



Grondslagen van het Ontwikkelen van Informatiesystemen
Voorwoord voor de Leek - Inleiding - Probleemafbakening

Dit document bevat enkele hoofdstukken uit ISBN 978 90 72446 12 1, de digitale heruitgave in een aangepaste layout van:

"Grondslagen van het ontwikkelen van informatiesystemen".
 Dr. Willem F. Roest Proefschrift Amsterdam 1988,
 ISBN 978 90 72446 01 5 (oorspronkelijk 90 72446 01 1)
 SISO 521 UDC (681.3.001.6:002)(043.3) NUR 983

De digitale versie bevat een toegevoegde Engelstalige glossary.

© Uitgeverij Het Glazen Oog, Venlo/Vinkeveen 1988, 2009

✉ roest.vinkeveen@planet.nl

Het ontwikkelen van informatiesystemen geschiedt in de praktijk volgens een soort toegepaste vuistregelkunde. De theoretische fundamente van de ontwikkelkundige discipline zijn te smal, te fragmentarisch, en derhalve onvoldoende in staat om een degelijk begrippenapparaat te ondersteunen, waaraan de ontwikkelaar houvast kan ontlenen bij zijn werk: het analyseren van een bestaand systeem, het ontwerpen van een gewenst systeem, en het verwezenlijken van een ontworpen systeem.

In dit proefschrift wordt een interdisciplinair referentiekader uiteengezet waarmee een consistent begrippenstelsel wordt ontwikkeld.

Een sleutelbegrip is functie, dat niet alleen van betekenis is voor de informatiekunde, maar ook voor disciplines als bedrijfskunde, wiskunde, stuurkunde en taalkunde.

Met behulp van uitdrukkelijk naar voren gebrachte taalkundige begrippen wordt het functie-decompositie probleem opgelost, evenals de bekende tegenstelling tussen de zogenoemde process-driven en data-driven ontwerpmethoden.

Het uiteengezette stelsel van ontwerpvarianten is overigens niet alleen geschikt voor het ontwerpen van informatiesystemen, maar ook voor het ontwerpen van het bedrijf waarvan informatiesystemen deel uitmaken.

Inhoud

	Voorwoord voor de leek	1
1.0	Inleiding	8
2.0	Probleemafbakening	14
3.0	Beschouingskader	
3.1	Inleiding	
3.2	Beschouingswijzen van stelsels	
3.3	Beschouingsdomein	
3.4	Beschouingsniveau	
3.5	Samenvatting	
4.0	Beschouingsobject	
4.1	Inleiding	
4.2	Concepten van abstracte objecten	
4.3	Concepten van fysieke objecten	
4.4	Relaties tussen conceptuele en fysieke objecten	
4.5	Samenvatting	
5.0	Beschouwingstechniek	
5.1	De betekenis van beschouwingstechniek	
5.2	Beschouingsrichting	
5.3	Het ontwikkelen van een inlichtingenstelsel	
5.4	Een toepassing	
5.5	Samenvatting	
6.0	Slot	
7.0	Summary	
	A Geraadpleegde literatuur	
	B Begrippenlijst	
	C Glossary	

Voorwoord voor de leek

Een zeilschoolhouder in de wetenschap

Heeft U een zeilschoolhouder wel eens uitgelegd wat wetenschappelijk is? En heeft U zo iemand wel eens zo ver gekregen dat hij een proefschrift ging lezen? Ik wel. Ik heb hem een glas bier in het vooruitzicht gesteld voor iedere onjuistheid die hij kon aanwijzen in mijn concept-proefschrift.

Hij vond hier en daar een typefout, dus, vooruit dan maar, een pils voor Ignatius, want zo heet die zeilfreak. Ik heb ook geprobeerd hem te helpen bij het automatiseren van zijn zeilschool. Hij wou eigenlijk eerst een PS/2 kopen met allerlei pakketjes erbij, maar ik zei dat hij eerst een behoorlijke functionele beschrijving van zijn bedrijf moest maken.

'Vooruit dan maar', zei Ignatius zorgelijk.

'Het allerbelangrijkste is dan dat je de functie van je bedrijf top-down gaat verbijzonderen', vertelde ik hem. En hoe dat in zijn werk gaat: specialiseren of differentiëren, nevenschikkend of onderschikkend, naar teleologische, naar analogische of naar kausale aspecten van entiteiten of van transformaties op een bepaald niveau.

'Wat een kretologie', riep de zeilboer geschrokken uit, 'zo gaan wij toch niet met elkaar om!'

'Hoho Ignatius, als je eens wist hoe wanhopig ik word van al die rare woorden die jij roept als ik bij jou in de boot zit.'

'Ja man, maar jij kan nog geen meter behoorlijk varen.'

Enfin, ik vertelde hem dat die kreten begrippen zijn die je in de vingers moet hebben om goed te kunnen zeilen. Ik bedoel natuurlijk dat als je het ongewone jargon dat ik gebruik goed in het hoofd hebt, het ontwerpen van een zeilschoolinformatiesysteem een stuk beter gaat.

En U, lezer, gelooft dat natuurlijk niet. Dus U wilt bewijzen zien. En dan heb ik een probleem, want hoe moet ik bewijzen dat mijn werk wetenschappelijk verantwoord is, en ook nog relevant voor de praktijk, waarbij de wetenschappelijk te toetsen tekst bovendien prettig leesbaar en verteerbaar moet zijn. Met plaatjes en recepten. Een hogeschool kookboek dus, dat leest als 'de meisjes van de suikerwerkfabriek.'

Die zeilschoolhouder gaf me nog een kans. 'Dus die woorden geven de gedachtengang weer die je kunt volgen bij het analyseren en ontwerpen van een informatiesysteem waar ik wat aan zou kunnen hebben? Wat is eigenlijk een functie? Is dat hetzelfde als een programma?', vroeg hij.

Ik moest toen wat meer elementaire begrippen uitleggen. Maar die kon hij helemaal niet plaatsen.

'Kijk eens Ignatius', zei ik, 'zo'n floppy van je PC is nu eenmaal in heel wat opzichten wat anders dan een abstrakt stukje informatie.' Ik zette hem dus een referentiekader uiteen waarin hij de nodige begrippen kon plaatsen. En dat begrippenstelsel heb ik nodig om te kunnen vertellen hoe je moet ontwerpen.

Soms vroeg ik me af of ik niet moest uitleggen waarom ik iets zat uit te leggen waar hij niet om had gevraagd. Maar ja, al heen en weer pratende kreeg die zeilschoolhouder toch een aardige indruk van wat ik bedoelde. Hij heeft zelfs heel wat avonden heen en terug zitten lezen in mijn boek.

Maar U kijkt natuurlijk heel anders tegen mijn schrijfsels aan dan Ignatius. Bent U misschien een accountant? Of bent U een bedrijfskundige van huis uit? Heeft U wel eens een taalkundige en een wiskundige horen praten over informatiesystemen? Misschien bent U wel een informatikus of een psycholoog, of zelfs een filosoof.

Als je het hebt over informatiesystemen voor ik weet niet wat voor soort toko, dan krijg je te maken met een stel uiteenlopende wetenschappelijke disciplines die er allemaal hun zegje over moeten doen. Wat voor de een dan relevant is, vindt de ander weer niet ter zake doend geleuter.

Maar goed, die zeilschoolhouder is er naderhand nog in geslaagd om mij beter te leren zeilen, zittend in de luie stoel met de benen op tafel. En ik heb hem van een voortijdige aankoop kunnen afhouden, want hij ging zijn zaakjes eerst wat beter op een rijtje zetten. Hij gaf zelfs toe dat na ons gebabbel mijn proefschrift voor hem een begrijpelijk soort scheikundeboek was geworden.

Als U geïnteresseerd bent dan moet U het hierna volgende verslag van onze gesprekken over zeilen en over het verbijzonderen van functies maar eens lezen. Misschien raakt U dan wel zo geïnteresseerd in mijn proefschrift dat U dat ook met meer dan gebruikelijke oppervlakkigheid tot U neemt.

Leren zeilen in de luie stoel en het verbijzonderen van functies

Heeft U wel eens aan Uw buurman uitgelegd wat een functie is? En heeft U die buurman ook duidelijk kunnen maken wat een functioneel ontwerp is? Mijn buurman, Ignatius, heeft een zeilschool. Hij legde mij uit dat door de wind gaan beter is dan gijpen, en dat je in bepaalde omstandigheden na wat oploeven beter aan de wind kunt varen.

Natuurlijk begreep ik daar eerst niets van, maar aan de hand van zijn situatieschetsen kan ik me nu ongeveer voorstellen wat hij bedoelt. Soms zie ik zelfs voor me hoe het killen van de kluiver kan worden verholpen. Ik ben zelfs zo aan die woorden gewend geraakt dat ik niet meer in de lach schiet als ik ze hoor. Behoorlijk zeilen kan ik nog steeds niet, maar zittend in de luie stoel kan ik Ignatius aardig volgen.

Op zekere dag, na een konversatie waarin Ignatius mij afried om op eigen houtje bij een fikse bries de plas op te gaan, zei hij:

'Die zeilschool van mij, daar komt een hoop bij kijken. Volgend jaar ga ik ook nog eens het aantal schepen en instructeurs uitbreiden, dus dan heb ik ook meer hotelcapaciteit voor de leerlingen nodig. Nu wil ik ook wat gaan doen aan de administratie, want er gaat vaak wat mis en daar kom ik meestal te laat achter.

