doel de probleemhebber eigenlijk wil bereiken met behulp van het gezochte middel. Zie voor de relatie tussen het doel en de hoofdfunctie figuur 6-05 en de daarbij behorende beschouwing in §6.2.
- N.B. De “eisen betreffende het beoogde gebruik” en de “eisen vanuit de ecologische situering” vormen de eerste twee categorieën van eisen uit de Hoofdstructuur van het PvE (Zie § 4.3.5.).

5.2.3 Een eerste structurering van het Programma van Eisen

Het uiteindelijk resultaat van de probleemanalyse wordt gevormd door de criteria waaraan de oplossing moet voldoen. In die criteria onderscheiden we in eerste instantie naar hun functie in het vervolg van het ontwerpproces de volgende hoofdcategorieën;

■ **functioneringscriteria**

hebben in het zoekproces tot bedoeling

- het zoekproces naar mogelijke oplossingen van het ontwerpprobleem te starten;
- evaluatie van de later in het ontwerpproces te genereren mogelijke oplossingen op effectiviteit;

geven aan WAT in het domein van het natuurgebeuren bewerkstelligd moet worden (dus niet HOE dat zou moeten gebeuren);

zijn geformuleerd in functietermen (en niet in objecttermen);

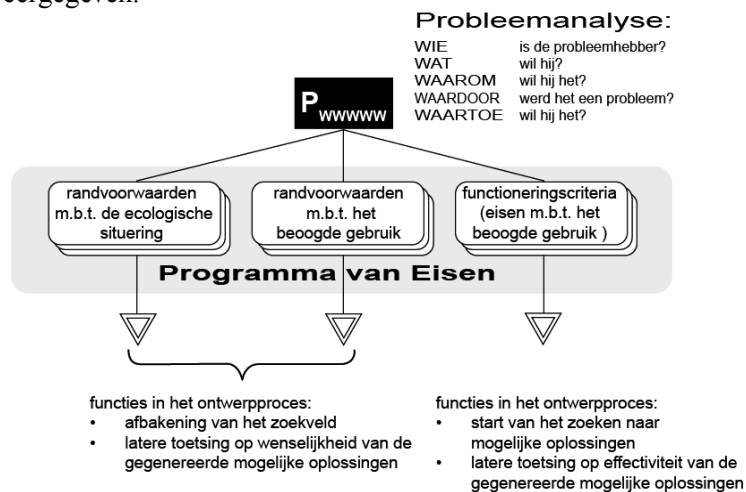
volgen direct uit de probleemstelling maar specificeren de oplossing niet, d.w.z. ze doen geen uitspraken over het concrete systeem en diens fysische eigenschappen

■ **randvoorwaarden**

hebben in het zoekproces tot bedoeling

- afbakening van het zoekveld
- latere toetsing op wenselijkheid van de te genereren mogelijke oplossingen

In figuur 5-07 is deze eerste indeling van het PvE in twee hoofdcategorieën van criteria schematisch weergegeven.



Figuur 5-07 Twee hoofdcategorieën van criteria als resultaat van de Probleemanalyse.

Ook in de figuur 5-07 is een verband gelegd met de Hoofdstructuur van het Programma van Eisen zoals ondermeer beschreven in hoofdstuk 4, paragraaf 4.3.5. In die hoofdstructuur zijn twee eisen op het hoogste niveau van aggregatie en abstractie opgenomen, te weten de eisen met betrekking tot het beoogde gebruik (a) en de eisen vanuit de context van het te ontwerpen systeem (b). De eisen vanuit het beoogde gebruik bestaan uit functioneringscriteria en randvoorwaarden, terwijl de eisen vanuit de context (de ecologische situering) uitsluitend het karakter hebben van randvoorwaarden. De eisen c t/m f uit de hoofdstructuur vormen dan een nadere uitwerking op een meer concreet niveau van beschouwen van de eisen a en b. De hoofdstructuur bevat aldus meerdere niveaus van aggregatie en abstractie.

