

# Kennis in uitvoering : een onderzoek naar middelen voor kennisbeheer bij bouwbedrijven

**Citation for published version (APA):**

Schaefer, W. F. (1991). *Kennis in uitvoering : een onderzoek naar middelen voor kennisbeheer bij bouwbedrijven*. [Dissertatie 1 (Onderzoek TU/e / Promotie TU/e), Built Environment]. Technische Universiteit Eindhoven. <https://doi.org/10.6100/IR358206>

**DOI:**

[10.6100/IR358206](https://doi.org/10.6100/IR358206)

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1991

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

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

[Link to publication](#)

**General rights**

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

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

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

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# KENNIS IN UITVOERING



een onderzoek naar middelen voor  
kennisbeheer bij bouwbedrijven

WIM SCHAEFER

# **KENNIS IN UITVOERING**

# **KENNIS IN UITVOERING**

een onderzoek naar middelen voor kennisbeheer  
bij bouwbedrijven

## **PROEFSCHRIFT**

ter verkrijging van de graad van doctor aan de  
Technische Universiteit Eindhoven, op gezag  
van de Rector Magnificus, prof. dr. J. H. van Lint,  
voor een commissie aangewezen door het College  
van Dekanen in het openbaar te verdedigen  
op maandag 23 september 1991 om 16.00 uur

door

**WILLEM FREDRIK SCHAEFER**

geboren te Amsterdam

**Dit proefschrift is goedgekeurd  
door de promotoren:**

**prof. ir. H. Wagter**

**en**

**prof. dr. D.W. Vaags**

*voor Margot*

# Inhoud

Voorwoord	vii
Hoofdstuk I:	
<b>Inleiding</b>	
1.0 Plaatsbepaling van het onderzoek	1
<i>Kenniseconomie</i>	
<i>Elektronische intelligentie</i>	
1.1 Probleem en doel	3
<i>Probleemstelling</i>	
<i>Doelstelling</i>	
1.2 Uitwerking van het onderzoek	4
<i>Kennisbeheer</i>	
<i>Afbakening</i>	
<i>Delen van het onderzoek</i>	
Hoofdstuk II:	
<b>Verkenningen</b>	
2.0 Inleiding	7
2.1 Algemene definities voor begrippen in relatie tot kennis	7
<i>Kennis</i>	
<i>Informatie</i>	
<i>Intelligentie</i>	

<i>Artificiële intelligentie</i>	
2.2	Begrippenkader voor kennisbeheer 10
2.2.1	De produktiemiddelen (algemeen) 11
	<i>Drie categorieën van produktiemiddelen</i>
	<i>Natuur</i>
	<i>Arbeid</i>
	<i>Kapitaal</i>
2.2.2	Kennis als produktiemiddel 13
2.2.3	Economische waarde van kennis
	<i>Schaarste van kennis</i>
	<i>Slijtage van kennis</i>
2.2.4	Kennis en arbeid 15
2.2.5	Kenniskapitaal 15
2.2.6	Vorraden kennis 18
	<i>Kennisdragers</i>
2.2.7	Eigendom van kennis 21
	<i>Karakteristieken van schaarse ervaringskennis</i>
2.2.8	Komputerondersteuning voor kennisarbeid 22
2.3	Kennisarbeid en ervaring in de bouwpraktijk 24
2.3.1	De kennisarbeider in de bouwnijverheid 24
2.3.2	Scholing en ervaring van de bouwkennisarbeider 27
	<i>Verdringing</i>
	<i>Ervaring versus opleiding</i>
2.3.3	Verkennd onderzoek naar het beheren van kennis en ervaring bij uitvoerende bouwbedrijven 28
	<i>De betekenis van ervaring in de bouwpraktijk</i>
	<i>Het meten van ervaring</i>
	<i>Vitale ervaringskennis</i>
	<i>Kennisverlies</i>
	<i>Kennisoverdracht</i>
	<i>Probleemoplossen</i>
	<i>Het kenniskapitaal</i>
2.4	Samenvatting 38

### Hoofdstuk III:

### **Analyses van kennis en probleemoplossen**

3.0	Inleiding 41
3.1	Algemene en gespecialiseerde kennis 42



3.2	Representatie van kennis	43
3.2.1	Representatie van relaties	43
3.2.2	Algoritmen	44
3.2.3	Heuristieken	45
	<i>Heuristieken als vuistregels</i>	
3.3	Ordering van kennis	46
3.4	Ordering van problemen	46
3.4.1	Domeinen van problemen	47
3.4.2	Categorie van algoritmisch oplosbare problemen	48
3.4.3	Categorie van heuristisch oplosbare problemen	48
3.5	Ordering van kennis binnen de context van een probleem	50
	<i>Kennisdelen en kennistoestand</i>	
	<i>Kennis en meta-kennis</i>	
3.6	Analyse van probleemoplossen	53
3.6.1	Zoeken en probleemoplossen	53
	<i>Het systematische-zoeken</i>	
	<i>Het geleide-zoeken</i>	
	<i>Het analoge-zoeken</i>	
	<i>Gecombineerde zoekstrategieën</i>	
3.6.2	Het oplossen van algoritmisch oplosbare problemen	56
	<i>Heuristieken voor algoritmisch oplosbare problemen</i>	
3.6.3	Het oplossen van heuristisch oplosbare problemen	58
3.7	Het oplossen van synthese problemen	59
	<i>Representatieconventies en analyse-strategie</i>	
	<i>De oplossing</i>	
3.7.1	Twee synthese aspecten	62
3.7.2	De kennisconstellatie als probleemoplossend systeem	64
3.7.3	Deelsystemen	66
3.7.4	Representatie van geoperationaliseerde kennis	67
3.8	Samenvatting	72

Hoofdstuk IV:

**Methode voor kennisinventarisatie**

4.0	Inleiding	73
4.1	Uitkomsten van de kennisinventarisatie	74
	<i>Welke kennis, waarvoor gebruikt</i>	
	<i>Waar aanwezig</i>	
4.2	Beschrijving van de methode	76

4.2.1	Stap 1; Inventarisatie van ontwikkelde oplossingen <i>Inhoud, Akties</i>	77
4.2.2	Stap 2; Inventarisatie van gebruikte kennisdelen <i>Inhoud, Akties</i>	79
4.2.3	Stap 3; Inventarisatie van ervaringskennis <i>Inhoud, Akties</i>	85
4.3	Bevindingen met het gebruik van de methode in de praktijk <i>Bevindingen</i>	88
4.4	Samenvatting	89

## Hoofdstuk V:

### **Representatie van ervaringskennis in de bouwpraktijk**

5.0	Inleiding	91
5.1	Ervaringskennis op het niveau van vuistregels <i>Ervaringsleren</i> <i>Inventarisatie van ervaringskennis</i> <i>Aanvulling van de methode ten behoeve van ervaringskennis</i> <i>Ervaringskennis verworven met het oplossen van meerdere</i> <i>overeenkomstige problemen; Vuistregels</i>	92
5.2	'Concept-learning' technieken voor het simuleren van ervaringskennis op een niveau van vuistregels	99
5.3	Vergelijkend onderzoek naar inductieve technieken <i>Doel van het vergelijkende onderzoek</i> <i>Aanpak van het onderzoek</i> <i>De input datasets ten behoeve van de vergelijking van de methoden</i> <i>Vergelijking van de prestaties</i> <i>Korte beschrijvingen van de vergeleken methoden en van de</i> <i>gegenereerde functie representaties</i> <i>De resultaten van het vergelijkende onderzoek</i> <i>Betekenis van de onderzoeksresultaten</i> <i>Het gekozen systeem</i>	103
5.3.1	Neuraal netwerk systemen	110
5.4	Meten van ervaringskennis op het niveau van vuistregels	111
5.4.1	Doel van het experiment	111
5.4.2	Achtergrond van het experiment: beslissingsboom en regelset als meetbare grootheden <i>Periodieke waarneming van verworven kennis</i> <i>Conventies voor functierepresentatie</i>	111

5.4.3	Globale opzet van het experiment	114
	<i>Vergelijking van groepen respondenten</i>	
5.4.4	Uitvoering van het experiment	115
	<i>Fasen</i>	
	Fase I: Ontwikkelen van de stimuli	117
	<i>Probleemklasse</i>	
	<i>Probleemkomponenten en oplossingenverzameling</i>	
	<i>Set van finale probleemstellingen</i>	
	Fase II: Verzamelen van de responsen	121
	<i>Respondenten</i>	
	<i>Responsen</i>	
	Fase III: Vergelijken van de responsen	122
	<i>Verwerking van de responsen tot regelsets</i>	
	<i>Vergelijking van de regelsets</i>	
	<i>Conclusies</i>	
5.5	Samenvatting	126
Hoofdstuk VI:		
<b>Betekenis en conclusies</b>		
6.0	Algemeen	129
6.1	Begrippenkader voor de betekenis van kennis als produktiemiddel	130
	<i>Status</i>	
6.2	Het ordenen van kennisdelen	131
	<i>Probleemoplossend systeem</i>	
	<i>Elementen van het probleemoplossende systeem</i>	
	<i>Synthese</i>	
	<i>Ervaringskennis</i>	
6.3	Het gebruik van de methode voor kennisinventarisatie in de praktijk	133
	<i>Kennisoverdracht</i>	
	<i>Prioriteiten</i>	
	<i>Proef met gebruik van de methode voor kennisinventarisatie in een bedrijf</i>	
	<i>De voorraad van niet-gebruikte kennisdelen</i>	
6.4	Het gebruik van AI-technieken voor inventarisatie van kenniswijzigingen	137
<b>Summary</b>		139

**Bijlagen:**

1. Overzicht van definities voor kennis	143
2. Voorbeeld van een toepassing van de methode voor kennisinventarisatie	146
3. Twee voorbeelden van gestructureerd beschreven probleemstellingen voor de selectie van paalfunderingssystemen	162
4. Stimuli en responsen van 'ervaren' en 'onervaren' deskundigen	171
5. Weergave van de beslissingsbomen, die corresponderen met de regelsets in de figuren 5.8 en 5.9 van hoofdstuk V	191

**Literatuur**

195

**Curriculum Vitae**

201

## Voorwoord

Dit onderzoek berust op samenwerking tussen de Faculteit Bouwkunde (secties Uitvoeringstechniek en Calibre) en de Faculteit der Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen (vakgroep PeTIT) van de Technische Universiteit Eindhoven. Het karakter van het onderzoek kan als 'typisch bouwkundig' worden beschouwd. Daarmee bedoel ik dat, hoewel het probleem voor dit onderzoek werd aangedragen vanuit de bouwpraktijk, er voor de oplossing daarvan het nodig was in overdrachtelijke zin een platform van meerdere wetenschapsdisciplines te construeren. Ik ben mijn beide promotoren, prof. ir. Harry Wagter en prof. dr. Wim Vaags, erkentelijk voor hun ondersteuning bij de ontwikkeling van dit 'platform'. Het betekende, dat zij zich vanuit hun specifieke vakbekwaamheden moesten verdiepen in andere vakgebieden.

Voor de tot stand koming van dit proefschrift ben ik voorts dank verschuldigd aan:

- dr. Herman Tempelmans Plat (TU Eindhoven, Faculteit W&M, vakgroep TWIM) en prof. ir. Charles Vos (TU Delft, Faculteit der Civiele Techniek, vakgroep M&C) voor hun commentaar en suggesties vanuit respectievelijk een optiek van de economie en van de bouwpraktijk
- ir. Jan Hajek (TU Eindhoven, RC), ir. Guido Cosemans (SCK te Mol, België), drs. Wilfried Post (Univ. Van Amsterdam, vakgroep SWI) en ing. Jan Dijkstra (TU Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, Calibre), die met hun intensieve medewerking de uitvoering van het vergelijkende onderzoek over zogenaamde 'concept-learning' technieken mogelijk maakten (hoofdstuk V)
- dr. ir. Jules Janssen (TU Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, vakgroep KO), die

mij heeft geadviseerd bij de uitwerking van het experiment met de vergelijking van ervaringskennis in relatie tot paalfunderingsproblemen (hoofdstuk V).

September 1991

Wim Schaefer

## Hoofdstuk I

### Inleiding

#### 1.0 Plaatsbepaling van het onderzoek

Het gaat in dit onderzoek over kennis en meer in het bijzonder over kennis in relatie tot het oplossen van problemen binnen een klein deel van de bouwkunde: de bouwrealisatiekunde, het vakgebied van de productie van bouwwerken. Daarbij staan de analyses van kennis en probleemoplossen in dat vakgebied centraal. Het onderzoek heeft een interdisciplinair karakter; er is geput uit kennisbronnen van de bouwkunde, de cognitieve psychologie, de economie en de informatica. Zoals een econoom spreekt over 'pull' en 'push' factoren van de markt, zo kan ten aanzien van dit onderzoek als 'pull' faktor genoemd worden de problematiek rondom kennisoverdracht binnen de middelgrote en grote uitvoerende bouwbedrijven en als 'push' factoren kunnen genoemd worden enerzijds de inzichten van de cognitieve psychologie in probleemoplossen en anderzijds de snel voortschrijdende ontwikkelingen op het gebied van de informatica.

#### *Kenniseconomie*

Eind zestiger jaren publiceerde Peter Drucker [1969, pp.269-276] een uitvoerige studie waarin onder meer 'kenniseconomie', 'kennis als productiemiddel' en 'kennisarbeid' worden behandeld. Kennisarbeiders, zo stelt hij, zijn diegenen die bij de productie geen spierkracht en handvaardigheid ('skill') gebruiken, maar ideeën, begrippen en informatie. Het zijn in feite diegenen in een (bouw-) productiebedrijf, die er zorg voor dragen dat het feitelijke produktiekapitaal telkens optimaal wordt aangewend. Drucker stelde dan ook dat de belangrijkste stap op de weg naar de kenniseconomie de wetenschappelijke bedrijfsleiding

was. Deze vorm van bedrijfsleiding werd het eerst in de laatste decennia van de negentiende eeuw in praktijk is gebracht door F. W. Taylor en steunt op de stelselmatige toepassing van analyse (zoals bouwplanning en werkvoorbereiding) en onderzoek (speurwerk en ontwikkeling) voor handarbeid. Deze introduceerde daarmee een soort vakbekwaamheid, die er voordien niet geweest was, namelijk het vak van industriële technicus. Deze technicus is in het kader der wetenschappelijke bedrijfsleiding het prototype van de moderne kennisarbeider.

Opmerkelijk is daarbij de uitspraak van Drucker, dat de vakbekwaamheid met de introductie van Taylors principes nu is gaan steunen op kennis in plaats van ervaring. Deze stellingname van Drucker is in tegenspraak met de grote waardering voor ervaring bij de bouwbedrijven; ook bij die afdelingen van de bouwbedrijven waar uitsluitend kennisarbeid plaats vindt. De visie van Drucker over de ondergeschikte betekenis van ervaring, moet worden gezien tegen een achtergrond van theorieontwikkeling op het gebied van de cognitieve psychologie, waarbij in die tijd de nadruk lag op de rol van de zogenaamde 'general problem solving' vaardigheden.

### *Elektronische intelligentie*

Het onderwerp van informatieverwerking is in de afgelopen decennia uitputtend bestudeerd. Dit heeft geleid tot de ontwikkelingen van doeltreffende informatie-beschrijvende methoden en informatieverwerkende systemen. Parallel aan deze onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten is er vooral van wetenschappelijke zijde belangstelling geweest komputerte ondersteuning te ontwikkelen voor aspecten van de menselijke kennis en intelligentie. Vooral sedert de zestiger jaren geeft men in toenemende mate gehoor aan de fascinerende uitdaging om de menselijke intelligentie weer te geven aan de hand van modellen en als zodanig deze intelligentie te simuleren of te vervangen door machines die mogelijk over nog meer kennis en intelligentie beschikken dan de mens zelf.

Van de komende generatie elektronica-producten, waarbij men bijvoorbeeld moet denken aan de parallelle processoren en de daarvoor te ontwikkelen besturingssystemen en programmeertalen, mag in alle redelijkheid worden verwacht, dat deze het onderzoek naar artificiële intelligentie nog eens extra zullen bevorderen.

Informatie, kennis en intelligentie zijn begrippen welke nauw met elkaar verweven zijn. Het formeel beschrijven en definiëren van deze begrippen levert vraagstellingen van een filosofische aard, in die zin dat het beschrijven van de menselijke intelligentie raakt aan het wezen van de mens. In dit onderzoek wordt de



mens, als arbeider, uitsluitend nog gezien als informatieverwerkend systeem: de 'problem-solver'.

## 1.1 Probleem en doel

De productieprocessen van de (utiliteits-)bouw, vliegtuigbouw en scheepsbouw vertonen een aantal overeenkomsten in die zin, dat de eindprodukten van deze industriële branches veelal enkelstuks produkten betreffen of althans een zeer beperkte oplage kennen en qua fysieke omvang en kostprijs van een vergelijkbare orde van grootte zijn. Het bijzondere van de productie van een bouwwerk is echter de projekt gebonden productie lay-out. Zodra de bouw van een schip of van een vliegtuig voltooid is, verlaten deze respectievelijk de werf en de hangar. Bij de oplevering van een bouwwerk wordt echter de gehele productieplaats ontmanteld, naar elders getransporteerd en in gewijzigde vorm weer opgezet.

Het projektgerichte produceren van bouwwerken heeft voor een groot deel van de werknemers van bouwbedrijven tot gevolg dat zowel hun 'werkplek' als wel het 'team' van personen waarmee zij samenwerken als regel veranderen met ieder nieuw te produceren bouwwerk. Dit geldt niet alleen voor diegenen die per projekt zijn ingehuurd, zoals bijvoorbeeld weekloon personeel, maar eveneens voor een groep van het vaste personeel, waartoe projektleiders, organisatie medewerkers en vaak hoofd uitvoerders behoren. Naast de kennis die deze medewerkers bezitten vóór de aanvang van een nieuwe productie, verwerven zij gedurende de productie van een bouwwerk nieuwe kennis: ervaringskennis.

### *Probleemstelling*

Tengevolge van de structureel aanwezige 'disallocatie' van gekwalificeerde medewerkers, is de kennis van deze personen niet of slechts zeer beperkt beschikbaar voor anderen in een bouwbedrijf. Hierdoor is de persoonsgebonden kennis, voor een belangrijk deel verworven door werkervaring, bij deze groep van bedrijven meer geïsoleerd aanwezig bij de werknemers dan bij andere categorieën van bedrijven. Dit levert situaties op waarin bij de uitvoering van het ene bouwwerk nog naar kennis wordt gezocht, terwijl deze reeds bij de uitvoering van een ander bouwwerk is verworven.

### *Doelstelling*

Doel van het onderzoek is middelen te ontwikkelen die een betere spreiding van persoonsgebonden ervaringskennis mogelijk maken binnen een bouw-

bedrijf. Hiertoe wordt bij dit onderzoek kennis beschouwd als produktiemiddel en worden instrumenten voor kennisoverdracht geplaatst binnen een context van beheer van dat produktiemiddel: een context van kennisbeheer.

## 1.2 Uitwerking van het onderzoek

### *Kennisbeheer*

Binnen een onderneming als een uitvoerend bouwbedrijf hebben verschillende functionarissen te maken met verwerving, opslag en verspreiding van kennis. Hiertoe reken ik:

- de beheerder van het archief met projektdocumentaties, waarin teksten, tekeningen en berekeningen geordend zijn naar projecten
- de systeembeheerder, die behalve voor het dagelijkse functioneren van hardware en software in het bedrijf ook verantwoordelijk is voor het beheer van het 'elektronische' archief van projektdocumentaties
- de beheerder van bouwproduktendocumentaties en vakliteratuur, zoals tijdschriften en handboeken
- de personeelsfunctionaris, die betrokken is bij opleidingen van medewerkers, pensioneringen of VUT regelingen
- het hoofd van de afdeling speurwerk en ontwikkeling, die verantwoordelijk is voor het te voeren beleid voor bijzondere kennisverwerving

Bij de formulering van de doelstelling van deze studie heb ik de functie van kennisbeheer genoemd, waarbij kennis is beschouwd als produktiemiddel. Voor het beheer van dit produktiemiddel geldt als doel het rendement daarvan te optimaliseren. Gezien vanuit die optiek is het wenselijk in de organisatie van een bouwbedrijf een 'kennisbeheerder' te benoemen. Deze functionaris heeft tot taak de werkzaamheden en taken van de voornoemde functionarissen op elkaar af te stemmen en hun activiteiten te toetsen aan het doel van het gebruik van dit produktiemiddel. Voorts onderscheid ik als belangrijke aspecten van kennisbeheer:

- inventariseren van kennis
- inventariseren van kenniswijzigingen;
  - signaleren van nieuwe (ervarings-)kennis
  - signaleren van verouderde kennis
- spreiden van kennis en van kenniswijzigingen binnen het bedrijf
- signaleren van behoeften aan nieuwe kennis

### *Afbakening*

In paragraaf 1.1 is in algemene termen als doelstelling geformuleerd middelen te ontwikkelen, die een betere spreiding van persoonsgebonden ervaringskennis mogelijk maken in een bouwbedrijf. Het spreiden van kennis heb ik vervolgens geplaatst binnen een context van taken van een kennisbeheerder. Als primaire voorwaarde voor het uitoefenen van die taken beschouw ik de mogelijkheid tot het inventariseren van kennis. Als afbakening van de eerder genoemde doelstelling - of anders gezegd: als doel *in* dit onderzoek - richt ik mij daarom op de ontwikkeling van een instrumentarium voor het inventariseren van kennis en van kenniswijzigingen.

### *Delen van het onderzoek*

Het onderzoek is uitgevoerd in vier onderdelen. Het eerste deel, heeft tot doel een beeld te schetsen van de betekenis van kennis en kennisarbeid voor middelgrote en grote uitvoerende bouwbedrijven. Hiervoor wordt een theoretisch begrippenkader geformuleerd, waarbij onder meer voorraden kennis van een onderneming worden onderscheiden naar verschillende voorraadcategorieën. Voorts wordt de omvang van kennisarbeid in de bouwnijverheid becijferd en een beeld gegeven van de problematiek van kennisbeheer in de praktijk van bouwbedrijven. Dit deel is weergegeven in hoofdstuk II.

Het tweede deel van het onderzoek leidt tot de ontwikkeling van een ordeningsprincipe voor kennisdelen binnen een context van een probleemoplossend systeem. Dit deel, weergegeven in hoofdstuk III, is gebaseerd op theoretische analyses van kennis in relatie tot probleemoplossen. Het ordeningsprincipe voor kennisdelen is ontwikkeld voor één van de onderscheiden voorraadcategorieën: de voorraad van 'gebruikte kennis' in de onderneming.

In het derde deel van dit onderzoek wordt een methode ontwikkeld voor het inventariseren van kennis. Deze methode, gepresenteerd in hoofdstuk IV, is gebaseerd op het ordeningsprincipe dat ontwikkeld is in het tweede deel en op de aspecten van kennis in de betekenis van produktiemiddel die zijn beschreven in het eerste deel. Door de inventarisatiemethode worden de kennisdelen van de voorraad gebruikte kennis volgens een aantal opeenvolgende stappen ingedeeld naar ondermeer bedrijfsgebonden - en persoonsgebonden kennis. Bij de laatste stap van de inventarisatie wordt persoonsgebonden (ervarings-)kennis expliciet gemaakt.

In het laatste deel van dit onderzoek, dat beschreven is in hoofdstuk V, wordt nader ingegaan op het representeren van ervaringskennis. Hierbij worden ontwikkelingen en inzichten ontleend aan de wetenschap op het gebied van 'artificial intelligence'. Dit deel heeft tot doel een mogelijkheid aan te geven voor 'geauto-

matiseerde' weergave van ervaringskennis. Deze mogelijkheid vormt als het ware een verlengstuk voor de inventarisatiemethode, beschreven in het derde deel.

# Verkenningen

## 2.0 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van verkennend onderzoek naar kennis, kennisarbeid en kennisbeheer in theorie en bouwpraktijk. In de paragrafen 2.1 tot en met 2.2.8 wordt op basis van literatuuronderzoek een begrippenkader geformuleerd. Daarin komen onder meer aan de orde de begrippen kennis, intelligentie, kennis als produktiemiddel, kennisarbeid, kenniskapitaal, kennisvoorraden, hulpmiddelen voor kennisarbeid en eigendom van kennis.

In de paragrafen 2.3 en volgende worden de resultaten weergegeven van een verkennend onderzoek naar de problematiek van kennisbeheer in de praktijk van middelgrote en grote bouwbedrijven. Daarbij wordt onder meer aan de hand van gegevens over omvang en scholing een beeld geschetst van de groep van kennisarbeiders in de bouwnijverheid.

## 2.1 Algemene definities voor begrippen in relatie tot kennis

Deze paragraaf is gewijd aan het definiëren van de begrippen: kennis, informatie, intelligentie en last but not least kunstmatige intelligentie. Met de definities die ik in het onderstaande geef, benadruk ik de technologische context van dit onderzoek en als zodanig dekken deze definities mogelijk niet de gehele lading van deze begrippen, zoals men deze hanteert in bijvoorbeeld taalkundige, psychologische en filosofische takken van wetenschapsbeoefening. De gegeven begripsomschrijvingen dienen als vertrekpunt voor dit onderzoek en zullen in de navolgende onderzoeksfasen zonnodig worden aangescherpt.

Alvorens nader in te gaan op de begrippen wil ik eerst een kanttekening plaatsen bij de tekortkomingen die impliciet gelegen zijn in de navolgende definities. Zaken als kennis en informatie zijn abstracties die behoren tot het menselijk redeneren. Het zijn geen objecten die als fysieke, tastbare goederen voorkomen in de natuur. Voor het afbeelden en analyseren van deze zaken is men eveneens aangewezen op het gebruik van abstracties, zoals bijvoorbeeld de woorden van een taal. Elk woord uit de definitie '*een rechte lijn is de kortste verbinding tussen twee punten*' is een abstractie en de gehele definitie is slechts zinvol als elk woord daarvan op zich voldoende adequaat kan worden gedefinieerd. Dit impliceert een oneindige recursie<sup>1</sup>, die pas eindigt zodra fysieke, tastbare objecten worden aangewezen als verklaringen voor de betekenissen van de abstracties.

### *Kennis*

Het aantal algemene definities dat er bestaat voor kennis is zeer groot. Vanuit de optieken van de wijsbegeerte, de psychologie en de semasiologie, waarin *kennis* een min of meer centrale positie bekleedt, worden successievelijk 'eigen' definities gegeven voor dit begrip. In bijlage 1 zijn enkele van deze definities als citaten weergegeven. Op basis van die geselecteerde definities kies ik in deze studie voor de volgende formulering voor het begrip kennis:

'Kennis is datgene dat bij een persoon of bij een groep van personen (een organisatie) bekend is. Het bestaat uit symbolische weergaven van objecten en van relaties tussen objecten'.

De drie belangrijkste elementen in deze definitie, de symbolische weergave, de relatie en het object kunnen al naar gelang de keuze van de wetenschaps-optiek worden onderscheiden naar daarvoor relevante categorieën en klassen. Ter verduidelijking hiervan noem ik de volgende voorbeelden. Symbolische weergaven, als zijnde abstracties van fysiek tastbare objecten of van andere abstracties, kunnen worden ingedeeld naar categorieën van bijvoorbeeld linguïstische -, numerieke - en grafische expressies. Categorieën van relaties zijn bijvoorbeeld conditionele relaties (als A dan B) en arithmetische relaties (A is groter dan B). Objecten kunnen worden onderscheiden naar categorieën van bijvoorbeeld fysieke, tastbare objecten zoals een bouwkraan of een baksteen en abstracties zoals een plan (bouwplanning) of een organisatiekwaliteit.

---

<sup>1</sup> Deze recursie vormt het centrale thema in 'Gödel, Esscher en Bach' van Hofstadter [1979].

### *Informatie*

Informatie is een predikaat dat wordt toegekend aan gegevens en kennis, indien deze de functie vervullen van het overbrengen van een boodschap en als zodanig de bij de boodschapontvanger aanwezige gegevens en kennis beïnvloeden. Anders dan bij kennis wordt informatie uitgedrukt als een eenduidig meetbare grootte. De grootte van de ontvangen hoeveelheid informatie wordt in de communicatie theorie becijferd op basis van logaritmische kansberekeningen [Shannon, 1949].

### *Intelligentie*

Evenals voor het begrip kennis bestaat er voor het begrip intelligentie een scala van definities. Het begrip intelligentie wordt door filosofen gebruikt voor het aangeven van een verschil tussen de mens en andere diersoorten. Psychologen hanteren dit begrip onder andere als grootte in termen van intelligentiequotiënt om de verschillen tussen mensen onderling tot uitdrukking te brengen. Voor deze studie beperk ik me tot de volgende interpretatie van intelligentie:

'het (menselijke) vermogen om kennis te verwerven en te gebruiken om probleemstellingen van welke aard dan ook te identificeren en te streven naar oplossingen daarvoor'.

In deze omschrijving wordt verwezen naar een context van probleem-denken. Binnen die context wordt intelligentie beschouwd als een complex van probleem-perceptie en van vrije keuze voor kennisgebruik: de praktische intelligentie. In een verhandeling van Kwee [1969] over de filosofie van Cassirer wordt deze vorm van intelligentie toebedeeld aan de dierenwereld. Het fenomeen van de menselijke intelligentie onderscheidt zich daarvan door 'de intelligentie van de symbolische verbeelding' en de mens scheidt daarmee een symbolisch universum. Tekens vervullen daarin de functie van *symbolen* in tegenstelling tot die van *signalen* bij de praktische intelligentie.

### *Artificiële intelligentie*

Volgens de bevindingen van Charniak [1985, p.9-11] wordt de term artificiële intelligentie voor het eerst gebruikt door John McCarthy in een paper voor de Dartmouth Conference in 1956. Artificiële intelligentie is een begrip, waarover in het algemeen weinig onenigheid bestaat, althans indien men afgaat op de vele publicaties, die in de loop der tijd hierover zijn verschenen. Bedoeld wordt de tak van wetenschapsbeoefening, die zich richt op het simuleren van mense-

lijke intelligente vermogens aan de hand van rekenkundige modellen<sup>2</sup>.

## 2.2 Begrippenkader voor kennisbeheer

De ontwikkelingen met betrekking tot de zogenaamde 'expert-systemen' zijn gebaseerd op onderzoek, waaruit is gebleken dat delen van de persoonsgebonden kennis ook in de vorm van komputerprogramma's kunnen worden gepresenteerd. Het doel van een expert-systeem is tweeledig; enerzijds tracht men de kwetsbaarheid van de persoonsgebonden kennis te verkleinen en anderzijds tracht men de produktiviteit van die kennis te vergroten.

Niet alleen liggen kwesties als kwetsbaarheid en produktiviteit ten grondslag aan de ontwikkeling van dergelijke systemen, maar ook de kwestie van eigendom. Persoonsgebonden kennis, verworven door opleiding, trainingen en werkervaring wordt door bedrijven impliciet gehoord door het sluiten van arbeidsovereenkomsten met werknemers. Het belang dat ondernemingen hebben bij het ontwikkelen van expert-systemen is eveneens gelegen in kunnen aanwenden van de persoonsgebonden kennis (geleased produktiemiddel) als bedrijfsbezit.

Het produceren van expert-systemen en het installeren van deze systemen binnen een bedrijfsorganisatie, brengen aanzienlijke kosten met zich mee. Wanneer directies van bouwondernemingen overwegen dergelijke systemen te gaan gebruiken dienen zij inzicht te verwerven in kosten-baten aspecten van dergelijke systemen. De bedoelde investeringen maken kennis expliciet tot een kapitaalgoed voor de onderneming. In de paragrafen 2.2.1 tot en met 2.2.8 geef ik een analyse van kennis als produktiemiddel en introduceer daartoe een aantal begrippen in relatie tot kennisbeheer teneinde tot meer genuanceerde uitspraken te komen over economische betekenis, levensduur en eigendom van kennis binnen ondernemingen.

---

<sup>2</sup> Illustratief voor deze begripsomschrijving zijn de volgende drie citaten:

- 'Artificial intelligence is the part of computer sciences concerned with designing intelligent computer systems, that is, systems that exhibit the characteristics we associate with intelligence in human behavior (understanding language, learning, reasoning, solving problems and so on).' [Barr, 1981, p.3]

- 'Artificial intelligence is the study of mental faculties through the use of computational models.' [Charniak, 1985, p.6]

- 'Artificial Intelligence is a field of study concerned with designing and programming machines to accomplish tasks that people accomplish using their intelligence.' [Schutzer, 1987, p.1]



## 2.2.1 De produktiemiddelen (algemeen)

Produktiemiddelen zijn goederen die in het productieproces worden gebruikt om goederen voort te brengen. In termen van duurzaamheid worden de produktiemiddelen door Van der Schroeffer [1988, p.71-85] globaal onderscheiden naar niet-duurzame of vlottende produktiemiddelen en duurzame produktiemiddelen. De laatste categorie wordt nader ingedeeld in slijtende en niet-slijtende produktiemiddelen. Er worden twee vormen van slijtage onderscheiden:

### - *technische slijtage*

Door gebruik in opeenvolgende productieprocessen slijten produktiemiddelen ten gevolge van technische defecten en kunnen na verloop van tijd geen dienst meer doen. Dit is technische slijtage. Tot de groep produktiemiddelen die aan deze vorm van slijtage onderhevig zijn rekent men bijvoorbeeld gebouwen, werktuigen en gereedschappen.

### - *economische slijtage*

Hiervan is sprake indien het produktiemiddel, ofschoon technisch nog functionerend, niet meer voldoet aan de eisen van de actualiteit. Dit wordt economische slijtage genoemd en men spreekt hierbij ook wel van 'veroudering' van het produktiemiddel.

### *Drie categorieën van produktiemiddelen*

Naast het begrip produktiemiddel wordt in het economische jargon ook het begrip produktiefactor gebruikt. Beide begrippen, produktiefactor en produktiemiddel gelden in diverse literatuurbronnen als elkaars synoniemen. Zo gebruikt bijvoorbeeld Tempelmans Plat [1990] uitsluitend het begrip produktiefactor. Daarnaast hanteren onder meer Hofman [1989] en Schmittmann & Kanning [1982, p.95] het begrip produktiefactor om categorieën van produktiemiddelen aan te geven. Door die auteurs worden de middelen ingedeeld naar de drie 'factoren': natuur, arbeid en kapitaal. Zie figuur 2.1. Binnen de context van deze studie beperk ik me tot het gebruik van de begrippen 'produktiemiddel' en 'categorieën van produktiemiddelen'.

Het begrip 'factor' als aanduiding voor een categorie van middelen acht ik niet aantrekkelijk. Een factor beschouw ik als datgene dat het gebruik van een produktiemiddel beïnvloedt of bepaalt. Daarbij denk ik aan voorbeelden als de mate van beschikbaarheid van een produktiemiddel en de arbeidsomstandigheden.

### *Natuur*

De term grond wordt ook gebruikt als synoniem van de categorienaam 'natuur'.

Grond of natuur hebben hierbij zowel de betekenis van geografische lokatie, zijnde de fysieke vestigingsmogelijkheid van een onderneming, alswel de betekenis van bodemschat of delfstof. In de betekenis van geografische lokatie is grond in principe niet-slijtend. Als delfstof of energie heeft grond echter de betekenis van vlottend produktiemiddel. Gelet op de vervuilingen, die bijvoorbeeld diverse industriële activiteiten tot gevolg hebben, kunnen situaties ontstaan dat grond na verloop van tijd niet meer gebruikt kan worden als fysieke vestigingsmogelijkheid. Dit betekent dat het oorspronkelijke niet-slijtende karakter van grond, als geografische lokatie, daardoor ter discussie staat.

		<b>natuur</b>	<b>arbeid</b>	<b>kapitaal</b>
<b>vlottende produktiemiddelen</b>				
<b>duurzame produktiemiddelen</b>	<b>slijtende</b>			
	<b>niet-slijtende</b>			

Figuur 2.1 Twee principes voor het indelen van produktiemiddelen. Naar de categorieën natuur, arbeid en kapitaal en naar categorieën van duurzaamheid.

**Arbeid**

Voor de beschrijving van de inhoudelijke betekenis van arbeid gebruik ik het volgende citaat:

... in de menselijke arbeid wordt elke verrichting samengevat, ongeacht van welke aard deze verrichting is. Daaruit volgt dat ieder subject, dat met zijn arbeidskracht aan de productie deelneemt en daarmee inkomen verwerft, als arbeider moet worden beschouwd, onverschillig van welke aard die arbeid is en welke rang het subject in maatschappij of bedrijf inneemt. Op deze wijze wordt het begrip arbeider niet als sociologisch, maar als economisch begrip gehanteerd.' [Van der Schroeff, 1988, p.128]

Arbeid is gebonden aan de drager van arbeid: de arbeider. In sommige gevallen is een nadere indeling van arbeid wenselijk naar bijvoorbeeld sexe, leeftijd en scholing.

**Kapitaal**

Het produktiekapitaal van een onderneming (productie-organisatie) bestaat uit de collectiviteit van kapitaalgoederen. Hiertoe behoren niet alleen de voorraden van geld, produktiemiddelen, grondstoffen en eindprodukten, maar eveneens de vorderingen welke de onderneming heeft uitstaan op afnemers en andere debiteuren [Bouma, 1982].

## 2.2.2 Kennis als produktiemiddel

Ideeën, plannen, uitvindingen en oplossingen voor problemen worden in deze studie beschouwd als voorbeelden van immateriële producten van bedrijven. Probleemoplossingen zijn bijvoorbeeld ontwerpen voor artefacten of adviezen voor te nemen beslissingen. Dergelijke immateriële producten kunnen bestaan als halfprodukten en als eindprodukten. De bouwplanning, een output van de afdeling werkvoorbereiding, is een van de immateriële halfprodukten voor het uiteindelijke gematerialiseerde bouwwerk: het eindprodukt van het bouwbedrijf. Een adviesorganisatie, zoals een konstruktiebureau, levert als immaterieel eindprodukt een konstruktief ontwerp.

Analoog aan de tweedeling van materiële en immateriële producten kunnen materiële en immateriële produktiemiddelen worden onderscheiden. Als immateriële produktiemiddelen van een onderneming kunnen onder meer worden genoemd de persoonlijke relaties welke de onderneming onderhoudt met een potentiële markt en de kennis en gegevens waarover de onderneming beschikt. De bedoelde relaties zijn, evenals de kennis en gegevens, mede bepalend voor de handelswaarde van de onderneming en worden in algemene zin aangeduid als de 'goodwill' van een onderneming [Bouma, 1980]. Binnen de context van de doelstelling van deze studie wordt hierna een meer gedetailleerde analyse gegeven van het immateriële produktiemiddel kennis.

## 2.2.3 Economische waarde van kennis

Wemelsfelder [1986] betoogt dat kennis alleen (grote) economische waarde heeft zolang die kennis schaars is. Er is onder andere sprake van schaarse kennis, indien men bereid is ervoor te betalen, bijvoorbeeld in de vorm van licentiecontracten of octrooien. Over de duurzaamheid van kennis geeft de genoemde auteur de volgende beschouwing:

'De economische waarde van een (nieuwe) technologie is gedoemd om op korte of langere termijn te verdwijnen. Daarom noemt men de meerwaarde een quasi-rent. Het woord 'quasi' slaat op de eindige levensduur van de meerwaarde. Het erosieproces op de quasi-rent ontstaat door het verlopen van octrooien (wanneer het om beschermde kennis gaat) en door de imiterende concurrentie.' [Wemelsfelder, 1986, p.35-37]

### *Schaarste van kennis*

Vanuit een gezichtspunt van schaarste kan kennis worden onderscheiden naar:

- openbaar toegankelijke kennis:
- niet-openbaar toegankelijke kennis:

Tot de openbaar toegankelijke kennis behoren zowel de fundamentele of wetenschappelijke kennis, alswel grote delen van praktische produktiegerichte kennis. De produktiegerichte kennis kan worden beschouwd als aanvullend of complementair aan de fundamentele kennis. Produktiegerichte kennis bestaat bijvoorbeeld uit kennis van technieken (technologie).

De openbaar toegankelijke kennis is niet schaars. Dat wil niet altijd zeggen dat deze kennis in het algemeen direct voorhanden is, maar dat deze voor iedereen toegankelijk is in bijvoorbeeld bibliotheken en onderwijsinstellingen. Tot deze categorie van kennis behoren onder meer de wetten van Newton en Einstein of handboeken voor metselwerk, houtbewerking of planningstechnieken. Inzake de economische waarde van deze openbaar toegankelijke kennis signaleert Wemelsfelder een 'vreemde' paradox. Deze luidt als volgt. Hoewel deze kennis niet schaars is en er dus geen economische waarde aan kan worden toegekend, in de betekenis van een marktprijs (hoogstens een prijs voor de drukkosten van de publicatie), heeft deze kennis bijgedragen en draagt deze nog steeds bij aan de verhoging van de welvaart van ons westerse cultuurgebied. Dus hoewel deze kennis geen marktprijs heeft, leidt deze wel tot een meerwaarde.