Er zijn tegenwoordig aardige computertjes te koop voor een hebbelijke prijs. Vertel jij me nu eens welk apparaat ik het beste kan aanschaffen en hoe ik die zaak verder moet aanpakken. Ik heb al een offerte gevraagd voor een PS/2 met diverse software pakketjes erbij.'

U ziet, Ignatius is een voortvarend ondernemer. Maar U zult het met me eens zijn dat hij zich niet het meest over het apparaat hoeft te bekommeren, al was dat vroeger wel wat anders. Ik vertelde hem dat hij goed op een rijtje moest zetten wat er omgaat in zijn bedrijf, en hoe dat allemaal samenhangt.

'Hoe doe je dat, en is daar niet een handig boekje over?', vroeg Ignatius.

'Ach, boeken zijn er genoeg', zei ik, 'maar ze gaan meestal over hoe je handig gebruik kunt maken van de eigenschappen van een bepaald soort computer of van een bepaald brok software.'

'Zijn er dan geen boekjes over hoe je de automatisering van een bedrijf als het mijne moet aanpakken?'

'Jawel, die zijn er ook. Daarin wordt vaak een bepaald praktijkvoorbeeld beschreven en er wordt bij verteld dat je andere praktijkgevallen ook zo kunt aanpakken. Maar die boekjes zeggen heel verschillende dingen, en de wetenschap is er niet erg over te spreken.'

'Onder welke wetenschap valt het automatiseren van een zeilschool eigenlijk?'

'Er zijn natuurlijk heel wat verschillende wetenschappers die dat soort zaken zouden kunnen onderzoeken, maar laten we het daar maar niet over hebben', zei ik.

'Wat vind jij eigenlijk van die boekjes waar je het net over had?', vroeg Ignatius verder.

'Nou kijk, ik wil altijd graag weten wat iemand bedoelt als hij een kennelijk belangrijk begrip wat onduidelijk gebruikt. En als zo'n term in dat soort boekjes wordt gedefinieerd, dan komen er meestal nieuwe onduidelijke begrippen aan te pas, zodat ik nog verder van huis ben.

Als je dan weer probeert na te gaan wat die nieuwe termen betekenen, dan krijg je nog meer onduidelijke woorden voorgeschoteld, maar meestal krijg je helemaal niks. Dus ik begrijp die boekjes niet goed.'

Ignatius keek ietwat aangeslagen. 'Ik moet dus mijn bedrijf op een rijtje zetten voordat ik de boel in een computer stop. Heb jij een idee hoe je dat moet doen, en hoe die rijtjes er dan uit komen te zien?'

Nu mag ik mijn buurman graag, dus U begrijpt dat ik aarzelde. 'Ignatius, kun jij van mij in een uur tijd een zeezeiler maken?'

'Natuurlijk niet, maar ik kan je wel een idee geven wat erbij komt kijken. Geef jij mij nou eens een idee wat erbij komt kijken om mijn bedrijf zo op een rijtje te zetten dat ik het kan automatiseren.'

'Ok, laat ik dan maar met de deur in huis vallen. Om te beginnen moet je vergeten dat er computers en softwarepakketjes bestaan, dat leidt de aandacht teveel af van je bedrijf. Je moet je business top-down bekijken, waarbij je de bestaande gang van zaken beschrijft.'

Maar besteed je tijd en moeite vooral aan de vraag hoe je het eigenlijk zou willen hebben. Dat is ontwerpen, dat betekent voortdurend knopen doorhakken, en dat valt niet mee. Bij die top-down benadering beschrijf je eerst de functies, de gegevens en de besturingen.'

Ignatius hield zich niet langer in en vroeg: 'Wat betekent in vredesnaam top-down?'

'Dat kan ik je wat makkelijker uitleggen als ik heb verteld wat beschouwningsniveau betekent.'

'Waarom doe je dat dan niet eerst?'

'Omdat je je dan afvraagt waarom ik je dat vertel. Als je er meer over wilt weten dan moet je daarover maar eens wat in mijn boek snuffelen.'

'Ok, en wat is eigenlijk een functie?'

'Een functie Ignatius, is iets wat je niet kunt zien, zoals 'repareer een koelkast''.

'Dat is onzin, want dat zie ik toch!'

'Nee, je ziet een vent allerlei bewegingen maken met allerlei spullen. Hij zou het ding voor hetzelfde geld kunnen mollen in plaats van maken. Repareer een koelkast is eigenlijk een samenvattende abstraktie van de fysieke dingen die je waarneemt. Die reparateur is niet de functie, hij is de faktor die de functie uitvoert.'

'Moet ik dat allemaal begrijpen?', vroeg Ignatius.

'Ik vind van wel. Je moet steeds in gedachten houden dat een faktor verschillende functies kan uitvoeren, en ook dat een functie door verschillende factoren kan worden verricht.'

'En als ik dan zoiets op een rijtje zet, is dat rijtje dan een functie of een faktor?'

'Dat, Ignatius, is dan een afbeelding, je kan ook zeggen een model van een functie of van een faktor, snap je?'

'Jij hebt het over factoren die fysiek zijn, over functies die abstrakt zijn en over modellen die eigenlijk weer wat anders zijn. Waarom zei je dat niet meteen?'

'Ach weet je Ignatius, je zou je dan weer afvragen waarom je al die poespas moet aanhoren. Als het je interesseert kun je er meer over lezen in het hoofdstuk beschouwningsdomein van mijn boek.'

'Ok', zei Ignatius, 'het schiet me nu opeens te binnen dat ik vroeger op school ook met functies te maken had. Dat was met wiskunde en ook met bedrijfskunde. Maar dat heeft hier zeker niks mee te maken?'

'Jazeker, een functie als 'bereken omzetbelasting' is bedrijfskundig gezien ook interessant. Een wiskundige schrijft dat weliswaar graag op in de vorm $y = f(x)$, maar dat komt eigenlijk op hetzelfde neer. Dat belastingbedrag is op een bepaalde manier te berekenen.'

Ignatius nam dat blijkbaar voor kennisgeving aan en gooide de discussie over een andere boeg. 'Als ik me afvraag hoe het zit met de verzekering van mijn schepen, kan ik dat ook top-down functioneel ontwerpen?'

'Nou nee. Dat zou nogal raar zijn. Als jij wil weten hoe iets zit, dan ben je aan het onderzoeken, dat is hetzelfde als analyseren. Ontwerpen is heel wat anders. Dan zeg je hoe het moet; dat zei ik daarnet ook al.'

'O, zei je dat al, daar staat me anders niks van bij.'

'Dat komt' zei ik, 'omdat ik begrippen zoals ontwerpen en analyseren moet definiëren met woorden die al gauw het ene oor in en het andere uit gaan. En nog vervelender is dat die woorden op hun beurt ook weer uitgelegd moeten kunnen worden.'

Je komt dan terecht bij een aantal basisbegrippen die zo algemeen zijn dat je je afvraagt waarom je dat filosofisch aandoend geleuter moet aanhoren.'

'Zou je misschien iets konkreter willen worden.'

'Da's best Ignatius, zullen we het begrip relatie eens aan de tand voelen?'

'Ik hoor liever een echt konkreet voorbeeld.'

'Nou, ik strooi graag met voorbeelden, maar het blijven toch woorden. Heb jij wel eens aan, laten we zeggen, een blinde Eskimo uitgelegd wat een wenteltrap is? Ik bedoel, aan iemand die nog nooit van een trap heeft gehoord, en daar ook het nut niet van inziet?'

Ignatius zuchtte, 'ik wou dat je wat dichter bij huis bleef.'

'Je bedoelt bij het huis waar jij je thuis voelt, maar goed, jij legde mij laatst uit waarom ik op tijd moest bukken bij een gijp. Jij praat over een wereld die je kunt zien en voelen. Als je in die wereld een dreun voor je

hersens krijgt, dan snap je dat er iets mis was. In mijn wereld wordt een dreun voor je hersens soms niet eens als een dreun herkend.'

'Wil jij mij wijsmaken dat jullie niet eens kunnen aantonen of bewijzen dat iets al of niet in orde is?'

'Ignatius, je probeert me toch niet op de kast te jagen? Hoe kan ik nu bewijzen dat een stel woorden die andere woorden verklaren op grond van weer andere woorden, steeds in overeenstemming zijn met de begrippen die zij weergeven. Die begrippen zitten namelijk niet in die woorden maar in het hoofd van de lezer of luisteraar.'

Daar komt nog bij dat de relatie van die begrippen met de werkelijke wereld ook al niet vanzelf spreekt. En ik heb met heel verschillend denkende lezers te maken. Een accountant denkt heel anders dan een ingenieur of als een taalkundige.

Wat de een aannemelijk of zelfs logisch vindt, is voor de ander wartaal. Hoe kan worden bewezen dat iemand echt begrijpt wat wordt bedoeld. Hoe kan ik bewijzen dat mijn bouwsels deugdelijk in elkaar zitten, als ze zijn opgetrokken uit woorden en misschien nog wat getallen?'

Ignatius keek me verwonderd aan. 'Je bent nu wel heel erg aan het theoretiseren. Ik snap ook niet goed wat dat allemaal te maken heeft met het automatiseren van mijn zeilschool. Vertel me nu alleen maar wat ik moet doen om dat voor elkaar te krijgen.'

'Wat je wilt Ignatius, wat is het doel van jouw bedrijf?'

'Nou, dat is dus geen sociale werkplaats voor arme studenten, en het is ook niet alleen maar een hobby. Ik probeer wat centen te verdienen met het runnen van een zeilschool. Daar hoort dus ook dat hotel bij, en verder nog wat toestanden.'