5.2.4 Voorbeelden van randvoorwaarden

- de materiaalkosten van het systeem mogen niet meer bedragen dan € 500,00;
- het gewicht van het systeem mag op de maan niet hoger zijn dan 20 kg;
- het systeem moet een maximale doorlooptijd in de productie mogelijk maken van 3 weken;
- het systeem moet een Mean-Time-Between-Failure (MTBF) hebben van minimaal 5 maanden;
- de ontwikkelingstijd tot aan marktintroductie mag maximaal 5 maanden bedragen;
- het systeem moet vervaardigd kunnen worden met behulp van het bestaande productiesysteem;
- het systeem moet gerealiseerd kunnen worden in CMOS-technologie;
- de dissipatie van het systeem mag maximaal 500 mW bedragen;
- het systeem moet voldoen aan de veiligheidsnormen van de KEMA overeenkomstig de daarvoor relevante DIN-normen;
- in het systeem mag geen asbest gebruikt worden;
- de productontwikkeling tot aan het moment waarop het productierijp zal zijn moet plaatsvinden binnen een budget van 2,7 mln euro;
- het product dient volledig recyclebaar te zijn, d.w.z. volledig scheidbaar in homogene grondstoffen;
- bij de vervaardiging mag geen benzeen vrijkomen;
- het systeem moet kunnen functioneren in een UNIX-omgeving.

Het laatste voorbeeld betreft een randvoorwaarde die duidelijk behoort tot de categorie van eisen vanuit de ecologische situering.

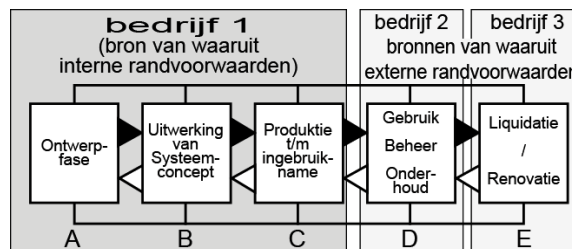
In al deze voorbeelden blijft onduidelijk, wat er nu precies ontworpen moet gaan worden. Randvoorwaarden kunnen nooit dienen om het ontwerpproces te “triggeren”, daarvoor heeft de ontwerper de functioneringscriteria nodig. Heeft men helderheid verkregen over de functioneringscriteria, dan kunnen die gebruikt worden als uitgangspunt voor een te ontwikkelen functieblokschema. Dat is het onderwerp van hoofdstuk 6.

5.2.5 Interne en externe randvoorwaarden

Er wordt nog wel eens onderscheid gemaakt tussen *interne* en *externe* randvoorwaarden. Onder interne randvoorwaarden verstaan we hier de ondernemings-interne voorwaarden die de voor de productontwikkeling verantwoordelijke onderneming aan het te ontwikkelen technisch systeem stelt teneinde de eigen (commerciële) belangen veilig te stellen. Uit deze definitie kan direct geconcludeerd worden dat wij ons op dit punt in deze beschouwing primair identificeren met het productontwikkelingsproces.

De productontwikkende onderneming ontwikkelt het systeem ten behoeve van een externe instantie. Zo'n externe instantie kan een anonieme markt zijn, maar ook een identificeerbare klant. Vanuit de externe instantie worden eveneens eisen gesteld aan het systeem. Nadat interne en externe instantie overeenstemming bereikt hebben over het te ontwikkelen systeem, dienen de externe randvoorwaarden niet meer ter discussie te staan en aan veranderingen onderhevig te zijn. Voor wat betreft de interne randvoorwaarden zal het PvE echter in de loop van zijn levensduur steeds verder uitgewerkt en aangevuld dienen te worden. De instantie ten behoeve waarvan het systeem ontwikkeld wordt heeft geen inbreng in de totstandkoming van de interne randvoorwaarden.

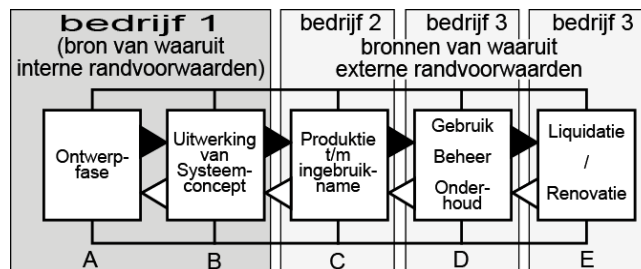
Wat nu in een concreet geval tot de interne dan wel tot de externe randvoorwaarden gerekend moet worden, is afhankelijk van de mate van differentiatie c.q. integratie van de opeenvolgende schakels in de maatschappelijke voortbrenging. In de figuren 5-08 t/m 5-10 worden enkele voorbeelden getoond.