Voor het exploiteren, beheren en beheersen van de fundamentele kennis, ten einde deze kennis 'toepasbaar' te maken, is menselijke arbeid benodigd. Dit geldt eveneens voor het produktief maken van de toepasbare of produktiegerichte kennis, die openbaar toegankelijk is. Deze arbeid is schaars. Voor het gebruik van niet-openbaar toegankelijke kennis bestaan er twee aspecten van schaarste. Zowel de kennis in kwestie als de benodigde arbeid om deze kennis te kunnen gebruiken zijn beide schaars.

### *Slijtage van kennis*

De fundamentele kennis heeft het karakter van een niet-slijtend produktiemiddel, zoals 'grond' in de betekenis van geografische lokatie'. De produktiegerichte kennis heeft het karakter van een slijtend produktiemiddel, wanneer deze wordt gebruikt in meerdere opeenvolgende produktieprocessen. Indien deze kennis voor één proces is ingekocht of intern ontwikkeld en uitsluitend is gebruikt ten behoeve van dat éne proces, heeft deze echter het karakter van een vlottend produktiemiddel.

Produktiegerichte kennis, als slijtend produktiemiddel, is alleen onderhevig aan economische slijtage. Kennis kan, in overdrachtelijke zin, niet stuk gaan door gebruik in een produktieproces en kan dus als produktiemiddel in technische zin niet slijten. Economische slijtage of veroudering van kennis, betekent dat men na verloop van tijd 'iets' beter weet dan voorheen of dat de vraag naar die

kennis afneemt. Daarbij wordt de (oude) kennis weliswaar nog als deugdelijk beschouwd, maar niet meer gewaardeerd als (voldoende) productief.

Door scholing, onderzoek en werkervaring worden delen van de toepassingsgerichte kennis geactualiseerd en beter toegerust voor toekomstige productie. De initiatieven tot vernieuwing van of tot herinvestering in het produktiemiddel kennis liggen ten dele bij de onderneming en ten dele bij de arbeider<sup>3</sup>.

#### **2.2.4 Kennis en arbeid**

Kennis, gedragen door personen, wordt volgens traditionele interpretatie van arbeid, beschreven in paragraaf 2.2.1, niet als zelfstandig produktiemiddel beschouwd, maar als onderdeel van arbeid. Drucker spreekt in dit verband slechts van 'kennisarbeid' en refereert daarbij aan de begrippen 'kennis-economie' en 'kennis-industrie', welke in het begin van de zestiger jaren voor het eerst werden onderkend [Drucker, 1969, p.269].

Vanuit de optiek van het exploiteren van kennis onderscheid ik ten aanzien van de menselijke arbeid een fysiek vermogen van de arbeider als kennisdrager en mentale vermogens om kennis 'aan te wenden', waartoe kunnen worden gerekend creativiteit en leervermogens. Door arbeid wordt kennis operationeel gemaakt ten dienste van de productie. Anders gezegd: kennis vormt het immateriële gereedschap van de arbeider. In termen van duurzaamheid betekent het, dat de arbeid, in contractuele zin, het karakter heeft van een vlottend produktiemiddel, terwijl delen van kennis het karakter hebben van een duurzaam produktiemiddel. In de paragrafen 2.3 en volgende wordt nader ingegaan op de betekenis van de 'kennisarbeider' in de bouw.

#### **2.2.5 Kenniskapitaal**

Scholing en research zijn vormen van investeringen van de onderneming in kennismiddelen. Daarmee worden voorraden van kennis gecreëerd voor de onderneming. Deze voorraden raken op door economische slijtage van delen produktiegerichte kennis of door het verloren gaan van het schaarse karakter van de verworven kennis. Niet-schaarse kennis reken ik niet tot de voorraad produktiemiddelen van een onderneming, net zo min als de ons omringende lucht daartoe kan worden gerekend. Aan niet-schaarse kennis kan mogelijk

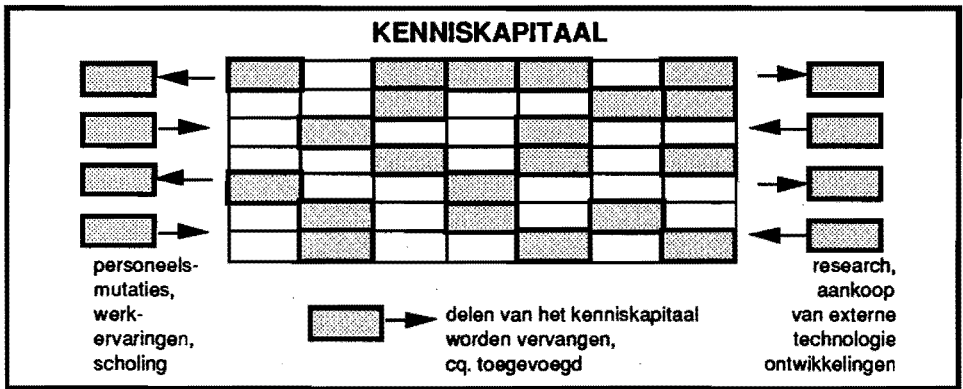
---

<sup>3</sup> 'Het basis idee van de human capital theorie, ... is dat mensen op diverse manieren in zichzelf investeren. Als investeringscategorieën worden onder meer genoemd: scholing, training en gezondheid. [Merkelbach, 1981]

een betekenis worden toegeschreven als produktiefactor, zoals bedoeld in paragraaf 2.2.1.

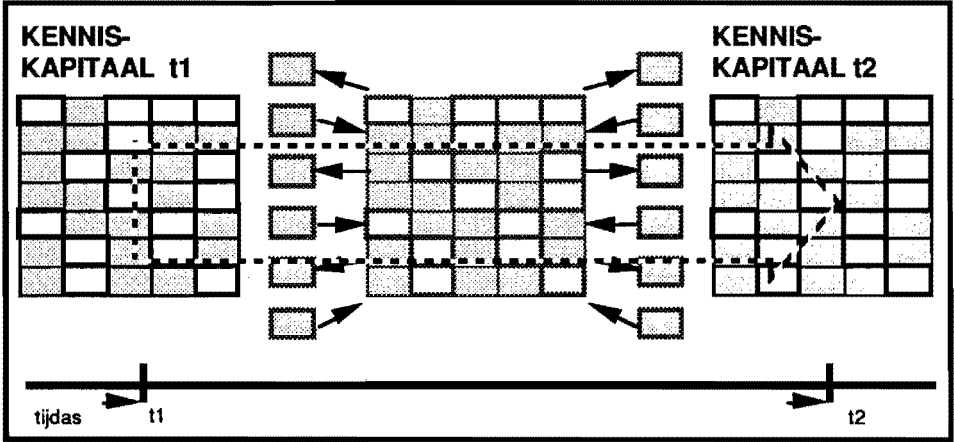
Nieuwe, niet-openbaar toegankelijke kennis kan worden verworven door researchinspanningen. Deze kennis kan bestaan uit delen fundamentele kennis en uit delen van produktiegerichte kennis. Ook kunnen bedrijven niet-openbaar toegankelijke kennis verwerven door aankoop van externe, contractueel beschermde deskundigheid. Door verlopen van octrooien of door imiterende concurrentie [Wemelsfelder, 1986] verliest de door research verworven fundamentele kennis, vastgelegd in octrooien, zijn economische waarde, in de betekenis van marktprijs en behoort deze niet meer tot de kennisvoorraad van een onderneming.

Bij scholing van personeel moet onderscheid worden gemaakt tussen externe en interne scholing. Alleen externe scholing kan voor de onderneming tot resultaat hebben dat de kennisvoorraad wordt vergroot. Dit is het geval wanneer personeel door scholing schaarse, contractueel beschermde kennis verwerft en deze kennis aan het bedrijf beschikbaar moet stellen. Men kan daarbij als voorbeeld denken aan de opleidingen voor 'operator' van een geavanceerd computergesteund tekensysteem. Door interne scholing, zoals 'training on the job' kan de kennisvoorraad van een onderneming niet worden vergroot. Door interne scholing wordt hetzij economisch schaarse kennis, die reeds aanwezig is in de onderneming, hetzij niet-schaarse kennis overgedragen aan een aantal arbeiders, waardoor de eventuele schaarste aan specifieke arbeid in die onderneming afneemt. Dit is ook het geval bij externe scholing, zoals aanvullende beroepsopleidingen, waarbij openbaar toegankelijke kennis wordt overgedragen.



Figuur 2.2 Schematische weergave van het kenniskapitaal van een onderneming. Dit is samengesteld uit 'statische' delen (  ) en 'veranderende' delen (  ).

Gelet op de aspecten investering en voorraadvorming kan het geheel van de beschikbare en tevens economisch schaarse kennismiddelen van een onderneming worden aangeduid als het kenniskapitaal. Een productiegericht kennisdeel vormt daarbij in overdrachtelijke zin een kapitaalgoed, zoals ook de bouwkraan en de speciemolen kapitaalgoederen kunnen zijn van een onderneming. Inhoud en omvang van het kenniskapitaal veranderen geregeld. Als gevolg van diverse kennisverwervingsactiviteiten, zoals de eerder genoemde research, scholing en aankoop van extern ontwikkelde technologie, maar ook door werkervaring worden delen toegevoegd aan en vervangen van het kenniskapitaal. In abstracte vorm is dit afgebeeld in figuur 2.2. In deze figuur worden 'statische' en 'veranderende' kennisdelen onderscheiden. Er wordt met de figuur als het ware een momentopname weergegeven van een 'update' van het kenniskapitaal.



Figuur 2.3 Schematische weergave van het wijzigende kenniskapitaal. Door werkervaringen en onderzoek tussen tijdstippen t1 en t2 worden kennisdelen toegevoegd aan en verwijderd uit het kenniskapitaal. Deze wijzigende kennisdelen zijn analoog als bij figuur 2.2 aangegeven als blokjes met in- en uitgaande pijlen.

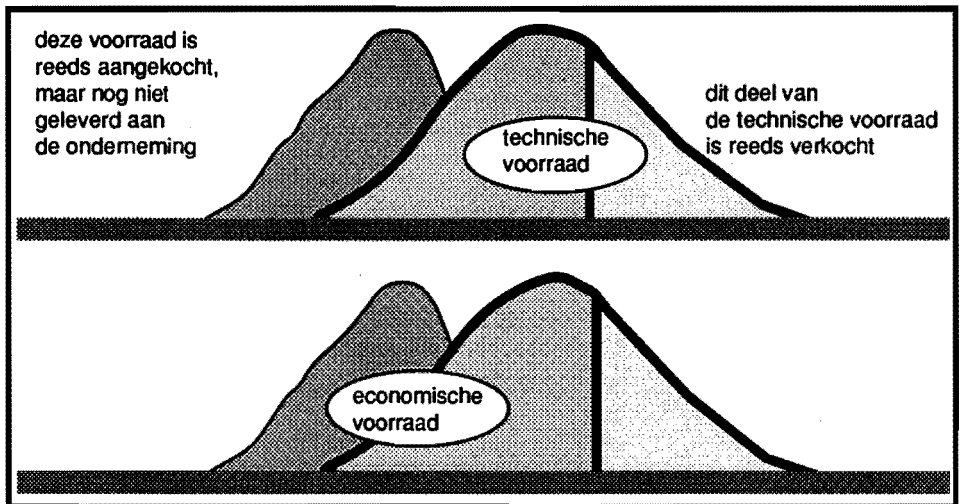
Uitvoerende bouwbedrijven doen met de realisatie van ieder nieuw bouwwerk weer nieuwe werkervaringen op. Deze ervaringen hebben bijvoorbeeld tot gevolg dat kennisdelen worden toegevoegd of dat reeds bestaande kennis wordt verworpen (slijtage). Met name voor de groep van middelgrote en grote bouwbedrijven, waar voortdurend simultaan meerdere werken in uitvoering zijn, kan men dientengevolge spreken van een continue wijzigend kenniskapitaal. Dit is weergegeven in figuur 2.3.

## 2.2.6 Voorraden kennis

De materiële voorraden van ondernemingen worden door economen ingedeeld naar technische - en economische voorraden. De technische voorraad is de voorraad goederen, die op een bepaald moment aanwezig is. Het is de voorraad die men door inventarisatie kan vaststellen. De economische voorraad is de voorraad waarover de ondernemer zelf prijsrisico loopt.

'... De economische voorraad is derhalve niet slechts de in het magazijn aanwezige voorraad, maar ook de reeds bestelde maar nog niet ontvangen goederen (voorinkopen). Hiervan dient dan te worden afgetrokken het kwantum grondstoffen dat weliswaar nog aanwezig is, maar dat al is verkocht dan wel gereserveerd voor af te werken orders waarvan de verkoopprijs reeds is vastgesteld (vóórverkoop).' [Tijhaar, 1984, p.66-67]

In figuur 2.4 heb ik de betekenissen van deze twee voorraadcategorieën nader toegelicht.



Figuur 2.4 Toelichting bij de begrippen 'technische voorraad' en 'economische voorraad'.

De voorraden kennisdelen van een onderneming worden gevormd door niet-openbaar toegankelijke kennis, die verworven is door bepaalde inspanningen van de onderneming in kwestie. De technische voorraad kennisdelen beschouw ik overeenkomstig de technische voorraad goederen als de voorraad kennisdelen, die men door inventarisatie kan vaststellen. Daarbij dient nader onderscheid gemaakt te worden tussen:

- a. een voorraad van niet-openbaar toegankelijke kennisdelen, die verworven zijn door bepaalde inspanningen van de onderneming en die geregeld worden gebruikt voor producties



b. een voorraad van niet-openbaar toegankelijke kennisdelen, die eveneens door inspanningen van de onderneming zijn verworven, maar die niet (of nog niet) worden gebruikt voor produkties.

Verschillen tussen een technische kennisvoorraad en een economische kennisvoorraad van een onderneming kunnen bijvoorbeeld ontstaan door onderzoek- en opleidingsactiviteiten. Met name door grote ondernemingen in diverse nijverheidstakken worden continu kosten gemaakt voor het vergroten van de kennisvoorraden, bijvoorbeeld door het verrichten van onderzoek in een speciaal daartoe ingerichte afdeling of door opdracht te geven aan instituten tot het verrichten van onderzoek of door extern opleiden van medewerkers. Hiermee worden als het ware kennisvoorraden 'ingekocht', die pas in een later stadium 'toegeleverd' worden aan de onderneming; namelijk na voltooiing van de researchwerkzaamheden of na afloop van de opleidingen. De onderneming loopt daarover een prijsrisico doordat de mogelijkheid bestaat, dat na het moment van levering de 'ingekochte' kennis niet meer gebruikt kan worden of minder schaars is geworden<sup>4</sup>. Het bedoelde prijsrisico geldt tevens voor het deel van de technische kennisvoorraad, dat niet (of nog niet) wordt gebruikt voor produkties.

Voorts kan een onderneming, bijvoorbeeld op basis van licenties of door 'verhuur' van gekwalificeerd personeel, delen van de technische kennisvoorraad tegen vergoeding aan anderen beschikbaar stellen, terwijl de onderneming zelf ook die kennisdelen kan blijven gebruiken. Daarbij is er geen sprake van een 'voorverkoop' van de technische voorraad. Wel wordt daardoor het prijsrisico dat de onderneming in kwestie heeft over de bedoelde delen van de kennisvoorraad verkleind, hetgeen men kan interpreteren als een vermindering van de economische voorraad. Door de bedoelde transacties tussen de onderneming en anderen kunnen de kennisdelen in kwestie minder schaars worden, waardoor in feite de technische voorraad kleiner wordt.

### *Kennisdragers*

De kennisdelen die behoren tot de kennisvoorraden van een onderneming, kunnen behalve naar duurzaamheid en risico nader worden onderscheiden naar verschillende fysieke opslagvormen in termen van 'kennisdragers'. Inge-deeld naar de twee elementaire kennisdragers, documentatie en personen ('hersenen'), kunnen de volgende delen worden genoemd:

---

<sup>4</sup> Stigler [1961] schetst een systematische benadering voor het waarderen van nieuw te verwerven kennis. Ten aanzien van deze benadering concludeert Ricketts [1987]: 'The idea of a rational investment programme in the acquisition of new knowledge, as suggested by neoclassical search theory, is in some respects rather odd. For it implies that it is possible to estimate the value of new knowledge in advance of its discovery.'

1. Documentaties, zoals teksten, geluid en afbeeldingen op bijvoorbeeld documenten, foto's, films en elektronische media. Tot deze voorraad van gedocumenteerde kennis behoren:
  - a. Handboeken en naslagwerken, welke gespecialiseerde vakkennis bevatten. De waarde van deze kennis wordt in principe bepaald door de 'winkelprijs' van de documenten. Deze is in het algemeen laag en wel zodanig laag dat deze kennis niet als schaars kan worden bestempeld. De bedoelde kennis in deze handboeken behoort tot de categorie toepassingsgerichte kennis en is als zodanig slijtend. Een eventuele meerwaarde die er aan zou kunnen worden ontleend komt voort uit de inspanningen, die de onderneming heeft verricht voor het selekteren van de documenten uit het totale aanbod van vakliteratuur en voor het systematisch ordenen ervan. Dit deel van de kennismiddelen is vrij toegankelijk voor alle arbeiders van de onderneming.
  - b. Documentaties van schaarse kennis, verworven en / of beschermd door contracten, zoals bijvoorbeeld octrooien. Deze kennisvoorraad wordt veelal beheerd en geëxploiteerd door slechts een beperkt aantal personen van de onderneming en is als zodanig uitsluitend 'geautoriseerd' te gebruiken.
  - c. Documentaties van gerealiseerde producties of delen daarvan. Deze betreffen de productie-ervaringskennis, die de onderneming heeft opgedaan. Vormen van dergelijke ervaringskennis zijn bijvoorbeeld werkregistraties (waarnemingen als multimomentopnamen, notities, rapportages van werkoverleg) en nacalculaties. Deze kennis is in principe alleen geautoriseerd toegankelijk. Dit betekent dat deze evenals de verworven gekontracteerde kennis behoort tot het eigendom van de onderneming en dat deze wordt beheerd door slechts een beperkt aantal personen in dienst van de onderneming.
2. Arbeiders. De kennis welke mensen met zich dragen bestaat ten dele uit kopiën van de beschreven ofwel gedocumenteerde kennis ( ..uit het hoofd geleerd...) en ten delen uit niet-gedocumenteerde kennis. De laatstbedoelde categorie kennis is verworven door algemene leerprocessen en specifieke werkervaringen. De mate waarin kennis, aanwezig bij personen, beschikbaar is voor gebruik door de onderneming, hangt af van de bereidheid van die personen hun kennis beschikbaar te stellen.

## 2.2.7 Eigendom van kennis

Gelet op het aspect van eigendom kan men de kennis, welke door een onderneming wordt aangewend, onderscheiden naar openbaar eigendom, naar bezittingen van de onderneming en naar bezittingen van de arbeiders. De juridische vraagstelling, welke persoonsgebonden kennis van arbeiders tot de bezittingen van een onderneming en welke persoonsgebonden kennis tot de bezittingen van de arbeiders gerekend kan worden, levert een onduidelijkheid voor het vaststellen van de concrete omvang van de kennisvoorraden van een onderneming. Die kwestie wordt binnen de context van deze studie niet verder behandeld. In figuur 2.5 is een schematisch overzicht gegeven van de voorraden van kennis, ingedeeld naar kennisdragers en eigendom.

kennisdrager	kennisvoorraad	eigendom			
		openbaar	bedrijf	arbeider	
documentaties	openbare gespecialiseerde vakliteratuur				
	beschermde gekontraakteerde vakkennis				
	ervaringskennis in produktieregistraties, rapportages				
arbeiders	openbare fundamentele kennis, verworven door algemeen vormende opleiding				
	gespecialiseerde vakkennis verworven door scholing	vooropleidingen			
		bedrijfsopleidingen		?	?
	gespecialiseerde vakkennis verworven door ervaring	bij andere bedrijven			
		bij huidig bedrijf		?	?

Figuur 2.5 De kennisvoorraad van een onderneming ingedeeld naar categorieën van kennisdragers en mogelijk eigendom.

Op basis van contracten wordt de kennis van de arbeider voor een langere of kortere termijn ingehuurd (men zou van 'leasen' van kennis kunnen spreken indien de arbeider uitsluitend zelf er zorg voor draagt zijn of haar kennis te onderhouden). De ervaringskennis, welke door de arbeider is verworven door zijn of haar deelname aan productieactiviteiten van het bouwbedrijf, is mede bepalend voor zowel de economische waarde van die persoon zelf alswel voor de economische waarde van de onderneming. Laatstbedoelde instantie heeft er alle belang bij om dat deel van de kennisvoorraad daadwerkelijk te bezitten om

naar beloven aan te wenden. De arbeider echter tendeeft naar bescherming van zijn of haar kennis en zal slechts summier of onder strikte voorwaarden, bijvoorbeeld volgens contractuele overeenkomsten, kennis willen overdragen aan anderen; de persoonlijke (economische) waarde is immers in geding.

### *Karakteristieken van schaarse ervaringskennis*

Veronderstel dat een persoon, werkzaam voor een onderneming, enige economisch waardevolle kennis heeft verworven, dan kan men zich afvragen welke karakteristieken die kennis moet hebben, zodat de persoon in kwestie de bedoelde kennis kan verhandelen. Volgens die karakteristieken kan aan de kennis in kwestie het predikaat schaars worden toegekend. Voor het beantwoorden van deze vraag verwijs ik naar de studie van Yukio [1972] waarin de eigenschappen 'concealable' en 'identifiable' de basis vormen voor analyses van de spreiding (diffusie) van economisch waardevolle persoonsgebonden kennis. Uit die studie citeer ik het volgende:

'Knowledge is said to be concealable, if it is possible to conceal that knowledge with zero costs, while making use of it. Knowledge is said to be non-concealable, if it is impossible to conceal that knowledge, no matter how much cost is spent, once it is put to use.

Knowledge is said to be identifiable, if it is possible to detect unauthorized use of that knowledge with zero costs. Knowledge is said to be unidentifiable if it is impossible to detect unauthorized use of that knowledge, no matter how much cost is spent for the detection.'

[Yukio, 1972, p.8-12]

De twee bedoelde eigenschappen, verbergbaar (concealable) en identificeerbaar (identifiable) kunnen gebruikt worden voor het kwalificeren van de economische betekenis van zowel persoonsgebonden kennis als wel bedrijfsgebonden kennis. Daarbij zou het zinvol zijn een schaal van tussenwaarden te introduceren tussen de twee bedoelde uitersten van 'zero costs' en 'no matter how much costs', waarop Yukio doelt bij de aanduidingen van respectievelijk 'concealable' versus 'unconcealable' en 'identifiable' versus 'unidentifiable'.

## **2.2.8      Komputerondersteuning voor kennisarbeid**

Hoewel iedere set instructies - of deze nu is afgebeeld in een document of geïmplementeerd in een komputerprogramma, hetzij bedoeld voor de berekening van een variabele of voor een gerichte zoekoperatie op een databestand - stoelt op enige vorm van expertise (... zo mag men toch hopen ...) heeft men binnen de wetenschappelijke discipline van de artificiële intelligentie vanaf het einde van de jaren zestig het begrip 'expert-systeem' gereserveerd voor een speciale groep van komputerprogrammatuur [Hayes-Roth et al, 1983, p.31-41].

Men noemt een computerprogramma een expert-systeem, indien er heuristische regels zijn geïmplementeerd in het programma. In hoofdstuk III van dit rapport wordt nader ingegaan op deze regels.

De kwetsbaarheid, zowel fysiek als mentaal, van kennisarbeiders en hun veelal beperkte beschikbaarheid kunnen voor een onderneming belangrijke redenen zijn voor de ontwikkeling van die systemen. De ontwikkeling van een expert systeem brengt niet alleen aanzienlijke kosten met zich mee, maar vergt ook, als ieder ander gegevensverwerkend systeem, een hoeveelheid tijd voor ontwerp, implementatie en testen [Vonk, 1987]. Investerings in dergelijke ontwikkelingen teneinde de beschikbaarheid van een gegeven hoeveelheid kennis minder afhankelijk te maken van de hoedanigheid van de personen in kwestie moeten worden afgewogen tegen:

- *het economisch belang van die kennis voor de onderneming*

Als het slechts gaat om ondersteuning van taken van de kennisarbeider en niet om vervanging ervan, dan blijft de kwetsbaarheid van die kennis bestaan. De productiviteit ervan zal, door ondersteuning, kunnen toenemen. Vervanging van taken levert een direct calculeerbare opbrengst en vermindert de kwetsbaarheid van de onderneming ten aanzien van die kennis.

- *de bestaande spreiding van die kennis binnen de onderneming*

Indien er sprake is van economisch waardevolle kennis voor een onderneming, die niet gespreid is binnen de onderneming, maar geconcentreerd is bij één persoon, dan zullen mogelijkheden van spreiding van die kennis over meerdere medewerkers moeten afgewogen tegen de mogelijkheden van de ontwikkeling van een expert-systeem

- *de slijtage of veroudering van die kennis*

In de voorgaande paragrafen is een beeld geschetst, waarin er bij grote delen van de toepassingsgerichte kennis binnen een bouwbedrijf continu mutaties plaats vinden tengevolge van werkervaringen. Expert-systemen, zoals die volgens de huidige status quo van de artificiële intelligentie technieken worden ontwikkeld, beschikken niet of nauwelijks over mogelijkheden om door ervaring te leren, zodat na nieuwe werkervaringen telkens de mogelijkheid bestaat dat een ontwikkeld systeem niet meer bruikbaar is.

- *het eigendom van die kennis.*

Afgezien van de meer psychologische en sociale argumenten, zoals het genieten van persoonlijke erkenning in een werkomgeving en het daarmee samenhangende persoonlijk functioneren, die een werknemer zal aanvoeren tegen medewerking aan ontwikkeling van een expert-systeem, gebaseerd op zijn of haar kennis, bestaat er nog altijd de kwestie van eigendom. Door een arbeids-overeenkomst wordt een ondernemer in onze samenleving geen eigenaar van

een arbeider en dat betekent impliciet dat zijn ervaringskennis vooralsnog niet tot de bezittingen van de onderneming mag worden gerekend. Deze zaken zullen nauwgezet, zonodig per individu en per 'kennisdeel', dienen te worden geregeld in kontraktuele overeenkomsten tussen ondernemer en arbeiders.

## **2.3 Kennisarbeid en ervaring in de bouwpraktijk**

Medio 1988 heb ik een verkennend onderzoek verricht, dat tot doel had een meer genuanceerd inzicht te verwerven in de problematiek welke samenhangt met het beheren van kennis in de praktijk van de middelgrote en grote bouwbedrijven. Daartoe is een groep respondenten geselecteerd behorende tot de kennisarbeiders in de bouwnijverheid.

In de navolgende paragrafen 2.3.1 en 2.3.2 schets ik eerst een beeld van de gehele groep van deze kennisarbeiders. Dit gebeurt op basis van gegevens, ontleend aan studies van het Economisch Instituut voor de Bouwnijverheid (EIB). Daarbij komen omvang, scholing en werkervaring nader aan de orde. Vervolgens worden in paragraaf 2.3.3 de resultaten van het verkennende onderzoek gerapporteerd.

### **2.3.1 De kennisarbeider in de bouwnijverheid**

Zoals in het inleidende hoofdstuk is beschreven zijn kennisarbeiders diegenen die bij de productie geen spierkracht en handvaardigheid ('skill') gebruiken, maar ideeën, begrippen en informatie. Het zijn diegenen in een uitvoerend bouwbedrijf, die er zorg voor dragen dat het feitelijke produktiekapitaal optimaal wordt aangewend. Vanuit de bouwkundige optiek van deze studie is de kennisarbeider het complementaire produktiemiddel van de bouwvak -arbeider. Analoog aan deze laatstgenoemde zou men kunnen spreken van een bouw*kennis* -arbeider<sup>5</sup>. Deze arbeider is met het oplossen van bouwkundige problemen belast en zijn of haar arbeid is indirect productief.

Het merendeel van de werknemers in de bouwsector is in directe zin gerelateerd aan de productie. Een relatief klein deel wordt toegerekend aan de voorbereiding, de (bege)leiding en de bewaking van de productie. De groep van functionarissen (in een publicatie van het EIB [1980] worden deze de 'employ-

---

<sup>5</sup> Taalkundig gezien is *bouwkennisarbeider* mogelijk geen fraaie uitdrukking, maar het geeft naar mijn opvatting beter aan dat het gaat om functionarissen die produktiemiddel zijn, evenals bouwvakarbeiders. Begrippen als '*employé's in de bouw*' of *hoofdwerkers* verwijzen impliciet naar een sociaal onderscheid in klassen.

é's in de bouw' genoemd), welke dat deel vertegenwoordigt lijkt een steeds belangrijker plaats in te nemen in de bedrijfstak.

Aan deze veronderstelling ligt onder meer ten grondslag de groei van deze groep. Vanaf het begin van de zestiger jaren tot aan het begin van de tachtiger jaren is het aandeel van deze functionarissen in de bouw toegenomen van circa 9% tot circa 21% [EIB, 1980]. Dit betekent een relatieve toename van ongeveer 130%. In de overige takken van industrie is deze groep bij benadering gegroeid van 24% naar 36%.

Ook uit meer recent cijfermateriaal blijkt de relatieve groei van de groep bouw-kennisarbeiders gestaag voort te schrijven. Toen in de periode van eind 1987 tot eind 1988 de omzet vooral bij de middelgrote bouwbedrijven (21 - 100 verloonde arbeidsjaren) aanzienlijk toenam, dat wil zeggen dat er sprake was van een gemiddelde omzettoename van deze groep van ongeveer 12% in verhouding tot de totale omzetsijging van 9% [EIB, 1989], was er naar verhouding een lichte daling van het aandeel van de bouwvakkers in het totale aantal werkenden en een lichte stijging van het aandeel overige personeel. Alleen voor de grote bouwbedrijven (meer dan 100 verloonde arbeidsjaren) waren deze aantallen nagenoeg gelijk. De relatieve toename van kennisarbeid wordt ook tot uitdrukking gebracht in tabel 2.1

functieniveau	1982	1987
1 eenvoudige arbeid	24	20
2 enigszins ingewikkelde arbeid (op ambachtelijke vaardigheden gerichte arbeid)	12	11
3 enigszins ingewikkelde arbeid (op technisch- instrumentele vaardigheden gerichte arbeid)	18	19
4 ingewikkelde arbeid	32	32
5 ingewikkelde en leidinggevende arbeid	14	18
<b>totaal</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
gemiddeld functieniveau	3.02	3.19

Tabel 2.1 Functies van werknemers bij bouwbedrijven ingedeeld naar 5 nivo's [uit: EIB, 1988]

Hieruit kan men in eerste instantie aflezen, dat het aandeel functies, waarbij technisch - instrumentele vaardigheden een rol spelen en waarbij leiding gevende vaardigheden een rol spelen, lijkt te stijgen in tegenstelling tot het aandeel functies die louter ambachtelijke bekwaamheden vereisen. In het bedoelde EIB rapport wordt hiervoor onder meer als verklaring aangevoerd, dat door

veranderingen in het schaalkarakter van het werk het aandeel functies waarin leiding wordt gegeven toeneemt. Uitgedrukt in cijfers blijkt de gemiddelde projectgrootte van 25 werknemers in 1982 te zijn gedaald tot 22 in 1987.

Een benadering voor de grootte van de groep bouwkenissarbeiders luidt als volgt. De werknemers in de bouw worden in eerste instantie ingedeeld naar bouwvakarbeiders, directeuren / eigenaren en employé's. In de gehele populatie van hoofdaannemingsbedrijven in de burgerlijke - en utiliteitbouw (b & u bouw), een groep van circa 7350 bedrijven, werkten eind 1988 naar schatting 135.000 mensen. Ruim 75% van hen was bouwvakarbeider en ruim 16% behoorde tot de employé's. Bij de hoofdaannemingsbedrijven in de sector grond-, water- en wegebouw (g w & w bouw), een groep van ongeveer 790 bedrijven, werkten in die tijd naar schatting 36.000 mensen. Daarvan behoorde ruim 77% tot het bouwvakpersoneel, ongeveer 19% behoorde tot employé's en 4% was directeur / eigenaar. Zowel voor de kleinste grootteklasse (minder dan 10 verlonde arbeidsjaren) als in de grootste grootteklasse (meer dan 100 verlonde arbeidsjaren) van de hoofdaannemingsbedrijven ligt het percentage van de categorie bouwvakarbeiders voor beide sectoren lager dan de genoemde gemiddelden. Bij de kleine bouwbedrijven is dit het gevolg van de relatief grote groep directeuren / eigenaren en bij de grote bouwbedrijven is er een relatief grote groep employé's [EIB,1989].

Volgens de bovengenoemde gemiddelden heeft de totale groep employé's van de hoofdaannemingsbedrijven in b & u bouw en g w & w bouw een grootte van circa 28840 personen in 1988. Binnen de groep van employé's vormen de bouwkenissarbeiders, waartoe de bedrijfsleiders, uitvoerders, tekenaars & constructeurs en technisch stafpersoneel behoren, een aandeel van ongeveer 66% [EIB, 1989a]. Tot de rest van de groep employé's worden gerekend administratief personeel, commercieel personeel en personeelsfunctionarissen.

De grootte van de groep bouwkenissarbeiders kan aan de hand van het 66 % aandeel van 28840 personen worden geschat op 19000. Dit aantal bestaat bij benadering uit 14000 voor de b & u bouw en 5000 voor de g w & w bouw. Hierbij is verondersteld dat het 66% aandeel van de groep employé's in de loop der tijd, sinds 1980, niet significant is gewijzigd.

In de komende decennia wordt door het EIB [1989b] een groei voorzien van de groep bouwkenissarbeiders. Uit de conclusies van het bedoelde onderzoek naar de behoefte aan hoger opgeleide bouwkundigen op middellange termijn



blijkt een geringe groei van zowel het aandeel als het aantal indirecten voor de bouwproductie. Het aandeel van de directen loopt daarbij verder terug, terwijl het aantal vrijwel gelijk blijft. Deze veronderstellingen zijn gebaseerd op een relatief langzaam groeiende bouwproductie (ca 0.5% per jaar tot 2000) en een daarbij toenemende arbeidsproductiviteit.

### **2.3.2 Scholing en ervaring van de bouwkenisarbeider**

Het opleidingsniveau van de beroepsbevolking is in de afgelopen decennia, ook voor de werkenden in de bouw, onmiskenbaar gestegen. Opleiding in termen van theoretische scholing bij de beroepsopleidingen blijkt echter niet toereikend voor veel functies binnen deze traditionele nijverheidstak. Sedert 1985 wordt in toenemende mate het gebrek aan geschoolde vakmensen als een van de belangrijkste knelpunten genoemd na arbeidstijdverkorting, scherpe prijsconcurrentie en hoge loonkosten [EIB,1989c]. Het tekort aan geschoolde vakmensen wordt vooral genoemd door de grote bouwbedrijven.

Ervaring is van oudsher een belangrijk criterium voor het in dienst nemen en blijven. In de periode van 1982 tot 1987 was er een sterke toename van het aandeel werknemers met ruime bouwervaring. Hiermee wordt een ervaringsduur bedoeld van tenminste 14 jaar. De groep met deze werkervaring groeide van 1982 tot 1987 van 39% tot 48%. Vooral bij de leidinggevende functies is het aandeel zeer ervaren werknemers in die periode gestegen. Deze meer ervaren kennisarbeiders worden vastgehouden of aangetrokken ten koste van degenen met minder ervaring.

Deze trend ziet men onder meer afgespiegeld in studies naar arbeidsmobiliteit [EIB, 1987]. Uit conclusies van bedoeld onderzoek mag men opmaken dat de mobiliteit van ervaren en geschoold personeel, ook gedurende een periode van stijgende werkloosheid in de bouwsector, in het algemeen klein is. Goed geschoolde, ervaren werknemers met een leeftijd tussen de 30 en 50 jaar vormen de vaste kern bij een werkgever.

#### *Verdringing*

Uit onderzoek naar 'verdringing' op de bouwarbeidsmarkt wordt geconcludeerd dat in de periode van 1982 tot 1987 er een aanzienlijke verdringing heeft plaats gevonden in de bouw, met name op de niveau's van de lagere functiegroepen [EIB,1988]. De lager geschoolden zijn hoofdzakelijk verdrongen door lts'ers, die geen bouwrichting gevolgd hebben.

Daarnaast was er gedurende deze periode een opwaardering van de functie-

structuur; het aandeel hogere functies nam toe en het aandeel lagere daalde. Deze verschuiving veranderde onder meer het bestand naar bouwervaring. De effecten van verdringing en van functieverschuiving leidden er toe dat zowel de vraag naar beter geschoolden als de vraag naar zeer ervarenen steeg. Daarbij werd geconstateerd, dat de kans op een hogere functie versterkt werd door bouwervaring.

### *Ervaring versus opleiding*

Hoewel ervaring zeer wordt gewaardeerd, is het echter geen substituut voor opleiding. Dit mag worden afgeleid uit het feit, dat werknemers met zeer veel ervaring een grote spreiding vertonen in gemiddeld functieniveau, hetgeen samenhangt met hun vooropleiding [EIB, 1988]. Opleiding en ervaring zijn samen van invloed op het bereikte functieniveau. Ten aanzien van de werknemers met hogere opleidingen wordt in het laatst bedoelde EIB rapport geconcludeerd, dat de samenhang tussen bouwervaring en opleiding in mindere mate bestaat.

### **2.3.3 Verkennend onderzoek naar het beheren van kennis en ervaring bij uitvoerende bouwbedrijven**

Algemeen mag men verwachten dat het aantal problemen inzake kennisbeheer toeneemt met de grootte van het bouwbedrijf. Hoewel niet in relatieve zin, maar wel in absolute zin, worden grote bouwbedrijven meer met mutaties van ervaren personeel geconfronteerd dan kleine bouwbedrijven. Voorts zal naarmate het bouwbedrijf groter is ook meer werk onderhanden zijn en dat betekent dat gelijktijdig meer (ervarings-) kennis zowel wordt ingezet als opgedaan door een grotere ploeg bouwkenissarbeiders.

Op basis van voornoemde overwegingen mag worden aangenomen dat de problemen inzake kennisbeheer een min of meer structureel karakter hebben bij de grotere bouwbedrijven. De doelgroep voor het verkennende onderzoek zijn de bouwkenissarbeiders en directeuren, die werkzaam bij middelgrote en grote aannemingsbedrijven in de b & u sector. Dit zijn de bedrijven met meer dan 50 verloonde arbeidsjaren. De totale populatie van de bedoelde bedrijven en de populatie van deze functionarissen zijn ten tijde van het onderzoek geschat op respectievelijk circa 400 en circa 3380 [EIB, 1989a]. Aan de interviews hebben 22 functionarissen meegewerkt, gekozen uit even zoveel bouwbedrijven. Met deze selectie van functionarissen is een kwalitatieve representatie nagestreefd van de bedoelde populatie. De respondenten vertegenwoordigden de volgende functiegroepen:

- directeuren
- bedrijfsleiders
- calculators
- planners / werkvoorbereiders
- inkopers
- uitvoerders.

Het verzamelen van gegevens voor het onderzoek is gedaan met interviews aan de hand van een gestructureerde vragenlijst. De verwerking van de gegevens gebeurde in twee stappen:

- a. van elk vraaggesprek is een verslag gemaakt
- b. vervolgens zijn de per item van de vragenlijst uitgesproken meningen en problemen inzake kennisbeheer samengevat

De items waarvoor een convergerend beeld van waarnemingen en meningen van de respondenten naar voren kwam, zijn in de volgende tekst beschreven. De responsen van een strikt individueel karakter - de responsen waarvoor geen of vrijwel geen bevestiging werd gegeven door overige respondenten - zijn niet opgenomen in deze verslaglegging.

#### *De betekenis van ervaring in de bouwpraktijk*

Aan de respondenten is in eerste instantie gevraagd de betekenis van ervaring te beschrijven, zoals zij die zien binnen hun beroepspraktijk en welke ervaring zij belangrijk achten voor het vervullen van hun functies. Als belangrijkste betekenissen van ervaring worden genoemd:

- a. het hebben verworven van praktische technische kennis bij de uitvoering van projecten.
- b. het hebben verworven van sociale en organisatorische vaardigheden

Naast de sociale vaardigheden en organisatie ervaringen, wordt door de hogere functionarissen, zoals directieleden ook de 'good-will' genoemd als betekenis van ervaring. Hiermee bedoelt men dat de door ervaring verworven kennis van de markt en de in de loop der tijd opgebouwde persoonlijke contacten met die markt voorwaardelijk zijn voor het goed vervullen van de directiefunctie.