'Mag ik het wat exakter zeggen Ignatius, met jouw bedrijf breng je een bepaalde doelgroep zeilvaardigheid bij zolang aan bepaalde voorwaarden is voldaan?'

'Zo zou je het ook kunnen zeggen ja, maar vergeet niet dat ik dat niet voor joker doe.'

'Dat zijn op dit niveau details Ignatius, dat komen we wel tegen als we de voorwaarden gaan vaststellen, maar terzake, ik denk dat je die functie eerst moet differentiëren. Ik wil de volgende dingen van je weten, die we dan stap voor stap gaan nalopen. Wat komt je bedrijf binnen, hoe kom je eraan, wat houdt dat zeilonderricht in, welke dingen en gegevens heb je aldoende bij de hand, en wat gaat er allemaal de deur uit.'

En geen details hè, het gaat om een paar groepen van dingen en handelingen.'

'Dat is me nog al een waslijst' zei Ignatius, 'maar mag ik eerst even vragen of het doel van mijn bedrijf hetzelfde is als de functie ervan?'

'Ja, dat vind ik wel, vind je dat vreemd?'

'Nou zeg, je kunt toch niet zaken als bedrijfsfuncties, wiskundige functies en het doel van mijn bedrijf op een hoop gooien omdat dat allemaal een pot nat is!'

'Rustig aan Ignatius, ik ben natuurlijk niet helemaal van Lotje getikt. Ik wou je gaan vertellen dat er wel verschillen zijn, maar dat die meer te maken hebben met hoe je dingen in gedachten bekijkt, of zeg maar beschouwt.'

'Aha, daar komt opeens weer een aap uit de mouw, maar ga maar verder.'

'Ok. Je kunt een functie bekijken alsof het iets is dat je wilt realiseren: als een doel. Die functie verdeel je in subfuncties, die je weer ziet als subdoelen. En zo gaat dat door: die subfuncties kun je weer verder verbijzonderen, net zolang totdat je vindt dat het rijtje gedetailleerd genoeg is.'

Een functie van een laag niveau zoals 'bereken BTW-bedrag' kun je zien als een doel dat je wilt realiseren teneinde een doel als 'maak een offerte' te bereiken. Je denkt dan in abstracte doel-middel verbanden.'

'Hoezo abstrakt?', vroeg Ignatius.

'Ik bedoel de relaties tussen de functies. Die zijn abstrakt. De relatie tussen een functie en een factor, zoals een PS/2, is andere koek. We hebben het nu over een manier van kijken. Door een andere manier van kijken zie je een ander soort functie, waarbij dan meestal een aparte afbeeldingswijze hoort.'

Een wiskundige kijkt of een funktie overeenstemt met formele eisen. Als hij die funktie manipuleert doet hij dat ook in overeenstemming met voorschriften, die in feite vormvoorschriften zijn.

Die manier van kijken heet bij mij een analogische beschouwingswijze, terwijl je bij het ontwerpen een doelgerichte beschouwingswijze gebruikt. Je ziet dan de verbanden tussen de dingen waar je aan denkt in een heel ander perspectief. In dat geval spreek ik van een teleologische beschouwingswijze.'

'Toe maar zeg. En als jij gaat zeilen en je slaat om, hoe beschouw je dat dan?'

'Ik zal dan eerst proberen dat kreng weer overeind te krijgen en erin te klimmen. Dat ga ik doelgericht bekijken, al zal ik er niet zo bar veel tijd voor hebben. Daarna ga ik me wel afvragen hoe het kwam dat ik omsloeg. Dan ga ik nadenken over oorzaken en zo. En dat, Ignatius, noem ik een kausale beschouwingswijze.'

Ignatius slikte. 'Jij bent ook een mooie. Je zit me daar een verhaal te vertellen over funkties die ik top-down op een rijtje moet zetten. Ik snap natuurlijk niet wat je bedoelt, en dan kom je opeens voor de draad met een verhaal dat ik al had moeten weten. Daar had je mee moeten beginnen man!'

'Misschien wel Ignatius, maar ik kan maar een ding tegelijk vertellen, en ik wil niet dat jij je zit af te vragen wat jij daarmee te maken hebt. Ik heb liever dat je zegt 'waarom vertelde je dat niet' dan dat je je afvraagt 'waarom moet ik daarnaar luisteren. Ik zou zeggen, lees maar eens op je gemak het hoofdstuk over beschouwingswijzen.'

'Tjongejonge, als ik jou goed heb begrepen moet ik dus hoofdstukken lezen over beschouwingswijzen, beschouwingsdomein en beschouwingsniveau?'

'Je moet natuurlijk niks Ignatius. Maar die drie delen vormen samen een beschouwingkader waarmee je misschien een wat duidelijker beeld kunt vormen van de dingen die in jouw winkel een rol spelen.'

'Nou kom zeg. Je denkt toch niet dat ik niet weet wat in mijn bedrijf van belang is. De moeilijkheid is alleen dat ik niet weet hoe ik dat in een computertje moet stoppen. Daar wil jij het niet eens over hebben, want ik moet van jou zelfs vergeten dat die dingen bestaan.'

'Dat komt nog wel. Ik mag van jou toch ook niet zonder meer in mijn eentje in de boot stappen. Ik moest toch eerst al die vaarwijzen in allerlei windrichtingen kennen. En wat oploeven en afvallen is. Ik weet wat bakboord en stuurboord is. Maar als je me vertelt welke precieze handelingen ik moet uitvoeren om van lager wal af te raken dan duizelt het mij ook. Jij gaf mij toch ook een theorieboek dat ik goed moet lezen en goed moet begrijpen?'

U, lezer van deze merkwaardige konversatie, zult het hopelijk met mij eens zijn dat het niet meevalt om te leren zeilen vanuit de luie stoel. Het is natuurlijk praktischer om te leren zeilen in een zeilboot.

Het is ook wel zo praktisch om de beginselen van het ontwikkelen van een informatiesysteem onder de knie te krijgen door een paar van die systemen te maken.

Misschien kunt U het ook met mij eens zijn dat het voor een zeilkundige niet veel uitmaakt of hij met een Flying Dutchman van Muiden naar Monnickendam vaart, of met een Centaur van Harderwijk naar Harlingen. En zo maakt het voor mij weinig uit of ik een informatie-systeem ontwerp voor een zeilschool of dat ik de grondslag moet leggen voor de automatisering van een advocatenkantoor.

De volgende dag, opnieuw in de luie stoel

'Zo Ignatius, nog steeds geïnteresseerd in de automatisering van je zeilschool?' 'Man, man, dat boek van jou, daar is toch niet door te komen!'

'Kijk eens Ignatius, dat boek is een proefschrift, en proefschriften worden niet speciaal geschreven voor zeilschoolexploitanten.'

'Bedankt voor het compliment. Ik wou je verder eens vragen waarom je zo nadrukkelijk praat over functies in plaats van over programma's, bestanden en menu's.'

'Dat doe ik Ignatius, omdat ik het begrip functie en het verbijzonderen van functies het meest interessant vind. Een functie behandel ik als een combinatie van een transformatie met een entiteit.'

'Wat was een entiteit ook al weer?'

'Dat zijn dingen die je kunt tellen: zeilschepen, guldens en zo. Functies worden uitgevoerd door programma's of door mensen. De entiteiten in de functie worden verzameld in bestanden.'

En die menu's waar je het over had geven de mogelijkheid om te beslissen over de uitvoering van functies. Dat hele zootje bij elkaar is dan een systeem. Kun je me nog volgen?'

'Het gaat, maar het leeft nog niet erg hevig voor me. Je zou me verder nog vertellen hoe je een functie in stukken hakt.'

'Met genoeg Ignatius, want dat is de clou van mijn verhaal. Het verbijzonderen van een functie, dat is dus het in onderdelen verdelen van die functie, kun je op verschillende manieren doen, afhankelijk van wat je onderhanden hebt. Je kunt, top-down genomen, een functie differentiëren of specialiseren, dat was ik je gisteren aan het vertellen.'

'Ja ja, jij vertelt zo vreselijk veel dat een beschaafd mens daar daas van wordt.'

'Dankjewel. Weet jij nog wat je zelf zei toen je me nogeens moest uitleggen in welke gevallen je beter voor de wind dan aan de wind kon varen?'

'Dat is dus een koekje van je eigen deeg. Ga verder.'

'Goed, let op dan. Je specialiseert door de entiteit in de functie onder te verdelen, waarbij je de transformatie laat staan.'

Je differentieert een functie daarentegen door de transformatie in onderdelen te zien, waarbij je dan de entiteit met rust laat.'

Ignatius verschoot van kleur. 'En dat is het geheim van de smid?'

'Ja, toen ik die bedrijfskundige begrippen in verband kon brengen met software, en ook inzag hoe je dat verbijzonderingsproces met taalkundig gereedschap kon uitvoeren, toen kon ik van opwinding niet slapen. Dat overkwam mij in 1974 en sindsdien ben ik voortdurend bezig geweest om die methode en de daarbij behorende begrippen zo scherp mogelijk in beeld te brengen. En natuurlijk ook toe te passen in de praktijk.'

Ignatius was intussen steeds dreigender met zijn vingers op de leuning van zijn fauteuil gaan trommelen. 'Wil jij me vertellen dat die kreten van jou zo fantastisch zijn dat een normaal mens daar opeens zijn zaken op ideale wijze mee kan regelen?'