Figuur 5-08 Integratie van productontwikkeling en productie.

In het voorbeeld van figuur 5-08 behoort een eis als:

- het product moet met de voorhanden productiemiddelen vervaardigd kunnen worden tot de interne randvoorwaarden.



Figuur 5-09 Differentiatie van productontwikkeling en productie.

In het voorbeeld van figuur 5-09 houdt het productontwikkingsbedrijf zich niet bezig met de productie. Een eis als:

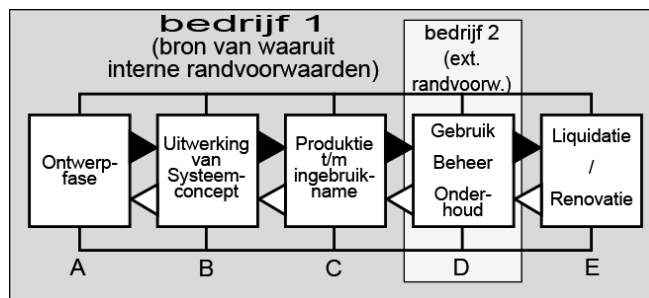
- het product moet met de voorhanden productiemiddelen vervaardigd kunnen worden behoort in dit geval tot de externe randvoorwaarden.

In het voorbeeld van figuur 5-10 is het voor de productontwikkeling en de vervaardiging verantwoordelijke bedrijf tevens verantwoordelijk voor de liquidatie. Een eis als:

- het systeem moet zodanig modulair opgebouwd zijn dat demontage tot op onderdelen-niveau efficiënt uitvoerbaar is.

behoort tot de interne randvoorwaarden.

(Let op: Wat verstaan moet worden onder “efficiënt uitvoerbaar” dient dan nog wel nader gespecificeerd te worden).



Figuur 5-10 Integratie van productontwikkeling, productie en liquidatie.

5.2.6 Overige aandachtspunten

Over het Programma van Eisen volgen nu nog enkele opmerkingen.

- In het voorgaande werd de zinvolheid van het onderscheiden tussen twee hoofd-categorieën van criteria uit het PvE aannemelijk gemaakt. Het totale PvE heeft tot functie de communicatie tussen probleemhebber en probleemoplosser mogelijk te maken. Een probleemoplosser identificeert zich met het probleem en tracht de probleemhebber te helpen zijn probleem te expliciteren. Hij doet dat door de door de probleemhebber geuite wensen en onvrede te vertalen in een PvE en dat vervolgens de probleemhebber voor te houden met de vraag: “Is dit nu wat je bedoelt?” Het PvE is dus een *communicatiemiddel* dat in een sterk iteratief proces moet bewerkstelligen dat er een productdefinitie opgesteld wordt waarmee de probleemhebber zich uiteindelijk kan committeren. Maar daarmee is het PvE nog niet ‘af’. Ook nadat overeenstemming is bereikt tussen “opdrachtgever c.q. klant” en ontwerper blijft het PvE in bewerking en blijft het een cruciale rol spelen. In het gehele productontwikkelingstraject wordt het PvE op het punt van de *interne randvoorwaarden* steeds verder uitgewerkt en worden de tussenresultaten steeds opnieuw getoetst tegen dat PvE. Zo vormt het PvE ook een communicatiemiddel van de ontwerper met zichzelf, ook lang na ‘ondertekening van de ontwikkelingsopdracht’.
- Eerder in deze beschouwing werd de term ‘specificeren’ gebruikt. Onder *stelspecificaties* worden criteria verstaan die aangeven *op welke wijze* de technische functies vervuld dienen te worden. Specificaties leggen eigenschappen vast van de te ontwerpen technische inrichting en beperken daardoor het aantal vrijheidsgraden bij het zoeken naar een ontwerp. Het specificeren van eigenschappen kan beschouwd worden als het prescriptief beschrijven van aspecten van de *interactie* tussen het te ontwerpen technisch systeem en de omgeving ervan.

Een PvE dient in de ontwerp-fase zo weinig mogelijk specificaties te bevatten.

Daarom wordt in deze beschouwing liever de term “Programma van Eisen” gebruikt dan de term “Specificatie van Eisen”. Je zou kunnen zeggen, dat aan het eind van het productontwikkelingsproces het Programma van Eisen zover geconcretiseerd is dat het het karakter heeft gekregen van een technische specificatie.