#### **Ad a.**

De technische ervaringskennis zou je kunnen zien als een 'werk gebonden' ervaring, terwijl de samenwerkingservaringen en organisatie ervaringen niet aan een werk zijn gebonden. De lagere functionarissen die binnen het kader van dit verkennende onderzoek zijn geïnterviewd noemen de verworven vaktechnische kennis als een van de belangrijkste betekenissen van ervaring.

Tot de vaktechnische kant van de ervaringskennis behoort het leren herkennen

van problemen (probleem-perceptie). Als de tekeningen van een nieuw werk op tafel komen met het bestek, dan kan uitsluitend op basis van vaktechnische ervaringskennis worden ingeschat waar er knelpunten gaan komen bij de uitvoering.

De medewerkers beschikken niet alleen over de benodigde technische kennis, maar door lange tijd bij het bedrijf werkzaam te zijn, weten ze ook wat hun bedrijf qua project aan kan en waarbij er specifiek voor hun bedrijf problemen kunnen worden verwacht. Dit is een typische bedrijfsgebonden ervaring. Het ene bedrijf kan dingen die het andere bedrijf niet kan of minder goed kan. De mensen, die binnen het bedrijf worden gekonfronteerd met dergelijke vraagstukken, spreken van een 'Fingerspitzengefühl'; het herkennen van problemen, het inschatten van de grootte en de prioriteit van de probleemstelling.

Calculators, werkvoorbereiders, planners en inkopers hebben het meeste te maken met pure feitenkennis. Degenen van deze functiegroepen, die aan het onderzoek hebben meegewerkt stellen vrijwel unaniem, dat je de praktijk van een bouwproject op de bouwplaats een aantal keren moet hebben meegemaakt om te begrijpen, welke verborgen kostenfactoren er allemaal een rol spelen bij de tot stand koming van een werk. Een van de respondenten spreekt in dit verband over ervaring als: 'het leren zien van de kosten'.

Ad b.

De sociale vaardigheden waardeert men voor de hogere functionarissen in het algemeen meer dan de verworven technische vakkennis. De geïnterviewde (hoofd-)uitvoerders zijn allen als echte vaklieden in de bouw begonnen. Die technische kant van hun ervaringskennis zien ze echter niet meer als het belangrijkste.

Bij de uitvoerende bouwbedrijven bestaat er geen tendens, zo meent het merendeel van de respondenten, om oudere werknemers te ontslaan en daarvoor jongeren in dienst te nemen. De jongere medewerkers worden getraind in het bedrijf. De produktie van de bouwbedrijven steunt in belangrijke mate op mensen die al een aantal malen een werk hebben gerealiseerd en daarbij goed hebben leren samenwerken in teamverband. Dat werken in teamverband is ook een vorm van vakkennis. Het is ook een techniek die geleerd kan worden. Het opdoen van dergelijke 'samenwerkings-kennis' in de praktijk is noodzakelijk en is een kostbare zaak.

Men stelt onder meer dat technische kanten van de beroepsopleidingen goed voldoen, maar noemt daarbij als ernstige tekortkoming de geringe of ontbreken-

de scholing in sociale vaardigheden bij de technische hogere beroepsopleidingen en technische universiteiten. Studenten worden vrijwel niet geoefend om in teamverband samen te werken. Het bouwbedrijf, zo stellen de meeste hogere functionarissen, is in feite niet meer is dan een organisatie van mensen. Binnen deze organisaties heb je vaak te maken met 'sterke karakters', die je niet zo maar kunt overtuigen of leiden. Door ervaring wordt geleerd hoe met de mensen om te gaan teneinde het werk voor elkaar te krijgen.

### *Het meten van ervaring*

Bij dit item is aan de respondenten gevraagd in hoeverre bij de selectie van medewerkers voor projectteams de ervaring van deze personen wordt afgewogen ofwel gemeten. Vrijwel alle functionarissen die te maken hebben met organisatievraagstukken, worden geregeld geplaast voor keuzes, die te maken hebben met het waarderen van ervaringskennis van andere medewerkers. Hoewel niemand de term 'meten' gebruikt, als het gaat om ervaringskennis, worden mensen geselecteerd om deel te nemen in teams of om projecten te leiden op grond van het feit dat zij over meer ervaring zouden beschikken dan anderen. Hun ervaringen worden dan op basis van hele persoonlijke en subjectieve aspecten gewogen. Als belangrijk 'meetbaar' ervaringsgegeven wordt genoemd: 'het in het verleden goed hebben samengewerkt met anderen bij overeenkomstige projecten'. Van een checklist, waarmee je een soort objectieve score zou kunnen genereren van de ervaringskennis van een medewerker is bij geen enkel bedrijf sprake.

### *Vitale ervaringskennis*

Echte vitale kennis wordt door de meeste respondenten vooral toebedacht aan een aantal direktieleden en die vitale kennis moet dan worden begrepen in termen van het onderhouden van contacten met een groep potentiële opdrachtgevers. Met andere woorden, zij die de opdrachten voor het bedrijf binnenhalen acht men van principaal belang voor het voortbestaan van het bedrijf. Voorts worden als belangrijkste onmisbare dragers van kennis en ervaring genoemd de bedrijfsleider en de (hoofd-)uitvoerder.

Ten aanzien van de overige functies meent het merendeel van de respondenten, dat onmisbare kennis vrijwel niet voorkomt bij bouwbedrijven, eerder vind je er onmisbare mensen. Dit zijn personen die door ervaring 'breed' kunnen functioneren.

Het functioneren van deze mensen wordt mede bepaald door de relaties die zij onderhouden met andere partijen in het bouwproces. Zij kennen het bedrijf

door en door en weten wat ze qua prestaties van het bedrijf mogen verwachten. Deze personen leveren heel belangrijke bijdragen bij het tot stand komen van offertes die zijn afgestemd op de deskundigheid van het bedrijf en dergelijke offertes kunnen dan ook concurrerend zijn. Analoog aan de multifunctionele bouwvakarbeider op de bouwplaats, zou ten aanzien van deze personen op het bedrijfsbureau gesproken kunnen worden van de multifunctionele bouwkenisarbeider in de functie van werkvoorbereider of projectleider.

Voorts wordt door de meeste respondenten gewezen op de betrekkelijke bruikbaarheid van ervaringskennis; veel technische kennis veroudert snel. Dat betekent dat veel van de mensen, die als onmisbaar worden beschouwd, een talent hebben om hun kennis van zaken voortdurend te actualiseren.

Een klein aantal geïnterviewden is van mening dat er in het geheel geen personen binnen het bedrijf zijn die over dergelijke vitale (ervarings-)kennis beschikken ofwel stelt dat niemand onmisbaar is. Zij voegen daaraan toe, dat er bij hun bedrijf bewust gestreefd wordt naar decentralisatie van kennis door een gedecentraliseerde opzet van de organisatie. Daarbij wordt veelal verwezen naar de vorm van de matrix organisatie. Voor ieder nieuw project wordt een nieuw projectteam samengesteld. Daarmee tracht men bijvoorbeeld te voorkomen, dat personen zich als onmisbare sleutelfiguren ontwikkelen.

Kennis en ervaring worden gezien als iets dat niet bij één enkele persoon aanwezig is, maar dat eerder als een bundeling aanwezig is van kennis en ervaring binnen het bedrijf. Gedacht moet worden aan protocollen die binnen bedrijven bestaan, zoals bijvoorbeeld protocollen voor het voorbereiden en bewaken van de uitvoering. Indien een medewerker onverhoeds vertrekt uit de bedrijfsorganisatie, dan is dat op zich minder storend, zolang het protocol, de manier van werken, maar aanwezig blijft.

Enkele respondenten stellen, dat de kennis van hun bedrijf grotendeels is vastgelegd of ingesloten in hun produkten. Men is daarbij wel van mening, dat kennis en ervaring heel belangrijk zijn voor het bedrijf, maar men streeft ernaar deze kennis en ervaring te verwerken in de ontwikkeling van gestandaardiseerde halfprodukten (insluiten van ervaringskennis in het produkt). Daarmee is het bedrijf minder afhankelijk van de kennis en ervaring bij de medewerkers.

### *Kennisverlies*

Problemen welke voortkomen uit kennisverlies ten gevolge van het uittreden van personeel noemt men slechts incidenteel. De meeste werknemers zijn redelijk trouw aan hun bedrijf. Dat betekent dat de bedrijven betrekkelijk weinig worden geconfronteerd met 'vertrekkende kennis'. Bij het cao personeel vinden er

natuurlijk vaker wisselingen plaats dan bij het maandloonpersoneel, maar zodra bouwvakarbeiders belangrijk worden voor de produktie, groeit er min of meer een vaste band tussen deze mensen en het bedrijf.

Een pensionering wordt in de regel goed voorbereid en opgevangen binnen het bedrijf. Er wordt de oudere persoon voldoende tijd gegund voor overdracht van zijn ervaringskennis aan jongere collega's. In het algemeen, zo stelt men, brengt iemand gedurende de laatste vijf jaren voor zijn pensionering vrijwel geen nieuwe kennis meer in.

Bij enkele bedrijven zijn er echter wel ongewenste situaties ontstaan door het vervroegd uittreden van medewerkers. De lage VUT leeftijd, soms wel 57 jaar, maakt dat het bedrijf heel weinig gelegenheid heeft om te zorgen dat de kennis van die persoon goed wordt overgedragen.

### *Kennisoverdracht*

Dit item is in eerste instantie bedoeld om een beeld te vormen van het belang van kennisoverdracht en de wijze waarop kennisoverdracht plaats vindt in de bedrijven. Daartoe zijn meningen geïnterviewd inzake de problematiek van kennisoverdracht. Deze meningen kunnen worden samengevat in de zes volgende uitspraken:

#### *1. Men vindt overdracht van kennis en ervaring belangrijk.*

Als eerste reactie stellen vrijwel alle geïnterviewden dat het wenselijk is ervaringskennis, in welke vorm dan ook, over te dragen aan anderen in hun bedrijf. Bij de teruggang van de bouwomzetten in de tachtiger jaren is er te weinig gedaan om de ervaringen van de vervroegd uittredenden en van de groep ontslagen medewerkers te behouden of door scholing van personeel het kennisniveau omhoog te krikken.

#### *2. Kennisoverdracht is een organisatievraagstuk, dat met organisatiemiddelen wordt opgelost.*

Hoewel men vrijwel unaniem uitspreekt, dat kennisoverdracht niet alleen gewenst maar ook noodzakelijk is, bestaat er bij de meerderheid van de geïnterviewden geen planmatige aanpak voor het overdragen van kennis. Als reden daarvoor noemt men dat het bedrijf niet zo groot is, dat men elkaar niet zou weten te vinden. Het aantal vaste medewerkers bedraagt in die bedrijven rond de 100 mensen en men spreekt in het algemeen van korte lijnen binnen de organisatie. Als praktische, niet formele benaderingen voor het realiseren van kennisoverdracht worden de volgende organisatiemiddelen gebruikt:

##### *a. structureel werkoverleg, zoals vaste vergaderingsschema's*

Bij sommige bedrijven zijn er naast de projectvergaderingen (het normale

werkoverleg) ook vergaderingen voor bepaalde functiegroepen, zoals projectleidersvergaderingen en uitvoerdersvergaderingen. Deze vergaderingen zijn bedoeld om de voortgang van de diverse projecten met elkaar te bespreken en ervaringen uit te wisselen. Daarbij noemt men de vrijwel constante personele onderbezetting echter als voornaamste probleem. Daardoor schort het geregeld aan tijd en gelegenheid voor werkoverleg, dat overdracht van gegevens en (ervarings-)kennis mogelijk zou kunnen maken.

**b. interne stages**

Jongere medewerkers laat men rouleren door het bedrijf, waarbij ze op verschillende afdelingen gedurende enkele maanden of langer te werk worden gesteld. Voorts wordt er in de regel naast een oudere werknemer, die over veel ervaringskennis beschikt, een jongere assistent geplaatst, die zich in de loop der tijd die kennis eigen maakt.

**c. management strategieën die gericht zijn op het spreiden van beslissingsbevoegdheden en het creëren van teamwork.**

Door spreiding en delegeren van de beslissingsbevoegdheden bereik je een spreiding van verantwoordelijkheden: meer mensen gaan zich verantwoordelijk voelen voor de realisatie van het project en in bredere zin voor het bedrijf. Daarmee zou je kunnen bewerkstelligen dat de medewerkers gestimuleerd worden om hun persoonlijke kennis te vergroten, zodat die kennis niet bij een beperkt aantal personen binnen het bedrijf geconcentreerd blijft. Als je werkt in een team dan weet je in het algemeen, waarmee de anderen bezig zijn en dan weet je ook waar informatie te vinden is, als een ander er even niet is.

Bij ongeveer een derde van de bouwbedrijven die voor deze studie zijn benaderd bestaat er speciale aandacht voor kwaliteitsbewaking. Deze aandacht is niet alleen gericht op de kwaliteit van het produkt, maar ook op de kwaliteit van de organisatie. Met name bij de grote bouwbedrijven zijn kwaliteitswerkgroepen ingesteld of bestaan er afdelingen voor de kwaliteitsbewaking. Tot de taken van deze werkgroepen en afdelingen behoort onder meer het stimuleren van de overdracht van kennis en ervaring binnen het bedrijf. Men rekent dit tot een kwaliteitsaspect van de organisatie.

**3. *Het is moeilijk vast te stellen, waaruit ervaringskennis bestaat.***

Slechts enkelen kunnen concrete voorbeelden geven van gewenste kennisoverdracht, zoals een betere kennisoverdracht tussen 'de bouwplaats' en 'het bedrijfsbureau' en een betere kennisoverdracht tussen een bedrijfsleider die is gedetacheerd op een ver weg gelegen werk en het bedrijfsbureau. Bij bedrijven, waar men werkt aan een gerichte aanpak voor het overdragen van ervaringskennis, signaleert men vooralsnog als belangrijkste kwestie het vaststellen



van welke ervaringskennis er aanwezig is in het bedrijf.

Het is een moeilijke kwestie om feitelijk te gaan vastleggen wat iemand weet en hoe dat 'weten' in de loop der tijd verandert. In het geval dat een van de 'experts' in het bedrijf een technisch hoogstandje heeft verwezenlijkt, is het heel moeilijk om nadien aan die persoon te vragen, op grond van welke kennis hij of zij de kwestie tot een oplossing heeft gebracht. Dit vindt voor een belangrijk deel zijn oorzaak in het feit dat dergelijke deskundigen wel getraind zijn een bepaalde groep problemen op te lossen, maar daarentegen niet zijn toegerust met technieken om anderen te rapporteren over hun probleemoplossingsprocessen. Voorts blijkt uit de reacties van de meeste respondenten dat men eenvoudig niet weet wat men nu precies ervaren heeft en wat de moeite waard is om aan anderen door te vertellen.

Het ligt ook heel gevoelig om iemand te vragen, waaruit zijn kennis en ervaring bestaan en of die belangrijk zijn voor de toekomst. De ervaringskennis, waarover een werknemer beschikt, is nuttig voor het bedrijf en verschaft die persoon een zekere waardering in termen van status en / of financiële honorering. Het expliciet maken van dit persoonlijke kennisbezit is vanuit de optiek van de bedrijfsleiding aantrekkelijk, maar voor de persoon in kwestie veelal niet.

Niet alleen de kennis bij personen, maar eveneens grote delen van de 'gedocumenteerde kennis' in de vorm van projectarchiveringen van bouwbedrijven zijn moeilijk toegankelijk. Uit de vraaggesprekken ontstaat een beeld van 'kastenvol projectdocumentaties met ervaringsgegevens, die vrijwel niet geraadpleegd kunnen worden'.

*4. Een substantieel deel van de technische kennis heeft een korte levensduur; soms slechts zo kort als de duur van een project.*

De nacalculatiegegevens zijn concrete producten van de werkervaring. Men komt er niet toe om de nacalculatie voor elk belangrijk werk te verrichten, maar als je over nacalculatiegegevens beschikt, dan weet je nog niet in hoeverre die gegevens over een paar jaar weer gebruikt kunnen worden voor een analoog nieuw project. De omstandigheden van de uitvoering van dat nieuwe werk kunnen geheel anders zijn dan die waarvan je de nacalculatie voorhanden hebt.

Er worden voorbeelden genoemd van experts die gedurende een bepaalde periode van groot belang waren voor het bedrijf, maar daarna niet meer. Een van de voorbeelden betrof een specialist op het gebied van de bouw van kerncentrales. Toen na enige jaren duidelijk werd, dat de bouw van kerncentrales voorlopig zou worden stilgezet, bleek de 'expertise' van de 'expert' niet meer bruikbaar te zijn. Als in de toekomst de bouw van dergelijke centrales weer actueel zou worden, dan hebben er ten aanzien van deze bouwwerken zich weer zoveel nieuwe ontwikkelingen aangediend, dat er naar nieuwe expertise gezocht

moet worden.

*5. De 'cultuur' in de bouw werkt niet stimulerend voor het realiseren van kennisoverdracht.*

Mensen doen niet alleen ervaringskennis op in goed lopende werksituaties, maar ook in situaties waarin dingen fout gaan. Uit andermans fouten kun je goede lering trekken. Niemand spreekt echter graag over fouten in het werk, waarbij hij of zij zelf betrokken is geweest. Er bestaat eerder een tendens om voorgekomen fouten op het werk te verdoezelen. Dit deel van de persoonlijke ervaringskennis is vrijwel niet toegankelijk voor anderen. Voorts wordt het onderscheid tussen binnen- en buitendiensten eveneens als typisch voor deze cultuur genoemd. De scheidslijn tussen het personeel dat 'buiten' gestationeerd is op de bouwplaatsen en het personeel dat 'binnen' werkzaam is op de bedrijfsbureau's vormt een min of meer structurele barrière voor kennisoverdracht.

*6. De orde van grootte van problemen ten aanzien van kennisoverdracht neemt toe, naarmate het bedrijf groter wordt.*

De kwesties van 'Wie weet wat binnen het bedrijf?' en 'Wordt er niet op twee plaatsen in het bedrijf hetzelfde wiel uitgevonden?' nemen toe met de grootte van de bedrijfsorganisatie. Dit geldt niet alleen voor deze sector van industrie, maar gezien de discontinue projectgerichte productie spelen deze kwesties meer voor de bouwbedrijven dan voor continue productiebedrijven in andere industriële branches.

### *Probleemoplossen*

Zoals reeds bij het voorgaande item is gesignaleerd, is een wezenlijk deel van de problematiek inzake kennisoverdracht terug te voeren op het ontbreken van inzicht bij de 'kennisarbeiders' in hun kennis en in de wijze waarop zij (ervarings-)kennis opdoen. Dit item over probleemoplossen is bedoeld om meer in detail te vragen welke problemen de respondenten binnen hun functie geregeld oplossen en daarbij te beschrijven hoe die problemen door hun worden opgelost.

Binnen de context van dit item worden de respondenten in bedekte termen gevraagd naar 'Uit welke taken bestaat uw functie?' en 'Hoe verricht U die taken?'. Voor de bespreking van deze, voor de respondenten nog al persoonlijke onderwerpen heb ik een anekdotische benadering gekozen. Gebaseerd op de 'Turing-test'<sup>6</sup> heb ik aan de respondenten een beeld geschetst van twee ka-

---

<sup>6</sup> In 1950, Alan Turing proposed an "imagination game" to provide an operational answer to the question, "Can a machine think?" The game is played by three people, a man, a woman, and an interrogator. The interrogator stays in a room apart from the other two, and attempts to determine which of the other two is the man and which is the woman. The man tries to convince the interrogator that he is the woman. Communication between the interrogator and each person is by

mers. In de ene kamer is een komputer geïnstalleerd en in de andere kamer de respondent. Aan de hand van dit beeld is de respondent verzocht aan te geven, waarin hij of zij zich zal onderscheiden van de kwaliteiten van de komputer bij het verrichten van de relevante functietaken.

Het merendeel van de respondenten was in staat een opsomming te geven van de problemen die ze geregeld moesten oplossen. Moeilijker lag het bij de beantwoording van: 'Hoe worden die problemen door u opgelost?'. Afgezien van het feit of men al dan niet bereid was om hierop te antwoorden binnen het gegeven tijdsbestek van de interviews, blijkt het voor de betrokkenen niet eenvoudig om precies te verwoorden, hoe de problemen door hun worden opgelost. Het lijkt erop dat men, afgezien van enkele functionarissen, vrijwel geen experts in het bouwbedrijf vindt, die 'wel beschreven problemen' oplossen. Vrijwel alle problemen zijn synthese problemen (zie hoofdstuk III) waarvoor oplossingen specifiek moeten worden gecreëerd.

Protocolbeschrijvingen voor het oplossen van deze problemen bestaan er vrijwel niet bij de bedrijven, ook niet voor problemen die qua aard telkens terugkeren voor ieder project. Incidenteel bestaan er bij bedrijven goed beschreven richtlijnen voor het toetsen van de kwaliteit van de organisatie van het project. Daarbij geldt als reden, dat men bewust streeft naar het certificeren van kwaliteit. Ook werkt men bij enkele bedrijven aan het beschrijven van procedures, checklists, voor het opstellen van de haalbaarheidsanalyse van nieuw te verwerven projecten. Bij het zoeken naar oplossingen voor de bedoelde problemen, wordt in het algemeen gerefereerd aan analoge projecten. In de woningbouw, waar een grotere mate van standaardisatie bestaat dan in de utiliteitbouw, zijn er eveneens meer uniforme uitvoeringsprocessen en daardoor meer analogieën in de management problemen.

Een ander voorbeeld van welbeschreven probleemoplossingsprocessen zijn de handboeken bij enkele calculatieafdelingen. Daarin is voor de respectievelijke bedrijven door ervaren calculators een vast stramien beschreven, volgens welke de calculatie voor een project dient te worden opgezet. Deze handboeken leveren een basis voor kennisoverdracht van ervaren werknemers aan onervarenen.

---

teleprinter, and the interrogator is free to ask any question.... Suppose we now ask the question, "What will happen when a machine takes the part of the man in this game?" Turing felt that a machine could be considered "intelligent" when the interrogator decides wrongly as often when the game is played with the machine as when the game is played between a man and a woman.' [Fischler & Firschein, 1987, p.12]

### *Het kenniskapitaal*

Meer dan de helft van de geïnterviewden acht de aanwezige kennis en ervaring belangrijker voor het bedrijf dan het materiële produktiekapitaal. Directeuren en bedrijfsleiders tenderen ernaar meer belang te hechten aan kennis en ervaring dan de overige functionarissen. In principe zou het aannemingsbedrijf geheel op het immateriële vermogen van kennis (en 'goodwill') kunnen draaien, zo luidt de algemene visie van de geïnterviewden. Goed opgeleide en ervaren mensen zijn schaars, terwijl materiële delen van het produktiekapitaal, zoals geld, materieel en opstallen in voldoende mate te verwerven zijn op 'de markt'.

De investeringen in het kenniskapitaal, noemen de respondenten unaniem zeer laag. Volgens afspraken in de cao's wordt een zeker deel van de bedrijfsomzet gereserveerd voor opleidingen van personeel. De bedrijven kennen echter geen lange duur arbeidskontrakten voor medewerkers die op (soms relatief hoge) kosten van het bedrijf zijn opgeleid. Ten aanzien van de opleidingen is er dan ook eerder sprake van een bestedingsplan, dan van een investeringsplan. Er is ook bij deze groep van bedrijven nog te weinig bekend over afschrijven op het kenniskapitaal. Een enkel bedrijf gebruikt de post van 'immateriële activa' op de balans, waaronder bijvoorbeeld bestedingen worden geboekt voor het aanleggen van databestanden.

Bij de grote bouwbedrijven zijn er meestal wel afdelingen voor Research & Ontwikkeling. Dit zijn bedrijven die naast een opleidingsplan voor het personeel een zeker budget vrijmaken voor het planmatig vergroten van kennis. De gezamenlijke uitgaven voor opleidingen en projekt-ongebonden onderzoek zijn bij alle bedrijven echter lager geschat dan 1% van de jaaromzet. Er wordt gesteld dat research eigenlijk heel belangrijk is voor een bedrijf, maar dat de traditie bij het uitvoerende bouwbedrijf ontbreekt om daar geld voor vrij te maken.

De onderzoeksactiviteiten die bestaan uit het dagelijkse oplossen van typische uitvoeringsproblemen op de werkvloer worden door de respondenten aanzienlijk groter geschat dan de projekt-ongebonden onderzoeksactiviteiten ('voor ieder nieuw bouwprojekt vinden we opnieuw het wiel uit!'). De bestedingen voor dat projekt-gebonden onderzoek zijn niet of nauwelijks terug te vinden in de projekt- of bedrijfsboekhoudingen.

## **2.4 Samenvatting**

In dit hoofdstuk stond de betekenis van kennis als produktiemiddel centraal. Er is eerst een algemene definitie gegeven van kennis in relatie tot de begrippen

informatie en intelligentie. In het kort luidt deze definitie: 'Kennis bestaat uit symbolische weergaven van objecten en van relaties tussen objecten'. Vervolgens is vanuit een theoretische economische optiek een kader van begrippen geschetst voor kennis als produktiemiddel in relatie tot bouwbedrijven. Kennis is daarbij onderscheiden naar categorieën van fundamentele kennis en toepassingsgerichte kennis. Kenmerkend voor de laatstgenoemde categorie is het slijtende karakter. Gelet op dit karakter is tevens een korte beschouwing gegeven over de betrekkelijke bruikbaarheid van zogenaamde expert-systemen als hulpmiddelen ter ondersteuning of vervanging van kennisarbeid.

Het geheel van de beschikbare en schaarse kennis-produktiemiddelen is beschreven als het kenniskapitaal. De kennisvoorraden, die deel uitmaken van dit kapitaal, zijn onderscheiden naar verschillende voorraadvormen. Voor de kennisdelen, waaruit die voorraden zijn samengesteld, is een overzicht gegeven waarin de verschillende opslagvormen als de kennisdragers zijn genoemd. Ten aanzien van het eigendom is gewezen op 'lease' karakter van een arbeidsovereenkomst tussen werkgevers en werknemers, waardoor delen van persoonsgebonden ervaringskennis niet tot de eigendommen van de onderneming kunnen worden gerekend.

Als laatste onderdeel van dit hoofdstuk zijn de resultaten gepresenteerd van een verkennend onderzoek naar kennisarbeid en ervaring in de bouwpraktijk. Deze resultaten kunnen als volgt kort worden samengevat:

- a. een substantieel deel van de kennis van de groep bouwkennisarbeiders is verworven door praktijkervaring
- b. met name aan veranderingen in kennis wordt belang gehecht; door werkervaring wordt een deel van de (ervarings-)kennis voortdurend geactualiseerd
- c. (ervarings-)kennis wordt weliswaar als een van de vitale delen van het bedrijfskapitaal beschouwd, maar investeringen daarin in termen van opleidingen en 'Speurwerk en Ontwikkeling' zijn minimaal in vergelijking met andere takken van industrie
- d. het overdragen van (ervarings-)kennis geschiedt moeizaam en in slechts geringe mate, omdat:
  - het vrijwel niet bekend is om welke kennis het gaat
  - het vrijwel niet bekend is waar die kennis uit bestaat
  - het vrijwel niet bekend is waar (bij wie) die kennis zich bevindt

Bij het management van de grotere bouwondernemingen is er een duidelijke behoefte geconstateerd aan inzicht in de bedrijfsgebonden kennis. Experimenten met kennisinventarisaties hadden sporadisch plaatsgevonden, maar niet geresulteerd in het gewenste inzicht.



## Analyses van kennis en probleemoplossen

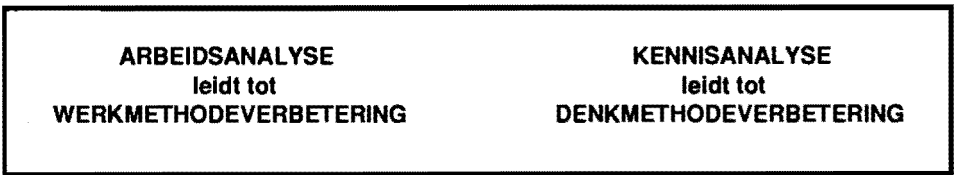
### 3.0 Inleiding

Taylor en zijn tijdgenoten hebben eind vorige eeuw de aanzet gegeven voor het analyseren van arbeid in industriële productieprocessen. Doel van deze analyses was in eerste instantie arbeid te kunnen beschrijven in termen van kleine ondeelbare arbeidshandelingen om zo in tweede instantie deze stukjes arbeid in een optimale combinatie of sequentie samen te voegen. Uiteindelijk moest dit leiden tot een hogere produktiviteit van arbeid. Deze benaderingswijze noemde men 'scientific management' [Drewin, 1982, pp.20-23].

Het beheren van kennis binnen een bedrijfsorganisatie, met tot doel deze kennis optimaal aan te wenden ten bate van het bedrijf, vereist inzichten in de samenstelling van kennis en in de wijze waarop deze kennis wordt gebruikt. Vanuit de optiek van produktiviteitsverbetering zou men de ontwikkelingen en experimenten ten aanzien van zogenaamde kennis-systemen of expert-systemen kunnen typeren als een voortschrijdend 'taylorisme'. Doel van deze ontwikkelingen is immers om kennis in relatie tot probleemoplossen zodanig te analyseren en te determineren, dat kleine kennisdeeltjes worden gevonden die meer efficiënt operationeel kunnen worden gemaakt of in andere woorden gezegd, dat de produktiviteit van de *kennisarbeid* wordt verhoogd. De geschetste analogie tussen arbeidsanalyse en kennisanalyse is kort weergegeven in figuur 3.1.

Dit hoofdstuk heeft tot doel een basis te vormen voor het inventariseren van bedrijfsgebonden kennis. Er wordt een exposé gegeven van kennis en probleemoplossen. Daarbij komen aan de orde algemene cognitieve vaardigheden, karakteristieken van problemen en van probleemoplossen en een systematische

ordering van kennis binnen contexten van probleemoplossende systemen.



Figuur 3.1 Analogie tussen arbeidsanalyse en kennisanalyse.

Als belangrijk uitgangspunt geldt voor de gegeven analyses, dat de operationele kennis in bedrijven direct is gerelateerd aan de problemen, welke in het bedrijf worden opgelost. Centraal in een uitvoerend bouwbedrijf staat het genereren van artefacten. Dit zijn door de mens vervaardigde producten, die tot doel hebben een gewenste situatie te bereiken. Voorbeelden van dergelijke artefacten zijn niet alleen concrete tastbare zaken als gereedschappen en materieel, maar ook werkplanningen, offertes en werkmethoden. De problemen die worden opgelost door de ontwikkelde artefacten worden in deze studie algemeen benoemd als synthese problemen.

### 3.1 Algemene en gespecialiseerde kennis

Voor het oplossen van problemen binnen vakgebieden van bijvoorbeeld geneeskunde, wiskunde of bouwkunde gebruiken probleemoplossers gespecialiseerde kennis naast algemene kennis en algemene cognitieve vaardigheden. Tot algemene cognitieve vaardigheden behoren bijvoorbeeld het inductief of deductief redeneren en het gebruiken van een algemeen oplossings schema. In de cognitieve psychologie is gedurende de afgelopen tien jaar het accent verschoven van algemene vaardigheden en algemeen toepasbare theorieën naar domein-specifieke kennis en oplossingsmethoden [Boshuizen, 1989, p.8-9]. Aanvankelijk werden puzzleachtige problemen onderzocht [De Jong, 1986, p.9] en de algemene principes die zijn waargenomen bij het oplossen daarvan hebben de cognitieve wetenschappers gestimuleerd tot het formeel beschrijven van probleemoplossen in termen van algemeen geldende modellen. De grote aandacht die er in deze wetenschapsdiscipline bestond voor deze modellen van algemeen probleemoplossen<sup>7</sup> is ook van invloed geweest op het onderwijsveld. Daar heeft men getracht de uitkomsten van de geleverde onderwijsinspan-

<sup>7</sup> Als een van de belangrijkste voorbeelden geldt de *General Problem Solver* van Ernst & Newell [1969] en Newell & Simon [1972].



ningen te verhogen door relatief meer aandacht te schenken aan de algemene principes voor probleemoplossen.

De resultaten van de experimenten met algemene probleemoplossingsmodellen en van daarop geënte onderwijsprogramma's hebben in de afgelopen jaren echter het belang benadrukt van de aandacht voor de gespecialiseerde kennis in relatie tot het oplossen van vakinhoudelijke problemen. Perkins en Salomon [1989, p.23] geven een overzicht van deze ontwikkelingen en concluderen tot de volgende synthese van algemene en gespecialiseerde kennis:

'In the synthesis cognitive skills do not function by somehow taking the place of domain specific knowledge, nor by operating exactly the same way from domain to domain. Rather cognitive skills are general tools in much the way the human hand is.'

'Likewise, general cognitive skills can be thought of as general gripping devices for retrieving and wielding domain specific knowledge, as hands that need pieces of knowledge to grip and wield and that need to configure to the kind of knowledge in question.'

'The fact remains, however, that most efforts to cultivate general cognitive skills have not focused on bringing together context-specific knowledge with general strategic knowledge.'

De analyses, waarvan in dit hoofdstuk verslag wordt gedaan, hebben betrekking op gespecialiseerde kennis en problemen van de uitvoering van bouwwerken. Deze analyses steunen echter op algemeen geldende principes voor het definiëren en klassificeren van kennis en problemen.

### 3.2 Representatie van kennis



Een functionele representatie van de definitie van kennis, gegeven in paragraaf 2.1, luidt:

$K = \{ \{ B = f(A_i) \} = \text{true} / \text{false} \}$ ,

waarin K kennis is;



B en  $A_i$  objecten zijn;  $1 < i < n$ ;

f() een functie is waarmee de relaties tussen B en  $A_i$  zijn beschreven.

In deze weergave wordt het element 'relatie' in de definitie een centrale plaats toegekend. Er bestaat geen kennis, K, bij een persoon indien bij deze niet bekend is of de relatie tussen A en B, aangegeven als functie, f(), 'waar' of 'niet-waar' is. Daarmee wil ik aangeven dat objecten, zoals een naam ('baksteen') of zoals een grafische afbeelding (  ) pas betekenis krijgen van kennis, zodra de relaties van deze objecten met andere wordt aangegeven (Kennis:'baksteen' =  is juist ).

### 3.2.1 Representatie van relaties

In het jargon van de expert-systemen [Hayes-Roth et al, 1983, p.284-285] en van de cognitieve psychologie in relatie tot probleemoplossen [Halpern, 1984, p.74] is het gebruikelijk om de functie (f) in voorgaande paragraaf) af te beelden als een complex van produktieregels: IF A<sub>i</sub> THEN B. Hiermee wordt in feite een striktere beperking gegeven voor het afbeelden van kennis in relatie tot probleem oplossen. Deze beperking is gelegen in de conditie die ten grondslag ligt aan deze vorm van regelrepresentatie: het is een representatie voor conditionele regels. In dit geval is A de conditie voor B. Voor de definitie van kennis in relatie tot de objectvoorbeelden in de voorgaande paragraaf leidt deze regelrepresentatie tot:

IF (((*'baksteen'* =  ) = juist) OF ((*'baksteen'* =  ) = onjuist )))  
THEN (Kennis).

Voor probleemoplossen impliceert het, dat B tot de oplossing behoort en A tot de voorwaarden waaraan de oplossing dient te voldoen.

Als meest elementaire representatie voor het element 'relatie' in de definitie van kennis wordt in deze studie gekozen voor '*Als A dan B*'. Meer complexe vormen van kennis in deze studie, bestaan dientengevolge uit systemen van deze elementaire regels en van objectrepresentaties. De regels kunnen ten behoeve van 'efficiency' of door representatie mogelijkheden binnen een 'vakjargon' verschillende verschijningsvormen hebben. Voorbeelden van regels uit de wiskunde zijn functies als: [IF (a,b,c,x) THEN (y=a+bx+cx<sup>2</sup>)] of [ IF (x) THEN (y=[x<sup>dx</sup>/dy]). Andere voorbeelden van regelrepresentatie zijn die van beslissingsbomen.

In de cognitieve psychologie is het gebruikelijk om regels te onderscheiden naar algoritmische regels en heuristische regels [Halpern, 1984, p.216-217]. Het criterium voor het onderscheid tussen die twee categorieën is de geldigheid van een gegeven regel. In de twee navolgende paragrafen wordt nader ingegaan op deze categorieën van regels.

### 3.2.2 Algoritmen

Een algoritme is een regel of een set van regels (procedure), die altijd zal leiden tot het correcte antwoord, indien de procedure exact wordt gevolgd. Een algoritmische regel is volledig geldig. Voor probleemoplossen betekent het dat er geen kans bestaat, dat in een gegeven probleemsituatie een dergelijke proce-

dure niet tot de juiste oplossing leidt [Mettes & Gerritsma, 1986, p.49-50]. Een voorbeeld van een algoritmische regel in de meetkunde luidt als volgt:

IF (a en b zijn de twee rechte zijden van een rechthoek en c is de hypothenusa) THEN ( $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ )

### 3.2.3 Heuristieken

De heuristiek is de wetenschap van het methodische zoeken. Een heuristische regel - of kortweg een heuristiek - moet worden begrepen als methodische zoekregel in een probleemoplossingsproces. Een dergelijke regel leidt niet noodzakelijk tot het juiste antwoord maar geeft een benadering daarvan. Dit betekent dat indien heuristische regels worden toegepast, bijvoorbeeld bij probleem oplossen, dat deze noodzakelijk vergezeld dienen te worden van expressies over de waarschijnlijkheid. Alle redeneerregels gebaseerd op statistische functies kunnen dientengevolge gekwalificeerd worden als heuristische regels. Als voorbeeld van een heuristische procedure noem ik het maken van een begroting voor de budgetvorming, zoals deze is beschreven door Poortman [1990, p.60]. Hierin is de begroting de som van de drie kostenposten 'directe projectvoorzieningen', 'indirecte projectvoorzieningen' en 'onvoorzien'. In het navolgende citaat uit dit werk zijn de heuristische regels weergegeven voor het afleiden van de post 'indirecte projectvoorzieningen' uit de post 'directe projectvoorzieningen'.

'De kosten van bouwkundige werken, installaties en vaste inrichtingen samen (de *directe projectvoorzieningen*), vormen slechts een deel van de totale bouwsom. Allerlei kosten die te maken hebben met de tijdelijke productieplaats, de organisatie op deze productieplaats en de algemene kosten (en winst van het bouwbedrijf) moeten er nog aan worden toegevoegd. Dit zijn de *indirecte projectvoorzieningen*. Ze worden uitgedrukt in een percentage van de directe projectvoorzieningen. De hoogte van dit percentage wordt mede bepaald door de situatie op de bouwmarkt. Voorzover duidelijk is dat zich daarin wijzigingen hebben voorgedaan, moeten die erin verwerkt worden. Omdat dit onderdeel van de begroting het karakter draagt van een reservering, is het gewenst hier zorgvuldig te werk te gaan en bij twijfel de veiligste weg te kiezen. Dat wil zeggen, liever een iets te hoog dan een te laag percentage.'

#### *Heuristieken als vuistregels.*

Met name in de wetenschap van de artificiële intelligentie wordt het begrip heuristische regel als synoniem gebruikt voor 'vuistregel'. Een overzicht van de betekenissen die in de loop der tijd zijn toegekend aan dit begrip wordt onder meer gegeven in het werk van Barr & Feigenbaum [1981, p.28-31] en van Mettes & Gerritsma [1986, p.53-56]. In deze studie reserveer ik de term vuistregel echter voor een specifieke representatie van ervaringskennis. Vuistregels

behoren tot de groep van heuristische regels, maar zijn daarvoor in deze studie geen synoniem. De betekenis van vuistregels als specifieke representatie van ervaringskennis wordt nader uiteengezet in hoofdstuk V.

### 3.3 Ordening van kennis

Voor het ordenen van kennis geldt in deze studie als doel: het kunnen inventariseren van de bedrijfsgebonden kennisvoorraden. Deze voorraden zijn in paragraaf 2.2.6 vanuit een economische optiek onderscheiden naar technische - en economische voorraden. Voor de technische kennisvoorraad zijn daarbij twee categorieën onderscheiden. Dit zijn de categorie van kennis die wel gebruikt wordt en de categorie van kennis die niet gebruikt wordt door de onderneming. De aanduiding 'gebruikte kennis' heeft hierbij de betekenis van kennis waarvoor een probleem kan worden aangewezen, dat met die kennis is opgelost. Voor problemen die wel bestaan binnen de onderneming, maar nog niet zijn opgelost, is het tot het moment van oplossing niet bekend welke kennis tot de oplossing leidt. Dit betekent dat ordening van kennis binnen de onderneming afgeleide is van de ordening van problemen die door de onderneming worden opgelost.