'Wat bedoel je daarmee?' 'Nou kijk, ik wil best zoals jij zegt top-down een functie differentiëren of specialiseren, maar jij hebt het dan opeens weer over transformaties, entiteiten en beslissingen. Ik begrijp nauwelijks wat dat ongeveer zou kunnen betekenen. En dan begin je over iets als taalkundig gereedschap. Wat moet ik daar nu mee?'

'Rustig aan Ignatius, jij wil door anderen of door een personal computer dingen laten doen waarover geen misverstand mag ontstaan. Je zult dan je woorden een nauwkeurig afgebakende lading moeten geven. Die lading kun je in stukken of in soorten verdelen, die weer met woorden benoemd moeten worden die daar behoorlijk op passen.'

'Nou en?'

'Je gebruikt de taal dus niet alleen als communicatiemiddel maar ook als denkgereedschap. Je zult door de woorden heen naar hun lading moeten kijken, en je taalgebruik moet dat mogelijk maken.'

'Dat snap ik, maar ik snap niet waarom je me dat vertelt.'

'Ignatius, ik doe mijn best om uit te leggen dat je jouw zeilschool stap voor stap, van algemeenheden naar bijzonderheden, net zo ver als je wenst, kunt uiteenzetten door middel van taal. En dat het helpt als je iets weet van dat gereedschap.'

'Kun je eens een voorbeeld geven om dat voor mij wat aannemelijker te maken?'

'Goed. Jouw zeilbedrijf is een systeem dat bestaat uit entiteiten, transformaties en beslissingen. Entiteiten zijn dingen die je kunt tellen

en verzamelen in voorraden of bestanden. Je benoemt ze met zelfstandige naamwoorden: masten, boterhammen, aanmaningen en zo.'

'En bijvoeglijke naamwoorden dan?'

'Die geven eigenschappen van dingen aan. Niet de dingen zelf. Transformaties geef je aan met werkwoorden; met overgankelijke werkwoorden zoals pakken, verwerken en wegzetten. Dus een functie is 'pak een mast', of 'schrijf een nota', snap je.'

'Juist' zei Ignatius, 'wat word ik daar nu wijzer van?'

'Nou', zei ik, noem jij eens een bedrijfsfunctie die belangrijk kan gaan worden.'

'Eh, de debiteurenadministratie.'

'De debiteurenadministratie?', vroeg ik, 'is dat een bedrijfsfunctie?'

'Jazeker, en een belangrijke ook; ga die maar eens verbijzonderen voor me.'

'Ignatius, vertel jij dan eens wat het overgankelijke werkwoord is en wat het zelfstandige naamwoord in die term.'

'O bedoel je dat. Eh, nou gewoon, administreer debiteuren dus.'

'Kun je een zeilboot administreren Ignatius?' 'Nee dat lijkt me wat vreemd.'

'Gaat dat wel met een debiteur?'

'Ok, jij je zin, administreer debiteurengegevens dus, of zoiets.'

'Mooi, we kunnen nu administreren uit elkaar gaan halen in bijvoorbeeld verzamelen, controleren, berekenen, opbergen en verstrekken. Of we kunnen die debiteurengegevens in deelverzamelingen of onderdelen benoemen.'

'Zijn er nog meer mogelijkheden?' vroeg Ignatius ongerust.

'Jawel, maar er zit een behoorlijke systematiek in die varianten.'

'Hoe bedoel je?'

'Nou met al die kreten die ik gebruik zoals analogisch, teleologisch, onderschikkend en nevenschikkend kunnen die varianten worden beschreven. De betekenis van die termen vormt namelijk het beschouwingskader waarin top-down functioneel ontwerpen goed kan worden gedefinieerd.'

'Aha, je hebt me dus eigenlijk alleen maar een soort referentiekader en een stelletje definities te geven?'

'Ignatius, schenk me nog eens in en laten we er vandaag maar mee ophouden. Lees dan later het hoofdstuk beschouwingstechniek nog eens grondig door, want daarin wordt uiteengezet welke gedachtengang met die beschouwingsobjecten in dat beschouwingskader kan worden gevolgd.'

'Wat bedoel je met 'kan worden gevolgd', waarom niet gewoon moet worden gevolgd, want dat bedoel je toch, of niet soms?'

'Ignatius, mijn boek is een proefschrift. Ik heb daarin een theoretisch verantwoorde grondslag geformuleerd voor het analyseren en ontwerpen van een informatiesysteem.'

'Worden proefschriften dan helemaal niet voor de praktijk geschreven?'

'Een proefschrift Ignatius, is een proeve van bekwaamheid tot het zelfstandig beoefenen van de wetenschap. Als jij daar in de praktijk wat aan hebt is dat mooi meegenomen.'

'Dus ik heb daar waarschijnlijk niet al te veel aan?'

'Vind je dan dat onze konversatie voor jou nutteloos was?'

Hij aarzelde. 'Ach sommige dingen zijn wat meer gaan leven.'

'Gelukkig. Lees toch nog eens mijn boek grondig door, en houd er rekening mee dat je niet 'de meisjes van de suikerwerkfabriek' leest maar een gortdroog wetenschappelijk werk.'

'Tjonge, je verlangt wel veel van een eenvoudige zeilschoolboer.'

'Dat is waar, maar om je aandacht gespannen te houden beloof ik je een pils voor iedere fout die je erin vindt!'

'Dat spreekt me aan. Vertel me alleen nog eens wat je nu zelf het belangrijkste thema van je boek vindt.'

'De manier waarop je functies kunt verbijzonderen, Ignatius; en hoe je dat in woorden vangt.'

'Zo, dat heb ik dan tenminste goed begrepen. Een laatste vraag, hoe lang duurt het nou om mijn bedrijf op een rijtje te zetten?'

'Ignatius jongen, dat hebben wij samen in een paar dagen voor elkaar.'

'Allemachtig, moet je daar nou zoveel kouwe drukte over maken!'

1.0 Inleiding

'Ontwikkelen' is iets tevoorschijn halen, uiteenzetten, ontvouwen, doen uitgroeien, tot wasdom brengen. Ontwikkelen, in transitieve zin, is een objekt zodanig 'op poten zetten' dat het een eigen bestaan kan hebben en de toegekende betekenis verwezenlijken.

Ontwikkelen in de zin van geleidelijk transformeren houdt in dat het objekt in kwestie langzamerhand verandert. Daarbij gaan diverse eigenschappen van het objekt over in bedoelde, en veelal ook onbedoelde eigenschappen.

Ongewenste gevolgen duiden dan op onvoldoende inzicht bij het schatten van de vastheid / veranderlijkheid van waarden, op onvoldoende kundigheid, of op onvoldoende beheersing van het objekt.

Binnen het bestek van dit boek wordt 'ontwikkelen' opgevat als een actieve transformatie: als een omvormende handeling waarbij een 'lijdend voorwerp' en een 'onderwerp' hoort. In die zin wordt een aanwijsbaar 'voorwerp' (het objekt) door een aanwijsbaar 'onderwerp' (ontwikkelaar of ontwikkelgroep) ontwikkeld.

'Natuurlijke' ontwikkelingen - dat wil zeggen: ontwikkelingen die zonder aanwijsbaar menselijk toedoen verlopen - vallen buiten dat bestek. Ik wil hier de aandacht richten op het ontwikkelen van 'artefakten': objekten die door menselijk toedoen tot stand komen; bedoeld of onbedoeld, abstrakt of fysiek, onbeholpen of verrijnd.

Zo is in beginsel het maatschappelijk bestel als een artefakt te beschouwen. De ontwikkeling van een maatschappelijk bestel wordt gezien als een bijzonder gekompliceerd proces waarin talloze veranderlijke wisselwerkingen, versnellingen en vertragingen optreden.

Popper bepleit in dat verband een 'stuksgewijze technologie', waarbij hervormingen stap voor stap worden ingevoerd. Hierbij zal de ontwikkelaar zorgvuldig de verwachte met de bereikte resultaten vergelijken, en steeds uitkijken naar onvermijdelijk ongewenste resultaten van iedere hervorming.

'De stuksgewijze technoloog of bouwkundige erkent dat slechts een minderheid van de sociale instellingen bewust ontworpen wordt en dat de grote meerderheid eenvoudig 'gegroeid' is, als onbedoelde resultaten

van menselijke handelingen' (..) 'Het verschil tussen utopische en stuksgewijze bouwkunde blijkt daarom in de praktijk niet zozeer te liggen in omvang of schaal als wel in voorzichtigheid en het voorbereid zijn op onvermijdelijke verrassingen' (Popper, P07,71 e.v.).

De invloed die in maatschappelijk verband rechtstreeks kan worden uitgeoefend is dus beperkt. Binnen het kader van een bedrijf¹ echter, is een veranderingsproces meer beheersbaar. Een bedrijf heeft immers medewerkers wier inspanningen in beginsel zijn gericht op gemeenschappelijke doelstellingen. De organisatorische verbanden zijn hier ook veel eenvoudiger te veranderen dan de verhoudingen in het maatschappelijk bestel.

Voor de ontwikkelkundige discipline vind ik een bedrijf daarom een interessanter objekt van beschouwing dan een maatschappelijk stelsel. Een bedrijf zie ik in dit verband als een 'stelsel': een volgens bepaalde bedoelingen samengesteld geheel van onderdelen.

Die onderdelen kunnen we zien als 'bedrijfsmiddelen', al of niet in de zin van fysieke artefakten: zintuiglijk waarneembare objekten.

In deze studie wil ik de aandacht in het bijzonder richten op concepten die van pas kunnen komen bij het ontwikkelen van informatiesystemen. Een 'informatiesysteem' is een bedrijfsmiddel waarmee gegevens worden verzameld, verwerkt, ter beschikking gehouden en verstrekt, voor het nemen van beslissingen.