- De indeling in twee categorieën van criteria (overeenkomstig de figuur 5-07) zal op de duur niet bevredigend blijken te zijn, maar nader uitgewerkt dienen te worden in een verder doorgestructureerd Programma van Eisen. Daartoe dient het begrip context uitgediept te worden. Daarop wordt in paragraaf 5.4 van dit hoofdstuk nader ingegaan.
- Teneinde de uitgangspunten voor het ontwerpen hanteerbaar te krijgen lijkt het gewenst een onderscheid te maken tussen

- enerzijds de in het domein van de menselijke behoeften liggende wensen en doelstellingen, en
- anderzijds de in het domein van de fysieke natuur liggende doelstellingen en eisen die aan de te ontwerpen technische inrichting gesteld moeten worden.

De laatste vormen in het algemeen een afgeleide van de eerste.

Dit onderscheid dient ook expliciet tot uitdrukking moeten komen in het uitgewerkte PvE en de daarin te onderscheiden categorieën van eisen.

5.3 Constructiefase

5.3.1 Inleiding

In het productontwikkelingsproces worden in deze beschouwing twee hoofdfasen onderscheiden: de ontwerpfase en de constructiefase. Hoewel in de ontwerpfase veelal geheugenondersteunende middelen en modellen gebruikt worden, zijn de (tussen)resultaten in beginsel te beschouwen als mentale constructies. Ook een ontwerp wordt hier opgevat als een beeld van het gewenste middel.

In de **CONSTRUCTIEFASE B** wordt het gekozen systeemconcept (d.i. het 'ontwerp') uitgewerkt tot een materieel subsysteem⁸ dat gekenmerkt wordt door een geometrie en door materiaal. Het PvE wordt nader uitgewerkt. In de ontwerpfase gaf het PvE ondermeer antwoord op de vraag WAT het systeem moet kunnen en aan welke randvoorwaarden voldaan moet zijn. In de Constructiefase worden die antwoorden vormtechnisch en materiaaltechnisch uitgewerkt. Verder worden in deze fase de diverse hanteringsvoorschriften ontwikkeld. Die hanteringsvoorschriften blijken ook voor de productontwikkeling zelf erg belangrijk te zijn, omdat ze helpen de diverse functionaliteiten te expliciteren.

5.3.2 Diverse hanteringsvoorschriften

In fase D zal het materiële technische systeem uiteindelijk gebruikt moeten gaan worden en er zal onderhoud aan verricht moeten worden. Hoe dat dient te gebeuren teneinde de gewenste gebruiks- en onderhoudsfuncties te realiseren, is neergelegd in het *gebruiksvoorschrift* en het *onderhoudsvoorschrift*. Het ontwikkelen van die voorschriften behoort tot de ontwerptaak, maar kon nog niet plaatsvinden in de fase A omdat in die fase nog geen materieel systeem ontwikkeld was. Hanteringsvoorschriften, naar welk aspect ook, hebben slechts betekenis als ze betrekking hebben op een materieel systeem. Dat wordt in fase B ontwikkeld. In deze fase dus worden tevens het gebruiksvoorschrift en het onderhoudsvoorschrift ontwikkeld. Bovendien worden in fase B de *fabricagevoorschriften* ontwikkeld, inclusief de proces planning (bijvoorbeeld de programmatuur van de numeriek bestuurd productiemachines). En tenslotte wordt in de fase B een *liquidatievoorschrift* ontwikkeld.

De ontwikkeling van de diverse hanteringsvoorschriften en het belang daarvan vormt een nog veelal onterecht verwaarloosd onderwerp.

a. Het gebruiksvoorschrift

Bij de ontwikkeling van het gebruiksvoorschrift wordt duidelijker in hoeverre een bij de behoeften van de gebruiker aansluitend artefact ontwikkeld wordt. Bij de ontwikkeling van het gebruiksvoorschrift zal dus in het algemeen het PvE op dit punt verder aangescherpt

⁸ De benaming 'materieel subsysteem' wordt hier gebruikt om te benadrukken, dat het te ontwikkelen artefact zich in elke fase van de levenscyclus in een systeemomgeving bevindt van waaruit eisen aan het artefact gesteld worden. Het artefact op zijn beurt beïnvloedt omgekeerd de systeemomgeving.