### 3.4 Ordening van problemen

Alvorens nader in te gaan op de ordeningen van problemen wordt eerst het begrip probleem verduidelijkt in relatie tot probleemstelling en oplossing. In de cognitieve psychologie is in de loop der tijd op verschillende wijzen het begrip 'probleem' beschreven. Een overzicht daarvan wordt onder meer gegeven door Halpern [1984, p.161]. Uit dit overzicht citeer ik de definitie van Hayes [1978, p.177]:

'If you want to do something but do not know how, then you have a problem. The problem is the gap that separates where you are from where you want to be.'

Boshuizen [1989, p.9] interpreteert de huidige opvatting van dit begrip als volgt: 'De stringente definitie dat een probleem slechts een probleem is als iemand er niet meteen een oplossing voor weet is daarbij losgelaten. Eigenlijk wordt probleem tegenwoordig gebruikt in de betekenis van niet-triviale taak.'

In het praktijk jargon van bouwbedrijven zullen voor begrippen als 'probleem' of 'niet triviale taak' meer gangbare expressies bestaan als bijvoorbeeld 'moeilijke klus' of 'ingewikkeld karwei'. In deze studie wordt voor het woord 'probleem' gekozen in de betekenis, zoals die door Hayes is bedoeld. In deze stu-

die maak ik expliciet onderscheid tussen de termen probleem en probleemstelling. Met de term probleem wordt bedoeld op een korte algemene beschrijving van een gewenste situatie.

De term *probleemstelling* reserveer ik voor de *gestructureerde beschrijving* van een probleem en die bestaat uit de elementen: *bestaande situatie* en *gewenste situatie*. Tot de bestaande situatie behoren alle gegevens (observaties, toestanden) die de probleemoplosser in beschouwing neemt voor het genereren van de oplossing. De bestaande situatie is concreet in tegenstelling tot de gewenste situatie, welke een concept is. Een concrete representatie van dit concept wordt kortweg aangeduid als een *oplossing*. Het proces dat leidt van de bestaande situatie tot de concretisering van de gewenste situatie is het *oplossingsproces*. Wanneer in het oplossingsproces voor een gegeven probleemstelling meer dan één mogelijke oplossing bestaat dan vormen die mogelijkheden de *oplossingenverzameling*.

Zoals betoogd in voorgaande paragraaf vormt de ordening van problemen de basis voor de ordening van kennis in een bedrijf. Hiertoe worden problemen praktisch geordend naar individuele kennisdomeinen. Vervolgens wordt een theoretische indeling gegeven van problemen binnen de context van een domein. Voor deze indeling worden, analoog aan die voor regels, twee hoofdcategorieën van respectievelijk algoritmisch oplosbare - en heuristisch oplosbare problemen onderscheiden. Tenslotte wordt de kennisordering binnen de context van een probleem beschreven.

### **3.4.1 Domeinen van problemen**

Een kennisgebied is een hoeveelheid samenhangende kennis. Het begrip 'domein' wordt binnen het jargon van de artificiële intelligentie gebruikt om relatief kleine welbeschreven kennisgebieden aan te duiden binnen een groter kennisgebied. Zo behoren bijvoorbeeld de kennisgebieden van constructief ontwerpen, uitvoeringstechniek, bouwfysica en architectonisch ontwerpen tot de bouwkunde. Binnen het kennisgebied van de uitvoeringstechniek kunnen vervolgens domeinen worden aangewezen van onder andere bekistingstechniek, kostenbeheersing, planning, werkorganisatie en maatbeheersing.

Daar in de literatuur niet expliciet melding wordt gemaakt van de grootte van een domein (er wordt gesproken van grote en kleine domeinen), wordt binnen de context van deze studie ervoor gekozen kennisdomeinen te relateren aan personen. Dit betekent dat een kennisdomein bestaat uit (gespecialiseerde)

kennis van een (gespecialiseerde) medewerker in het bedrijf. De omvang en inhoud van een individueel kennisdomein wordt gevonden door inventarisatie van problemen die door de persoon in kwestie zijn opgelost binnen zijn of haar functie in het bedrijf.

### **3.4.2 Categorie van algoritmisch oplosbare problemen**

Dit zijn problemen waarvan bekend is dat er tussen probleem en oplossing wetmatige relaties bestaan. Hiertoe behoren onder meer problemen, waarvoor in eerste instantie op heuristische wijze een oplossing is gegenereerd, die in tweede instantie met algoritmische regels van de fundamentele wetenschappen, zoals wiskunde en natuurkunde, als juist bewezen kan worden.

### **3.4.3 Categorie van heuristisch oplosbare problemen**

Hiermee worden die problemen bedoeld die niet uitsluitend door algoritmische regels kunnen worden opgelost. Er bestaan voor deze problemen geen wetmatige ('bewezen') relaties tussen probleem en oplossing. Deze categorie wordt ingedeeld naar:

- a. problemen, waarvoor de probleemstellingen niet voldoende exact beschreven zijn,
- b. problemen met exact beschreven probleemsituaties, waarvoor er meerdere arbitraire (gelijkwaardige) oplossingen bestaan,
- c. synthese problemen.

Ad a. Indien de probleemstelling niet voldoende exact is beschreven dan betekent het, dat er gegevens ontbreken aan de beschrijvingen van de bestaande situatie en / of van de gewenste situatie. De aanduiding 'niet voldoende exact' impliceert dat er voor deze categorie een graduele indeling gemaakt kan worden, van 'helemaal-niet-beschreven' tot 'vrijwel-exact-beschreven'. Halpern [1984, pp.165-166] spreekt in dit verband van problemen die 'ill-defined' (versus 'well-defined') zijn, maar beperkt zich hierbij tot het aangeven van de hoedanigheid van de gewenste situatie in de probleemstelling <sup>8</sup>.

Het begrip 'ill-defined' is in deze studie van toepassing op zowel de hoedanigheid van de bestaande situatie als de hoedanigheid van de gewenste situatie

---

<sup>8</sup> 'In ill-defined problems, the goal may be vague or incomplete, which makes the generation of solution paths difficult and their evaluation even more difficult. One of the best ways to approach ill-defined problems is to make the goal explicit.'

('goal'). Dit betekent dat een probleemstelling eveneens 'ill-defined' is als de gewenste situatie voldoende exact beschreven is, doch de bestaande situatie onvoldoende exact beschreven is. Als voorbeeld hiervan noem ik de situatie waarin een architect een concreet beeld heeft van een te ontwerpen gebouw, zonder eerst voldoende nauwkeurig het programma van eisen van de opdrachtgever te kennen.

Voor het oplossen van 'ill-defined' problemen wordt een proces geactiveerd, dat in eerste instantie tot doel heeft het probleem voldoende exact te beschrijven. Het probleem is daarna 'well-defined'. Pas dan kan, in tweede instantie, duidelijk worden of het probleem algoritmisch oplosbaar is of dat er sprake is van een probleem waarvoor op arbitraire wijze een oplossing moet worden gekozen of dat er sprake is van een synthese probleem.

Ad b. Er is sprake van een arbitrair keuzeprobleem indien het oplossingsproces voor een probleemstelling niet leidt tot een enkele oplossing, maar tot een oplossingenverzameling. Of een probleem al dat niet arbitrair oplosbaar is hangt daardoor af van het standpunt dat wordt ingenomen over het einde van het oplossingsproces.

Bij de ontwikkeling van een artefact zoals bijvoorbeeld een bouwwerk, gebeurt het geregeld dat de probleemsteller, bijvoorbeeld diegene die opdracht tot planontwikkeling geeft aan de architect, details van de probleemstelling niet nader wenst uit te werken of niet kan uitwerken. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer in een programma van eisen de vormgevingsdetails niet nader gespecificeerd zijn, maar dat slechts een kostenkader is aangegeven waarbinnen een en ander moet worden gerealiseerd. De opdrachtgever kan dergelijke details van de uiteindelijk geboden oplossing als arbitrair beschouwen en nodigt de architect uit tot het maken van keuzes. In feite is het gestelde probleem 'ill-defined', wanneer men dit beschouwt vanuit het standpunt van de architect. Vanuit het standpunt van de opdrachtgever bestaan dergelijke arbitraire keuzes ook ten aanzien van de uitvoering van het bouwwerk. In feite is de opdrachtgever uitsluitend geïnteresseerd in de oplevering van het bouwwerk dat voldoet aan budget, opleverdatum en aan de specificaties van ontwerp en bestek. Keuzes ten aanzien van bijvoorbeeld het aantal bouwkransen of bouwstromen voor de uitvoering zijn voor de opdrachtgever arbitrair.

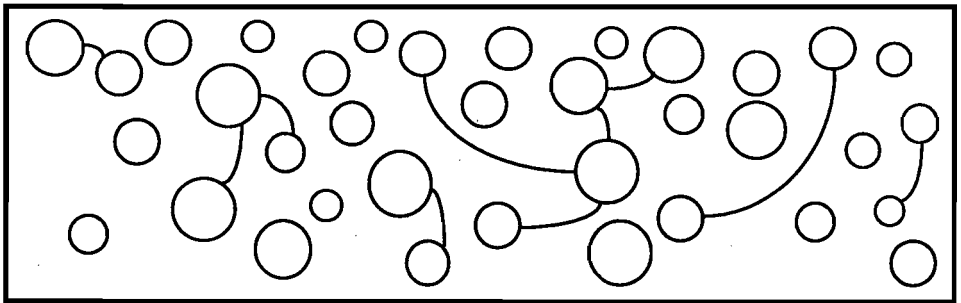
Ad c. Er is sprake van een synthese probleem, indien uit de beschrijving van de gewenste situatie kan worden afgeleid dat in feite meerdere 'deelproblemen' kunnen worden onderscheiden, die binnen de context van de probleemstelling gelijktijdig en integraal tot oplossing (...synthese) moeten worden ge-

bracht. Syntheseproblemen zijn problemen, waarvoor een oplossing moet worden ontworpen. Daarbij zijn er tussen probleem en oplossing geen wetmatige 'bewezen' relaties. De oplossingen van problemen, die voortkomen uit het maken van bijvoorbeeld een gebouwoontwerp [Boekholt, 1985, p35-39], een projectorganisatie of een bouwplanning, zijn dientengevolge nooit bewijsbaar juist, hooguit zeer waarschijnlijk juist.

### 3.5 Ordening van kennis binnen de context van een probleem

#### *Kennisdelen en kennistoestand*

Vaags [1975, pp.95 e.v.] beschrijft het volgende experiment. In een leerproces worden studenten geen problemen aangeboden, maar een 'verzameling van elementaire kennisdelen' die een gegeven kennisgebied representeert. Dit gebeurt in een aantal verschillende collegecycli. De toestand van de verzameling kennisdelen, de 'kennistoestand', na het bedoelde leerproces, geef ik weer in figuur 3.2. De kennisdelen in deze figuur (de 'bolletjes') zijn nog niet of nauwelijks gerelateerd. In deze toestand bestaan er mogelijk clusters van elementaire kennisdelen, maar er is nog geen sprake van een werkend (kennis) systeem<sup>9</sup>.



Figuur 3.2. Afbeelding van een verzameling kennisdelen als kennistoestand vóór dat het probleem is opgelost.

Daartoe zijn in de bedoelde cycli immers geen instructies gegeven. De elementaire kennisdelen worden in het jargon van de cognitieve psychologie wel aan-

---

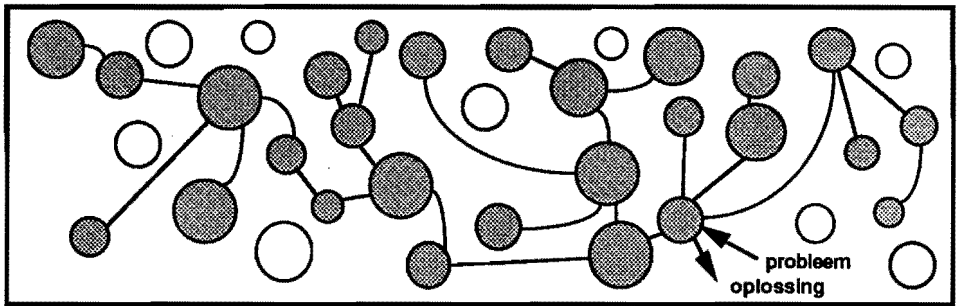
<sup>9</sup> Systeemcomponenten worden onderscheiden naar relaties en objecten, zoals functies of processen [De Leeuw, 1973]. Een systeem is een verzameling objecten, die onderling verbonden zijn en gezamenlijk een zinvolle functie hebben. Relaties worden vervolgens ingedeeld naar interne en externe relaties. Externe relaties bestaan tussen het systeem en zijn omgeving en worden onderscheiden naar input en output van het systeem. De verzameling van de interne relaties heet de (interne) structuur.



geduid met 'knowledge chunks' <sup>10</sup>.

Na afloop van het leerproces worden aan de studenten problemen voorgelegd ter oplossing. Hierbij is gegeven dat de problemen 'well-defined' zijn, oplosbaar zijn, tot de categorie van algoritmisch oplosbaar behoren en dat voor ieder probleem slechts één oplossing bestaat. Voorts is aan de probleemsteller bekend, dat voor het oplossen van die problemen het noodzakelijk is de kennis die aangeboden is in de verschillende collogecycli simultaan toe te passen of anders gezegd: te integreren. Vaags is bij dit experiment onder meer geïnteresseerd in de wijze waarop de kennis wordt geactiveerd voor de oplossing van de gegeven vraagstukken.

Nadat het probleem is opgelost en de oplossing als juist is gekwalificeerd, is er sprake van een andere toestand van de verzameling elementaire kennisdelen. Deze tweede 'kennistoestand' kan beschreven worden in termen van een werkend systeem. De logische beschrijving van het systeem is gebaseerd op de analyses van input en output<sup>11</sup>. Dit heb ik weergegeven in figuur 3.3. De elementaire kennisdelen zijn gerelateerd en vervullen gezamenlijk een zinvolle functie; er is een systeem geconstelleerd dat specifiek is voor het oplossen van het gestelde probleem. Men zou ten aanzien van deze toestand ook kunnen spreken van een kennisnetwerk en dan meer in het bijzonder van een 'gericht netwerk'.



Figuur 3.3. De kennistoestand nadat het probleem is opgelost. Geselecteerde kennisdelen zijn geconstelleerd tot een specifiek probleemoplossend systeem.

<sup>10</sup> Miller [1965] beschrijft als een van de eersten hoe respondenten verzamelingen van onderling gerelateerde gegevens ('bits') construeren in het geheugen en noemt deze relatief kleine kennisdelen 'chunks'.

<sup>11</sup> DeMarco [1979, p.27-28] maakt onderscheid tussen een logische - en een fysieke beschrijving van een systeem. De logische beschrijving heeft tot doel te verklaren 'WAT' het systeem doet door uitsluitend de verschillen te analyseren tussen input en output van het systeem. De fysieke beschrijving verklaart het 'HOE' van een systeem door de middelen te analyseren, waarmee het systeem werkt.

### *Kennis en meta-kennis*

De oplossingsprocessen voor dergelijke problemen kunnen als volgt worden beschreven. Het is zeker dat de problemen in grote mate nieuw waren voor de groep respondenten en dat er nog geen sprake is van ervaring met het oplossen van de gegeven problemen<sup>12</sup>. Uit de gegeven verzameling van elementaire kennisdelen (verworven door onderwijs in de bedoelde collegecycli) worden selecties gemaakt van relevante kennisdelen. Voor ieder probleem wordt op deze wijze een 'deelverzameling' van elementaire kennisdelen gecreëerd. Simultaan aan de selectie van kennisdelen vindt een ordening plaats van deze kennisdelen tot een complexe constellatie: de kennisdelen worden niet alleen geselecteerd maar eveneens gerelateerd.

Het activeren van de bedoelde kennisdelen kan alleen worden verklaard vanuit het bestaan van meta-kennis<sup>13</sup>. De kwalificatie 'meta-kennis' ('naast-kennis') is relatief. Vanuit de optiek van het oplossen van het probleem kan de kennis, die is gebruikt voor het operationaliseren van beschikbare theoretische kennis, worden aangewezen als meta-kennis. Volgens deze interpretatie is meta-kennis samengesteld uit selectieregels, constellatieregels en besturingsregels waarmee het proces van simultane selectie en constellatie wordt gestuurd<sup>14</sup>.

Een andere typering van meta-kennis in relatie tot de kennis voor het oplossen van een probleem wordt impliciet gegeven door Boekholt [1985, pp.30-43]. Deze typering bestaat uit de vaststelling, dat problemen alleen dan opgelost kunnen worden als het probleem duidelijk gestructureerd ('well-structured') is. Volgens die interpretatie van probleemoplossen, wordt het oplossingsproces beschouwd als een structureringsproces, waarin het probleem wordt getransformeerd van 'ill-structured' naar 'well-structured' (zie paragraaf 3.4.3). Metakennis heeft volgens die interpretatie de betekenis van 'structureringskennis'. Een 'well-structured' probleem kan worden beschouwd als een probleem waarvoor een globaal, niet-specifiek probleemoplossend proces bestaat. Daarmee wordt

---

<sup>12</sup> Sternberg [1985, p.69] spreekt in dit verband van 'nonentrenched problems' en verbindt de vaardigheden voor het oplossen van dergelijke problemen aan intelligentie.

<sup>13</sup> 'We also use *knowledge about what we know*, called *meta-knowledge*. For example, we often know about the extent and origin of our knowledge of a particular subject, about the reliability of certain information, or about the relative importance of specific facts about the world. Meta-knowledge also includes what we know about our own performance as cognitive processors: our strengths, weaknesses, and feelings of progress during problem solving.' [Barr & Feigenbaum, 1981, pp.144-145]

<sup>14</sup> De Jong [1986, pp.26-30] onderscheidt declaratieve kennis als theoretische vakkennis naast 'probleemoplossingskennis' (de meta-kennis) binnen de context van een vakgebied. Deze laatste categorie wordt ingedeeld naar kennis van probleemsituaties, procedurele kennis en strategische kennis.

als het ware de geschikte infrastructuur voor het ontwikkelen van een oplossing geboden.

Boekholt concludeert tot een lijst met vragen volgens welke de status quo van het oplossingsproces voor een bouwkundig ontwerpprobleem kan worden getoetst. Worden alle vragen bevestigend beantwoord, dan is de status 'well-structured'. Het probleem is dan weliswaar nog niet opgelost, maar als het ware 'ge-reed' voor oplossing.

### **3.6 Analyse van probleemoplossen**

Het oplossen van problemen wordt in deze studie nader geanalyseerd met tot doel een ordening van kennisdelen te beschrijven. Het uitgangspunt voor deze ordening wordt gevormd door de kennistoestand na oplossing van een probleem: de toestand waarin een probleemoplossend systeem is gevormd. De analyses gaan uit van het in paragraaf 3.4 gegeven onderscheid naar probleemcategorieën.

In oplossingsprocessen staat het 'zoeken' centraal, daarom worden eerst zoekstrategieën beschreven, die onafhankelijk van de categorie van problemen kunnen worden onderscheiden. Daarna volgen de analyses van probleemoplossen, ingedeeld naar de bedoelde categorieën.

#### **3.6.1 Zoeken en probleemoplossen**

Voor het oplossen van problemen wordt simultaan naar kennisdelen gezocht en naar een voldoende bruikbare 'constellatie' of 'structuur'. Vervolgens wordt op basis van deze structuur de uiteindelijke oplossing gezocht. Het zoeken kan natuurlijk volledig ongecontroleerd plaats vinden door willekeurig uit een verzameling van mogelijkheden een keuze te maken en dit net zo lang te herhalen tot een keuze wordt 'geprikt', welke als oplossing voldoet aan het probleem. Men zou hierbij kunnen spreken van een 'wild zoeken' en dit kunnen vergelijken met een 'drunkards walk' [Forsyth & Naylor, 1985, p.138]. Het zoeken in een doolhof is hiervan een voorbeeld.

Gestructureerde zoekprocessen zijn uiteraard meer efficiënt. Voor het structureren van zoekprocessen bestaat een aantal algemeen geldende strategieën. Algemeen in die zin dat ze niet context gebonden zijn. Wel is het zo dat voor een specifieke probleemstelling binnen een gegeven context er een meest efficiënte zoekstrategie of een meest efficiënte combinatie van zoekstrategieën kan bestaan. Als belangrijkste zoekstrategieën worden door Forsyth & Naylor [1985,

p.138] en door Barr & Feigenbaum [1981, p.46 e.v.] onderscheiden: het *systematische* zoeken en het *geleide* - of *heuristische* zoeken. Daarnaast wordt, als min of meer zelfstandig onderdeel van het heuristische zoeken, door Carbonell [1986, p.371-390] het *analoge* zoeken beschreven.

### *Het systematische zoeken*

De oplossingenverzameling wordt volgens een vast plan afgetast. Een illustratie hiervan is het zoeken naar een kontaktlens (de 'oplossing'), die op de grond gevallen is in een kamer. Tot de oplossingenverzameling behoort elk mogelijk plekje op de vloer van de kamer. Een vast plan voor het zoeken naar de lens is om midden in de kamer te beginnen en volgens steeds groter concentrische cirkels de vloer af te tasten. Het beeld van een kamer of een ruimte, waarin de probleemoplosser zich fysiek beweegt, wordt ook in overdrachtelijke zin gebruikt. In de literatuur vindt men geregeld als metafoor voor zoeken: 'het doorkruisen van een oplossingen-ruimte'.

### *Het geleide-zoeken*

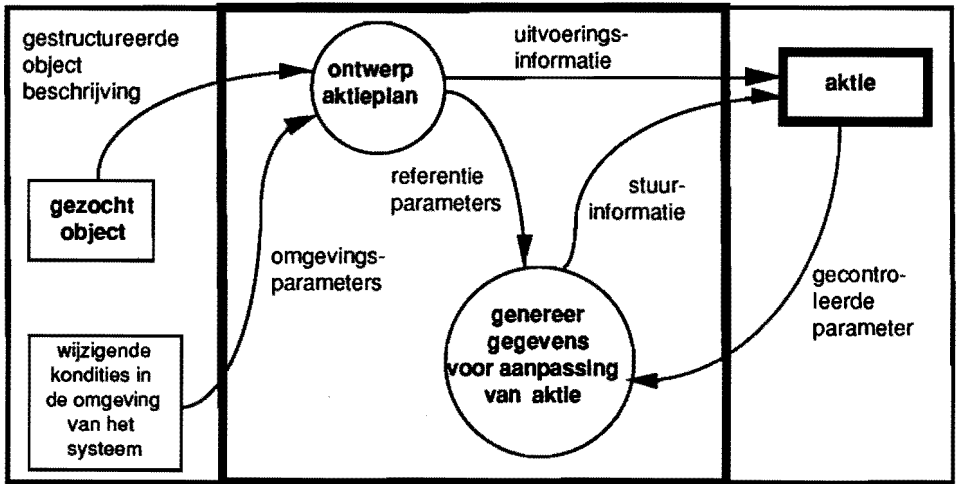
Bij deze zoekstrategie bestaat er een zogenaamde 'feedback' functie. Deze functie, al dan niet samengesteld uit algoritmische en / of heuristische regels, stuurt het zoeken binnen de gegeven oplossingenverzameling [Frost,1986, p.259]. Na elke zoekactie (iteratie in het zoekproces) vindt er een evaluatie plaats, waarbij in eerste instantie wordt vastgesteld of de afstand tussen de actuele status van de oplossing en de gewenste situatie groter of kleiner is geworden. Vervolgens wordt de 'koers' gekorrigeerd, die binnen de 'oplossingen-ruimte' wordt gevolgd.

Als voorbeeld hiervan kan het volgende zoekspelletje genoemd worden. Kinderen noemen dit wel het 'warm-koud' spelletje. Eén van hen verstopt een voorwerp in een kamer. Een ander moet trachten dit voorwerp te vinden. Met de woorden 'warm' en 'koud' vertellen de andere kinderen aan het zoekende kind of het respectievelijk dichterbij of verderaf van het voorwerp geraakt en door deze 'feedback' wordt het uiteindelijk naar het voorwerp geleid.

Een bijzondere vorm voor het besturen van het geleide zoeken is de 'adaptieve feedback'. Voorbeelden van adaptieve feedback vindt men niet alleen bij besturingsvraagstukken van ingewikkelde machines, zoals vliegtuigen, maar dergelijke controle strategieën treft men onder meer ook aan bij complexe besturingsvraagstukken van industriële productieprocessen. Adaptieve feedback wordt ook wel omschreven als een 'self-optimizing' controle [Groover, 1980, p.275]. In figuur 3.4 is een schematische weergave gegeven van een adaptief controle

stelsel.

Een voorbeeld van zoeken, geleid door adaptieve controle is het zoeken naar de gewenste bouwplanning. Het gezochte object is een planning, die voldoet aan een aantal 'wensen' (voorwaarden, eisen) voor de uitvoering van een bouwproject. Op basis van alle relevante gegevens op tijdstip (t) wordt een planning gezocht; er wordt een actieplan gemaakt. De resultaten van de uiteindelijke actie worden vergeleken met de geprognostiseerde resultaten in het actieplan. Op basis van die vergelijking wordt stuurinformatie gegenereerd. Tot zoverre is er slechts sprake van een reguliere feed-back functie. Door een gewijzigde omgeving op tijdstip (t+1) dient het oorspronkelijke actieplan te worden gewijzigd. Voor de uitvoering van bouwwerken is er sprake van een omgeving die continu verandert. Daardoor is het voortdurend nodig de uitvoeringsinformatie te wijzigen en voortdurend te toetsen aan nieuwe referentiegegevens. Adaptieve controle betekent dat de actie continu wordt geoptimaliseerd op basis van de actuele condities teneinde de 'gewenste' bouwplanning te benaderen.



Figuur 3.4. Principe schema voor een adaptief controle systeem. De pijlen in de figuur geven de gegevensstromen weer. De 'bollen' representeren de gegevensverwerkende processen binnen het systeem en met de 'blokken' zijn de input en output aangegeven.

### Het analoge-zoeken

Bij het analoge zoeken naar een oplossing voor een gegeven probleemstelling wordt gezocht naar overeenkomstige probleemstellingen van reeds eerder opgeloste problemen [Carbonell,1986, p.371-390]. Er wordt een verzameling gegenereerd van analoge probleemstellingen. Daaruit wordt vervolgens die probleemstelling geselecteerd, die de grootste mate van gelijkenis vertoont met de

actuele probleemstelling. Daarna wordt de oplossing die behoort tot de geselecteerde probleemstelling getransformeerd naar de actuele situatie. Het transformeren van oplossingen voor problemen is gebaseerd op een redeneervermogen van de mens waarin representaties van concrete objecten worden gereduceerd tot representaties van concepten.

In de operationele situatie van het uitvoerende bouwbedrijf (project gericht productie bedrijf) komt het merendeel van de op te lossen problemen voort uit de realisatie van een bouwwerk. Deze problemen vertonen belangrijke overeenkomsten met die van eerder gerealiseerde of simultaan te realiseren bouwwerken. Daarom kan de strategie van probleemoplossen voor de uitvoeringsfase van het bouwwerk worden getypeerd als het zoeken naar analoge probleemstellingen.

#### *Gecombineerde zoekstrategieën*

In de praktijk van het probleem-denken kan er sprake zijn van een oplossingsmethode, die in feite bestaat uit een combinatie van de hierboven beschreven zoekstrategieën. Zo zal men bij wetenschappelijk onderzoek in het algemeen een fase of tracee van systematisch zoeken kunnen waarnemen, waarbij literatuuronderzoek en archeologisch veldonderzoek als voorbeelden kunnen worden genoemd. Het formuleren van de probleemstellingen wordt meestal gekenmerkt door iteratie volgens een geleid zoeken; een gegeven probleemstelling wordt getoetst op zijn waarheidsgehalte en zondig aan de hand van aanvullend onderzoek aangescherpt.

### **3.6.2 Het oplossen van algoritmisch oplosbare problemen**

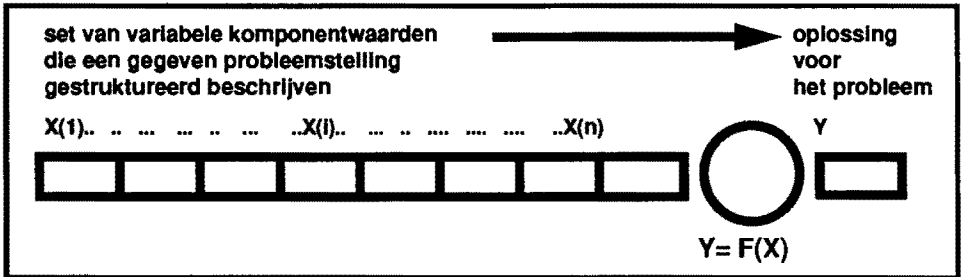
In paragraaf 3.4 van deze studie is de probleemstelling gedefinieerd als de gestructureerde beschrijving van de bestaande situatie en van de gewenste situatie van het probleem. Aan de hand van een voorbeeld zullen deze gestructureerde beschrijvingen worden verduidelijkt.

Bij diagnose problemen in de medische wetenschap wordt aan een ziektebeeld een naam toegekend. De beschrijving van het ziektebeeld wordt gegeven door een aantal gemeten waarden voor condities als bijvoorbeeld lichaamstemperatuur, bloeddruk en hartfrequentie. Dergelijke condities benoem ik in meer algemene termen voor probleemoplossende systemen als de *komponenten* van de bestaande situatie. De gestructureerde beschrijving van de bestaande situatie bestaat uit een verzameling eenduidig benoemde (probleem-) componenten met een actuele waarde (of verzameling van actuele waarden)

voor elke benoemde component. De gewenste situatie, de gezochte oplossing, is de naam voor dit ziektebeeld. De naam of identiteit of klasse kan voor een dergelijk diagnoseprobleem worden beschouwd als een symbolische representatie voor een specifieke set van componentwaarden van de bestaande situatie.

Het specifieke probleemoplossende systeem, dat behoort tot de identiteit van het ziektebeeld, bestaat uit de beschrijving van die identiteit en de verzameling beschreven probleemcomponenten met de daarvoor gemeten specifieke waarden. Wanneer zowel probleemcomponenten als de oplossing als variabelen zijn beschreven en er regels bestaan voor de relaties tussen de probleemcomponenten en de oplossing, dan is een dergelijk probleemoplossend systeem niet-specifiek voor één probleemstelling, maar geldig voor een groep overeenkomstige diagnoseproblemen.

Bij een specifieke set waarden voor de probleemcomponenten leidt de regelset of functie tot een specifieke oplossing. De representatie hiervan is weergegeven in figuur 3.5. Deze weergave, volgens beschrijvingen van probleemcomponenten, van componentwaarden, van relaties en van oplossingenverzameling, vormt de basis voor kennisordening binnen de context van algoritmisch oplosbare problemen.



Figuur 3.5 De oplossing van een diagnose probleem wordt algoritmisch gevonden volgens de functie waarmee de relaties zijn vastgelegd tussen componenten van de probleemstelling en de verzameling van oplossingen.

### Heuristieken voor algoritmisch oplosbare problemen

Een tweede voorbeeld van het oplossen van een diagnose probleem luidt als volgt. Van een type stoomketel is een groot aantal vervaardigd en geplaatst bij cliënten. In geval van een storing aan die ketel, bestaan er slechts een beperkt aantal mogelijke oorzaken die de storing kunnen hebben veroorzaakt (bijvoorbeeld 40 mogelijke oorzaken). De leverancier heeft in dit voorbeeld een gespe-

cialiseerde monteur in dienst, die is opgeleid om de storingen aan die ketel te kunnen vaststellen en vervolgens te kunnen herstellen. De kennis waarover deze persoon beschikt kan men beschrijven in termen van een aantal heuristische regels, volgens welke hij de ketel onderzoekt en repareert. Met deze heuristische regelset is de algoritmische oplossingsfunctie,

'soort\_storing=f(toestand\_komponent<sub>1,...,i,...,n</sub>)',

gereduceerd tot enkele korte regels. Deze zijn gebaseerd op waarnemingen bij eerder opgeloste storingen. Daaruit is geconcludeerd, dat de oplossing ('soort\_storing') voldoende betrouwbaar kan worden vastgesteld door te letten op slechts een beperkt aantal probleemcomponenten. De specifieke oplossing die gevonden wordt kan achteraf met algoritmische regels formeel worden getoetst. De heuristische regels geven de probleemoplosser als het ware een betrouwbare hint voor een oplossing. Deze strategie voor het oplossen van algoritmisch oplosbare problemen, wordt beschreven als 'backwards-reasoning' [Barr & Feigenbaum, 1981, pp.23-25]. Er is sprake van 'forwards-reasoning' als de algoritmische oplossingsfunctie volledig wordt toegepast. De juistheid van de daarmee gegenereerde oplossing behoeft niet meer getoetst te worden.

### **3.6.3 Het oplossen van heuristisch oplosbare problemen**

In paragraaf 3.4.3 zijn drie subcategorieën onderscheiden voor de heuristisch oplosbare problemen. De eerste noodzakelijke stap in het oplossingsproces van deze groep problemen is het vaststellen of het probleem 'well-defined' is. Indien het probleem 'ill-defined' is volgt een proces, waarin het op heuristische wijze voldoende 'well-defined' wordt gemaakt. Het volgende onderdeel van dit oplossingsproces is in paragraaf 3.5 gekarakteriseerd als het structureren van het probleem (zie 'meta-kennis en probleemstructurering'). Nadat de status van een 'well-structured' probleem is bereikt, kan worden vastgesteld of het probleem door arbitraire keuzes, door synthese of uitsluitend door algoritmen wordt opgelost.

Het oplossen van synthese problemen bekleedt een centrale plaats in het kennisgebied van de uitvoering van bouwwerken en meer in het algemeen in de gebieden van toegepaste technische wetenschappen. Deze problemen komen voort uit het creëren van gewenste 'nieuwe' artefacten. De gezochte oplossingen voor deze problemen kunnen in algemene zin worden betiteld als ontwerpen. Hierbij moet men bijvoorbeeld denken aan ontwerpen voor bouwplanningen, voor uitvoeringsmethoden, voor financieringsplannen, voor werkorganisaties of voor materieel. De ordening van kennis binnen de context van proble-



men wordt daarom in deze studie nader uitgewerkt op basis van de analyses van synthese problemen.

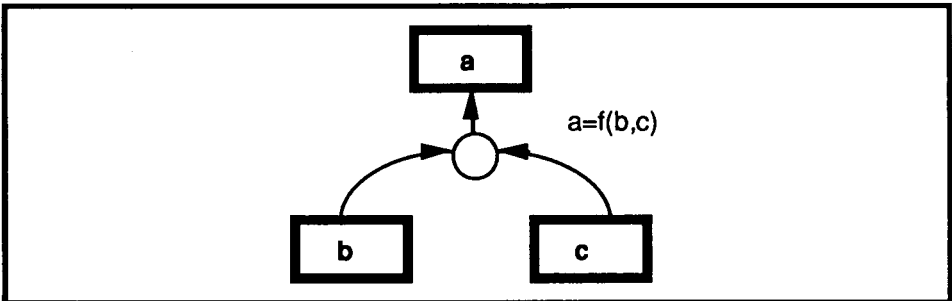
### 3.7 Het oplossen van synthese problemen

#### *Representatieconventies en analyse-strategie*

Voor de modelmatige representatie van een kennisconstellatie die ontstaan is door het oplossen van een bepaald syntheseprobleem, worden in deze studie een aantal conventies (tekenafspraken) gehanteerd. Deze conventies kunnen worden onderscheiden naar de grafische weergave van de entiteiten die in het model gebruikt worden en naar de inhoudelijke betekenis van het model.

De grafische conventies luiden als volgt:

- de componenten zijn weergegeven door rechthoekige blokken
- de relaties tussen de componenten bestaan in de vorm van functies (regelsets) en zijn weergegeven door kleine cirkels
- de pijlen in de figuur geven globaal de samenhang aan tussen componenten; in detail wordt deze samenhang weergegeven door de beschrijving van de inhoud van de functies



Figuur 3.6 Conventies waarmee de samenhang tussen oplossing en probleemstelling is weergegeven. De oplossing is een functie van de probleemstelling;  $a=f(b,c)$ .

In figuur 3.6 zijn deze conventies weergegeven. In dat voorbeeld bestaat de oplossing uit één component (a) en de probleemstelling uit twee componenten (b en c: een bestaande en een gewenste situatie). De conventies voor een beschrijving van de inhoud van de functie zijn gebaseerd op het gebruik van 'pseudo' code. Een voorbeeld van een toepassing van een dergelijke gestructureerde taal is gegeven in figuur 3.7.

Een belangrijke inhoudelijke conventie is gelegen in de *richting* van de pijlen, die gebruikt zullen worden in de navolgende analyseschema's. Met de richting

van de pijlen is impliciet de 'strategie' van de analyse aangegeven. Deze strategie is afgeleid van het doel van de analyse. Dit is aangegeven in paragraaf 3.3 en luidt: representatie van de kennisconstellatie voor een *opgelost* probleem. Om dit doel te bereiken wordt, beginnende bij de uiteindelijke oplossing, stap voor stap terugwaarts gezocht naar de voorafgaande omstandigheden in het oplossingsproces<sup>15</sup>.

```

zet de beginstelling op;
vraag wie wit heeft;
  als de tegenstander wit heeft dan
    [ zet <--- bedenk zet
      speel (zet)
      stelling;
    ]
  zolang de partij niet is afgelopen doe
    [ zet <--- accepteer een zet
      speel (zet)
      stelling;
      als de partij niet is afgelopen dan
        [ zet <--- bedenk een zet
          speel (zet)
          stelling
        ]
    ]
  
```

Figuur 3.7 Voorbeeld van functiebeschrijving in pseudocode binnen de context van het oplossen van een schaakprobleem. (naar Van Diepen [1986]).

De analyse-strategie, waarbij de uitsplitsing (decompositie) van een systeem in kleinere deelsystemen wordt gegeven door vanuit de 'output' te zoeken naar de 'input' heet *precedentie-analyse*. Voorbeelden van toepassingen van deze strategie vindt men onder meer in het werk van Bemelmans [1987] en Ishikawa [1972] voor respectievelijk het genereren van een besteladvies aan een inkoopafdeling en voor het opstellen van 'cause-and-effect' diagrammen.

Volgens de precedentie-analyse, zoals die in deze studie tot uiting is gebracht, kan elke te onderscheiden komponent slechts door één functie worden 'vooraf gegaan'. Dit betekent in andere woorden, dat een functie specifiek behoort tot één komponent en er dus voor elke afzonderlijke komponent slechts één functie kan bestaan. Met de beschrijving van de functie wordt vastgelegd hoe de hoedanigheid van de 'resulterende' komponent het gevolg is van de hoedanig-

<sup>15</sup> De 'means-ends' analyse [Halpern, 1984, p.182 ] is daarentegen een *voorwaarts* gerichte analyse-strategie. Zonder dat de uiteindelijke oplossing bekend is, worden in de 'means-ends' analyse 'sub-doelen' gesteld in algemene termen. Daarmee wordt getracht stap voor stap het einddoel te concretiseren.

heid van een aantal andere, 'precederende' toestanden van componenten. Schematisch betekent het dat iedere component maar één inkomende pijl heeft, die van de functie, maar meerdere uitgaande pijlen kan hebben. Voor het weergeven van de richting van het terugwaartse zoeken in de schema's is gekozen voor 'van-boven-naar-beneden' ('top-down'). De analyseschema's, die zijn afgebeeld in de figuren 3.8 en volgende, moeten volgens die conventie worden gelezen. In een dergelijk schema wordt het begin van de analyse, het bovenste object in het schema, gegeven door de beschrijving van een component. Deze is ofwel de uiteindelijke oplossing, ofwel één van de samenstellende delen daarvan.

### *De oplossing*

De oplossing voor een synthese probleem, het gewenste artefact, is samengesteld uit deeloplossingen die integraal en mogelijk simultaan tot stand zijn gekomen. Deze deeloplossingen noem ik de componenten van de oplossing. De gestructureerde beschrijving van deze oplossing komt als volgt tot stand. Van het artefact worden alle te onderscheiden oplossingscomponenten met hun onderlinge relaties stuk voor stuk eenduidig beschreven in de vorm van concepten. Vervolgens wordt voor elk concept de concrete vorm of 'waarde' beschreven. Een voorbeeld van een conceptbeschrijving van een oplossingscomponent is: 'ploeggrootte\_vloerstorsten', dat behoort tot de oplossing:

'bouwplanning\_voor\_projekt\_AA'.

De concrete waarde van deze component luidt bijvoorbeeld: '3\_werkers'.