Het specifieke kenmerk dat in dit verband gegevens kwalificeert als 'informatie', is het vermogen om de zekerheid van een beslissende of kiezende instantie te doen toenemen.

Als synoniem van 'informatie' acht ik overigens de term 'inlichting' verhelderend. Een 'informatiesysteem' kan dan ook een 'inlichtingenstelsel' worden genoemd.

Het begrip 'informatie' wordt nader beschouwd in paragraaf 4.2.1.7 ('gegevens en informatie') in het hoofdstuk 'beschouwingsobjekt'. 'Informatiesystemen' komen aan de orde in hoofdstuk 4.2.2 ('concepten van samengesteld-abstrakte objekten').

¹ Onder 'bedrijf' wordt hier verstaan: elke vorm van georganiseerde bedrijvigheid, al of niet kommercieel van aard.

Het ontwikkelen van een stelsel is slechts redelijk mogelijk wanneer de ontwikkelaar de betrokken grondstoffen en hulpmiddelen naar zijn hand kan zetten. Het succes van het ontwikkelen is mede afhankelijk van de beschikbaarheid, de eigenschappen en het gedrag van fysieke factoren.

Bij het ontwikkelen van informatiesystemen kan er nu redelijkerwijs van worden uitgegaan dat de fysieke realisatie van een ontworpen stelsel nauwelijks is gebonden aan fysieke belemmeringen.² De tegenwoordige ontwikkelaars van informatiesystemen verkeren daarmee in een situatie die fundamenteel verschilt van de omstandigheden waaronder ontwikkelkundigen zoals Babbage werkten.

In de vorige eeuw was de fysieke realisatie van informatiesystemen, die nu de gewoonste zaak van de wereld zijn, ondenkbaar. Niettemin ging Babbage hardnekkig door met het ontwikkelen van niet-realiseerbare gedachtenkonstrukties. Zijn gedachten waren aanvankelijk even werkelijk als spoken: niet zintuiglijk waarneembare ideeën. De assistente van Babbage, Ada Lovelace, legde zijn ideeën vast; de spoken werden getransformeerd in papieren tijgers. Daardoor kon men, veel later, toch nog kennis nemen van zijn ongewone concepten.

Het is een intrigerende vraag hoe nu conceptuele stelsels kunnen worden bedacht en beschreven, zonder zich te laten (af)leiden door de bestaande fysieke werkelijkheid. De werkelijkheid die men zo tot stand brengt is dan die van de reeds genoemde spoken en papieren tijgers. Deze niet-fysieke artefakten kunnen vervolgens dienen als grondslag van te vervaardigen informatiesystemen.

De hier gestelde vraag is vooral intrigerend nu de horizon van maakbaarheid en betaalbaarheid zover is opgeschoven.³

Een tweede intrigerende vraag is of een conceptueel stelsel niet alleen kan dienen als blauwdruk van een informatiesysteem, maar ook als concept voor het reële bedrijf.

² Zie ook Peled (P01).

³ Zie Roest (R12) voor een analyse van de drastisch veranderde kostenverhoudingen bij het ontwikkelen van informatiesystemen.

Stelt U zich voor dat U het idee krijgt om een splinternieuw bedrijf te stichten. Midden in een woestijn, omdat U dat graag wilt. Het kan niet schelen in welke woestijn, en het kan ook niet schelen wat voor soort bedrijf. Financiële beperkingen zijn er niet. Van tegenwerpingen (gekenwerk, onhaalbaar) van deze en gene trekt U zich, evenmin als inder tijd Babbage, niets aan. U gaat Uw vage idee nader overdenken. U overweegt een geitenfokkerij, een jeepfabriek, een post-akademisch high-tech opleidingscentrum.

U kiest voor het laatste. U gaat het idee zelf, alleen, uitwerken. Waar moet U nu aan denken? Hoe doet U dat? Top-down? Bottom-up? Maakt U aantekeningen? In welke vorm? Enigszins gestructureerd? Alleen de hoofdzaken of ook bijzonderheden? En is de papieren tijger die U maakt ook geschikt als blauwdruk voor het inrichten van de informatievoorziening? Kan een mens dat eigenlijk wel?

We kunnen het gedachtenexperiment ook wat eenvoudiger houden; U overweegt een vrijgekomen bedrijfsterrein aan de Vinkeveense plassen te gebruiken voor een te starten zeilschool met luxe logiesfaciliteiten voor de 'zilveren markt': vervroegd gepensioneerden, bemiddeld, veel vrije tijd, kinderen de deur uit, en nog zeer vitaal.

Een nog eenvoudiger vraagstuk voor de bedenker en beschrijver van een nog niet bestaand stelsel is bij voorbeeld: U wilt een firma beginnen die in het buitenland vervaardigde fietsen gaat verkopen aan Nederlandse detaillisten. U houdt geen voorraad, de afleveringen aan de afnemer komen rechtstreeks van de fabriek. Uw functie beperkt zich tot marktwerking en bemiddeling.

De concepten en gedachtengangen die in dit boek worden onderzocht vormen een antwoord op de eerste vraag over het ontwikkelen van een conceptueel stelsel als blauwdruk van een inlichtingenstelsel, zonder aandacht te besteden aan fysieke ('technische') eigenschappen van te gebruiken middelen.⁴

⁴ Niettemin zullen menigmaal voorbeelden worden ontleend aan de fysieke wereld. De behandeling van volledig geabstraheerde objecten - concepten zonder fysieke verschijningsvorm - zou anders te veel vergen van ons voorstellend vermogen.

De tweede vraag: kan een conceptueel stelsel tevens dienen als blauwdruk voor een reël bedrijf, kan naar mijn overtuiging bevestigend worden beantwoord. Bovendien kan deze vraagstelling in omgekeerde zin worden beantwoord: kan van een reëel bedrijf een blauwdruk worden gemaakt die abstraheert van de bestaande verschijningsvorm.

Deze laatste blauwdruk kan dan dienen als concept voor het veranderen van de organisatie van het bedrijf, en als concept voor het veranderen van de informatiesystemen van het bedrijf. Daarbij kunnen organisatiekundige begrippen goed van pas komen.

Dergelijke begrippen dienen dan wel te worden geïntegreerd met het ontwikkelkundige begrippenstelsel. Welke en Konsynski merken dien-aangaand op dat 'We have peacemeal models borrowed from OD (Organizational Development, WFR) and other areas; but they have not been integrated as yet into an ISD methodology (Information Systems Development, WFR), except as add-ons' (W03,51).

Het voornaamste probleem waarmee de ontwikkelaar van een informatiesysteem wordt gekonfronteerd is niet zozeer te zoeken in de fysieke wereld van artefakten, maar bij de mens zelf: bij het menselijk vermogen om logisch samenhangende ideeën te koncipiëren en te beschrijven, om beslissingen te nemen, om samen te werken bij de verwezenlijking ervan, en om samen te werken bij de voordurende aanpassingen aan de veranderlijke omstandigheden binnen en buiten de organisatie.

Deze moeilijkheden zijn groter naarmate meer personen bij het werk zijn betrokken. Het samendenken of samenwerken bij het ontwikkelen van een nog niet bestaand stelsel is een moeilijk te beheersen proces, waarbij irrationeel aandoende waarden menigmaal een belangrijke rol spelen.

Ook het veranderen van een bestaand stelsel of van een bestaande organisatie is, als gevolg van menselijke eigenaardigheden, veelal een bijzonder lastige opgave. Deze problematiek wil ik echter buiten beschouwing laten; mijn onderzoek richt zich op het ontwikkelen van conceptuele stelsels.

Een wezenlijke fase bij het ontwikkelen van een artefakt is de ontwerpfase: de fase van het uitdenken en in schets brengen van een verschijnsel dat als zodanig nog niet bestaat. Het bedoelde objekt kan

weliswaar gaan bestaan uit elementen die grotendeels reeds bekend zijn, maar het geheel wordt geacht a priori niet bekend te zijn aan de betrokken ontwerper of ontwerpende groep.

Tussen het ene uiterste van een volstrekt nieuw objekt en het andere uiterste van een volledige kopie van een bestaand artefakt, bevindt zich dan voor de ontwerper de werkelijkheid.

In dat verband zijn overigens de grenzen tussen 'toevallig' en 'gezocht', tussen 'bestaand' en 'nieuw', tussen 'vaag gevoeld' en 'bewust bedoeld', tussen 'onderzoeken' en 'ontwerpen', tussen 'weten' en 'willen', niet markant af te bakenen.

Het ontwerpen van een in alle opzichten en onderdelen nieuw artefakt komt in de praktijk waarschijnlijk niet voor. Doorgaans wordt gebruik gemaakt van onderdelen, aspecten of ideeën die reeds bestonden, maar herordend, gewijzigd of aangevuld worden.

'Ontwerpen' is dus in meer of mindere mate 'herontwerpen', hetgeen in de praktijk neerkomt op het bedenken en toetsen van varianten. Dat geldt voor alle objecten, ook voor conceptuele artefakten zoals theorieën en informatiesystemen.

Soms echter, zijn nieuwe artefakten zo ongehoord anders, grensverleggend of ver verwijderd van wat reeds bestaat of van wat bestaanbaar wordt geacht,⁵ dat men spreekt van 'uitvindingen' of 'ontdekkingen', die ingrijpende schokgolven teweeg kunnen brengen.⁶

Bij het ontwerpen van informatiesystemen is de situatie extra ingewikkeld. Het bedrijf waarvoor het inlichtingenstelsel is bedoeld, bestaat gewoonlijk immers al, evenals de te gebruiken hulpmiddelen om het stelsel te verwezenlijken. Elk bedrijf heeft een of ander stelsel dat 'formeel' of 'informeel' al funktioneert als informatiesysteem, ook al is het versnipperd en ondoorzichtig.

Het ontwikkelen en in gebruik nemen van een nieuw inlichtingenstelsel tast daarom altijd de bestaande bedrijfsverhoudingen aan.

⁵ Zie ook Kuhn (K16).

⁶ Van sommige artefakten (bij voorbeeld penicilline en brussels lof) vond de ontwikkeling overigens 'toevallig' of 'per ongeluk' plaats. Hun 'ontwerp' is dan te beschrijven als het herkennen van een behoefte aan een objekt met de ontdekte bijzonderheden.

Daarbij treden dan niet zelden onbedoelde neveneffecten op, in het bijzonder waar het de menselijke faktor betreft.

Nu ligt het tegenwoordig voor de hand om voor de verwezenlijking van een informatiesysteem in de eerste plaats aan computers te denken. Het vakgebied 'informatika' wordt ook wel omschreven als 'de studie van gegevens en van hun verwerking met behulp van computers' (Zie o.a. Nielen en De Vries, N08,11).

Bij de behandeling van ontwikkelkundige concepten zal in dit boek evenwel afstand worden genomen van de specifieke eigenschappen van te gebruiken middelen: mensen, software en hardware.

De ontwerper van een papieren tijger hoeft overigens niet per se een 'informatikus' te heten. Het gaat immers om de 'handelingen' die hij verricht. Zijn titel en de namen van zijn concepten en werkwijzen vormen een wereld op zich, die in een ander tempo verandert dan de beschreven werkelijkheid.

Ontwerpers en ontwikkelaars zijn er altijd geweest, ook al werden zij niet zo genoemd: 'Everyone designs who devises courses of action aimed at changing existing situations into preferred ones. The intellectual activity that produces material artifacts is no different fundamentally from the one that prescribes remedies for a sick patient or the one that devises a new sales plan for a company or a social welfare policy for a state' (Simon, S12,55).

'Engineering, medicine, business, and painting are concerned not with the necessary but with the contingent - not with how things are but how they might be - in short, with design' (blz. xi).

Onder een 'ontwikkelkundige' versta ik dan iemand die kennis ontwikkelt over het ontwikkelen; een ontwikkelaar past deze kennis daadwerkelijk toe. Eén en dezelfde persoon kan beide hoedanigheden in zich verenigen. De discipline voor het ontwikkelen van concepten, denkwijzen en werkwijzen, in het bijzonder als grondslag voor het ontwikkelen van informatiesystemen, noem ik dan ontwikkelkunde.

Een ontwikkelaar gebruikt specifieke denkwijzen om van gedachte tot gedachte te komen, en bij het beschrijven van gedachten gebruikt hij 'taal' en 'tekens', sterk geformaliseerd of van meer natuurlijke aard. Het beschrijven - door middel van taal en tekens - van een stelsel, is in feite

het transformeren van gedachten in een nieuwe uitgave. Het verschil tussen de 'invoer' en de 'uitvoer' zal een bepaalde mate van ordening zijn volgens allerlei mogelijke kenmerken of aspecten.

Het 'denkgereedschap' dat de ontwikkelaar daarbij ter beschikking staat laat echter te wensen over. Voor het ontwikkelen van een informatiesysteem dat als een bedrijfsmiddel zal worden gebruikt, is meer nodig dan wiskundige kennis en ervaring.

De ontwikkelaar heeft ook te maken met bedrijfskundige, met organisatiekundige, en met stuurkundige aspecten, die in sterke mate samenhangen. Taalkundige begrippen kunnen hem ondersteunen bij het bedenken en beschrijven van in eerste instantie abstracte objecten.

De logika die wordt toegepast bij het ordenen van reeds bestaande of beschreven objecten is vaak anders dan de 'logika' die nodig is voor het denken over nog onbeschreven of nog onbestaande zaken.

Een redelijk samenhangend stelsel van begrippen en denkwijzen voor de ontwikkelaar van een informatiesysteem dient te putten uit meerdere disciplines, waarvan de min of meer gebruikelijke onderlinge scheidslijnen niet als 'heilig' hoeven te worden opgevat.

Verrijn Stuart stelt terecht dat '(...) it will be clear that the field of IS (Information Systems, WFR) can only be dealt with successfully by a multidisciplinary and multidimensional approach' (V04,103).

Er valt dan niet te ontkomen aan beschouwingen van meer fundamentele aard met een kennistheoretische inslag. Wat is een gegeven? Wat is kennis? Wat is een beslissing? Wat is een functie? Wat is het verschil tussen een functie en een programma?

Dit boek nu, is bedoeld als een bijdrage aan de theoretische grondslagen van het ontwikkelen van informatiesystemen.

De verbinding met de praktijk is gelegd in hoofdstuk vijf ('beschouwingstechniek'), waarin, behalve de 'techniek' zelf, ook daarmee ontworpen schema's zijn verwoord. In dit hoofdstuk wordt het onderscheid tussen de 'bottom-up' (opwaartse) en de 'top-down' ('neerwaartse') beschouwingsrichting toegelicht.

De weergegeven schema's representeren een als systeem beschouwd bedrijf; zij vormen een blauwdruk ten behoeve van informatiesysteem-

bouwers, en kunnen ook dienen als houvast bij het ontwerpen van het 'reële' bedrijf.

De gebezigde beschouwingstechniek komt uiteraard niet zomaar uit de lucht vallen. In hoofdstuk vier ('beschouwingsobject') is daarvoor stap voor stap een begrippenstelsel ontwikkeld, waarbij in een multidisciplinaire benadering aansluiting is gezocht met eerdergenoemde disciplines.

In dit hoofdstuk onderscheiden we drie soorten objecten van beschouwing: 'entiteiten', 'transformaties' en 'beslissingen', die in vastgelegde c.q. weergegeven vorm 'gegevens' zijn. Een 'relatie' wordt daarbij opgevat als een bijzondere rol van hetzij transformaties, hetzij entiteiten.

Met behulp van de onderscheiden objectsoorten worden vervolgens 'samengestelde' objecten beschreven onder de noemers: 'functie', 'gegevensstructuur', 'besturing', 'systeem' en 'programma'. In dat verband worden ook de begrippen 'informatie', 'organisatie', 'beleid' en 'planning' gezien.

In het tweede deel van dit hoofdstuk worden in het kort concepten van fysieke objecten ('factoren') weergegeven, die de belichaming kunnen vormen van abstracte objecten.

De ontwikkelkundige relaties tussen conceptuele en fysieke objecten komen in het derde deel van dit hoofdstuk aan de orde onder de naam 'allokaties' en 'assignaties'.

Ten behoeve van het definiëren en ordenen van het begrippenapparaat in het hoofdstuk 'beschouwingsobject', is in het daaraan voorafgaande hoofdstuk 'beschouwingskader' een stelsel van onderling onafhankelijke gedachtenlijnen ('dimensies') uiteengezet.

Bijzonderheden en algemeenheden van te beschouwen objecten kunnen met dit referentiekader worden verkend c.q. toegekend in een toepasselijk beschouwingsdomein, op een te bepalen beschouwingsniveau, aan de hand van een beschouwingswijze.

In navolging van Bok (B11) worden drie beschouwingswijzen onderkend. Met de causale beschouwingswijze worden objecten beschreven en verklaard volgens het duo oorzaak-gevolg. Een heel andere manier om een systeem te bekijken is de 'analogische'

beschouwingswijze. In de analogische optiek wordt vergelijkenderwijs tewerk gegaan.

Voor de systeemontwikkelaar is in de eerste plaats de 'teleologische' beschouwingswijze van belang. Daarmee worden objecten geordend of verklaard in een doel-middel perspectief.

Het beschouwingsdomein is, voor de ontwikkelkundige discipline, ingedeeld in een ideeëndomein, een domein van afbeeldingen, en in een fysiek domein.

De mogelijke waarde van het beschouwingskader blijkt pas verderop: tijdens het onderzoeken van de in dat kader geplaatste objecten (begrippen). De lezer moet vervolgens aan een nog later hoofdstuk geraken om de vruchtbaarheid van het begrippenapparaat te ontwaren: in hun toepassing als gereedschap in de beschouwingstechniek.

Bij het onderbrengen van bijzonderheden en voorbeelden in de hiërarchische structuur van dit boek heb ik een stap-voor-stap opbouw gevolgd, waarbij echter het hiërarchische verband en allerlei toepasselijke verbanden dwars door het boek heen, voortdurend op onderling gespannen voet staan. Ik hoop met tussentijdse inleidingen en samenvattingen, en via diverse verwijzingen enigszins tegemoet te komen aan het bezwaar van ontbrekende dwarsverbanden.

Daarnaast is in Appendix B een begrippenlijst opgenomen met verwijzingen naar relevant geachte kontekst.

Verwijzingen naar de geraadpleegde literatuur (Appendix A) zijn opgenomen in de vorm van een code voor de desbetreffende publikatie, met daarachter veelal de specificatie van de betrokken bladzijde.

Opmerkingen van meer bespiegelende of zijdelingse aard zijn doorgaans ondergebracht in voetnoten.

Een probleem apart kan worden gevormd door het gebezigde taalgebruik. In het alledaagse leven wordt veelal gedachteloos over woorden heengestapt, alsof men over een mozaiek loopt waarin de elementen niet zo precies meetellen.