Een artefact wordt in deze studie beschouwd als samengesteld uit kleinere delen of componenten. Om de betekenis van een gegenereerde oplossing voor een syntheseprobleem te verduidelijken wordt onderscheid gemaakt tussen een artefact dat niet eerder bestond en een artefact dat wel reeds bestond, maar dat nog niet bekend was als oplossing voor een actueel probleem. Een nieuw artefact kan in vier verschillende opzichten nieuw zijn:

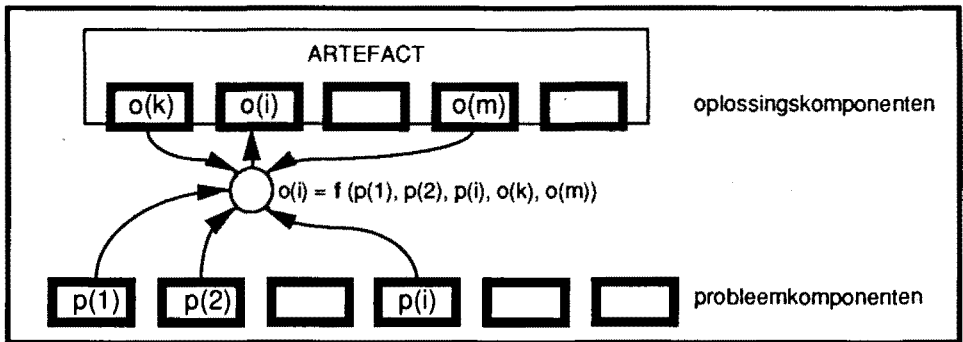
- een nieuwe onderlinge samenstelling, constellatie, van de oplossingscomponenten, zonder dat de componenten van het artefact zelf zijn veranderd
- dezelfde constellatie van componenten, waarbij echter één of meer componenten zijn vervangen door nieuwe componenten
- een nieuwe constellatie van bekende componenten in combinatie met één of meer nieuwe componenten
- een nieuwe constellatie van een verzameling nieuwe componenten

### 3.7.1 Twee synthese aspecten

In deze studie worden twee aspecten van synthese onderscheiden. Het eerste aspect is weergegeven in figuur 3.8. De uiteindelijke hoedanigheid (waarde) van oplossingscomponent  $o(i)$  is gebaseerd op de hoedanigheid van probleemcomponenten  $p(1)$ ,  $p(2)$ ,  $p(i)$  en van de andere oplossingscomponenten  $o(k)$  en  $o(m)$ . In de figuur is dit kort genoteerd door:

$o(i)$  is een (heuristische) functie van  $(p(1), p(2), p(i), o(k), o(m))$ .

Op analoge wijze kan elk oplossingscomponent een functie zijn van zowel een aantal probleemcomponenten, als wel een aantal overige oplossingscomponenten. Hierdoor worden simultaan de oplossingscomponenten op elkaar afgestemd en geïntegreerd tot één artefact.



Figuur 3.8 Weergave van het eerste synthese aspect. De hoedanigheid van oplossingscomponent  $o(i)$  wordt mede bepaald door de hoedanigheid van een aantal overige oplossingscomponenten, zoals  $o(k)$  en  $o(m)$ .

Het tweede aspect van synthese hangt samen met de mogelijkheid een gegeven probleemstelling te modificeren. Indien een arts het ziektebeeld wenst te identificeren van een patiënt, dan is er geen sprake van een probleemoplosser die een voorkeur heeft voor één specifieke oplossing. De arts zoekt naar de *juiste* identiteit en niet naar de *gewenste* identiteit. Anders gezegd, deze probleemoplosser zoekt de identiteit van het ziektebeeld niet door condities van de patiënt (komponentwaarden van de probleemstelling) in te stellen, zoals bijvoorbeeld het verhogen van de temperatuur en het verlagen van de bloeddruk, maar vindt deze identiteit uitsluitend door het waarnemen van de bestaande condities. Zo bestaat er voor de schaakspeler geen mogelijkheid om zelf eerst de stukken van de tegenspeler te verplaatsen om daarmee zijn gewenste zet mogelijk te maken.

Dit is anders voor een bouwbedrijf, dat bijvoorbeeld een offerte wenst uit te brengen voor het acquireren van een bouwopdracht. Die probleemstelling kan gestructureerd worden beschreven volgens een groot aantal probleemcomponenten, waartoe onder meer behoren: de beschikbare eigen productiecapaciteit, de liquiditeitspositie, de marktpositie, het bestek met tekeningen van het uit te voeren bouwwerk en het benodigde financiële resultaat voor het bouwproject. De oplossing die gezocht wordt is de (concurrerende) offerte. Voor een dergelijk probleem kan de gewenste oplossing mede mogelijk worden, doordat de probleemoplosser de status quo van de gegeven probleemstelling wijzigt. Zo kan bijvoorbeeld de aannemer, als probleemoplosser, de opdrachtgever voorstellen doen voor aanpassingen van het probleemcomponent '*bestek\_en\_tekeningen*'. De oorspronkelijke probleemstelling werd in dit geval als niet-oplosbaar gekwalificeerd, maar voor de *vernieuwde* probleemstelling werd een *gewenste* oplossing gevonden.

Een ander voorbeeld waarbij een probleemoplosser kan ingrijpen in de hoedanigheid van het gestelde probleem luidt als volgt. Indien men bij een grondonderzoek vaststelt dat er sprake is van een 'zachte' bodem dan betekent dit zoveel als een objectieve waarneming van een probleemcomponent:

*bodem ; waarde: zacht.*

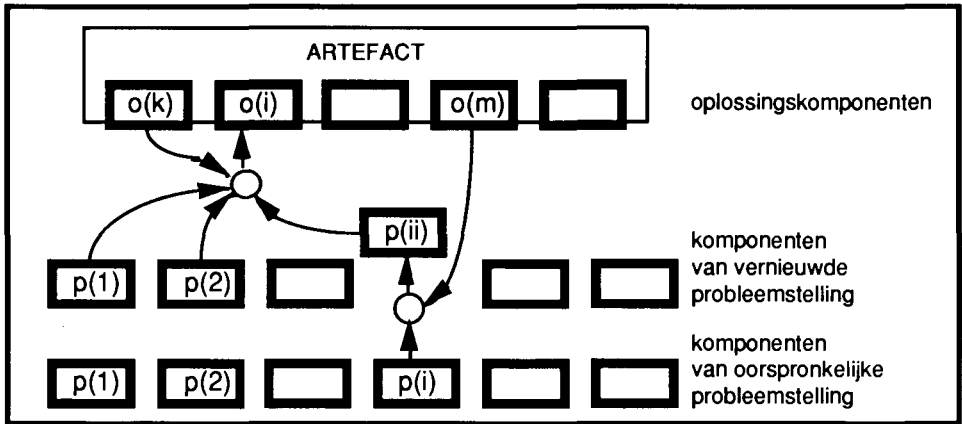
Bij het zoeken naar een geschikt paaltype als oplossing voor een funderingsprobleem geldt dat dit objectieve gegeven, de zachte bodem, voor de oplosser in feite subjectief is, omdat middelen kunnen worden aanwend om die component een andere waarde te geven. Het is immers in bepaalde situaties mogelijk om de hoedanigheid van '*bodem*' te wijzigen in '*hard*' door de bodem te injecteren met chemische preparaten.

Aan de hand van deze twee voorbeelden is het tweede aspect van synthese toegelicht. Deze opvatting over manipulatie van de probleemstelling als aspect van het oplossingsproces is eveneens te vinden in het volgende betoog van Vandamme et al [1985]:

'Use of knowledge rarely means passive retrieval from a knowledge base and use in an appropriate context. On the contrary, using knowledge presupposes,... the adaptation of the data from the knowledge bank, to the appropriate context. ... In many cases, not only the data must be adapted, but also the context. It is often necessary to redefine the problem (that is to adapt the context) in order that some previously retrieved data can be used.'

Een weergave van deze vorm van synthese is gegeven met figuur 3.9. Vanuit de optiek van de oorspronkelijke probleemstelling wordt component p(ii) geen oplossingscomponent, maar blijft het een probleemcomponent. De activiteit van de probleemoplosser die heeft geleid tot herbenoeming van component p(i) tot

$p(ii)$  beschouw ik tot het proces van het 'well-defined' maken van de probleemstelling (zie ook paragraaf 3.4.3). Volgens deze interpretatie is een probleemkomponent eveneens niet volledig gedefinieerd als er slechts één waarde voor bekend gesteld is, terwijl er in feite een (bepaalde) verzameling van waarden voor mogelijk is. De probleemoplosser zoekt dergelijke 'ill-defined' probleemcomponenten, inventariseert per gevonden component de overige mogelijke waarden en kiest daaruit een gewenste waarde.



Figuur 3.9 Weergave van het tweede synthese aspect. De hoedanigheid van probleemkomponent  $p(ii)$  wordt mede bepaald door de gewenste hoedanigheid van een aantal oplossingscomponenten, zoals  $o(m)$ .

Kort samengevat betekent het, dat er eveneens sprake is van synthese, indien de oplosser over mogelijkheden beschikt om componenten van de probleemstelling zodanig te beïnvloeden, dat er een *gewenste oplossing* kan worden gegenereerd voor het probleem. De probleemoplosser ziet zich ten aanzien van dit aspect gesteld voor de simultane beantwoording van de volgende constellatie van vragen:

*Welke probleemcomponenten moeten welke waarden verkrijgen teneinde welke gewenste oplossing te bewerkstelligen ?*

### 3.7.2 De kennisconstellatie als probleemoplossend systeem

De kennis, die met het oplossen van het probleem is geöperationaliseerd en geconstelleerd tot een specifiek probleemoplossend systeem, wordt gerepresenteerd door de beschrijvingen van de componenten en van de relaties tussen de componenten in termen van functies. Mede op basis van de twee aspecten van

synthese, die in het voorgaande zijn beschreven, worden de componenten ingedeeld naar vijf toestanden in het oplossingsproces. In een terugwaartse volgorde van oplossing naar probleem worden die toestanden als volgt omschreven:

- *De finale oplossing*

Dit is de laatste toestand van het probleemoplossende systeem: de oplossing is gerealiseerd. De componenten van de oplossing zijn geïntegreerd tot een artefact, dat als een geheel functioneert.

- *De initiële oplossing* gaat vooraf aan de finale oplossing.

De componenten van de oplossing zijn bekend, maar nog niet gesynthetiseerd tot een concreet artefact. Deze status quo wordt bereikt, wanneer uiteindelijk de functies zijn beschreven, waarmee de componenten van de initiële oplossing worden ontwikkeld tot finale oplossing. Het eerste synthese aspect, de synthese van de oplossing, wordt tot uitdrukking gebracht door het onderscheid tussen finale en initiële oplossing.

- *De finale probleemstelling* gaat vooraf aan de initiële oplossing.

Alle componenten van de probleemstelling zijn eenduidig gedefinieerd, zowel qua conceptbeschrijving als qua specifieke hoedanigheid. De probleemcomponenten zijn gesynthetiseerd, hetgeen betekent dat ze in overeenstemming zijn gebracht met de gewenste oplossing .

- *De initiële probleemstelling* gaat vooraf aan de finale probleemstelling.

In deze toestand is het probleem 'well-defined'. De verzameling van probleemcomponenten is volledig en alle componenten zijn eenduidig als concepten beschreven. De hoedanigheid voor elke component is vastgesteld. Daarbij kan voor een aantal componenten een verzameling van mogelijke waarden zijn vastgesteld. De synthese van de probleemstelling, als tweede synthese aspect, is expliciet gemaakt door het onderscheid tussen de initiële en finale probleemstelling.

- Aan de initiële probleemstelling gaat vooraf de toestand van het *benoemde probleem*. De gestructureerde beschrijving is slechts in aanzet aanwezig; het probleem is geïdentificeerd, maar nog 'ill-defined'.

De vijf componentenverzamelingen met hun onderlinge relaties in de vorm van algoritmische en heuristische regelsets of functies vormen gezamenlijk de basis voor het model van een probleemoplossend systeem, dat geconstelleerd is door het oplossen van een bepaald synthese-probleem. Het individuele proces dat de probleemoplosser heeft doorlopen, wordt hiermee niet in detail gerepresenteerd. Met dergelijke details worden bedoeld de individuele karakteristieken van oplossingsprocessen, zoals 'wilde' zoek-acties (zie paragraaf 3.6.1) of het

al dan niet doorlopen van een zogenaamde 'incubatiefase' <sup>16</sup>. Deze details acht ik relevant voor de representatie van de individuele leerprocessen van de probleemoplossers, maar niet relevant voor de uiteindelijke representatie van de geoperationaliseerde kennis.

Het resultaat van de eerste fase in het ordenen van kennis binnen de context van een syntheseprobleem is schematisch weergegeven met figuur 3.10. Bij de navolgende fasen in dit ordeningsproces wordt de geconstelleerde kennis nader beschreven binnen contexten van deelsystemen.

### 3.7.3 Deelsystemen

Nadat in het analyseproces de vierde componentenverzameling - die van de initiële probleemstelling - is beschreven en aan die verzameling een identiteit is toegekend als 'benoemd probleem', begint de volgende fase in dit proces. Hiervoor geldt, dat het ontwikkelen van de probleemstelling wordt beschouwd als deel van het oplossingsproces. Elke component van de probleemstelling is als zodanig een oplossing voor een afzonderlijk deelprobleem. De constellatie van kennisdelen die ontstaan is door het de oplossen van een dergelijk deelprobleem, vormt een *deelsysteem* van het vornoemde synthese-probleemoplossende systeem.

De geoperationaliseerde kennis in de vorm van een deelsysteem of *element* wordt op analoge wijze gerepresenteerd volgens de vijf componenten verzamelingen en functies als in figuur 3.10. Dit betekent dat een initiële probleemcomponent binnen het raamwerk van het element de betekenis heeft van finale oplossing. Daarmee wordt ieder element in de analyse in principe benaderd als een *synthese* (deel)probleem<sup>17</sup>. In figuur 3.11 is de samenhang aangegeven tussen probleem en precederende deelproblemen.

Vervolgens vormen de initiële probleemcomponenten van de elementen op hun beurt de finale oplossingen van evenzovele 'deel-problemen' van een deelprobleem, of 'sub-elementen' van een element. 'Sub-elementen' of 'sub-sub-elementen' worden in deze studie niet nader onderscheiden als aparte categorieën; er is alleen sprake van het begrip element als deelsysteem. Het 'context-element' is het element dat in de eerste fase van het analyseproces is gerepresenteerd en waarin alle finale oplossingscomponenten van de geïntegreerde

---

<sup>16</sup> Halpern [1984, p.163] noemt voor algemene probleemoplossingsprocessen de volgende vier fasen: de preparatiefase, de productiefase, de evaluatiefase en de incubatiefase.

<sup>17</sup> 'a subsystem is an element or functional component of a larger system which fulfills the conditions of a system in itself, but which also plays a role in the operation of a larger system' [Young, 1964]



oplossing zijn beschreven. Elementen en context-element van het probleemoplossende systeem zijn weergegeven in figuur 3.12.

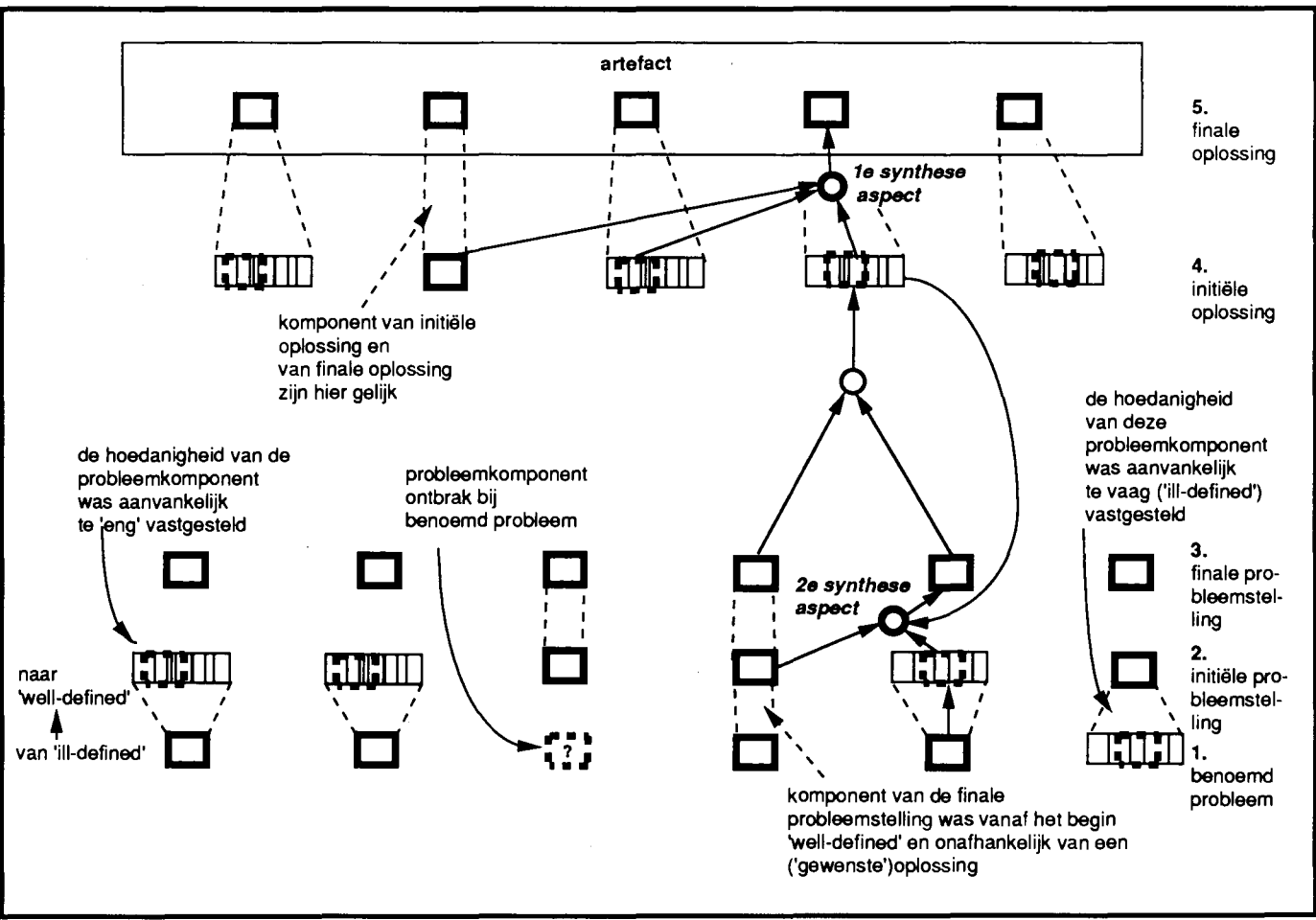
Het proces van de terugwaarts gerichte analyse houdt op bij elke initiële probleemkomponent die als *extern gegeven* bestaat voor de probleemoplosser. Volgens die analyse-aanpak komt de uiteindelijke representatie van de geoperationaliseerde kennis tot stand. De extern gegeven initiële probleemcomponenten worden gerekend tot de omgeving van het systeem. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.13.

### 3.7.4 Representatie van geoperationaliseerde kennis

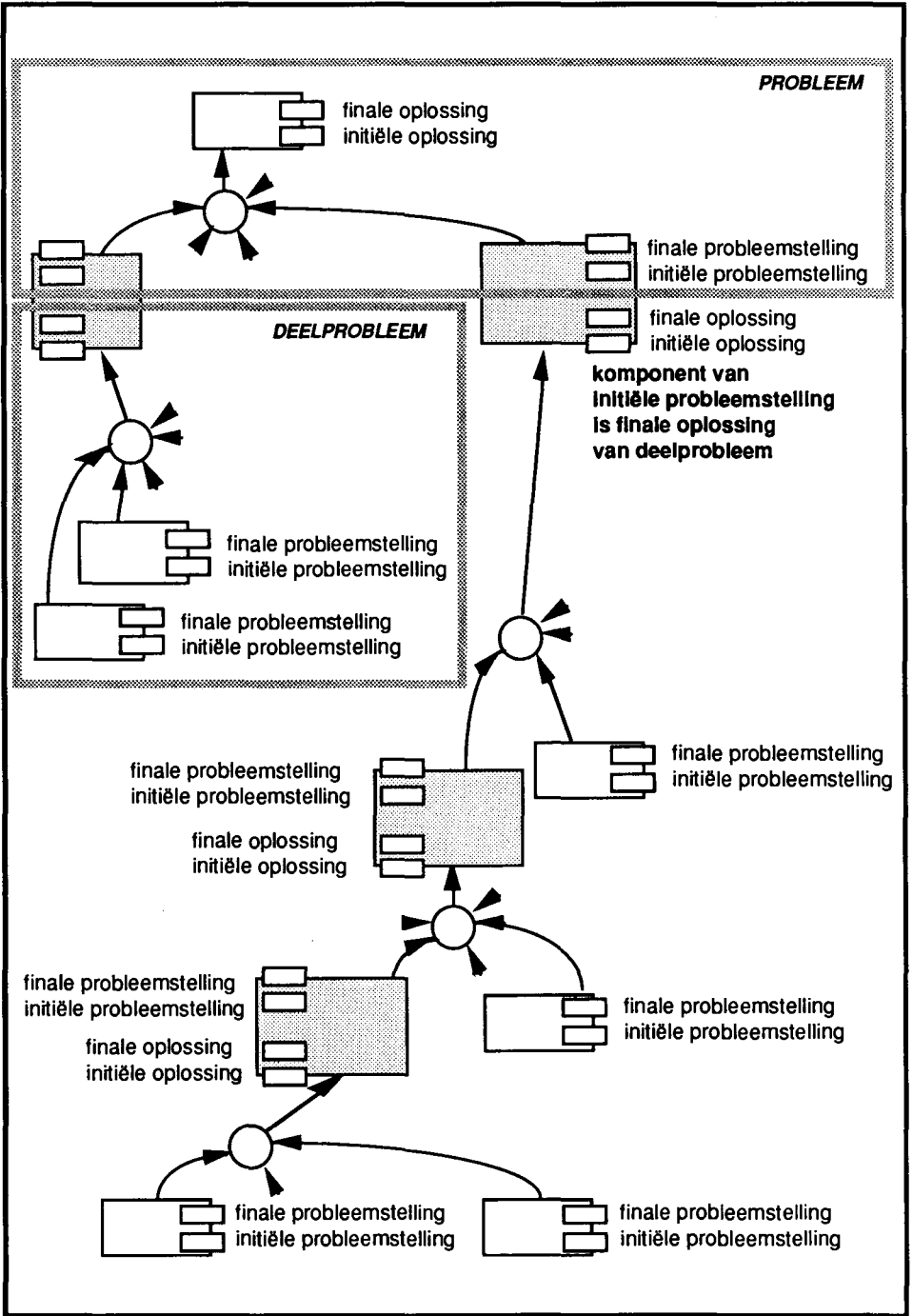
De representatie van de geoperationaliseerde kennis bestaat uit de weergave van het geconstelleerde systeem volgens figuur 3.12 en de daarin onderscheiden deelsystemen of elementen en van de omgeving volgens figuur 3.13. De onderdelen van deze representatie zijn:

- beschrijving van het benoemde probleem,
- concept-beschrijvingen voor componenten, in eerste instantie onderscheiden naar systeem en omgeving en in tweede instantie binnen het systeem geordend naar elementen en vervolgens binnen een element naar precederende stadia in het oplossingsproces,
- concrete waarden of hoedanigheden voor de beschreven componenten,
- beschrijvingen van de relaties in termen van functies tussen de afzonderlijke componenten, eveneens geordend naar elementen,
- de gereduceerde reconstructie van het specifieke probleem-oplossingsschema (met gereduceerd is bedoeld dat de individuele iteraties van de probleemoplosser in het oplossingsproces niet in de reconstructie worden weergegeven),
- beschrijving van de geïntegreerde oplossing: het artefact.

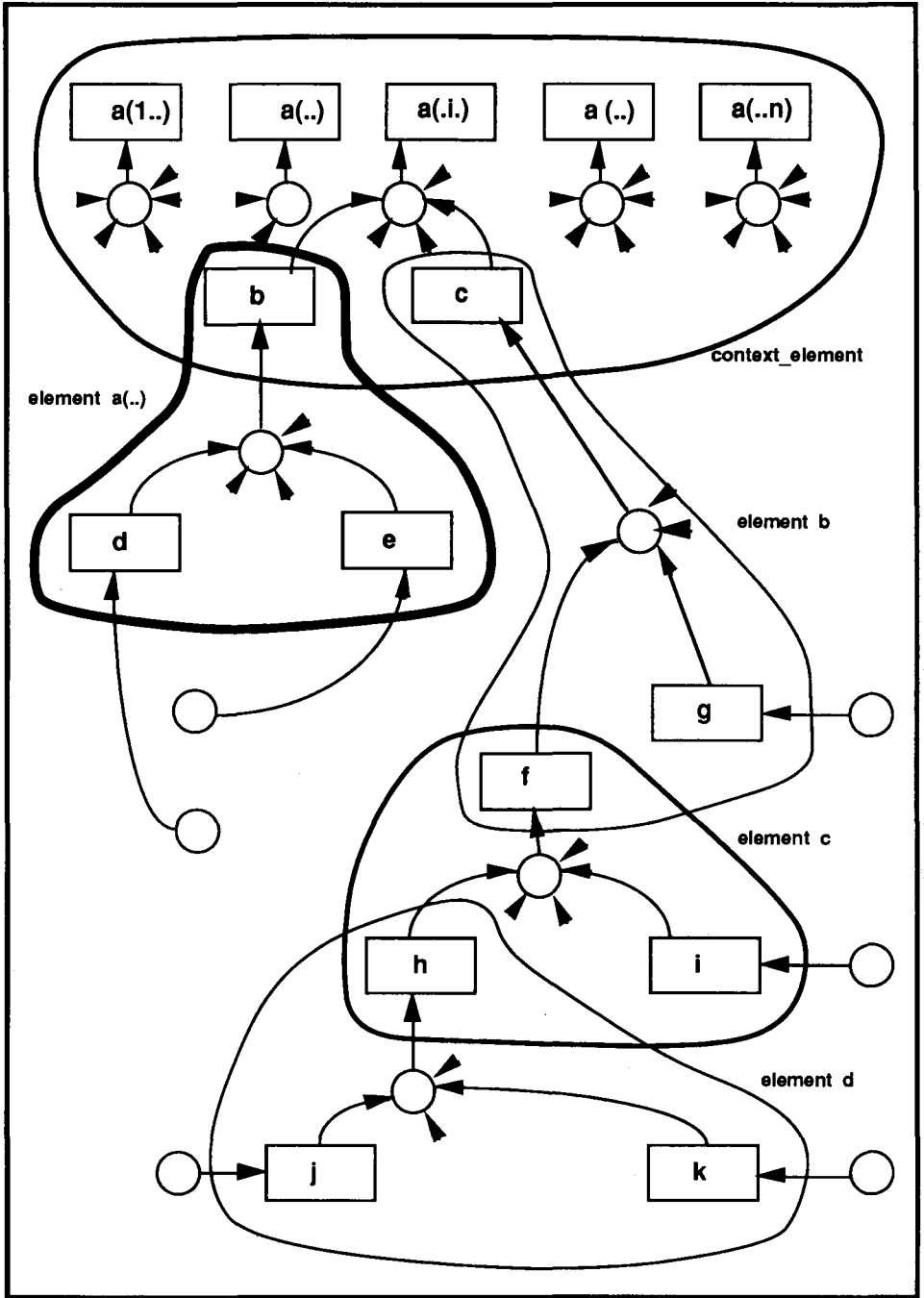
Deze onderdelen van de weergave van geoperationaliseerde kennis voor het oplossen van een syntheseprobleem vormen het raamwerk voor de systematische ordening van kennis in bouwbedrijven. In het navolgende hoofdstuk wordt een methode voor kennisinventarisatie beschreven, gebaseerd op dit raamwerk.



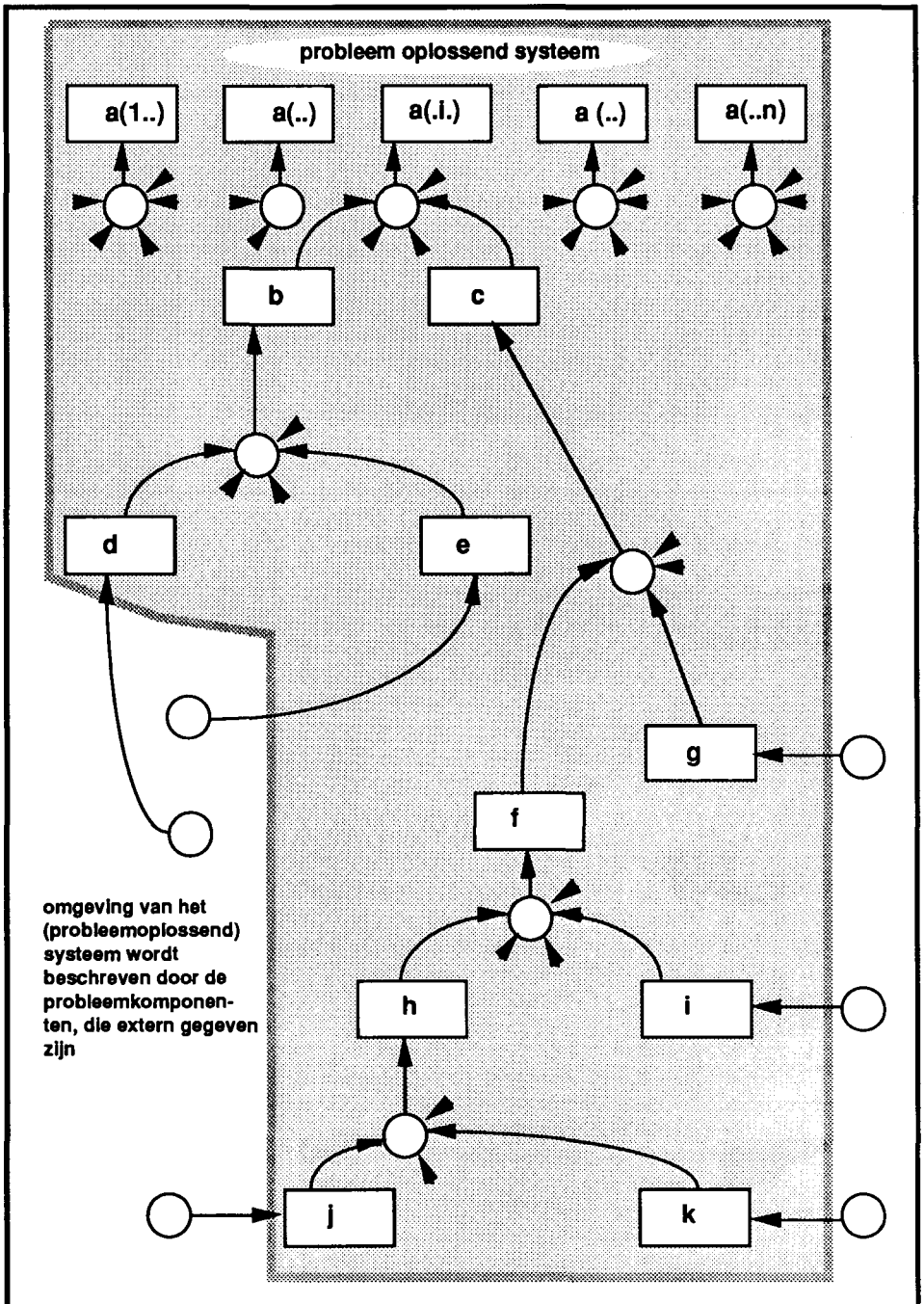
Figuur 3.10 Model van een geconstelleerd kennisstelsel voor de oplossing van een synthese probleem.



Figuur 3.11 Schematische weergave van de samenhang tussen probleem en precederende



Figuur 3.12 Schematische weergave van probleem en precederende deelproblemen als respectievelijk context-element en elementen van het probleemoplossende systeem.



Figuur 3.13 Schematische weergave van een probleemoplossende systeem met de omgeving daarvan. Deze omgeving wordt gevormd door de extern gegeven probleemcomponenten d, e, g, i, j en k.

### 3.8 Samenvatting

In dit hoofdstuk is kennis onderscheiden naar algemene en gespecialiseerde kennis. De gespecialiseerde kennis is nader geanalyseerd in relatie tot het oplossen van problemen bij de uitvoering van bouwwerken. Het uiteindelijke doel van deze analyses is een basis te vormen voor het inventariseren van bedrijfsgebonden kennis.

Voor de definitie van kennis, uit hoofdstuk II, is de volgende functionele representatie vorm gegeven:  $K = \{[B = f(A_i)] = \text{true} / \text{false}\}$ , waarin K kennis is; B en  $A_i$  objecten zijn met  $1 < i < n$  en  $f()$  een functie is, waarmee de relaties tussen B en  $A_i$  zijn beschreven. In deze weergave wordt het element 'relatie' in de definitie beperkt tot een representatie van conditionele regels, zoals in elementaire vorm 'Als A dan B'. Meer complexe vormen van kennis, bestaan in deze studie dientengevolge uit systemen van deze elementaire regels en objectrepresentaties. De regels worden nader onderscheiden naar algoritmische en heuristische regels. Een heuristische regel of -regelset leidt tot een benadering voor de oplossing van een probleem, terwijl een algoritme een procedure is die altijd zal leiden tot een correct antwoord. Tot de groep van heuristische regels behoren de zogenaamde 'vuistregels'.

Problemen worden ingedeeld naar persoonsgebonden domeinen en binnen domeinen, analoog aan de twee categorieën van regels, ingedeeld naar algoritmisch - en heuristisch oplosbare problemen. Tot de groep van heuristisch oplosbare problemen behoren de synthese problemen. Deze zijn nauw verbonden met het ontwikkelen of ontwerpen van artefacten en in die zin typerend voor het probleemoplossen bij bouwbedrijven.

Voor deze categorie van synthese problemen wordt een model gepresenteerd van een probleem-oplossend systeem. In dit model, dat berust op precedentie analyse van het oplossingsproces, worden deelsystemen (elementen), componenten en functies onderscheiden. Deze liggen ten grondslag aan een ordening van kennisdelen binnen contexten van problemen en leveren daarmee de basis voor een systematische inventarisatie van bedrijfsgebonden kennis.

In hoofdstuk II zijn vanuit een economische optiek van een bedrijf verschillende kennisvoorraden onderscheiden. Het ordeningsprincipe voor kennisdelen, die in de voorgaande paragrafen is ontwikkeld, is bedoeld voor de voorraad van gebruikte kennis.

## Methode voor kennisinventarisatie

### 4.0 Inleiding

In paragraaf 2.2.6 zijn technische - en economische kennisvoorraden onderscheiden in een onderneming. De technische kennis voorraden zijn daarbij nader ingedeeld naar een voorraad van gebruikte kennisdelen en een voorraad van kennisdelen die eveneens aanwezig is, maar die niet gebruikt is voor producties. In dit hoofdstuk wordt een methode beschreven voor het inventariseren van de voorraad van gebruikte kennis. Daarmee wordt de basis gelegd (zie *Afbakening* in paragraaf 1.2) voor het uitoefenen van de functie van kennisbeheer.

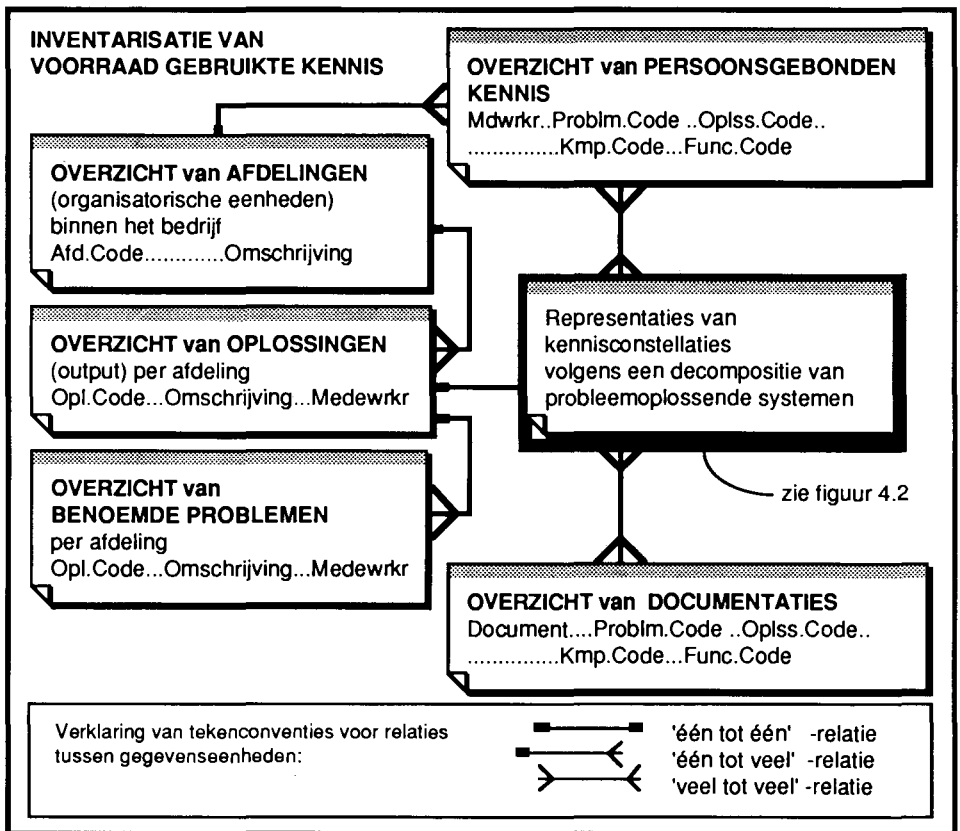
In hoofdstuk III zijn analyses van kennis en probleemoplossen gegeven. Daarin is beschreven, hoe door het oplossen van problemen, de aanwezige kennisdelen in de onderneming worden geactiveerd. Elk geactiveerd kennisdeel heeft een plaats binnen een probleemoplossend systeem. De ordening van de voorraad van gebruikte kennis, de geactiveerde kennisdelen, wordt afgeleid van de samenstelling van die systemen.

De grondslagen voor de methode volgens welke deze voorraad wordt geïnventariseerd bestaan uit de strategie van precedentie-analyse en het model voor een (synthese-) probleemoplossend systeem (zie paragraaf 3.7). Voordat de methode in termen van een 'stappenplan' wordt uiteengezet, wordt eerst in de volgende paragraaf beschreven tot welke uitkomsten de methode dient te leiden. Bij elke beschreven 'stap' zijn lay-outs geïllustreerd van de formulieren die daarbij gebruikt dienen te worden door diegene die de inventarisatie verricht. De niet-gebruikte kennisdelen van de technische kennisvoorraad worden in dit

hoofdstuk buiten beschouwing gelaten. In hoofdstuk VI wordt beschreven, op welke wijze de hierna beschreven methode een rol kan spelen voor het beheeren van dat deel van de kennisvoorraad.

#### 4.1 Uitkomsten van de kennisinventarisatie

Het doel van de methode voor kennisinventarisatie, die in de navolgende paragrafen van dit hoofdstuk wordt beschreven en geïllustreerd, is aan de directie van een uitvoerend bouwbedrijf gegevens te verstrekken over *welke* kennis er wordt gebruikt, over *waarvoor* die kennis wordt gebruikt en over *waar* die kennis aanwezig is in de onderneming.



Figuur 4.1 Overzicht van de uitkomsten van de inventarisatie van de voorraad gebruikte kennis in de onderneming, weergegeven als gegevens-eenheden.

Een overzicht van de bedoelde gegevens, de uitkomsten van de inventarisatie,



is gegeven met figuur 4.1. Daarin zijn de geïnterpreteerde gegevens ingedeeld naar een aantal onderling gerelateerde gegevens-eenheden. De relaties tussen die eenheden zijn op schematische wijze aangegeven. Op basis van die gegevens kan inzicht worden verkregen in de wijze waarop de onderneming gebruik maakt van openbaar toegankelijke kennis, van bedrijfsgebonden kennis en van strikt persoonsgebonden kennis (zie paragraaf 2.2.7). Wanneer de directie dit inzicht combineert met een inzicht in het economische belang van de 'plekken' met geconcentreerde kennis in de onderneming, kan deze de behoefte aan kennisoverdracht vaststellen. Men kan bijvoorbeeld denken aan kennisoverdracht van persoon op persoon, van persoon op computerondersteund 'kennissysteem' (zie paragraaf 2.2.8) of vice-versa in de toekomst.

### *Welke kennis , waarvoor gebruikt*

Het gaat om de formele representatie van de voorraad van gebruikte kennis. Deze voorraad bestaat uit kennisdelen die gebruikt zijn in de onderneming voor het oplossen van problemen. De afzonderlijke kennisdelen worden, volgens het betoog in hoofdstuk III, in een proces van probleemoplossen samengesteld tot een probleemoplossend systeem. Binnen de context van een dergelijk systeem wordt kennis geordend naar finale oplossing, initiële oplossing, finale probleemstelling, initiële probleemstelling, functies en elementen. Op overeenkomstige wijze wordt kennis geordend binnen contexten van deelsystemen of elementen. De ordening naar deze gegevens-eenheden is weergegeven in figuur 4.2.