Pas als er wiskundige symbolen worden toegekend aan logische begrippen en redeneringen, beseft men dat het echt opletten geblazen is.

Een informatiesysteem echter, is in een zo sterke mate een taalbouwwerk, dat de ontwikkelaar van dat bouwsel zich, op het wiskundige af, meer bewust dient te worden van de betekenis en de werking van de bouwstenen. Een woord is een doosje waarin een gedachte is gestopt, waarna de gedachtengang wordt ondergebracht in zinnen.

De lezer wordt nu gekonfronteerd met misschien oppervlakkig aandoende termen en zinsneden, die een soms ongewoon zware, maar toch nauwkeurig afgebakende lading meerkrijgen, waarover in alle rust is nagedacht. Een verbaal weergegeven stelsel van denkbeelden is niet zo gemakkelijk te overzien als een mozaiek: in totaliteit, in onderdelen, of in detail, vanaf wisselende afstanden.

Met behulp van enkele in de tekst opgenomen figuren, en uiteraard de inhoudsopgave, blijft hopelijk de structuur van dit boek overzichtelijk.

Het eerstvolgende hoofdstuk nu, gaat nader in op de onderkende problematiek - het ontwikkelen van conceptuele stelsels - waarbij elkaar aanvullende uitspraken van auteurs uit diverse disciplines naar voren worden gebracht.

2.0 Probleemafbakening

Het ontwikkelen van informatiesystemen geschiedt in de praktijk volgens een soort toegepaste 'vuistregelkunde'. De theoretische fundamente van de ontwikkelkundige discipline zijn te smal, te fragmentarisch, en derhalve onvoldoende in staat om een degelijk begrippenapparaat te ondersteunen, waaraan de ontwikkelaar houvast kan ontlenen bij zijn werk: het analyseren van een bestaand systeem, het ontwerpen van een gewenst systeem, en het verwezenlijken van een ontworpen systeem.

Boulding merkt op dat '(...) the computer sciences have been so absorbed with technology that they have not had much time for any more fundamental subject matter.' Hij memoreert de betekenis van de algemene systeemtheorie:

'One of the original perceptions behind general systems was the feeling that there were systematic structures in the subject matter of many different disciplines which were essentially similar, yet each discipline was so tied up with its own language that these similarities were not perceived.

If they could be perceived, then there could be a very rapid transference from one discipline to another, and the student would not have to learn the same thing over again in a totally different language, often without realizing that it was the same thing' (Boulding, B20,4).

Le Moigne en Sibley spreken het vermoeden uit dat, als gevolg van het ontbreken van behoorlijke grondslagen in de literatuur 'the general model that most public or private, large or small organizations have been using is becoming perverted' (M09,238).

Lyytinen komt tot de konklusie dat 'the claim of a fundamental deficiency of systems development methodologies has not been taken sufficiently seriously to lead to a thorough and critical investigation of the basis on which current methodologies build.'

(...)- they lack synergy with other IS research areas, - they have a limited scope, - they have an inadequate conceptual base, - they lack or have limited theoretical foundations, - they are unaware of the philoso-

phical underpinnings of systems development' (Lyytinen, L07,4). Hij bepleit verder aandacht voor 'social change' en 'socio-technical design'.

Ook Bubenko wijst op het achterblijven van de ontwikkelingen in theoretisch en methodologisch opzicht. 'Substantial progress in the theory and methodology of designing, analyzing, implementing and operating formalized, computer based information systems is needed more than ever.' (Bubenko, B26,27. Zie ook Iivari,I02).

Een ambitieus plan om aan de hand van min of meer beproefde methodologieën tot betere theorievorming te komen, is in feite op een teleurstelling uitgelopen.

Opvallend in de betreffende konferentie-verslagen is met name het aantal nieuwe specialistische termen, waarvan de betekenis veelal moeilijk, zometertijd onmogelijk, onderling vergelijkbaar is. Opmerkelijk is dat zeker, daar de bijdragen aan de konferenties een en dezelfde probleemstelling behandelden. (Zie Olle et al., O01, O02, O03).

Konsynski signaleert elders dat 'with amazing frequency new technologically based terms are introduced' (K13,24).

De problematiek van het ontwikkelen van informatiesystemen wordt door Turner (T02, 98) gekenschetst als 'more demanding and more mysterious than that of many other artefacts.'

Blaauw geeft een indicatie van het gewicht van de problematiek: 'De mankracht vereist in de ontwikkeling van systeemprogrammatuur kan tien maal die vereist voor de apparatuur bedragen; nemen wij de gebruiksprogrammatuur in aanmerking, dan wordt een faktor honderd gemakkelijk gehaald' (Blaauw, B08,5).

Het ontwikkelen van een stelsel, van welke aard dan ook, is bij uitstek het resultaat van een geordende gedachtengang. 'System building, to the greatest extent possible, must be the product of ordered thought' (Galbraith, G01,xii).

Het bijzondere van het werk van de ontwikkelaar is het abstracte karakter ervan. Brooks spreekt over 'pure thought-stuff: concepts and very flexible representations thereof' (B25, 15), waarbij hij benadrukt dat 'conceptual integrity is the most important consideration in system design.'

Ook Date wijst op de betekenis van doordachte en samenhangende concepten, in het bijzonder met betrekking tot gegevensstructuren: 'Designing the conceptual schema is without doubt the most important single step in the installation of a database system' (Date, D03,426).

Starreveld gaat liever uit van concreet feitenmateriaal daar het abstraheren van de uiterlijke verschijningsvormen in de praktijk op weerstand stuit. 'Een dergelijk theoretisch alleszins verdedigbaar abstractieniveau zal echter door vele praktische onderzoekers als te moeilijk worden afgewezen.' (Starreveld, S21,316 e.v)

In 't Veld, die overigens abstraktie en generalisatie het centrale thema van de systeemkunde noemt (V01,8), merkt op dat het zich losmaken van de bestaande situatie en bestaande organen een flink aantal managers bijzonder veel hoofdbreken kostte. 'Enkelen verzuchtten dan ook 'in jaren niet zo intens gedacht te hebben' (V01,292).

De weerstand tegen een abstraherende en generaliserende benadering van een bedrijf is, ook naar mijn ervaring, nog vaak van dien aard dat de ontwikkelaar veel tijd en inspanning moet besteden aan 'motiverende' beraadslagingen.

Het is verkeerd om alleen in 'harde' feiten en cijfers te willen redeneren. 'In de kringen van de technische wetenschappen worden systemen en modellen vaak uitsluitend kwantitatief gezien, voorbijgaande aan het feit dat er altijd een kwalitatief concipiërende activiteit aan de kwantificering voorafgaat (..)' (Lievegoed, L03,40).

Fysieke vormgeving en uiterlijkheden dienen ook op de tweede plaats te komen. (..) physical clarity cannot be achieved in a form until there is first some programmatic clarity in the designer's mind and actions; and that for this to be possible, in turn, the designer must first trace his design problem to its earliest functional origins and be able to find some sort of pattern in them' (Alexander, A05,15).

Voor wat betreft de concepten en denkwijzen die bij het ontwikkelen van artefakten in zwang zijn, bestaat er een soms verlamme sprakeverwarring. 'Het helaas vrijwel algemeene slordige en onnauwkeurige woordgebruik is voor een groot deel schuld aan het toonbeeld van ver-

warring dat de meningen over het voor de economie zo uiterst belangrijke onderwerp van deze studie te zien geven', schrijft Hennipman (H04,58) over de economische wetenschap in een tijd waarin de term 'informatie' maar nauwelijks weerklinkt.

Maes merkt op dat het gebied van de informatiebeleidsvorming en de informatieplanning wordt 'geteisterd' door een terminologische verwarring. 'Deze terminologische jungle is naar onze mening de hoofdoorzaak voor de zweem van mystificatie en onduidelijkheid die nog steeds rond het onderwerp hangt' (Maes, M02,45).

Ook Boland wijst op de betekenis van taal en taalgebruik voor ontwikkelkundigen: 'Our norms of social interaction and our basis for defining social reality are constituted by language practice' (Boland, B13,366).

Aan de trefzekerheid van de vaktaal herkent men de ervaring in het vak. De ontwikkelkundige discipline is echter nog te jong om redelijk trefzeker te zijn. Indien de ontwikkelkundige woordenschat moet worden verrijkt, dan zal 'verlevendiging' van het taalbesef noodzakelijk zijn.⁷

Woorden en ideeën zijn verschillende dingen. Woorden zonder ideeën zijn echter zinloos en ideeën zonder woorden kunnen niet worden ontwikkeld. 'Het vertalen van een theorie of wereldbeschouwing in de eigen taal maakt ze nog niet tot de eigen theorie of wereldbeschouwing. Daar is meer voor nodig, men moet ontdekken dat men denkt en werkt en niet alleen maar vertaalt in een taal die tevoren vreemd was' (Kuhn, K16,260).

De overeenkomst tussen concepten die soms sterk verschillend zijn benoemd is vaak groter dan de verschillende benamingen suggereren.

Boulding gaf indertijd uiting aan zijn bezorgdheid over de verstaanbaarheid van vaktaal: 'One wonders sometimes if science will not grind to a stop in an assemblage of walled-in hermits, each mumbling to himself words in a private language that only he can understand' (Boulding, B19,12).

⁷ Al is het maar om te voorkomen dat woorden onverstaanbaar worden of door een toenemende holheid te hard gaan klinken

Deze veelgeciteerde uitspraak ondervindt, blijkens de roep om standaardisatie van ontwikkelkundige concepten die op menige conferentie wordt gehoord, gelukkig enige weerklank.