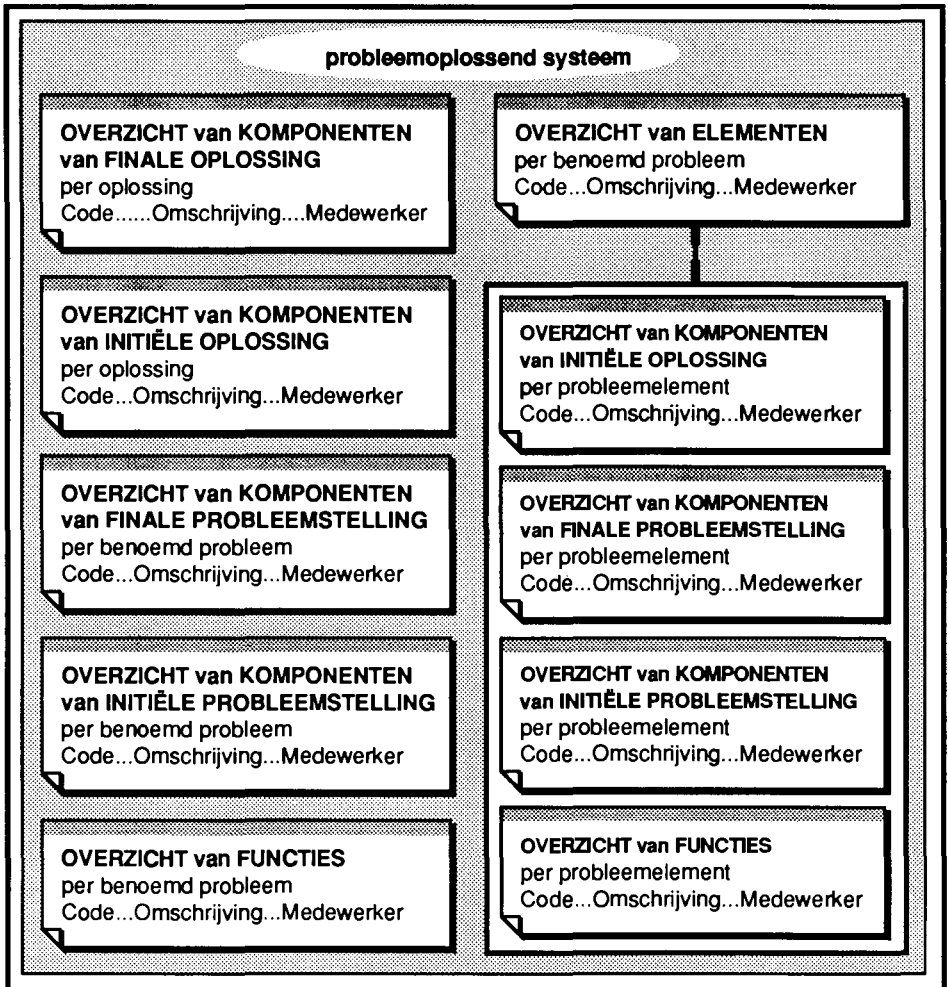
### *Waar aanwezig*

Op basis van de inventarisaties moeten overzichten kunnen worden geproduceerd, waaruit valt af te lezen welke kennis er bij welke personen aanwezig is en welke kennis er in welke documentaties aanwezig is. Daaruit zou bijvoorbeeld kunnen blijken dat enkele personen als het ware 'cognitieve sleutelfuncties' vervullen, doordat zij betrokken zijn bij een groot aantal probleemoplossende (deel)systemen, verspreid over de onderneming. Deze sleutelfunctionarissen kunnen worden beschouwd als complementair aan de sleutelfunctionarissen welke door Allen [1986, p.141 e.v.] in 'niet-cognitieve' zin worden beschreven als zgn. 'gate-keepers'<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Op basis van communicatie analyses, waarbij onder meer contacten tussen personen in de onderneming zijn geïnterpreteerd naar kwaliteit en frequentie, beschrijft Allen op welke wijze er zogenaamde 'gatekeepers' bestaan in netwerken van medewerkers binnen een bedrijf.

'The phenomenon of the gatekeeper is not an isolated one. Rather it is one example of a much more general class of phenomena. There will always be some people who, for various reasons, tend to become more acquainted with information sources outside their immediate community.



Figuur 4.2 De kennisconstellatie van een probleemoplossend systeem, geordend naar de gegevenseenheden van finale - en initiële oplossing, finale en initiële probleemstelling, functies en elementen.

## 4.2 Beschrijving van de methode

Voor het genereren van de gegevensoverzichten van de kennisvoorraad, die in voorgaande paragraaf zijn genoemd, beschrijf ik een inventarisatiemethode die bestaat uit drie stappen. Door elk gebruikt kennisdeel te identificeren als behorende tot een van de eenheden volgens figuur 4.2 wordt het mogelijk overzicht-

---

They either read more extensively than most or develop personal contacts with outsiders. A large proportion of these people in turn attract colleagues from within the community who turn to them for information and advice.' [Allen, 1986, p.150]

ten te genereren van *welke* gebruikte kennis er in het bedrijf aanwezig is. Voorts wordt aan elk kennisdeel een specifieke code toegekend, waaruit is af te leiden *waarvoor* (voor welke gegenereerde oplossing) dat deel gebruikt is. Tevens wordt voor elk kennisdeel beschreven *waar*, dat wil zeggen bij welke personen en in welke documentaties die kennis aanwezig is. Met de faciliteiten van adequate databasemanagement software zou een gegevensverwerkend systeem kunnen worden gebouwd, dat in praktische zin de mogelijkheden biedt om de gewenste overzichten volgens de figuren 4.1 en 4.2 te produceren. Met de inventarisatie volgens de eerste stap wordt de gehele output van de onderneming, in de betekenis van ontwikkelde oplossingen ofwel artefacten, in kaart gebracht. Met de tweede stap wordt voor iedere gegenereerde oplossing afzonderlijk het probleemoplossende systeem beschreven met de daarbij betrokken medewerkers en documentaties. De laatste stap van de inventarisatie biedt de mogelijkheid om in detail relevante ervaringskennis van medewerkers te representeren. De werkzaamheden, die gemoeid zijn met de inventarisatie volgens stap 2 en 3, zullen voor middelgrote tot grote bouwbedrijven omvangrijk en dientengevolge kostbaar kunnen zijn. De directies zullen daarom vanuit de optieken van hun ondernemingsdoelstellingen prioriteiten moeten formuleren voor het uitvoeren van de inventarisaties die behoren tot die twee laatste stappen.

#### **4.2.1 Stap 1; Inventarisatie van ontwikkelde oplossingen**

##### *Inhoud*

De ontwikkelde oplossingen worden geïnventariseerd voor het gehele bedrijf. Hiertoe wordt eerst een overzicht gemaakt van organisatorische eenheden, zoals afdelingen, binnen het bedrijf. Vervolgens wordt voor iedere afdeling afzonderlijk een overzicht samengesteld van de door die afdeling ontwikkelde oplossingen. Nadat dit overzicht compleet is gemaakt, dient de directie, in overleg met het afdelingshoofd en met degene die de inventarisatie uitvoert, uit dat overzicht de relevante ontwikkelde oplossingen te selecteren. Voor het maken van deze selectie noem ik bij deze beschrijving van de methode geen criteria. Deze criteria dienen voor elke afdeling afzonderlijk te worden geformuleerd vanuit de optiek van de bedrijfsdoelstelling.

##### *Akties*

a. Geef een overzicht van de bedrijfsorganisatie door een uitsplitsing naar organisatorische eenheden; geef hiervoor iedere eenheid een nummer en een

naam. Dit overzicht wordt vastgelegd volgens de lijst van figuur 4.3.

b. Geef per afdeling een overzicht van de ontwikkelde oplossingen / artefacten. Iedere oplossing wordt vastgelegd door een naam en een code van cijfers en letters. Zie hiervoor het formulier volgens figuur 4.4. De cijfers van de code vormen het volgnummer van de oplossing en de letters representeren de afdeling, waar die oplossing is ontwikkeld.

c. Selekteer de voor het bedrijf relevante ontwikkelde oplossingen per afdeling.

**Bedrijfsnaam:**

<b>OVERZICHT van AFDELINGEN</b> (..of andere organisatorische eenheden) binnen het bedrijf	
<b>Afdelingsnr.</b>	<b>Afdelingsnaam</b>
-----	-----
-----	-----
-----	-----

Figuur 4.3 Lay-out van inventarisatie-formulier voor het vastleggen van het overzicht van de organisatorische eenheden van het bedrijf.

**Afdelingsnr:**

<b>OVERZICHT</b> van oplossingen / artefacten	
<b>oplossingscode</b>	<b>beschrijving van oplossing / artefacter</b>
-----	-----
-----	-----
-----	-----

Figuur 4.4 Lay-out van inventarisatie-formulier voor het vastleggen van het overzicht van de ontwikkelde oplossingen of artefacten per afdeling.

## 4.2.2 Stap 2; Inventarisatie van gebruikte kennisdelen

### *Inhoud*

De inventarisatie volgens stap 1 levert een lijst met oplossingen ofwel artefacten, die vanuit de optiek van de ondernemingsdoelstellingen als relevant zijn gekwalificeerd. Voor elk van de geselecteerde oplossingen wordt volgens de inventarisatie van deze stap 2 het probleemoplossende systeem gedocumenteerd. Hiertoe worden probleemoplossende systemen uiteengerafeld, als het ware gedemonteerd, zodat de afzonderlijke onderdelen (de kennisdelen) 'zichtbaar' worden gemaakt. Bij elk kennisdeel wordt, indien mogelijk, genoteerd welke personen en welke documentaties daarover geraadpleegd kunnen worden. De kennisdelen worden binnen de contexten van de probleemoplossende systemen geordend naar categorieën van elementen, componenten en functies. Elementen worden onderscheiden naar context-elementen en overige elementen. Componenten worden onderscheiden naar subcategorieën van oplossingscomponenten en van probleemcomponenten. Voor functies worden bij deze stap in het inventarisatieproces geen sub-categorieën onderscheiden.

OPLOSSING	
afdeling:	<input type="text"/>
oplossing:	<input type="text" value="(0000)"/>
omschrijving:	<input type="text"/>
<input type="text" value="gegevensbron(nen):"/>	
<input type="text" value="alternatieve mogelijkheden:"/>	
<input type="text" value="medewerker(s):"/>	
<input type="text" value="plaatsvervanger(s):"/>	

Figuur 4.5 Lay-out van inventarisatie-formulier voor beschrijving van gegevens van de geïntegreerde oplossing.

## *Akties*

a. Noem voor elke oplossing van de lijst van geselecteerde oplossingen de personen en documentaties die daarover geraadpleegd kunnen worden. Voorts moeten, zo mogelijk, tevens plaatsvervangers van de genoemde personen worden vermeld. Gebruik hiervoor inventarisatieformulier volgens figuur 4.5.<sup>19</sup>

b. Inventariseer de componenten en functies van het context-element van het probleemoplossende systeem als volgt:

(1) Noem de delen waaruit de oplossing of het artefact is samengesteld; dit zijn de componenten van de finale oplossing. Gebruik hiervoor een formulier volgens de lay-out van figuur 4.6. Elk van deze componenten wordt een specifieke code toegekend, die is samengesteld uit de code van de oplossing, de letters 'ce' van context-element, de letters 'fo' (finale oplossing) en een volgnummer van het betreffende component. Bij de beschrijving van componenten wordt onderscheid gemaakt tussen een gegevensveld 'omschrijving' en een gegevensveld 'waarde'. Met het veld 'omschrijving' wordt een component op een abstract niveau beschrijven (bijvoorbeeld 'heiblok' als component van een paalfunderingssysteem), terwijl bij het veld 'waarde' de concrete gegevens worden geplaatst (bijvoorbeeld 'dieselblok D met vermogen V').

(2) Ga na of er sprake was van een initiële oplossing. Met andere woorden, ga na of er voor tenminste één van de componenten van de finale oplossing een initiële oplossing bestond. Als er een initiële oplossing bestond voor de finale oplossing, dan kunnen de relaties tussen de finale oplossing en de initiële oplossing pas worden aangegeven, nadat deze beide stadia van de oplossing volledig in termen van componenten zijn gerepresenteerd.

Indien er geen sprake was van een initiële oplossing, beschouw dan de finale oplossing tevens als initiële oplossing. Noteer dit voor elke component van de finale oplossing op het formulier van figuur 4.6 bij item '**oplossing Is**'. Vervolgens wordt voor elke van deze componenten, pro forma, een formulier van de initiële oplossingscomponent van figuur 4.7 ingevuld. Daarna gaat de inventarisatie verder met de beschrijving van de basisgegevens van functies volgens ad (3).

---

<sup>19</sup> De gegevens van documentaties, personen en plaatsvervangers moeten, voor zover deze gegevens te reproduceren zijn, tevens bij alle componenten en functies, benoemd in de hierna volgende inventarisatiestappen, beschreven worden. Dit is nodig, omdat degene die de inventarisatie uitvoert niet verondersteld wordt onderscheid te maken tussen belangrijke of niet belangrijke onderdelen van probleemoplossende systemen. Zie ook paragraaf 4.2.3: de inventarisatie volgens stap 3.

**KOMPONENT van de FINALE OPLOSSING**

nummer:

omschrijving:

waarde:

**oplossing is:**

a. identiek aan component van initiële oplossing

b. functie van component(en) van initiële oplossing

←  functienr.  
synthese

Figuur 4.6. Lay-out van inventarisatie-formulier voor beschrijving van gegevens van een component van de finale oplossing.

**KOMPONENT van de INITIËLE OPLOSSING**

nummer:

omschrijving:

waarde:

**oplossing is:**

functie van component(en) van finale probleemstelling ←  functienr.

Figuur 4.7 Lay-out van inventarisatie-formulier voor beschrijving van gegevens van een component van de initiële oplossing.

Indien er wel sprake was van een initiële oplossing, benoem dan eerst de componenten van de initiële oplossing volgens het formulier van figuur 4.7. Geef daarna aan welke finale oplossingscomponenten een functie waren van componenten van de initiële oplossing. Noteer dit op het formulier van figuur 4.6 bij item 'oplossing is' en vermeld daarbij een functiecode. Bij de beschrijving van de basis gegevens van een functie volgens formulier 4.8 wordt aangegeven tussen welke finale oplossingscomponenten en welke initiële oplossingscomponenten er relaties bestaan. De inhoud van die relaties wordt echter pas, indien gewenst, bij de inventarisatie volgens stap 3 verduidelijkt.

<b>FUNCTIE : BASIS GEGEVENS</b>		
nummer:	( 0000 )	
kmpnnt. NR: ( ( 0000 ) )	IS FUNCTIE VAN	kmpnnt. NR: ( ( 0..000 ) ) ( ( 0.000 ) ) ( ( 0.n000 ) ) etc.
voor gestructureerde analyse van de functie, zie bladnr:		
gegevensbron(nen):		
medewerker(s):		
plaatsvervanger(s):		

Figuur 4.8 Lay-out van inventarisatie-formulier voor beschrijving van de basisgegevens van een functie.

De codering van de functies is gebaseerd op het volgende. Voor ieder oplossingscomponent en probleemcomponent bestaat er, volgens de strategie van precedentie-analyse (zie hoofdstuk III), niet meer dan één functie. De code van een functie is afgeleid van de code van het component waartoe die functie behoort. Voorbeeld: de code [(ABV.O012).(F).(ce.fo.003)] behoort tot de functie (F) die aangeeft met welke initiële probleemcomponenten het finale oplossingscomponent (ce.fo.003) van oplossing (O012) van afdeling (ABV) is gerelateerd.



(3) Geef voor elke component van de initiële oplossing aan hoe de uiteindelijke waarde of vorm daarvan een functie is van waarden of vormen van componenten van de finale probleemstelling. Voor de beschrijving van de functies wordt weer gebruikt gemaakt van het formulier volgens figuur 4.8. Voor de beschrijving van een component van de finale probleemstelling wordt een formulier volgens figuur 4.9 gebruikt. Nadat op deze wijze voor alle componenten van de initiële probleemsituatie de componenten van de finale probleemsituatie zijn benoemd is de finale probleemsituatie compleet.

(4) Ga na of er sprake was van een initiële probleemstelling. Dat wil zeggen, ga op analoge wijze als beschreven ad b.(2) na of er voor ten minste één van de componenten van de finale probleemstelling er een initiële probleemstelling bestond. Beschrijf, indien van toepassing, de componenten van de initiële probleemstelling volgens het formulier van figuur 4.10. Geef de toestand van de initiële probleemstelling in enkele korte bewoordingen weer als 'benoemd probleem' volgens het formulier van figuur 4.11.

**KOMPONENT van de FINALE PROBLEEMSTELLING**

nummer:

omschrijving:

waarde:

**komponent is:**

a. identiek aan component van initiële probleemstelling

b. is functie van component(en) van initiële probleemstelling en eventueel van componenten van de initiële oplossing (**synthese**) ←  functiën.

Figuur 4.9 Lay-out van inventarisatie-formulier voor beschrijving van gegevens van een component van de finale probleemstelling.

**KOMPONENT van de INITIËLE PROBLEEMSTELLING**

nummer:

omschrijving:

waarde:

**komponent is :**

a. intern gegeven

b. extern gegeven

c. finaal komponent van element e(00000)

**gegevensbron(nen):**

**Alternatieve mogelijkheden:**

**medewerker(s):**

**plaatsvervanger(s):**

Figuur 4.10 Lay-out van inventarisatie-formulier voor beschrijving van gegevens van een komponent van de initiële probleemstelling.

**BENOEMD PROBLEEM**

afdeling:

probleem:

omschrijving:

**gegevensbron(nen):**

**medewerker(s):**

**plaatsvervanger(s):**

Figuur 4.11 Lay-out van inventarisatie-formulier voor beschrijving van gegevens van een benoemd probleem.

c. Vervolgens wordt nagegaan welke initiële probleemcomponenten in het oplossingsproces zijn ontwikkeld als finale oplossingscomponenten van probleemoplossende sub-systemen of elementen (zie paragraaf 3.7). Een dergelijk initieel probleemcomponent van het context-element wordt tevens als de finale oplossingscomponent voor een element benoemd.

Zie item '**komponent is**' op het formulier volgens figuur 4.10.

De overige kennisdelen behorende tot elementen van een probleemoplossend systeem worden op overeenkomstige wijze per element geïnventariseerd als die van het context-element. In de codes van de componenten en functies wordt in plaats van de letters 'ce' het elementnummer (bijv. 'e03') vermeld.

### **4.2.3 Stap 3; Inventarisatie van ervaringskennis**

#### *Inhoud*

Met de inventarisatie volgens de voorgaande stap 2 is voor elk kennisdeel aangegeven welke medewerkers en welke documentaties daarover kunnen worden geraadpleegd. Tevens wordt bij elk kennisdeel gevraagd naar eventuele plaatsvervangers van de genoemde personen. Indien er voor een medewerker in relatie tot een gegeven kennisdeel geen vervanger kan worden genoemd en er voor dat kennisdeel eveneens niet (of vrijwel niet) naar documentaties kan worden verwezen, dan is dat een indicatie voor de directie van kwetsbare kennis: kennis die vrijwel uitsluitend berust bij één persoon. Met de gestructureerde beschrijvingen van de functies volgens de inventarisatie van deze stap 3 wordt de mogelijkheid geboden om deze ervaringskennis formeel te representeren en daarmee overdraagbaar te maken.

Door gebruik te maken van de faciliteiten van een adequaat database management systeem kan voor alle medewerkers een overzicht worden geproduceerd van de kennisdelen waarover zij kunnen worden geraadpleegd. Een dergelijk overzicht geeft in feite het kennisdomein weer, zoals dat is beschreven in paragraaf 3.4.1. Voorts kunnen met deze faciliteiten medewerkers worden getraceerd, waarvoor geldt dat voor hun gehele kennisdomein geen (of vrijwel geen) vervangers kunnen worden genoemd. Als de directie vanuit de optiek van de bedrijfsdoelstelling aan dat domein een vitale betekenis toekent, kan worden onderzocht of de ontwikkeling van een 'expert-systeem' zinvol en mogelijk is. De basis voor dat onderzoek wordt gevormd door de voornoemde gestructureerde beschrijvingen en door inzicht in de duurzaamheid van het gevonden kennisdomein (zie paragraaf 2.2.3). Voor de systematische ontwikkeling van ex-

pert-systemen verwijs ik naar specifieke methoden, zoals bijvoorbeeld de KADS-methode [Breuker & Wielinga, 1986, Schreiber et al, 1987].

### *Akties*

De gestructureerde beschrijving van een functie gebeurt in twee stappen. Deze zijn vastgelegd volgens het formulier van figuur 4.12.

a. De 'waarde' van elke component van de functie wordt beschreven (zie stap 2; ad b.(1)). Voor de waarde van de component waartoe de functie behoort (hier genoemd als de *resulterende* component) wordt aangegeven hoe zeker de waarde is in relatie tot de overige waarden van de precederende componenten. Hiervoor wordt onder de kolom van 'waarschijnlijkheid' een waarde genoteerd tussen 0 en 1.

Op deze wijze wordt verduidelijkt of er sprake is van een algoritmische functie, respectievelijk voor 'waarschijnlijk'=1 of een heuristische functie, respectievelijk voor:  $0 < \text{'waarschijnlijk'} < 1$  (zie paragraaf 3.2.3).

b. De probleemoplosser wordt gevraagd naar overige relevante kennis over de resulterende component in relatie tot de precederende componenten. Dit gebeurt als volgt. Voor de resulterende component wordt de probleemoplosser gevraagd welke andere mogelijke waarden of toestanden voor deze component kunnen voorkomen. Iedere genoemde waarde of toestand wordt genoteerd op het formulier volgens figuur 4.12 na het item 'anders',

bij '(komponentbeschrijving)

is (rekenkundige expressie voor een functie van de precederende componenten)  
en / of  
(<waarde>)'.

Vervolgens wordt aangegeven hoe de waarde van het resulterende component zich verhoudt tot mogelijke andere waarden van de overige componenten. Deze laatstgenoemde waarden worden genoteerd na de items 'als',

bij '((komponentbeschrijving)

is (<waarde>))'

of (<waarde>))'

enz.

De gestructureerde beschrijvingen van de functies, volgens de items anders.. .. als .. etc., maken het mogelijk een probleemoplossend systeem toe te passen voor het oplossen van een groep overeenkomstig beschreven problemen. In hoofdstuk V wordt nader ingegaan op die mogelijkheden.

## GESTRUKTUREERDE BESCHRIJVING VAN DE FUNCTIE.

### stap a.

*waarde van de componenten*

**is** (komponentbeschrijving(i))  
(<waarde>)..... [waarschijnlijkheid; 0,...,1]

**omdat** (komponentbeschrijving(1))  
**\_\_ is** (<waarde>);

**omdat** (komponentbeschrijving(i))  
**\_\_ is** (<waarde>);

**omdat** (komponentbeschrijving(n))  
**\_\_ is** (<waarde>);

enz.

### stap b.

*beschrijving van eventuele alternatieve waarden van  
resultierend komponent in relatie tot precederende componenten*

**anders** (komponentbeschrijving(j))  
(rekenkundige expressie,  
**is** met als variabele <objecten(1,...,i,...,n)>)..[waarschijnlijkheid; 0,...,1]

en / of

(<waarde>, <waardeverzameling>)..... [waarschijnlijkheid; 0,...,1]  
**is** (komponentbeschrijving(1))

**\_\_ als** (<waarde>)  
**\_\_ is** (<waarde>);

**\_\_ of**  
(komponentbeschrijving(1))

**\_\_ als** (<waarde>)  
**\_\_ is** (<waarde>);

**\_\_ of**  
(<waarde>, <waardeverzameling>)..... [waarschijnlijkheid; 0,...,1]  
**is** (komponentbeschrijving(1))

**\_\_ als** (<waarde>)  
**\_\_ is** (<waarde>);

**\_\_ of**  
(komponentbeschrijving(1))

**\_\_ als** (<waarde>)  
**\_\_ is** (<waarde>);

**\_\_ of**

enz.

Figuur 4.12 Lay-out van inventarisatie-formulier voor de gestructureerde beschrijving van een functie.

### 4.3 Bevindingen met het gebruik van de methode in de praktijk

De methode voor kennisinventarisatie, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk, heb ik toegepast in een praktijkomgeving. Deze toepassing had tot doel het hanteren van de methode te verkennen door het probleemoplossende systeem van een werkelijk opgelost probleem te inventariseren. Gelet op de beperkte omvang van deze verkenning - de methode werd voor één case toegepast - kunnen de resultaten die daaruit voortkomen slechts als indicatief worden beschouwd.

De inventarisatie heeft plaats gevonden bij een uitvoerend bouwbedrijf. De *ontwikkelde oplossing*, die voor dit doel was geselecteerd, bestond uit een *offerte*. Als criterium voor de keuze van de offerte gold, dat deze had geresulteerd in de verwerving van een bouwopdracht. Daarmee was de offerte ook werkelijk een oplossing voor een probleem en niet slechts een voorstel tot een oplossing. Zolang de oplossing de status heeft van *voorstel* en nog niet als oplossing is bewezen, behoren de kennisdelen van het probleemoplossende systeem niet tot de voorraad van gebruikte kennis.

In bijlage 2 van dit rapport zijn 18 geïnventariseerde kennisdelen weergegeven van het probleemoplossende systeem van de offerte. Het totale systeem omvatte een groter aantal kennisdelen. Het merendeel daarvan betrof strikt bedrijfsgebonden kennis en is niet geschikt voor publicatie in dit rapport.

#### *Bevindingen*

Ten aanzien van het hanteren van de methode kunnen de volgende bevindingen worden genoemd:

a. Na een korte uitleg aan de functionarissen, die meewerkten aan deze proef, werden de drie de achtereenvolgende stappen van de inventarisatie vlot doorlopen. Hierbij werd een set voorgedrukte inventarisatieformulieren gebruikt. De codering van componenten en functies was niet voorbereid op deze formulieren en het vereiste de nodige concentratie om bij het toekennen van codes geen fouten te maken. Dit gold met name voor de inventarisatie van de componenten en functies die behoorden tot de *elementen* van het probleemoplossende systeem. Ondersteuning bij het toekennen van de 'juiste' code, bijvoorbeeld in de vorm van een invoerprogramma, geïmplementeerd op een kleine draagbare computer, zou welkom zijn.

b. Al direct na aanvang van de inventarisatie werd een onderscheid duidelijk tussen delen van openbare kennis en delen van typische bedrijfsgebonden kennis. Dit onderscheid bleek bij de decompositie van de finale oplossing in componenten. Het boekwerkje waarmee de finale oplossing, de offerte in

kwestie, was aangeboden aan de cliënt, bestond uit een aantal hoofdstukken (de finale oplossingscomponenten) en van slechts enkele hoofdstukken was het toegestaan deze bij de inventarisatie-rapportage in bijlage 2 te noemen.

c. Beide synthese aspecten, benoemd in paragraaf 3.7.1, werden waargenomen. Deze zijn aangegeven in de overzichtsschema's van bladzijden 2 en 3 van bijlage 2.

d. Er werd een vaag beschreven kennisdeel getraceerd in het probleemoplossende systeem. Van een finale probleemcomponent kon niet precies worden weergegeven, hoe de waarde daarvan tot stand was gekomen. De afleiding van deze waarde werd beschreven als functie van de waarde van de daarmee corresponderende initiële probleemcomponent en van *ervaring* (zie bladzijde 2 van bijlage 2). Binnen het gegeven tijdsbestek voor deze proef was er voor dit onderdeel geen gelegenheid om volgens de derde inventarisatiestap na te gaan of er sprake was van een ontbrekend kennisdeel of van een kennisdeeltje dat om bepaalde redenen verborgen was.

#### 4.4 Samenvatting

In dit hoofdstuk is een methode beschreven voor het inventariseren van de voorraad van gebruikte kennis in een onderneming. De grondslagen voor deze methode worden gegeven met de theoretische analyses van kennis en probleemoplossen in hoofdstuk III. Het doel van de methode is de directie van een onderneming te informeren over welke kennis er wordt gebruikt, waarvoor die kennis wordt gebruikt en waar deze zich bevindt. Wanneer deze informatie wordt gekombineerd met inzichten in het economisch belang van de onderscheiden kennisdelen kan de behoefte aan kennisoverdracht worden vastgesteld.

In de methode worden drie inventarisatiestappen onderscheiden. Alle inventarisatie acties, die deel uitmaken van de opeenvolgende stappen, zijn geïllustreerd met lay-outs van de daarbij te hanteren formulieren. Volgens de eerste stap worden de opgeloste problemen of ontwikkelde artefacten voor de gehele onderneming per afdeling kort beschreven. Met de tweede stap worden de kennisdelen per opgelost probleem geïnventariseerd. Daarbij worden per kennisdeel personen en documentaties genoemd. Met de laatste stap wordt relevante ervaringskennis van medewerkers gerepresenteerd. In het volgende hoofdstuk ga ik nader in op representatiemogelijkheden van deze kennis. De inventariseringswerkzaamheden volgens de stappen 2 en 3 zullen voor (middel)grote bouwondernemingen zodanig groot van omvang kunnen zijn, dat het wenselijk is prioriteiten te stellen voor deze werkzaamheden.

Tot slot werd de methode als proef gehanteerd voor de inventarisatie van een probleemoplossend systeem bij een bouwbedrijf. De ontwikkelde oplossing, die voor dit doel was geselecteerd, bestond uit een offerte. In bijlage 2 zijn de kennisdelen weergegeven, die met deze proef zijn geïnventariseerd.



## Representatie van ervaringskennis in de bouwpraktijk

### 5.0 Inleiding

Ervaring wordt in dit hoofdstuk beschreven als een middel voor het verwerven van kennis. Kennis verkregen door ervaring wordt kortweg ervaringskennis genoemd. Deze kennis onderscheidt zich van andere kennis slechts door de manier waarop ze is verworven.

De methode voor het inventariseren van kennis, beschreven in hoofdstuk IV, is in de eerste plaats bedoeld om voor ieder afzonderlijk opgelost probleem in een bedrijf het probleemoplossende systeem te representeren. Daardoor wordt onder meer expliciet gemaakt, welke rollen medewerkers en welke rollen documentaties spelen bij het oplossen van problemen. In de tweede plaats bestaat de mogelijkheid om de ervaringskennis van de medewerkers, in relatie tot de geïnterpreteerde opgeloste problemen, in detail te beschrijven.

Als aanvulling op de bedoelde inventarisatiemethode, worden in dit hoofdstuk systemen behandeld, die tot doel hebben om de kennis die medewerkers hebben verworven met het oplossen van problemen te representeren door simulatie van het ervaringsleren op basis van zogenaamde 'concept-learning' systemen. De representatie van het ervaringsleren is daarbij beperkt tot het leren van 'vuistregelkennis'. Hiertoe worden de prestaties van een aantal relevante systemen vergeleken.

Het relatief meest bruikbare systeem wordt vervolgens toegepast voor het weergeven van de verschillen tussen twee stadia van ervaringskennis van respectievelijk twee groepen van respondenten. Daarmee wordt een aanzet gegeven voor een geautomatiseerde periodieke registratie van kennismutaties binnen

een onderneming ten gevolge van werkervaringen.

## 5.1 Ervaringskennis op het niveau van vulstregels

### *Ervaringsleren*

De kennis die verworven is door ervaring heet ervaringskennis. In alledaags taalgebruik wordt ervaringskennis vaak kortweg aangeduid met 'ervaring'. In dien iemand bekend staat als een 'ervaren persoon', dan betekent het dat deze over kennis beschikt die verworven is door zijn persoonlijke activiteiten (ervaringen). Voor het kunnen verwerven van ervaringskennis is het noodzakelijk om over bepaalde 'leer' capaciteiten te beschikken. Het ervaringsleren is een van de vormen van leren die in de wetenschap van de psychologie<sup>20</sup> wordt onderscheiden. Carbonell [1986] definieert het ervaringsleren aan de hand van de gedragswijzigingen van een systeem als volgt:

'A system is said to learn if it can modify its behavior after a set of experiences such that it can perform a task more accurately or more efficiently than before or perform a new task beyond its previous capabilities.'

In de experimenten, beschreven in paragraaf 5.5, voor mijn onderzoek naar veranderingen in ervaringskennis heb ik mij beperkt tot één facet van de gedragswijzigingen van een probleemoplosser door ervaring. Dit betreft de wijzigingen van een regel voor het oplossen van een probleem. Het gehele stelsel van gedragswijzigingen waarvan het genoemde facet deel uitmaakt, kan worden geschetst volgens de leertheorie<sup>21</sup> van Gagné. Het aangeleerde gedrag wordt in deze theorie beschouwd als het resultaat ('learning outcomes') van een aantal basis leervermogens [Gagné, 1985, p.49-67]. Het resultaat wordt in die theorie ingedeeld naar vijf 'performance categories'. In tabel 5.1 zijn deze categorieën in tabelvorm weergegeven en toegelicht met voorbeelden.

In paragraaf 3.5 is uiteen gezet dat door het oplossen van een gegeven probleem er een systeem wordt gevormd, dat samengesteld is uit elementaire kennisdelen. In termen van de 'performance categories' bestaan de kennisdelen

---

<sup>20</sup> '...Sometimes it seems that learning is to psychology what energy is to physics or reproduction is to biology: not merely a central research topic, but a virtual definition of the domain. Just as physics is the study of energy transformations and biology is the study of self-reproducing organisms, so psychology is the study of systems that learn...' [Haugeland, 1986]

<sup>21</sup> Er bestaan binnen deze wetenschap meerdere theorieën over het leren. Deze theorieën onderscheiden zich van elkaar onder meer door de manier waarop zij verschillende leervarianten erkennen en indelen naar categorieën. Wingfield onderscheidde bijvoorbeeld zes verschillende categorieën en baseerde deze onder meer op de acht verschillende categorieën, die eerder door Gagné werden onderscheiden [Wingfield, 1979].

uit 'discrimination', 'concept' en 'rule'. De 'higher-order rule' is een regel, die de verschillende kennisdelen samen laat functioneren als één operationeel probleemoplossend systeem. De meta kennis (zie ook paragraaf 3.5), volgens welke een probleemoplossend systeem gevormd wordt, behoort in deze termen tot de subcategorie 'cognitive strategy'. Het onderzochte facet van gedragswijzigingen komt overeen met de subcategorie 'rule'.

Capability	Examples of Performance Made Possible
Intellectual Skill	Demonstrating symbol use, as in the following:
Discrimination	Distinguishing printed <i>m</i> 's and <i>n</i> 's
Concrete Concept	Identifying the spatial relation 'underneath'; identifying a 'side' of an object
Defined Concept	Classifying a 'family', using a definition
Rule	Demonstrating the agreement in number of subject and verb in sentences
Higher-Order Rule	Generating a rule for predicting the size of an image, given the distance of a light source and the curvature of a lens
Cognitive Strategy	Using an efficient method for recalling names; originating a solution for the problem of conserving gasoline
Verbal Information	Stating the provisions of the First Amendment to the U.S. Constitution
Motor Skill	Printing the letter R; skating a figure eight
Attitude	Choosing to listen to classical music

Tabel 5.1. Vijf hoofdcategorieën van geleerde vaardigheden, inclusief subcategorieën en voorbeelden.

Uit: Gagné R.M., 'The Conditions of Learning and theory of instruction', pp.67, tabel 3.1, Holt Rinehart and Winston, New York, 3<sup>e</sup> druk, 1985

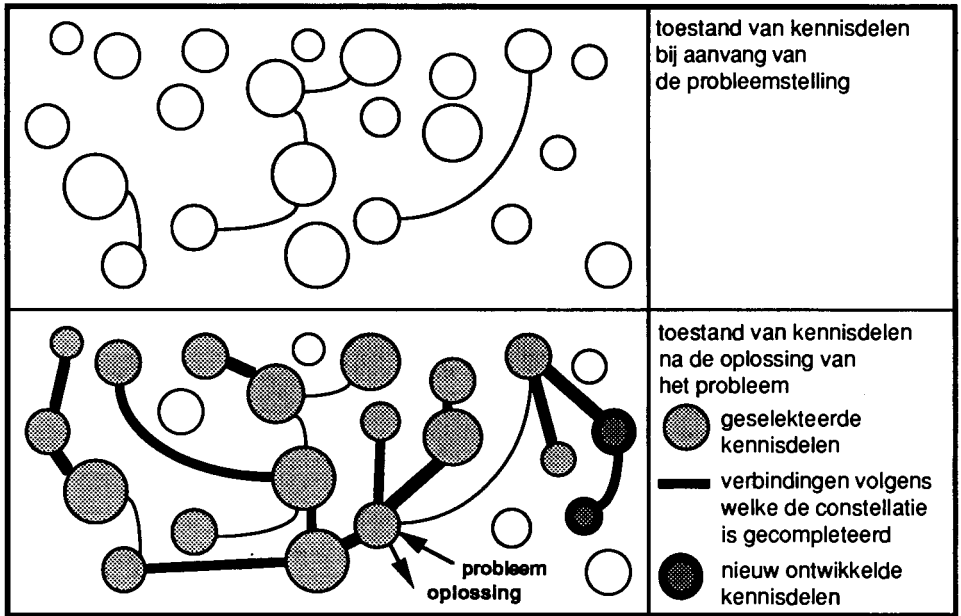
### *Inventarisatie van ervaringskennis*

De methode voor kennisinventarisatie, behandeld in het voorgaande hoofdstuk is in enkele opzichten toegerust voor het registreren van wijzigingen van kennis ten gevolge van ervaringen met probleemoplossen. Bij de methode wordt ten aanzien van het resultaat van de ervaringen onderscheid gemaakt tussen:

- a. (ervarings)kennis verworven met het oplossen van één enkel probleem
- b. aanvullingen op die kennis als gevolg van het oplossen van meerdere overeenkomstige problemen.

Ad a. De methode biedt in de eerste plaats alleen de mogelijkheid te inventariseren wat er is geleerd per opgelost probleem. Met het samenstellen van kennisdelen tot een nieuw probleemoplossend systeem wordt nieuwe (ervarings-) kennis verworven. Binnen de context van een dergelijk systeem kan de verworven kennis worden ingedeeld naar de subcategorieën 'discrimination', 'con-

cepts', 'rules' en 'higher-order rules'. De verworven kennis kan worden aangeduid als de verschillen tussen de toestand van kennisdelen op het moment dat het probleem werd gesteld en de toestand van kennisdelen, samengesteld als systeem op het moment dat het probleem was opgelost.



Figuur 5.1. De verworven ervaringskennis, afgebeeld als de verschillen tussen de toestand bij aanvang van de probleemstelling (...het probleem is benoemd) en toestand, waarin het probleem is opgelost.

Wanneer daarbij alleen 'voorradijge' kennisdelen zijn aangewend, dan bestaat de verworven kennis binnen de gegeven context uit 'higher-order rules'. Indien echter niet alleen sprake was van selecteren en samenstellen van 'voorradijge' kennisdelen, maar dat voor het oplossen van het probleem ook nieuwe kennisdelen ('discrimination', 'concepts', 'rules') werden ontwikkeld, dan behoren deze eveneens tot de verworven ervaringskennis. In figuur 5.1 zijn de verschillen tussen deze twee toestanden geïllustreerd.

Ad b. In de tweede plaats bestaat er bij de gestructureerde beschrijving van de functies en wel onder de items 'anders: als ... dan...' de mogelijkheid om in de loop der tijd aanvullingen op de verworven kennis, bedoeld onder ad a, te geven (zie ook paragraaf 5.3.3). In hoeverre van deze gelegenheid gebruik gemaakt zal worden, hangt af van de wens van de direktie om dergelijke gedetail-

leerde inventarisaties van persoonsgebonden kennis periodiek te laten plaatsvinden en - niet in de laatste plaats - van de bereidheid van de medewerkers hun persoonlijke ervaringskennis op die manier expliciet te maken (zie paragraaf 2.2.8).

#### *Aanvulling van de methode ten behoeve van ervaringskennis*

Torbert betoogt dat de hoeveelheid kennis die daadwerkelijk wordt verworven door het oplossen van een probleem afhankelijk is van een aantal persoonlijke kwaliteiten van de probleemoplosser.

'Persons must develop new sensory emotional frameworks for thought in order to become capable of learning through goal-setting-and -achievement.'

Voorts wijst hij erop dat het rendement van kennisverwerving door werkervaringen met probleemoplossen mede afhankelijk is van de mate waarin de persoon het probleem en het doel zelfstandig formuleert [Torbert, 1972]. Dit betekent dat verschillende personen, die ieder voor zich een gelijke groep problemen hebben opgelost, daarmee niet noodzakelijk gelijke (ervarings-)kennis hebben verworven.