Anderzijds wijst Senko erop dat een te vroegtijdige standaardisatie de ontwikkeling in een vakgebied kan belemmeren: 'There is also general agreement that standardisation in a rapidly evolving technology can retard the growth and development of that technology because it may freeze the field in a confused and undesirable state and thereby act to discourage the development of proper tools' (Senko, S06,226).

De klaarheid, die door de algemene systeemtheorie tot stand leek te komen, is uitgebleven. In 't Veld gebruikt daarom liever de wat minder pretentieuze term 'systeemkunde'.

De hulp die de systeemkunde kan bieden 'bestaat vooralsnog vooral uit een meer algemene taal, met scherp gedefinieerde begrippen, een soort wetenschappelijk esperanto' (V01,7).

Ook Kast en Rosenzweig wijzen erop dat we 'vitaly need the systems paradigm but we are not sufficiently sophisticated to use it appropriately' (K04,49).

De door deze auteurs voorgestelde 'systems concepts and contingency views' dienen niet te worden opgevat als 'ten easy steps to success in management' (..) 'However, they facilitate more thorough understanding of complex situations and increase the likelihood of appropriate action' (Kast en Rosenzweig, K04,54).

De ontwikkelaar die tracht aanvaardbare oplossingen uit te werken (Simon, S09) beseft volgens Galbraith dat 'there is no one best way to organize' (G02,2), en 'similarly there is no one best information system' (G02,42).

Wat dienen we nu te verstaan onder een wetenschappelijke benadering van het uitwerken van gedachtenkonstrukties, en van het beschrijven van de bedachte stelsels? Wanneer mag een denkwijze of een werkwijze wetenschappelijk worden genoemd?

Moeten de verkregen resultaten, die ik reeds eerder kenschetste als spoken en papieren tijgers, niet in de eerste plaats zo kritisch mogelijk worden benaderd? Suksesvolle praktijkervaringen zijn niet zelden

'hineininterpretaties' van aanhangers van een gepropageerde theorie of methodologie.⁸

Popper heeft aangetoond dat uit empirische feiten slechts de onwaarheid van een theorie kan worden afgeleid. 'Het is gemakkelijk confirmaties, of verificaties, voor bijna elke theorie te vinden, als wij maar moeite doen ernaar te zoeken'(..)

'Een theorie die door geen enkele voorspelbare gebeurtenis kan worden weerlegd, is onwetenschappelijk. Onweerlegbaarheid is geen deugd van een theorie (zoals de mensen vaak denken) maar een ondeugd' (Popper, P08,61).

Wanneer we in zwang zijnde ontwikkelkundige begrippen en methoden beoordelen naar de strenge maatstaven van Popper, dan moet worden gekonkludeerd dat er doorgaans teveel mogelijkheden worden opengelaten en te weinig interpretaties worden uitgesloten om van 'goede' wetenschappelijke theorieën te kunnen spreken.

Ook de elegantie en de consistentie van een theorie, een samenhangend geheel van denkwijzen en concepten, leveren geen bewijs van wetenschappelijkheid, want, zo stelt Popper ook, een inkonsistente theorie is weliswaar waarschijnlijk onwetenschappelijk, een consistente theorie is hooguit misschien wetenschappelijk.

De Popperiaanse wetenschapsopvatting die inhoudt dat een theorie falsificeerbaar moet zijn om wetenschappelijk te kunnen zijn, impliceert dat het gewenst is om concepten en denkwijzen zo scherp mogelijk af te bakenen. Zo scherp tenminste dat ze kunnen worden weerlegd; vervolgens mag die theorie dan weer niet met vervagende reddingsoperaties in leven worden gehouden, maar moet zij juist worden benut als probleemstelling voor een volgende theorie.⁹

⁸ Zie bijvoorbeeld de artikelen in Olle et al. (O01, O02, O03)

⁹ Merkwaardig is echter dat Popper zich zo minachtend uitlaat over het zorgvuldig hanteren van de taal, het middel bij uitstek voor het formuleren van theorieën en uitspraken. Ik kan hem daarin niet volgen.

Stamper merkt terecht op dat 'Science can legitimately be viewed as a verbal activity directed at formulating and justifying semantic distinctions that improve our hold upon, or construction of reality' (Stamper, S20,59).

De ontwikkelaar van theorieën voor het ontwerpen van informatiesystemen ziet zich aldus geconfronteerd met een zeer zware voorwaarde. Bij het ontwikkelen van informatiesystemen neemt de faktor mens, met zijn ontelbare variabele eigenschappen een zo centrale plaats in, dat een rigide wetenschappelijke benadering onmogelijk lijkt.

Mitroff stelde op grond van een uitgebreid onderzoek vast dat zelfs natuurwetenschappers zich geregeld laten leiden door overwegingen van menselijke aard, die verrassend veel invloed hebben op wat zij menen waar te nemen, en op de konklusies die zij geneigd zijn te trekken.

Hij komt tot de slotsom dat '(...) science is a social institution and hence that one of its most important descriptions will ultimately be sociological and psychological' (Mitroff, M08,12).

Dient de ontwikkelaar van theorieën voor het ontwerpen van informatiesystemen dan wel een rigide wetenschappelijke benadering na te streven, zoals Popper stelt?

Naar mijn mening is er geen andere keus. Het kenmerkende van een wetenschappelijke houding is de geneigdheid en de bereidheid om het eigen werk en de eigen denkbeelden en voorkeuren voortdurend zo kritisch mogelijk te bezien.

De konfrontatie met niet-passende feiten mag niet uit de weg worden gegaan. Onvolkomenheden, onjuistheden, inkonsistenties dienen niet te worden verborgen in verhullende bewoordingen of formele modellen.

Zelfs de consensus van een wetenschappelijke gemeenschap aangaande de juistheid van theorieën is maar een betrekkelijke maatstaf.

Kuhn geeft daar dramatische voorbeelden van. Maar, zo zegt Kuhn ook: 'verouderde theorieën zijn niet in beginsel onwetenschappelijk omdat ze verworpen zijn' (K16,19).

Met betrekking tot het ontstaan, bloeien en vergaan van wetenschappelijke theorieën, waarvan vele voorbeelden te vinden zijn bij Popper en Kuhn, is een observatie van Pirsig het overdenken waard:

'The laws of science contain no matter and have no energy either and therefore do not exist except in people's minds'.

Aangevuld met een cynische opmerking van Russell: 'If fifty million people tell nonsense, it's still nonsense', werpt deze beschouwing ons terug in de wetenschappelijke 'werkelijkheid' in de letterlijke zin van het woord: de ervaring van nut of van schoonheid.

Naar mijn opvatting zijn we dan terechtgekomen in een cultureel domein waarin wetenschap, kunst en geloof niet ver uit elkaar liggen, hetgeen op indringende wijze wordt beschreven door Hofstadter (H05), Pirsig (P04) en Zukav (Z03).

Samenvattend:

- Het ontwikkelen van een informatiesysteem is vooral een abstracte bezigheid, zonder wezenlijk houvast aan de 'hier en nu' zintuiglijk waarneembare werkelijkheid.
- De ontwikkelaar bedient zich van gedachtengoed van verschillende disciplines.
- Natuurlijke taal is het eerste instrument voor de ontwikkelkundige om zijn gedachten en gedachtengangen weer te geven.
- De grondslagen voor ontwikkelkundige theorieën die de ontwikkelaar dienen te ondersteunen, laten te wensen over.
- Het wetenschappelijk gehalte in de zin van 'waar' of 'onwaar' van een ontwikkelkundig paradigma, is niet of nauwelijks werkelijk vast te stellen.
- De ontwikkelaar van ontwikkelkundige gedachtenstelsels kan in zijn wetenschappelijk streven niet verder reiken dan naar 'nut', te onderkennen via de ervaring van 'gemak', en naar 'kunst', te onderkennen via de ervaring van 'schoonheid'.

Het voorgaande leidt tot de volgende, uit drie delen bestaande probleemstelling:

- Een helder, scherp omschreven en consistent begrippenstelsel, dat toegankelijk is voor verschillende disciplines die betrokken zijn bij het ontwikkelen van informatiesystemen, is onvoldoende beschikbaar.
- Een algemeen interdisciplinair kader, waarbinnen een dergelijk begrippenstelsel formuleerbaar is, ontbreekt.
- Theoretisch verantwoorde ontwikkelingsmethoden, die samenwerking van verschillende vakspecialisten mogelijk maken, zijn eveneens onvoldoende beschikbaar.

Uitgaande van bovenstaande probleemstelling wil ik met mijn studie een bijdrage leveren aan de theoretische grondslagen van het ontwikkelen van informatiesystemen. In het navolgende zal ik eerst een algemeen interdisciplinair kader beschrijven (hoofdstuk 3).

Met behulp van dat kader wordt vervolgens, stap voor stap, een begrippenstelsel ontwikkeld in een zo nauwkeurig mogelijke omschrijving (hoofdstuk 4).

Daarna wordt aan de hand van het gedefinieerde begrippenapparaat een stelsel van methoden beschreven, dat toepasbaar is bij het ontwikkelen van informatiesystemen (hoofdstuk 5).

Buiten het bestek van deze studie vallen de middelen waarmee conceptuele systemen worden gerealiseerd: eigenschappen of bijzonderheden van apparatuur en programmatuur blijven buiten beschouwing, evenals 'socio-technische' en 'psycho-technische' eigenaardigheden van de menselijke factor.