Hoewel het in de (bouw-)praktijk niet ongebruikelijk is ervaringskennis van een persoon uit te drukken in grootheden als aantallen ervaringsjaren of aantallen gerealiseerde (bouw-) projecten, moet daar, gelet op de bevindingen van Torbert toch meer genuanceerd over gedacht worden. Afgezien van de betrekkelijkheid van de bedoelde maatstaven voor ervaringskennis, is het werkelijke nut van persoonlijk verworven ervaringskennis voor een (bouw-)bedrijf afhankelijk van weer andere persoonlijke kwaliteiten. De resultaten van het onderzoek naar beheer van kennis en ervaring bij bouwbedrijven, zie paragraaf 2.3.2, wijzen onder meer op de beperkte vermogens van ervaren deskundigen om hun kennis aan anderen te expliciteren en op hun beperkte bereidheid (hun persoonlijke economische belang is daarmee in geding) om dat te doen.

Samenvattend concludeer ik dat de mate waarin ervaringskennis beschikbaar is bij een bouwbedrijf voor de realisatie van een nieuw bouwwerk in belangrijke mate wordt bepaald door verschillende persoonlijke vaardigheden van diegenen in het bedrijf die in de gelegenheid waren dergelijke kennis op te doen.

Dit impliceert dat de methode voor het systematisch inventariseren van kennis aanvulling behoeft in de vorm van een instrumentarium waarmee, zonder tussenkomst van interviews met probleemoplossers, representatie van kenniswijzigingen door ervaring met probleemoplossen mogelijk is. De beoogde aanvulling heb ik onderzocht voor de representatie van vuistregelkennis voor de sub-

categorie 'rules'. Deze vormt een specifieke hoedanigheid van ervaringskennis, die in navolgende paragraaf zal worden beschreven binnen een denkraam van een informatieverwerkend model voor de mens als probleemoplosser.

*Ervaringskennis verworven door het oplossen van meerdere overeenkomstige problemen; Vuistregels*

Sternberg [1985, p.71-96] stelt in zijn 'triarchische theorie' over menselijke intelligentie, dat het kunnen aanleren van motorische vaardigheden, zoals lezen en schrijven en van mentale vaardigheden, zoals het oplossen van problemen, alleen kan worden verklaard, doordat er een vorm van automatisering van informatieverwerking plaatsvindt. Het informatieverwerkend systeem 'mens' beschouwt hij als een hiërarchisch systeem opgebouwd uit globale en lokale informatieverwerkende componenten. De lokale informatieverwerking speelt zich af op het concrete niveau van de taakuitvoering en deze informatieverwerking is geautomatiseerd. De besturing van de lokale informatieverwerking gebeurt door de globale component. Een nieuwe taak is een taak waarvoor er geen voorafgaand leerproces bestaat en dat betekent dat er geen geautomatiseerde lokale systeemcomponent kan worden geactiveerd. In die gevallen wordt er automatisch teruggevallen op de globale informatieverwerking<sup>22</sup>.

Dit betekent dat door het herhaaldelijk verrichten van een handeling en /of van het herhaaldelijk oplossen van een probleem er lokale (geautomatiseerde) informatieverwerkende systemen worden gecreëerd voor respectievelijk het uitvoeren van die handeling en het oplossen van dat probleem. Minsky [1988] beschrijft een dergelijk lokaal systeem door de metafoor van een lijn, die een groep mentale organen aan elkaar rijgt<sup>23</sup>.

---

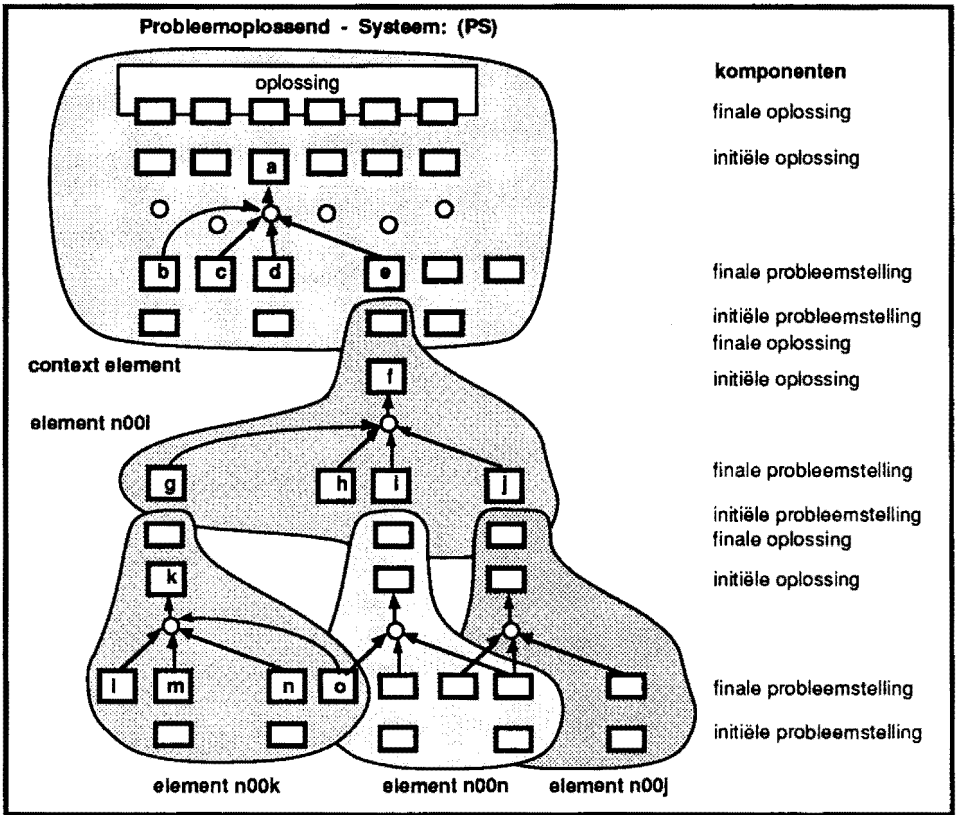
<sup>22</sup> 'Many kinds of tasks requiring complex information processing seem to intricate that it is a wonder, that we can perform them at all. The number and complexity of operations involved in reading is staggering, and what is more staggering is the rate at which these operations are performed. Performance of tasks as complex as reading would seem to be possible only because a substantial proportion of the operations required in reading are automatized and thus require minimal mental effort.'

'For an expert, driving a car consumes local resources and leaves central resources available for other tasks, unless a new situation (such as a roadblock) is confronted that is unfamiliar and requires redirection of control to one's own global resources.'

'Expertise develops largely from the successively greater assumption of information processing by local resources. When these local resources are engaged, parallel processing of multiple kinds of tasks becomes possible. Global resources, however, are serial and of very limited capacity in their problem-solving capabilities.' [Sternberg, 1985, p.71-96]

<sup>23</sup> 'Een kennis-lijn is een draadachtige structuur, die zich hecht aan alle mentale organen die actief zijn op het moment waarop het goede idee komt of het probleem wordt opgelost. Als een kennis-lijn later opnieuw wordt geactiveerd, worden de organen die eraan vastzitten actief, waardoor een 'mentale toestand' ontstaat, die veel lijkt op die van het moment waarop dat goede idee of die oplossing bedacht werd.' [Minsky, 1988, p.84]

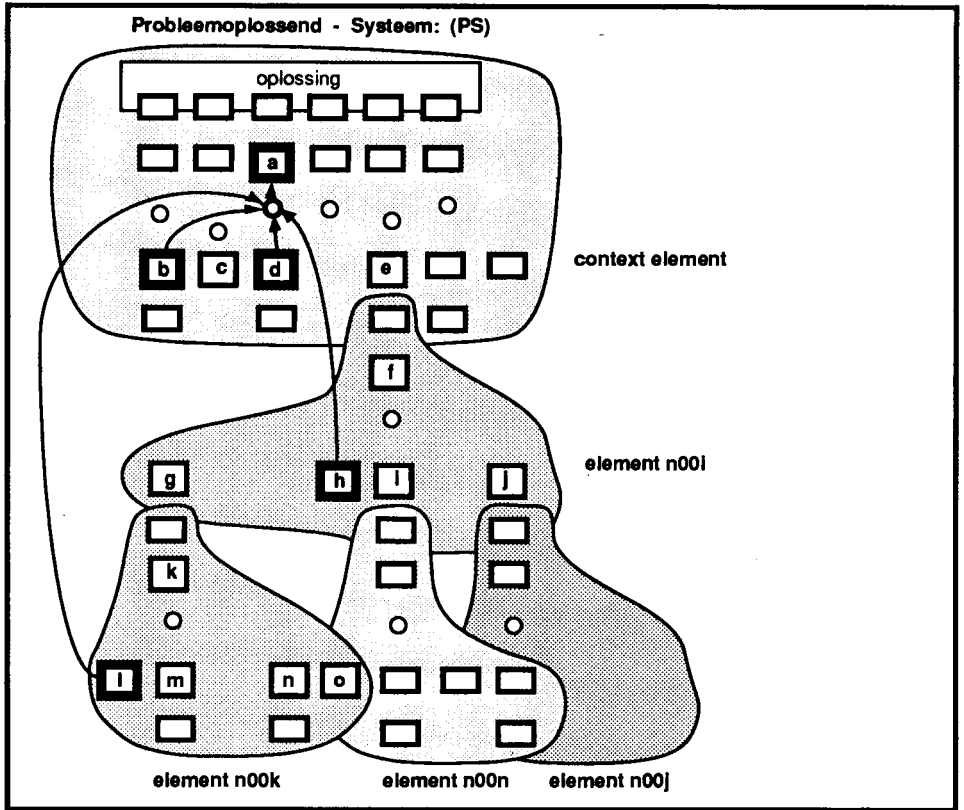
In paragraaf 3.7 is het model beschreven dat het mogelijk maakt bedoelde probleemoplossende systemen in praktische zin te analyseren. Een korte schematische weergave van dit model is gegeven in figuur 5.2.



Figuur 5.2. Schematische weergave van het model voor een probleemoplossend systeem met deelsystemen of elementen.

Een lokale geautomatiseerde systeemcomponent zoals beschreven door Sternberg voor het oplossen van een gegeven probleem interpreteer ik als een mentale of motorische vaardigheid, die de probleemoplosser in de loop der tijd heeft ontwikkeld door het oplossen van problemen die behoren tot dezelfde klasse. Ik beperk me tot de ontwikkeling van mentale vaardigheden en spreek in relatie tot die vaardigheden van problemen die behoren tot dezelfde klasse, indien ze worden opgelost volgens hetzelfde probleemoplossende systeem. De set van componenten is gelijk voor de respectievelijke probleemstellingen en oplossingen, de waarden van de set probleemcomponenten verschillen echter per probleem. De bedoelde vaardigheid stelt de probleemoplosser in

staat het probleemoplossende systeem of slechts enkele elementen daarvan voor een bepaalde klasse problemen efficiënt te reproduceren.



Figuur 5.3. Illustratie van de interpretatie van 'vuistregelkennis' binnen een context van een probleemoplossend systeem.

Een bijzondere vorm van deze vaardigheid komt tot uiting in de hoedanigheid van regels, waarmee een gegeven probleemoplossend systeem wordt gereduceerd tot een vorm waarin een optimum is bereikt tussen het streven naar minimale inspanningen voor de probleemoplosser en het streven naar het genereren van voldoende betrouwbare oplossingen. In meer alledaags taalgebruik worden deze regels voor het oplossen van problemen aangeduid als 'vuistregels'.

Deze interpretatie van de vuistregelkennis is geïllustreerd met figuur 5.3. De verschillende functies of regelsets, waardoor component **a** van systeem PS in figuur 5.2 in eerste instantie werd herleid uit de componenten **b** t/m **o**, zijn in tweede instantie op basis van verworven kennis met het oplossen van proble-



men behorende tot dezelfde klasse gereduceerd tot één functie. Deze functie is weergegeven in figuur 5.3. Ook uit de set van componenten is een kleiner aantal geselecteerd. Het systeem heeft door ervaring geleerd dat de hoedanigheid van component **a** van de initiële oplossing voldoende betrouwbaar kan worden vastgesteld door **a** slechts als functie te beschouwen van probleemcomponenten **b, d, h** en **l**. In de volgende paragraaf wordt behandeld hoe vuistregel kennis door probleemoplossen kan worden verkregen door gebruik te maken van komputer gesteunde kennisacquisitie technieken.

## 5.2 'Concept-learning' technieken voor het simuleren van ervaringskennis op een niveau van vuistregels

Ter aanvulling op de methode voor kennisinventarisatie heb ik naar de mogelijkheid gezocht voor het 'automatisch' genereren en wijzigen van vuistregelkennis. Hierbij heb ik me laten leiden door ontwikkelingen op het gebied van 'machine-learning' technieken voor een zogenaamd 'concept-learning' model. Geautomatiseerde leertechnieken ('machine-learning') hebben tot doel machines (komputers) in staat te stellen om kennis te verwerven uit boeken en documenten, kennis te verwerven door te 'converseren' met menselijke deskundigen en kennis te verwerven uit waarnemingen [Michalski, 1986a].

Een 'concept-learning' model is gebaseerd op het verwerven van kennis door het generaliseren van waarnemingen. Schank [1985, p.21-22] beschrijft de taken van een 'machine-learning' systeem voor 'concept-learning' als volgt:

'In general we have in mind here models which propose that the key is to discover a formal mechanism to 'generalize' over instances which are defined by a set of 'features'.

.... the model assumes a set of categories which are defined a priori, and a source of definitive judgements concerning whether a given example falls into a given category. The task is to find a set of attributes, or 'features', as they are often called, which correctly discriminate the examples which should be classed in a category from those which should not.'

Gagné maakt onderscheid tussen twee categorieën van concepten, zogenaamde 'thing-concepts' en 'relational-concepts'<sup>24</sup>. Door de 'concept-learning' systemen worden regels gegenereerd. De 'thing-concepts' (features, attributes) van die regels worden verkregen door selectie uit een gegeven verzameling van 'thing-concepts', waardoor een waargenomen object is gedefinieerd. De 'relational-concepts' worden gegenereerd. Als zodanig is het leren van 'concept-

---

<sup>24</sup> Als verduidelijking van dit onderscheid geeft Gagné het volgende voorbeeld. 'A fairly simple rule is represented by the statement 'A gallon of liquid consists of four quarts'. In this case there are three *thing-concepts*: gallon, liquid, and quart. The primary *relational concept* is the verb 'consists of', with a secondary relation represented by the quantity 'four'. The concept is a component of a rule and is thus subordinate to it.' [Gagné, 1985, p.53]

learning' systemen beperkt tot het leren van 'relational-concepts'.

Schank noemt impliciet als leerdoel het begrip 'formal mechanism'. Dit mechanisme is dus in feite een regel of een set van regels. Door de 'relational-concepts' daarvan worden gegevens van een groep 'thing-concepts' van een object geselecteerd en verwerkt. Hierdoor worden waargenomen objecten geïdentificeerd.

Het begrip object moet daarbij ruim geïnterpreteerd worden als bijvoorbeeld een weersituatie, een toestand van patiënt of een bouwkundig funderingstype. Voor objecten als 'weersituatie', 'patiënt' en 'funderingstype' kunnen respectievelijk als voorbeelden van identiteiten worden gevonden 'storm', 'griep' en 'paalfundering'. In het Engelstalige jargon van 'concept-learning' worden de componenten van de probleemstelling de 'features' van een object genoemd. De set van features wordt daarbij wel aangeduid als een 'Feature Vector' [Forsyth & Rada, 1986].

De toepassingen van 'concept-learning' systemen zijn beperkt tot het genereren van regels voor het oplossen van problemen, die behoren tot dezelfde klasse. Voorts geldt als voorwaarde voor het toepassen van dergelijke systemen, dat voor de problemen een duidelijk beschreven oplossingenverzameling bestaat die relatief klein is. De beperking, behorende tot dezelfde klasse, komt voort uit de technieken die door deze systemen worden toegepast voor het genereren van regels. Deze technieken hebben als gemeenschappelijke noemer *inductie*. Hierop wordt gedoeld met '.. to generalize over instances...' in de beschrijving van Schank.

Binnen de context van de methode voor kennisinventarisatie betekent dit het volgende. Van een aantal opgeloste problemen, die behoren tot dezelfde klasse is voor elk opgelost probleem door de kennisinventarisaties het daarvoor specifieke probleemoplossende systeem gerepresenteerd. Daardoor zijn voor elk opgelost probleem de oplossing en de daarbij behorende probleemstelling bekend.

Voorts is voor elk afzonderlijk probleem gegeven hoe de oplossing daarvan een functie is van de componenten van de probleemstelling. De 'anders: als.. dan..' items van de functiebeschrijvingen zijn echter niet gegeven. Anders gezegd, de regelrepresentaties ontbreken bij de functie beschrijvingen. In geval er zich een nieuwe probleemstelling voordoet, behorende tot die klasse van eerder opgeloste problemen, bestaat er geen kennis over het oplossen daarvan. Probleemstelling, functies en oplossing zijn immers specifiek, zolang de regelrepresentaties ontbreken bij de functiebeschrijvingen. In die hoedanig-

heid zijn functies niet meer geldig wanneer er wijzigingen zijn in de probleemstelling. Er is dus geen algemeen probleemoplossend systeem voorhanden dat geldig is voor alle opgeloste problemen die behoren tot die gegeven klasse.

Bij toepassing van 'concept-learning' systemen voor probleem oplossen moet onderscheid worden gemaakt tussen de identiteit van het object als zijnde de representatie van de probleemstelling<sup>25</sup> en de identiteit van het object als zijnde de representatie van de oplossing<sup>26</sup> die behoort tot die probleemstelling.

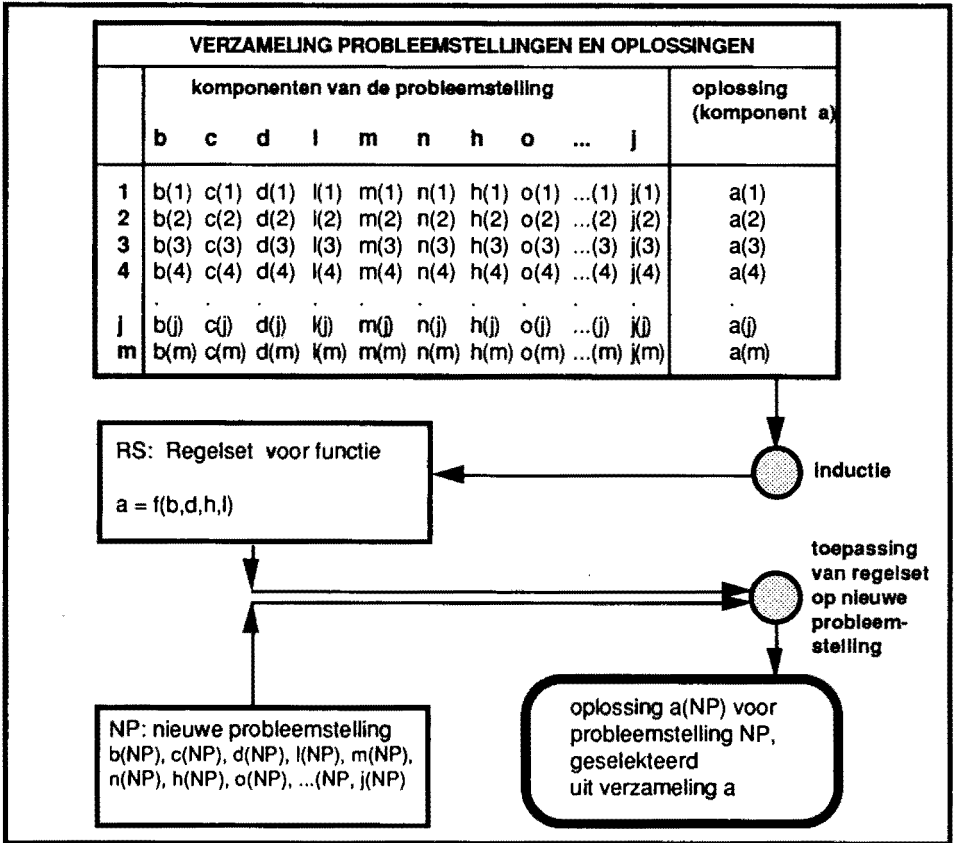
Inductieve technieken, toegepast bij probleem oplossen, hebben tot doel voor een groep opgeloste problemen die behoren tot dezelfde klasse een set regels te genereren die voor elk probleem, behorende tot die groep, weergeven hoe de oplossing daarvan een functie is van de specifieke probleemstelling. In termen van de gegeven interpretatie van vuistregelkennis in voorgaande paragraaf betekent dit, dat alle afzonderlijke probleemoplossende systemen of elementen daarvan optimaal worden gereduceerd tot één en hetzelfde probleemoplossende systeem. Een dergelijk systeem kent dus een verzameling van oplossingen, probleemstellingen en functies.

De uiteindelijke veronderstelling, die ten grondslag ligt aan het 'concept-learning' model, is dat de door inductie verworven regels, die gelden voor elke bestaande probleemstelling van de gegeven verzameling, ook van toepassing zijn voor nieuwe probleemstellingen die behoren tot diezelfde klasse. Dit is weergegeven met het schema in figuur 5.4. Voor iedere gegenereerde oplossing  $o(j)$  is de set waarden gegeven van de componenten van de probleemstelling. Daarmee bestaat er een verzameling probleemstellingen en oplossingen die als leervoorbeelden gelden. Door een inductieprogramma wordt optimaal het gereduceerde probleemoplossende systeem,  $o(j) = f(k(1), k(2), \dots, k(i), \dots, k(n))$ , als regelset RS afgeleid uit de verzameling leervoorbeelden. De genoemde veronderstelling luidt volgens figuur 5.4, dat door toepassing van RS op een nieuwe probleemstelling NP een oplossing geselecteerd wordt uit de verzameling oplossingen ( $o(j); j=(1, \dots, m)$ ), die in feite geldig is voor de verzameling leervoorbeelden. Dit betekent dat door inductie er geen oplossing kan worden 'gevonden' die niet reeds deel uitmaakt van de gegeven verzameling van oplossingen.

---

25 ...zoals 'griep' voor de gestructureerd beschreven situatie van een 'patiënt'

26 ...zoals 'aspirines' als oplossing voor de probleemstelling 'patiënt'



Figuur 5.4. Schematische weergave van de toepassing van inductie voor probleemoplossen.

De verschillende onderdelen van voornoemd schema, zoals de verzameling leervoorbeelden, het inductie programma, de representatie van de regelset en het toepassingsprogramma, alsmede de 'user-interface' programmatuur vormen een 'concept-learning' systeem. Gelet op het bestaan van meerdere 'concept-learning' systemen, zowel in theorie als in praktijk, luidt de vraag in hoeverre de beschreven veronderstelling juist is voor elk 'concept-learning' systeem. In de volgende paragraaf is aangegeven welke mate van betrouwbaarheid mag worden toegekend aan regels die verworven zijn door inductieve technieken van verschillende 'concept-learning' systemen.

### 5.3 Vergelijkend onderzoek naar inductieve technieken

Tot de meest bekende inductieve technieken behoren de statistische technieken. Gelet op het wijd verspreide gebruik van deze technieken en de omvangrijke beschrijvingen die voorhanden zijn, kan deze groep technieken worden gekarakteriseerd als klassiek en beproefd. Met de statistische analyse technieken van de discriminant functie en de logistische regressie kunnen, evenals bij de 'concept-learning' technieken, functies worden gegenereerd voor het identificeren van een object dat behoort tot een gegeven klasse [Manly, 1986].

Voor het toepassen van deze statistische technieken ten behoeve van functie representatie bij probleem oplossen kunnen een drietal bezwaren worden genoemd. Statistische technieken zijn niet goed toegerust voor het analyseren van gegevensverzamelingen van variabelen met meer dan twee nominale waarden en van gegevensverzamelingen waarin waarden ontbreken, bijvoorbeeld ten gevolge van onzorgvuldige waarnemingen of door onzorgvuldige verwerking van de waarnemingen. Als derde bezwaar gelden de beperkingen ten aanzien van de representatievormen voor zowel de invoer van gegevens als de uitvoer van gegevens. In een 'real-world' omgeving van menselijk redeneren en probleem oplossen liggen 'descriptieve' vormen van gegevens meer voor de hand dan numerieke en wiskundige expressies daarvoor.

De 'concept-learning' systemen, die ofwel als commerciële programmapakketten verkrijgbaar zijn voor meer algemeen gebruik ofwel alleen ontwikkeld zijn voor gebruik in specifieke onderzoeken, hebben alle tot doel oplossingen te bieden voor de genoemde bezwaren van de statistische technieken. Het 'concept-learning' systeem dat gebruikt is voor het simuleren van vuistregelkennis bij de experimenten van paragraaf 5.4, heb ik gekozen op basis van de uitkomsten van een vergelijkend onderzoek.

#### *Doel van het vergelijkende onderzoek.*

Dit deel van het onderzoek heeft tot doel inzicht te verwerven in de output verschillen tussen object-identificatie systemen. Het begrip object-identificatie systeem heeft hier betekenis als verzamelnaam voor zowel de statistische systemen als de 'concept-learning' systemen.

Ten aanzien van de outputs wordt gelet op twee aspecten. Deze zijn de representatievorm van de door inductie verworven functie (zie RS in figuur 5.4) en de mate van betrouwbaarheid waarmee een identiteit voor een nieuw object wordt vastgesteld. Andere kwaliteiten van deze systemen, zoals bijvoorbeeld de input-

vorm, de benodigde hardware en de 'run-times' worden buiten beschouwing gelaten.

### *Aanpak van het onderzoek.*

Ten behoeve van dit onderzoek is een beperkt aantal systemen geselecteerd. Daar er relatief veel verschillende systemen voor object-identificatie in omloop zijn, is gekozen voor een vergelijking van die systemen die representatief zijn voor de belangrijkste ontwikkelingen op dit gebied. Vanwege het specialistische karakter van bedoelde systemen is het feitelijke onderzoek tot stand gekomen door medewerking van specialisten voor de respectievelijke systemen. In [Cosemans et al, 1991] is nadere informatie gegeven over deze specialisten en over de door hun geïmplementeerde programmatuur.

Ten behoeve van de input, dat wil zeggen als set van leervoorbeelden, is een aantal verschillende datasets gekozen. Deze trainingsets werden successievelijk ingevoerd in elk van de geselecteerde systemen en vervolgens werden de outputs vergeleken aan de hand van de twee genoemde aspecten. Prestatie is hierbij de mate, uitgedrukt in een percentage, waarin de bedoelde systemen in staat zijn een set nieuwe objecten (de 'testset') juist te klassificeren aan de hand van een gegeven set voorbeelden (de 'leerset' of 'trainingset').

### *De input datasets ten behoeve van de vergelijking van de methoden.*

Voor de vergelijking van de bedoelde methoden zijn twee sterk verschillende datasets gekozen: een relatief grote dataset met ontbrekende waarden en een relatief kleine dataset zonder ontbrekende waarden. De 'grote' dataset bestaat uit 336 records, waarbij elk record bestaat uit 116 prediktoren en de klasse-variabele of identiteit-variabele van het object. In termen van probleemoplossende systemen vormen de prediktoren en de identiteit-variabele de componenten van de probleemstellingen en de oplossing. Zeven van de 116 prediktoren zijn nominaal met meer dan 2 waarden. De hoeveelheid ontbrekende waarden in deze dataset bedraagt circa 59%. De tweede dataset bestaat uit 46 records, waarbij een record bestaat uit 7 prediktoren en de identiteit-variabele. Alle prediktoren zijn voor deze tweede dataset nominaal en er zijn geen ontbrekende waarden. Voor beide datasets geldt dat de identiteit-variabelen slechts 2 waarden kunnen hebben.

### *Vergelijking van de prestaties*

De grote dataset bestaande uit 336 voorbeelden is aselekt gesplitst in twee partities:

- (i) 80 % van het aantal records, gebruikt als leerset

(ii) 20 % van het aantal records, gebruikt als testset

Zo is een kruisvalidatie opgezet door vijf maal twee partities te creëren van respectievelijk vijf leersets en vijf testsets. De kleine dataset, bestaande uit 46 records, is aselekt in twee partities gedeeld van elk 23 records. De partities fungeerden respectievelijk als leerset en testset en omgekeerd als testset en leerset. Door elk van de geselecteerde systemen zijn voor iedere leerset functies gegenereerd die vervolgens zijn gebruikt om de identiteiten vast te stellen van de records die behoorden tot de testset van die leerset. De op deze wijze afgeleide identiteiten zijn vergeleken met de voor die records reeds bekend gestelde identiteiten. De mate waarin de afgeleide identiteiten overeen kwamen met de daarvoor gegeven identiteiten is uitgedrukt in percentages.

*Korte beschrijvingen van de vergeleken methoden en van de gegenereerde functie representaties.*

De geselecteerde systemen zijn representatief voor de volgende methoden:

- a. de statistische methoden
- b. de 'AQ' methode
- c. de 'ID-3' methode
- d. de 'Kx' methode

Ad a. De statistische methoden

De statistische methoden hebben deel uitgemaakt van het vergelijkende onderzoek om de betekenis van de 'concept-learning' methoden te verduidelijken. De gevolgde statistische benadering is in eerste instantie die van de discriminant-analyse. Bij een leerset van records bestaande uit een identiteit-variabele<sup>27</sup> en verklarende variabelen (prediktoren), levert deze methode een functie, gebaseerd op deze leerset, die gebruikt kan worden om met een zo groot mogelijke kans de juiste identiteit voor een nieuwe record of object te geven. Hierbij zij opgemerkt dat ingeval van ontbrekende waarden bij een of meer variabelen het betreffende voorbeeld niet in de analyse wordt meegenomen. Bij veel ontbrekende waarden kan het aantal leervoorbeelden dusdanig klein worden (kleiner dan het aantal prediktoren), dat deze methode niet toegepast mag worden. Bovendien is het nodig de trainingset volledig te houden ten behoeve van de vergelijking met andere geselecteerde systemen. Een gangbare en eenvoudige methode om de leervoorbeelden, waarin dergelijke 'missing values' voorkomen, toch te gebruiken voor de discriminant analyse is het toewijzen van gemiddelden per groep aan die waarden.

---

<sup>27</sup> Statistici spreken van een criteriumvariabele in plaats van een klasse-variabele of identiteit-variabele.

Een ander voorwaarde voor het kunnen toepassen van discriminant analyse is dat de prediktoren scalaire waarden bevatten. Bij het voorkomen van nominale waarden op meer dan twee niveau's worden daartoe dichotome dummy variabelen gecreëerd.

Indien de identiteit-variabele in de datasets een dichotome variabele is, kan tevens de logistische regressie methode worden toegepast. In het werk van Press et al [1978] worden de relatieve voordelen van beide methoden beschreven, waarbij de logistische regressie in geval van een classificatie gereedschap de voorkeur verdiende. Bij deze methode worden ontbrekende waarden en nominale waarden volgens dezelfde manieren behandeld als bij de discriminant analyse. Voor het vergelijkende onderzoek zijn beide methoden geïmplementeerd met behulp van de systeem programmatuur van SAS [1987]. Uit de experimenten blijkt discriminant analyse beter te voldoen dan logistische regressie. Zie tabel 5.2.

#### Ad b. De 'AQ' methode

AQ is een door Michalski ontwikkeld algoritme dat automatisch een beschrijving van een identiteit probeert te 'leren' aan de hand van een verzameling voorbeelden en tegenvoorbeelden [Michalski, 1983]. Voor het genereren van die beschrijving wordt gebruikt gemaakt van een aantal 'descriptieve expressies', die als gezamenlijke groep de betekenis hebben van een taal. De mogelijkheden en de beperkingen van die taal bepalen hetgene wat er wel of niet geleerd kan worden. Dit betekent dat de bruikbaarheid van deze methode mede afhankelijk is van de mate waarin een gebruiker bereid is, of in staat is, descriptieve expressies te detailleren voor een geselecteerde leertaak.

Met behulp van deze taal wordt getracht op eenduidige wijze de functie te representeren volgens welke een identiteit kan worden herleid uit een gegeven set waarden voor de prediktor-variabelen. Voor iedere te onderscheiden identiteit in de gegeven leerset probeert het algoritme een beschrijving te geven. De uiteindelijke functie die door AQ wordt gegenereerd heeft de vorm van een set beschrijvingen voor de identiteiten van de objecten uit de leerset.

In de loop der tijd zijn er nogal wat varianten op dit algoritme ontwikkeld, waarin op verschillende wijzen verfijningen op het basis idee werden aangebracht [Michalski, 1986b]. Het AQ-experiment voor dit vergelijkende onderzoek is uitgevoerd met een implementatie van het basis-algoritme door [Post, 1988]. Hiertoe is onder meer een set specifieke descriptieve expressies gebruikt, die van toepassing waren op het kennisdomein waarop de input datasets betrekking had-



den.

#### Ad c. De 'ID-3' methode

De ID-3 inductiemethode, ontwikkeld door Quinlan [1984], genereert een functie die de vorm heeft van een beslissingsboom. Een 'knoop' en een 'tak' in de beslissingsboom worden gevormd door respectievelijk een beschrijving van een prediktor-variabele en een beschrijving van de waarde voor die variabele. Het einde van de tak, dat wil zeggen het 'blad' is de weergave van de identiteit die kan worden gevonden wanneer de beslissingsboom wordt toegepast.

De kern van de methode wordt gevormd door de berekening van de entropie. Deze grootheid is binnen de communicatietheorie gedefinieerd door een logaritmische functie. Entropie wordt gebruikt als maat voor informatie (zie ook paragraaf 2.1). De basis van deze theorie is beschreven in het werk van Shannon [1949]. Door Rubinstein [1975] wordt de definitie van informatie nogmaals verduidelijkt<sup>28</sup>.

Toegepast op de analyse van datasets, bijvoorbeeld de inputdatasets voor dit onderzoek, betekent deze definitie het volgende. Indien een waarnemer er vrijwel zeker van is dat hij/zij bepaalde waarden zal aantreffen op bepaalde plaatsen in de gegeven dataset, dan is de hoeveelheid informatie die de waarnemer verkrijgt vrijwel nihil, indien die waarden op die plaatsen worden gevonden. Naarmate de kans daalt dat bepaalde waarden op bepaalde plaatsen in een dataset worden aangetroffen stijgt de hoeveelheid informatie die een waarnemer verkrijgt door het vinden van die waarden. In Thompson et al [1986] wordt aan de hand van enkele eenvoudige datasets geïllustreerd hoe entropieberekeningen leiden tot een beslissingsboom voor het afleiden van de identiteiten die behoren tot de objecten van die datasets.

In de loop der tijd zijn er verschillende implementaties van deze methode gerealiseerd, waarmee een groot deel van de aanvankelijke bezwaren tegen de methode zijn weggenomen. Deze bezwaren betroffen het gebrek aan goede user-interface programmatuur, het ontbreken van mogelijkheden voor regelrepresentatie van de beslissingsboom en het ontbreken van statistische gegevens over de gegenereerde beslissingsbomen. Ten behoeve van dit onderzoek is het

---

<sup>28</sup> 'The information in a message is a measure of the amount of knowledge or intelligence that the message can convey through a symbolic form or representation, such as a language.'

'The information  $I$  of event  $E$ , designated by  $I(E)$ , is obtained from the probability of event  $E$  as follows:  $I(E) = 2\log(1/P(E))$ '

'The expected value of information for a system of  $n$  events  $E_1, E_2, \dots, E_n$  which can occur with probabilities  $P(E_1), P(E_2), \dots, P(E_n)$  is called the entropy  $H$  of the system and is given by:

$$H = \sum_{i=1}^n P(E_i) I(E_i) = \sum_{i=1}^n P(E_i) 2\log(1/P(E_i))'$$

SIPS systeem gekozen als implementatie van de ID-3 methode [Cosemans et al, 1989]. SIPS is op commerciële basis ontwikkeld en met dit systeem wordt geheel tegemoet gekomen aan de genoemde bezwaren.

**Ad d. De 'Kx' methode**

Een summiere beschrijving van de methode is door de ontwikkelaar ervan (Hajek) gegeven in de publicatie van Cosemans et al [1991]. Evenals bij de SIPS implementatie van de ID-3 methode, worden door Kx elementen van statistische - en entropie analyses toegepast. Ten tijde van dit onderzoeksexperiment werden drie versies van Kx onderscheiden. Voor dit onderzoek is uiteindelijk de versie van 'KxY' gebruikt. De prestaties van deze versie konden nauwkeurig worden 'getuned' door parameterinstellingen te wijzigen.

*De resultaten van het vergelijkende onderzoek.*

In de tabel 5.2 zijn de resultaten weergegeven van het vergelijkende onderzoek. De prestaties, dat wil zeggen de percentages van correcte beslissingen in de kolommen A t/m G, zijn als volgt tot stand gekomen. In de kolommen A t/m E staan de prestaties voor iedere leersset met de daarbij behorende testset. Zowel bij de resultaten van 'SIPS' als 'AQ' bestaat er een groep niet-geïdentificeerde objecten. Het percentage van deze groep is geplaatst in de kolommen onder de kop '?'. De percentages van de groepen correct-geïdentificeerde objecten staan in de kolommen onder de kop 'ok'). In kolom F staan de gemiddelde waarden van de voorgaande vijf kolommen. De gemiddelde prestaties met betrekking tot de tweede dataset staan in kolom G. Op regel '0' staan de apriori kansen genoteerd. Dit zijn de frequenties van de meest voorkomende identiteiten in de testsets.

	A		B		C		D		E		F	G
	ok	?	ok	?	ok	?	ok	?	ok	?	~%	~%
<b>0 apriori</b>	58.2	--	58.2	--	58.2	--	58.2	--	58.2	--	58.2	63.0
<b>1 AQ</b>	52.2	09.0	59.7	10.4	50.7	10.4	49.2	10.4	56.7	09.0	59.4	91.9
<b>2 SIPS</b>	58.2	01.5	61.2	13.4	65.7	13.4	64.1	20.8	56.7	23.9	69.6	82.0
<b>3 Kx</b>	71.6	--	80.6	--	77.6	--	79.1	--	77.6	--	77.3	93.5
<b>4 Discrimin.</b>	47.8	--	62.3	--	59.7	--	59.7	--	56.7	--	57.2	73.7
<b>5 Log. regr.</b>	40.3	--	47.8	--	41.8	--	43.3	--	46.3	--	43.9	*

Tabel 5.2. Overzicht van de prestaties van de vergeleken systemen.

Ten behoeve van de vergelijking met de andere methoden in dit onderzoek, is 58.2 % van het aantal niet-geïdentificeerde gevallen, overeenkomstig de apriori

kans, toegerekend aan de groep correct-geïdentificeerd en verwerkt bij de gemiddelden van kolom F.

De prestaties van KxY waren de hoogste van de bij dit onderzoek vergeleken systemen. Dit betekende dat de informatie, die in de aangeboden datasets besloten lag, door KxY optimaal werd aangewend bij het vaststellen van de identiteiten van nieuwe objecten. Door deze methode werden echter geen functies gerepresenteerd zoals door de andere geselecteerde systemen. KxY kon dus niet gebruikt worden voor weergave van vuistregelkennis.

Met de verschillen tussen KxY enerzijds en de overige systemen anderzijds is duidelijk gemaakt welke de prijs is, die door de 'concept-learning' systemen wordt betaald voor het genereren van 'leesbare' functies voor het identificeren van objecten. Reductie van het gebruik van de beschikbare informatie, die in een dataset aanwezig is, door het genereren van dergelijke vuistregel functies, heeft als voordeel dat kennis op een 'aantrekkelijke' descriptieve wijze expliciet wordt gemaakt. De functie is een weergave van die kennis die in hoofdlijnen geldig is voor de identiteiten van de objecten uit de leersset. Detailkennis, dat wil zeggen kennis voor de identificatie van relatief zeer kleine aantallen van objecten uit de leersset, wordt niet gerepresenteerd, omdat daarmee afbreuk wordt gedaan aan de beoogde vorm. Deze weergave vorm gaat dientengevolge ten koste van de mogelijkheden om alle beschikbare informatie uit de leersset aan te wenden.

#### *Betekenis van de onderzoeksresultaten*

Tot slot nog een enkele opmerking over de betekenis van de onderzoeksresultaten. Een vergelijkbaar experiment met identificatietechnieken is eerder uitgevoerd door Post et al [1988] en leidde tot resultaten, die in een aantal opzichten afwijken van de hier gepresenteerde resultaten. Hoewel de opzet van het onderhavige onderzoek zo consistent mogelijk was, mag men slechts een relatieve waardering toekennen aan de prestaties van geselecteerde methoden. De status quo van de methoden is in veel opzichten immers 'dynamisch'. Algemeen geldt, dat indien er sprake is van relatief veel nominale variabelen en van relatief veel ruis (zoals zeker door ontbrekende waarden en misschien ook door inconsistente waarnemingen), de statistische methoden een lage prestatie leveren in verhouding tot 'machine-learning' technieken. Het behoeft echter nog veel experimenteel onderzoek om meer genuanceerd vast te kunnen stellen welke techniek voor welke dataverzameling het meest geëigend is.

### *Het gekozen systeem*

Voor het simuleren van ervaringskennis op het niveau van vuistregels bij de experimenten van paragraaf 5.4 heb ik gekozen voor SIPS. Dit systeem leverde na KxY de hoogste prestaties en bood twee verschillende vormen voor representatie van de geïnduceerde functies, namelijk zowel die van de beslissingsboom als die van de regelset. Hoewel de prestaties van KxY voor het identificeren van nieuwe objecten significant hoger lagen dan die van SIPS, is niet voor dit systeem gekozen, omdat dit geen mogelijkheden bood voor representatie van geïnduceerde functies. In de volgende paragraaf wordt beschreven hoe de mogelijkheden van SIPS zijn gebruikt in een experiment voor het representeren van verschillende stadia van ervaringskennis op het niveau van vuistregels.

#### **5.3.1 Neuraal netwerk systemen**

Systemen, die gebaseerd zijn op de toepassing van neurale netwerken, kunnen in theorie ook voor machine-learning doeleinden in relatie tot probleemoplossen gebruikt worden. Hetgeen geleerd wordt door een dergelijk systeem, wordt niet afgebeeld in de vorm van een functie, maar als een netwerk van kunstmatige neuronen (kleine processoren). Om dit mogelijk te maken is het nodig voor iedere dataset, die fungeert als leerset, een specifiek concept van een netwerk te ontwikkelen [Harmon, 1987].

Bij de uitvoering van het onderzoek, beschreven in de voorgaande paragraaf, was er geen implementatie van een neuraal netwerk systeem beschikbaar. Daardoor is niet bekend hoe de prestaties van een dergelijk systeem zich verhouden ten opzichte van de scores in tabel 5.2. Het is echter nog de vraag of de implementaties van neurale netwerken voor 'machine-learning' doeleinden tot significante hogere scores zullen leiden dan de 'traditionele' inductieve systemen. Lippman [1990] concludeert in dit verband dat hardware en software specialisten, op het gebied van neurale netwerken, het wiel uitvinden dat statistici al veel eerder hebben uitgevonden.

## **5.4 Meten van ervaringskennis op het niveau van vuistregels**

In de voorgaande paragraaf is beschreven op welke gronden het 'concept-learning' systeem SIPS is geselecteerd voor het weergeven van ervaringskennis op het niveau van vuistregels. Dit systeem heb ik in deze studie vervolgens gebruikt bij het hierna beschreven experiment voor het weergeven van verschillen tussen twee stadia van ervaringskennis.

### **5.4.1 Doel van het experiment**

Als primaire doelstelling geldt voor dit experiment het expliciet maken van delen van ervaringskennis op het niveau van vuistregels voor het oplossen van problemen uit de bouwpraktijk. De behoefte hieraan is gesignaleerd bij de verkenningen beschreven in paragraaf 2.3.2 (zie het item 'kennisoverdracht' van die paragraaf). Met het expliciet maken van deze kennis is voor dit experiment bedoeld:

- a. het weergeven van die kennis volgens een descriptieve wijze
- b. het aanduiden van de geldigheid van deze weergave

Daarnaast gold als neven doel voor dit experiment het illustreren van de praktische mogelijkheden van het 'concept-learning' systeem als aanvulling op de methode voor kennisinventarisatie.

### **5.4.2 Achtergrond van het experiment: beslissingsboom en regelset als meetbare grootheden**

Een 'concept-learning' systeem als SIPS maakt het mogelijk om de informatie die gelegen is in een gegevensverzameling volgens inductie te reduceren tot een functie. Door gebruik van inductietechniek is de functie te beschouwen als een representatie van datgene wat geleerd kan worden uit die informatie. Voor een gegevensverzameling, die is samengesteld uit een set probleemstellingen van dezelfde klasse met bijbehorende oplossingen, geeft de functie de relaties weer tussen enerzijds de afzonderlijke probleemstellingen en anderzijds de afzonderlijke oplossingen, die respectievelijk behoren tot die sets van probleemstellingen en oplossingen. Met andere woorden: de functie simuleert de ervaringskennis die verworven kan worden door een persoon met het oplossen van die problemen.

Een dergelijke gegevensverzameling kan ook worden gecreëerd door een set probleemstellingen van dezelfde klasse als theoretische cases ter oplossing

voor te leggen aan een terzake kundige. Deze persoon wordt verondersteld zijn of haar kennis aan te wenden voor het oplossen van de gegeven set probleemstellingen. De functie, die door SIPS wordt gegenereerd voor de aldus verkregen dataset van probleemstellingen en oplossingen, kan dan worden beschouwd als representatief voor de kennis op het niveau van vuistregels welke door die deskundige is aangewend voor het oplossen van die set probleemstellingen. Deze interpretatie van het gebruik van door inductie verkregen functies, maakt het mogelijk de verschillen tussen twee stadia van ervaringskennis op het niveau van vuistregels weer te geven als verschillen tussen de voor deze stadia representatieve functies.

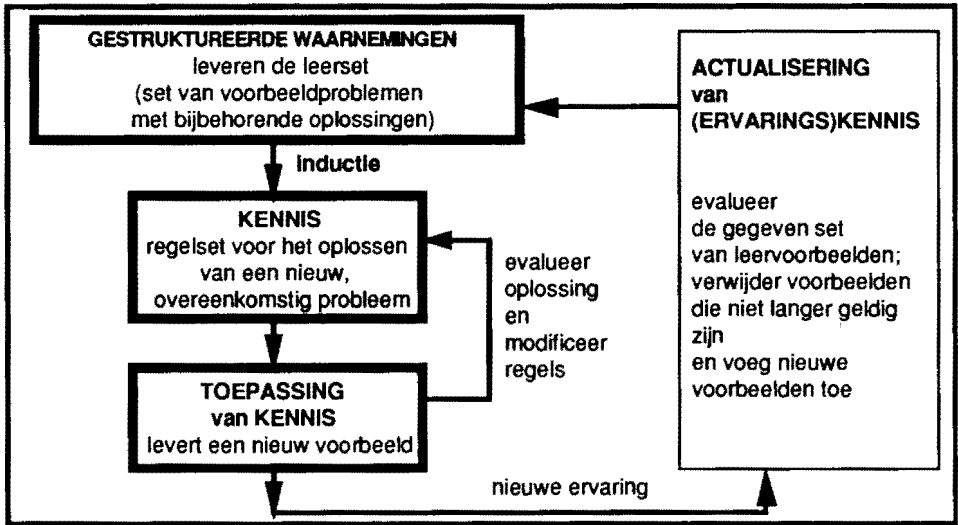
Door dezelfde set van probleemstellingen ter oplossing voor te leggen aan verschillende individuen, kunnen de eventuele verschillen in (ervarings-)kennis op het niveau van vuistregels tussen die individuen worden aangeduid als de verschillen tussen de voor die individuen representatieve functies. Niet de oplossingen van de individueel opgeloste problemen, maar de functies, door inductie van sets problemen en oplossingen verkregen, worden vergeleken.

#### *Periodieke waarneming van verworven kennis*

Met het afbeelden van verschillen tussen deze functies, wordt tevens een basis geleverd voor het periodiek waarnemen van verworven kennis door werkervaringen. Dit is schematisch weergegeven in figuur 5.5. Daarin is de volgende procedure aangegeven. Een set van voorbeelden van gestructureerde beschrijvingen van opgeloste problemen, die behoren tot dezelfde klasse, vormen de invoer-dataset (het blok 'GESTRUCTUREERDE WAARNEMINGEN') voor een inductieprogramma (zie paragraaf 5.2 en figuur 5.4). Het inductieprogramma genereert op basis van die ingevoerde gegevens 'KENNIS', die kan worden toegepast bij het oplossen van een nieuw probleem, dat behoort tot dezelfde klasse. De gestructureerde beschrijving van dat probleem en de beschrijving van de daarvoor gevonden oplossing kunnen als een 'nieuwe ervaring' worden toegevoegd aan de bestaande set van gestructureerd beschreven voorbeelden. Tevens zouden voorbeelden van opgeloste problemen, die niet meer als geldig zijn gekwalificeerd door deskundige probleemoplossers, dienen te worden verwijderd uit deze invoer-dataset.

Zo ontstaat er een geactualiseerde invoer-dataset op basis waarvan een geactualiseerde regelset of functie ('KENNIS') kan worden gegenereerd. Deze activiteiten zouden bijvoorbeeld periodiek kunnen plaats vinden onder toezicht van de 'kennisbeheerder' (zie paragraaf 1.2) van de onderneming. De verschillen tussen de 'oude' regelset en de geactualiseerde regelset geven weer, wat er in een bepaalde periode aan kennis op het niveau van vuistregels is verworven

door een onderneming.



Figuur 5.5 Schematische weergave van een procedure gebaseerd op de inductietechniek van een 'concept-learning' systeem voor het periodiek weergeven van kennismutaties in het bedrijf tengevolge van werkervaringen.

#### *Conventies voor functierepresentatie*

Door de conventies, volgens welke een 'concept-learning' systeem die functie afbeeldt, worden de vorm van de weergave voor de gesimuleerde kennis en de geldigheid daarvan specifiek vastgelegd. De wijze waarop door SIPS die functie als regelset wordt weergegeven is afgebeeld in figuur 5.6.

De geldigheid van de gegenereerde regelset wordt door dit systeem bepaald door deze regelset toe te passen op de probleemstellingen van de leerset ten einde voor elk van deze probleemstellingen een oplossing te genereren. Indien de regelset voor een probleemstelling dezelfde oplossing genereert, als de oplossing die daarvoor was gegeven in de leerset, dan is er sprake van een zogenaamde 'correct-score' van de regelset. Meer in detail wordt dit percentage door SIPS uitgedrukt met het aantal probleemstellingen waarvoor een oplossing wordt geselecteerd en het percentage 'correct-score' voor dit aantal. De bedoelde geldigheid is tot uitdrukking gebracht als het procentuele aantal 'correct-scores' voor het totale aantal probleemstellingen van de leerset.

[OPLOSSING]	<b>is gelijk aan (01)</b>	
	<b>als</b>	{ is kleiner dan }
	[PROBLEEMKOMPONENT (i)]	{ is gelijk aan } (k)
		{ is groter dan }
	<b>en</b>	{ is kleiner dan }
	[PROBLEEMKOMPONENT (ii)]	{ is gelijk aan } (l)
		{ is groter dan }
	<b>en</b>	
	<b>enz.</b>	
	<u>OE</u> <b>als</b>	{ is kleiner dan }
	[PROBLEEMKOMPONENT (i)]	{ is gelijk aan } (m)
		{ is groter dan }
	<b>en</b>	
	<b>enz.</b>	
[OPLOSSING]	<b>is gelijk aan (02)</b>	
	<b>als</b>	
	<b>enz.</b>	
	<b>enz.</b>	

Figuur 5.6 Schematische weergave door SIPS van de regelset als representatieve vorm van de door inductie gegenereerde functie. De waarden (01) en (02) behoren tot de waarden van de verzameling van mogelijke oplossingen. De waarden (k), (l) en (m) behoren tot de waardenverzameling van de respectievelijke probleemcomponenten.

### 5.4.3 Globale opzet van het experiment

Voor het experiment, bedoeld in paragraaf 5.4.1, heb ik voor een bouwkundige probleemklasse een set finale probleemstellingen gecreëerd. De klasse van problemen die voor dit experiment is gekozen wordt gevormd door die van paalfunderingssystemen. De set van finale probleemstellingen heb ik ter oplossing voorgelegd aan twee groepen respondenten. De gevraagde oplossingen hadden de status van een initiële oplossing. De sets van finale probleemstellingen en daarvoor gekozen initiële oplossingen zijn samengesteld tot twee datasets. De daarmee corresponderende functies, gegenereerd door SIPS, zijn met elkaar vergeleken. De verschillen tussen de twee gegenereerde functies zijn geïnterpreteerd als de verschillen tussen de twee stadia van ervaringskennis die deze twee groepen respectievelijk representeerden. Voor de ene groep respondenten zijn een aantal relatief ervaren deskundigen geselecteerd en voor de andere groep eenzelfde aantal van relatief onervaren deskundigen.

#### *Vergelijking van groepen respondenten*

Op vergelijkbare wijze zou men ook de verschillen in ervaringskennis tussen



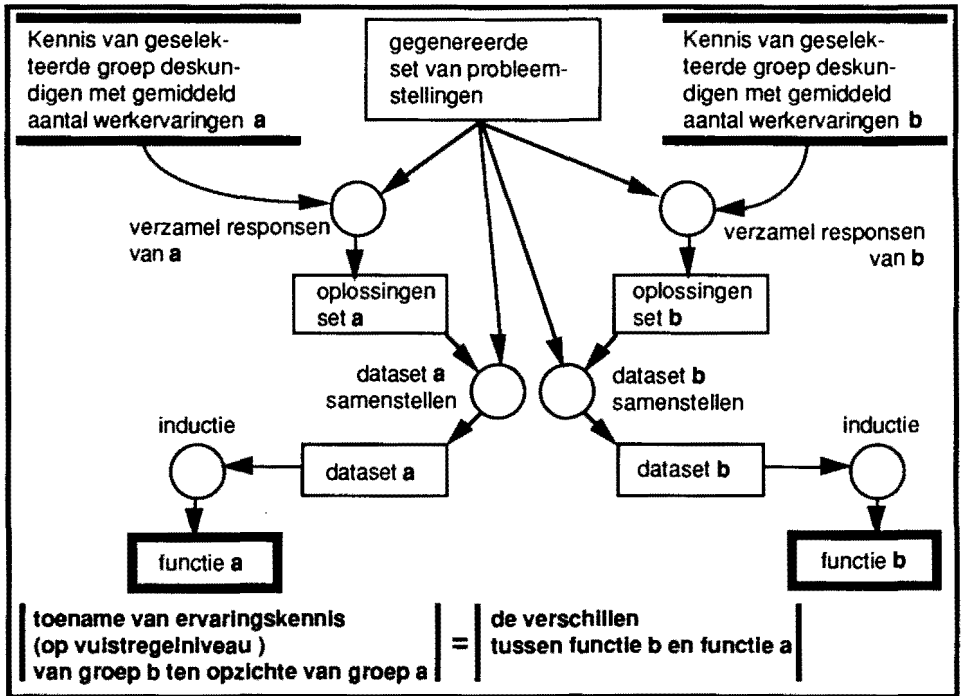
individuen onderling kunnen onderzoeken. In dit experiment is gekozen voor het weergeven van de verschillen in kennis tussen twee *groepen* van individuen vanwege het benodigde grote aantal van probleembeschrijvingen (stimuli) als invoergegevens voor de inductieberekeningen.

In de literatuurbronnen voor de 'concept-learning' systemen, die in de twee voorgaande paragrafen zijn behandeld, worden weliswaar geen concrete regels gegeven voor het vaststellen van de minimale grootte van de 'leerset', maar algemeen vindt men daarin de benadering dat het aantal leervoorbeelden aanzienlijk groter is dan het aantal prediktor-variabelen. 'Aanzienlijk' groter betekende zoveel als twee maal zo groot of nog groter.

Deze benadering voor het vaststellen van het aantal probleemstellingen voor de 'leerset' van dit experiment leidde tot een aantal dat zodanig groot was, dat het genereren van oplossingen daarvoor te veel tijd zou vergen van een enkele respondent. Gelet op de grote werkdruk voor de deskundigen die in de bouwpraktijk werkzaam zijn en gelet op het ontbreken van voldoende financiële middelen voor de uitvoering van dit experiment dienden de individuele tijdsbestedingen van deze respondenten tot maximaal twee uur beperkt te worden. Daarom is de totale set van probleembeschrijvingen aselekt in een aantal kleine sets van gelijke grootte verdeeld en vervolgens is elke kleine set probleembeschrijvingen ter oplossing voorgelegd aan zowel een 'ervaren' als een 'onervaren' deskundige. Voor elk van de twee groepen respondenten werden de stimuli en responsen samengevoegd tot één dataset. De opzet van dit experiment is schematisch weergegeven in figuur 5.7.

#### **5.4.4 Uitvoering van het experiment**

De uitvoering van het experiment nam geruime tijd in beslag. Hoewel de oorspronkelijk geraamde tijdsbesteding zodanig was, dat het experiment binnen een periode van ongeveer twee maanden voltooid had kunnen zijn, bleek er een periode van ongeveer acht maanden voor nodig te zijn. De belangrijkste oorzaak voor deze lange doorlooptijd was gelegen in het feit, dat ervaren deskundigen uit de bouwpraktijk slechts incidenteel beschikbaar zijn voor medewerking aan onderzoek.



Figuur 5.7 Schematische weergave van de opzet van het experiment. De 'bollen' in deze figuur stellen de processen voor. De pijlen geven de datastromen weer en de beschrijvingen daarvan zijn geplaatst in de rechthoekige 'blokken'.

### Fasen

De uitvoering van het experiment gebeurde in drie fasen. Deze waren:

Fase I: Ontwikkelen van de stimuli

In deze fase is eerst de klasse van problemen vastgesteld. Daarna zijn voor die probleemklasse de componenten van de probleemstelling benoemd en vervolgens is de verzameling van oplossingen vastgesteld. Tenslotte is een set van finale probleemstellingen ontwikkeld.

Fase II: Verzamelen van de responsen

In deze fase zijn de oplossingen verzameld, die door de twee groepen van respectievelijk 'ervaren' en 'onervaren' deskundigen zijn gegeven voor de probleemstellingen. De set van probleemstellingen en de twee sets met oplossingen werden samengesteld tot twee 'leersets'.

Fase III: Vergelijken van de responsen

Voor de leersets en varianten daarvan zijn functies gegenereerd. De functies zijn afgebeeld als regelsets. Deze zijn met elkaar vergeleken ten aanzien van 'weergave' en 'geldigheid' voor het representeren van de verschillen in erva-

ringskennis tussen de twee groepen respondenten.

#### **Fase I : Ontwikkelen van de stimuli**

##### *Probleemklasse*

De stimuli voor dit experiment bestaan uit op te lossen problemen in relatie tot paalfunderingssystemen. Deze problemen zijn vergelijkbaar met medische diagnoseproblemen (zie paragraaf 3.6.2). Voor elke gegeven probleemstelling dient de respondent (de probleemoplosser) een paalfunderingssysteem te selecteren uit een gegeven verzameling van mogelijke oplossingen. Deze klasse van problemen wordt gekenmerkt door:

- het bestaan van een relatief kleine en begrensde verzameling van oplossingen voor deze probleemklasse<sup>29</sup>,
- een strikt technisch en zakelijk karakter, dit betekent dat er geen culturele, sociale of beeldende beschouwingen ten grondslag liggen aan het genereren van oplossingen voor deze probleemstellingen,
- een specialistisch karakter, dat wil zeggen dat er voor het oplossen van deze problemen specifieke kenniselementen uit meerdere kennisdomeinen van de bouwkunde, zoals die van grondmechanica, van constructief-ontwerpen en van uitvoeringsmethoden, worden samengevoegd.

##### *Probleemcomponenten en oplossingenverzameling*

In eerste instantie zijn uit literatuurbronnen [SBR, Van Dijk et al] gegevens ontleend voor het benoemen van een groep componenten van de probleemstelling en van een uitgebreide groep paalfunderingssystemen, als mogelijke oplossingenverzameling. De verzameling van de componenten en de verzameling van mogelijke oplossingen zijn voorgelegd aan een aantal ervaren deskundigen uit de bouwpraktijk. Voor de verzameling van componenten van de probleemstelling is de deskundigen gevraagd om componenten toe te voegen die naar hun inzicht ontbraken aan die verzameling. Op deze wijze is de set componenten gecompleteerd tot een aantal van 44 stuks. In tabel 5.3 is deze verzameling van componenten weergegeven.

Voor de verzameling van mogelijke oplossingen, de paalfunderingssystemen, is de deskundigen gevraagd aan te geven, welke ten tijde van het onderzoek de meest gangbare waren in de bouwpraktijk. Dit leidde tot een verzameling

---

<sup>29</sup> Daar dient de volgende kanttekening bij geplaatst te worden. Op het gebied van paalfunderingssystemen doen zich, zij het in een betrekkelijk langzaam tempo, voortdurend nieuwe ontwikkelingen voor. Deze ontwikkelingen waren ten tijde van dit onderzoeksexperiment echter zodanig beperkt, dat er een status quo voor de verzameling van oplossingen kon worden vastgesteld, die tenminste gedurende de doorlooptijd van het experiment als geldig mocht worden beschouwd.

KOMONENTEN VAN DE PROBLEEMSTELLING (1)		
	Nr. Komponent beschrijving	Komponent waarde
	01 Lokatie bouwproject:	plaatsnaam
Fundering	02 Toelaatbare vervormingen bij gebruiksbelasting:	mm1
	03 Toleranties t.a.v. plaatsingsdiepte van paalpunt:	m1
	04 Verticale belastingen; Trek:	kN
	05 Druk:	kN
	06 Kombinaties:	ja / nee
	07 Horizontale belastingen; Vast:	kN
	08 Dynamisch:	kN
	09 Draagtype:	1. punt 2. kleef 3. combinatie
	10 Helling van de paal (percentage schoorstaan):	%
	11 Paalafstand:	m1
	12 Verdeling van de belasting:	1. gelijkmatige afdracht (bv. funderingsstroken) 2. puntlasten (bv. poeren)
	13 Totaal aantal palen	stukks
	Gebouw	14 Bouwwerk
15 Globale dimensies van begane grond		m2
16 Aantal bouwlagen boven maaiveld		stukks
17 Aantal bouwlagen onder maaiveld		stukks
18 Functie van het bouwwerk		1. woningbouw 2. kantoor 3. lichte bedrijfsgebwn 4. zware bedrijfsgebwn 5. openbare gebouwen 6. torens, masten 7. andere .....
Uitvoering		19 Uitvoeringstijd
	20 Toegankelijkheid bouwplaats	1. goed 2. matig 3. slecht
	21 Beschikbare werkruimte, horizontaal	1. vrij 2. beperkt
	22 Beschikbare werkruimte, vertikaal	1. vrij 2. beperkt

Tabel 5.3. Componenten van de probleemstelling voor een paalfunderingssysteem.

<b>KOMPONENTEN VAN DE PROBLEEMSTELLING (2)</b>		
	<b>Nr. Komponent beschrijving</b>	<b>Komponent waarde</b>
<b>Omgeving</b>	23 Lokatie bouwplaats:	1. buitenwijk 2. binnenstad
	24 Belendingen:	1. veraf 2. nabij 3. zeer nabij
	25 Trillingen aanvaardbaar :	1. ja 2. nee
<b>Grondgesteldheid</b>	26 Peil t.o.v. N.A.P.:	m1
	27 Diepte van de draagkrachtige laag t.o.v. N.A.P.:	m1
	28 Bovenkant paal t.o.v. N.A.P.:	m1
	29 Paal-lengte {abs(28-27)}	m1
	30 Wisselingen in diepte van de draagkrachtige laag:	m1
	31 Wisselingen in draagvermogen van deze laag:	1. normaal 2. groot
	32 Sonderingsafstand h.o.h.:	m1
	33 Aantal vaste tussenlagen:	0, 1, 2, 3, 4.
	34 Dikte van de dikste vaste tussenlaag:	m1
	35 Hoe vast is deze tussenlaag:	1. zeer vast 2. vast
	36 Aantal slappe tussenlagen:	0, 1, 2, 3, 4.
	37 Dikte van de dikste slappe tussenlaag:	m1
38 Hoe slap is deze tussenlaag:	1. zeer slap 2. slap	
39 Negatieve kleefwaarde, percentage t.o.v. de totale last:	%	
40 Positieve kleefwaarde, percentage t.o.v. de totale last:	%	
41 Samenstelling grondpakket:	noem belangrijkste opeenvolgende lagen	
<b>Waterhuishouding</b>	42 Waterspanning:	1. hoog 2. normaal 3. laag 4. onbekend
	43 Hoogte grondwaterspiegel t.o.v. N.A.P.:	m1
	44 Wisselingen in hoogte van grondwaterspiegel:	m1
<b>Keuze voor paalfunderingssysteem:</b>		Nummer uit verzameling van oplossingen

Tabel 5.3 (vervolg) Componenten van de probleemstelling voor een paalfunderingssysteem.

die bestond uit 12 verschillende typen paalfunderingssystemen. Het overzicht van deze oplossingenverzameling is gegeven in tabel 5.4, ingedeeld naar drie categorieën. De presentatie van deze verzameling aan de respondenten had vrijwel dezelfde vorm als van dit overzicht.

OPLOSSINGENVERZAMELING VAN PAALFUNDERINGSSYSTEMEN			
Nr. Paaltype	Techniek	Extra Info	
<b>SYSTEMEN ZONDER CASING</b>			
1	betonnen prefab-paal, monoliet,	geheid	
2	betonnen paal, in de grond gevormd, met vooraf vervaardigde schacht	geboord	m.b.v. bentoniet
3	betonnen paal, in de grond gevormd, zonder casing, geschroefd	avegaar geheid	'schroefboorpaal'
4	europes naaldhout, met betonnen opzetter		
<b>SYSTEMEN MET TIJDELIJKE CASING ( de casing wordt alleen bij het inbrengen van de paal wordt gebruikt; daarna wordt de casing weer weggetrokken)</b>			
5	betonnen paal, in de grond gevormd,	geheid	'Vibro' paal
6	betonnen paal, in de grond gevormd, met variabele voetbreedte,	geheid	'Franki' paal
7	betonnen paal, in de grond gevormd,	getrild	
8	betonnen paal, in de grond gevormd,	geboord	'Fundex' paal
<b>SYSTEMEN MET PERMANENTE CASING</b>			
9	betonnen paal, in de grond gevormd, casing van durwandige stalen buis,	geheid	'Witbolvoet' paal
10	betonnen paal, in de grond gevormd, casing van stalen buis	geboord	'Tubex' paal
11	betonnen paal, in de grond gevormd, casing van durwandige stalen buis,	gepulst	'Wit-pulspaal'
12	betonnen paal, in de grond gevormd, casing van stalen buis elementen	gedrukt	

Tabel 5.4. De oplossingen verzameling met paalfunderingssystemen voor het experiment met het meten van ervaringskennis. In de kolom 'Extra Info' staat de producent-naam waarmee de betreffende typen paalfunderingen in de praktijk gebruikelijk worden aangeduid.

### *Set van finale probleemstellingen*

Nadat op advies van deskundigen de componenten van de probleemstelling waren benoemd en de oplossingenverzameling was vastgesteld zijn de benodigde probleemstellingen als volgt gegenereerd. Elke probleemstelling moest voldoen aan de voorwaarde dat een geldige oplossing daarvoor deel moest uitmaken van de gegeven oplossingenverzameling. Voor de componenten van de probleemstelling konden dus niet zodanige waarden worden gekozen, dat

een oplossing alleen mogelijk was met een ander paalfunderingssysteem dan de 12 beschreven systemen. Teneinde aan deze voorwaarde te voldoen heb ik de gegevens van ruim 40 gerealiseerde bouwprojecten met paalfunderingssystemen in de praktijk geïnventariseerd volgens de lijst van componenten en daarbij behorende oplossingen.

Bij de bouwbedrijven en bouwtechnische adviesbureau's die aan de inventarisatie hun medewerking verleenden bevonden de gezochte gegevens zich voor ieder project afzonderlijk over een aantal verschillende archiefdozen en medewerkers verspreid. Hetgeen resulteerde in een omvangrijk karwei. Op basis van de verzamelde gegevens heb ik 80 verschillende realistische probleemstellingen ontwikkeld. Typierend voor de realiteit van deze probleemstellingen is het geregeld ontbreken van waarden voor een aantal probleemcomponenten. De componenten waarvoor deze waarden ontbraken, verschilden per probleemstelling. Twee van de 80 probleemstellingen zijn als voorbeelden toegevoegd aan dit rapport met bijlage 3.

## **Fase II: Verzamelen van de responsen**

### *Respondenten*

De twee groepen respondenten, bedoeld in paragraaf 5.4.3, bestonden ieder uit 10 personen. De groep van 'ervarenen' was aselekt gekozen uit de betrekkelijk kleine groep van ervaren funderingsdeskundigen. Het gaat hierbij om een groep van in de praktijk werkzame deskundigen met een 'redelijke' staat van dienst. Hierbij moet gedacht worden aan een groepsgrootte van 50 tot 100 personen. Met name qua 'ervarings-kwaliteit' achtte ik de geselecteerde groep voldoende representatief.

De groep van 'onervaren' deskundigen is gerecruteerd uit een groep studenten van de Faculteit Bouwkunde, die met goed gevolg tentamens hadden afgelegd van relevante vakken voor funderingstechnieken<sup>30</sup>. De totale populatie van deze groep bedroeg ten tijde van het experiment niet meer dan circa 20 personen. Hoewel qua aantal de geselecteerde groep voldoende representatief was, is niet zeker in hoeverre deze groep representatief was voor de gemiddelde 'kennis-kwaliteit' van die totale groep 'onervarenen'. Van de set van 80 probleemstellingen zijn aselekt tien kleine sets van acht samengesteld. Elk van de tien sets probleemstellingen werd door een andere respondent opgelost, zowel bij de groep 'ervarenen' als bij de groep 'onervarenen'.

---

<sup>30</sup> Het betrof hier de vakken 'Grondmechanica en Funderingstechnieken I en II'. Dit selectie criterium is gehanteerd op advies van de verantwoordelijke docent voor deze vakken. Deze achtte het oplossen van de gegeven probleemsituaties goed mogelijk door studenten die aan de genoemde voorwaarde voldeden.

## *Responsen*

Voor het verkrijgen van de responsen van de groep 'ervaren' deskundigen was het nodig deze personen individueel te benaderen. Voor de responsen van de 'onervarenen' was het mogelijk een groepsbijeenkomst te organiseren, waarbij allen tezamen aan de individuele sets probleemstellingen hebben gewerkt. In zoverre bestond er een verschil tussen de omstandigheden voor de twee groepen respondenten. De mogelijke invloed van dit verschil op de resultaten van dit experiment is buiten beschouwing gelaten. Als belangrijkste conditie voor de situatie waarin de responsen werden gegenereerd beschouw ik de respons-tijd. Deze was voor alle respondenten in zoverre gelijk, dat daar geen beperkingen aan waren gesteld. De gegevens van de stimuli en de gegevens van de twee responsverzamelingen zijn samengesteld tot één matrix, die is weergegeven in bijlage 4.

### **Fase III: Vergelijken van de responsen**

#### *Verwerking van de responsen tot regelsets*

Met de gegevens van de matrix van bijlage 4 zijn twee verschillende datasets samengesteld. Elke dataset bestaat uit een matrix van 45 kolommen en 80 regels. De kolommen 1 tot en met 44 zijn voor beide matrices identiek. In deze kolommen zijn de componentwaarden afgebeeld van de 80 probleemstellingen. De cijfers in de kolommen met nummer 45 van deze matrices (zie de kolommen 'exp.45' en 'stu.45' van bijlage 4) geven de oplossingen weer voor de probleemstellingen, die respectievelijk door de ervarenen en onervarenen zijn gekozen. De gekozen oplossingen zijn aangeduid volgens de nummering van tabel 5.4.

De verhoudingen tussen de aantallen problemen, componenten, componentwaarden, oplossingen en ontbrekende waarden in deze twee datasets waren zodanig, dat het inductieprogramma van SIPS hiervoor geen regelsets genereerde. Vervolgens heb ik het aantal van 12 mogelijke verschillende oplossingen verkleind tot een aantal van 4. Dit is gebeurd door deze oplossingen van tabel 5.4 in te delen naar 4 categorieën van oplossingen, die zijn aangegeven in tabel 5.5. Voor elke oplossing uit de kolommen 'exp.45' en 'stu.45' werd een daarmee corresponderend categorie nummer volgens tabel 5.5 geplaatst in respectievelijk de kolommen 'exp.46' en 'stu.46' (zie bijlage 4). Op dezelfde wijze als bij de twee voornoemde matrices zijn twee 'nieuwe' datasets samengesteld uit de kolommen 1 tot en met 44 en de twee verschillende kolommen '46'.

Door de reductie van het aantal verschillende oplossingen in de kolommen '46' ontstonden voor het inductieprogramma zodanige verhoudingen tussen de voornoemde aantallen in de twee 'nieuwe' datasets, zodat daarvoor wel regel-



sets konden worden gegenereerd.

Ct. Nr.	Categorieën Paalfunderingssystemen	Techniek	Extra Info
<b>SYSTEMEN MET HINDER EN MET GRONDVERDRINGING</b>			
1	1 betonnen prefab-paal, monoliet,	geheid	
1	4 europees naaldhout, met betonnen opzetter	geheid	
1	5 betonnen paal, in de grond gevormd,	geheid	'Vibro' paal
<b>SYSTEMEN MET BEPERKTE HINDER EN MET GRONDVERDRINGING</b>			
2	6 betonnen paal, in de grond gevormd, met variabele voetbreedte,	geheid	'Franki' paal
2	7 betonnen paal, in de grond gevormd,	getrikt	
2	9 betonnen paal, in de grond gevormd, casing van dunwandige stalen buis,	geheid	'Witbolvoet' paal
<b>SYSTEMEN ZONDER HINDER EN MET GRONDVERDRINGING</b>			
3	8 betonnen paal, in de grond gevormd,	geboord	'Fundex' paal
3	10 betonnen paal, in de grond gevormd, casing van stalen buis	geboord	'Tubex' paal
3	12 betonnen paal, in de grond gevormd, casing van stalen buis elementen	gedrukt	
<b>SYSTEMEN ZONDER HINDER EN ZONDER GRONDVERDRINGING</b>			
4	2 betonnen paal, in de grond gevormd, met vooraf vervaardigde schacht	geboord	m.b.v. bentoniet
4	3 betonnen paal, in de grond gevormd, zonder casing, geschroefd	avegaar	'schroefboorpaal'
4	11 betonnen paal, in de grond gevormd, casing van dunwandige stalen buis,	gepulst	'Wit-pulspaal'

Tabel 5.5. De 12 oplossingen zijn ingedeeld naar 4 categorieën van combinaties van 'grondverdringing en hinder'. In de kolom 'Ct.' staan de nummers van deze categorieën. In kolom 'Nr.' staan de nummers voor de paalfunderingssystemen, gegeven in tabel 5.4

De aantallen verschillende waarden van de componenten in de kolommen 1 tot en met 44 kunnen evenals het aantal verschillende oplossingen worden verkleind door deze waarden per component te sorteren naar categorieën of klassen van waarden. Op die wijze kunnen optima worden gezocht in de verhoudingen tussen de aantallen problemen, componenten, componentwaarden, oplossingen en ontbrekende waarden in de datasets. Deze optima kunnen bijvoorbeeld worden vastgesteld door vergelijking van de uitkomsten van het inductieprogramma ten aanzien van de inhoud en de geldigheid van de gegenereerde regelsets. Het onderzoek naar deze optima reken ik tot het onderzoek naar ver-

betering van inductieve technieken en is binnen de context van deze studie niet nader uitgewerkt. In de tekst bij '*Betekenis van de onderzoeksresultaten*' van paragraaf 5.3 over het vergelijkend onderzoek naar deze technieken wordt reeds gewezen op de behoefte aan onderzoek naar verbetering van deze technieken.

### *Vergelijking van de regelsets*

In de figuren 5.8 en 5.9 zijn voor respectievelijk de 'ervarenen' en de 'onervarenen' de regelsets weergegeven, die zijn gegenereerd voor de matrices, waarbij de oplossingen zijn ingedeeld naar vier categorieën volgens tabel 5.5 de oplossingen. De weergave in de vorm van beslissingsbomen, die corresponderen met deze regelsets, is opgenomen in bijlage 5.

De regelsets, weergegeven in de figuren 5.8 en 5.9, verschillen onderling ten aanzien van:

a. de weergave van de regelset;

Inhoud: de regelset voor de 'ervarenen' is geldig voor de categorieën 1, 3 en 4 van de oplossingenverzameling. Die voor de 'onervarenen' geldt alleen voor de categorieën 3 en 4. Voorts is de regelset voor de 'ervarenen' samengesteld uit ten dele andere probleemcomponenten dan die voor de 'onervarenen'.

Omvang: voor de leerset met de responsen van de ervaren deskundigen bestaat de regelset uit 11 regels. Voor die van de 'onervarenen' bestaat de regelset uit 5 regels.

b. de geldigheid van de regelset

Door de regelset voor de 'ervarenen' is voor 72 van de 80 probleemstellingen een oplossing geselecteerd. Van dit aantal opgeloste probleemstellingen bedroeg de 'correct-score' 74%. Dit betekent dat de geldigheid van deze regelset 66 % bedraagt. Door de regelset voor de 'onervarenen' is een oplossing geselecteerd voor 68 van de probleemstellingen en daarvan bedroeg de 'correct-score' 21%. Voor deze regelset bedraagt de geldigheid slechts 18%.

### *Conclusies*

Het doel voor dit experiment was om kennis op het niveau van 'vuistregels' expliciet te maken. Het ging hierbij om kennis die een groep ervaren probleemoplossers hebben verworven met het oplossen van een bepaalde groep problemen in de bouwpraktijk. Dit is gebeurd door de kennis van de groep ervaren probleemoplossers te vergelijken met de kennis van een groep onervaren probleemoplossers. De 'onervarenen' waren weliswaar theoretisch geschoold in het oplossen van de gegeven klasse van problemen, maar hadden daarmee geen 'ervaring' opgedaan in de beroepspraktijk. De kennis van de twee groe-

pen respondenten werd gerepresenteerd in de vorm van regelsets. Deze regelsets werden gegenereerd door een zogenaamd 'concept-learning' systeem.

<b>Regelset 'ervaren' deskundigen</b>	
regel 1:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen met hinder en met grondverdringing'
	<b>als</b>
	[TRILLINGEN AANVAARDBAAR] = 'ja'
regel 2:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen met beperkte hinder en met grondverdringing'
	<b>als</b>
	{ voor geen van de probleemcomponenten zijn waarden gevonden }
regel 3:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen zonder hinder en met grondverdringing'
	<b>als</b>
	[TRILLINGEN AANVAARDBAAR] = 'nee'
	<b>en</b>
	[BOVENKANT PAAL tov NAP] < 0.9 m1
	<b>en</b>
	[VERTICALE BELASTING, DRUK] < 1025 KN
	<b>en</b>
	[WISSLNGN DIEPTE DR.LAAG] > 0.75 m1
regel 4:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen zonder hinder en zonder grondverdringing'
	<b>als</b>
	[TRILLINGEN AANVAARDBAAR] = 'nee'
	<b>en</b>
	[BOVENKANT PAAL tov NAP] > 0.9 m1
	<b>OE als</b>
	[TRILLINGEN AANVAARDBAAR] = 'nee'
	<b>en</b>
	[BOVENKANT PAAL tov NAP] < 0.9 m1
	<b>en</b>
	[VERTICALE BELASTING, DRUK] < 1025 KN
	<b>en</b>
	[WISSLNGN DIEPTE DR.LAAG] < 0.75 m1

Figuur 5.8 Regelset behorende tot de responsverzameling van de groep 'ervaren' deskundigen.

Als uitkomsten van dit experiment zijn de verschillen beschreven tussen de gegenereerde regelsets. Uit deze beschrijvingen kan worden geconcludeerd dat de groep ervaren probleemoplossers over vuistregels beschikken, die meer gedetailleerd zijn dan de gevonden vuistregels voor de onervaren probleemoplossers. Voorts is de kans dat de juiste oplossing wordt gekozen met behulp van de regelsets van de 'ervarenen' ruim drie maal groter dan de kans op een juiste oplossing door gebruik van de regelset van de 'onervarenen'.

Bij het gebruik van het regelgenererende 'concept-learning' systeem in dit expe-

riment plaats ik de volgende kanttkening. De methode die in dit experiment gebruikt is om stadia van ervaringskennis van twee groepen respondenten met elkaar te vergelijken met behulp van het bedoelde 'concept-learning' systeem had op zich een experimenteel karakter. De uitkomsten van het experiment tonen interessante verschillen op het niveau van vuistregelkennis tussen de twee groepen respondenten, maar er is niet onderzocht of door manipulatie van de datasets (gevormd door data van stimuli en responsen) er mogelijk andere regelsets en daardoor mogelijk andere verschillen konden worden gevonden.

<b>Regelset 'onervaren' deskundigen</b>	
regel 1:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen met hinder en met grondverdringing' <b>als</b> { voor geen van de probleemcomponenten zijn waarden gevonden }
regel 2:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen met beperkte hinder en met grondverdringing' <b>als</b> { voor geen van de probleemcomponenten zijn waarden gevonden }
regel 3:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen zonder hinder en met grondverdringing' <b>als</b> [TRILLINGEN AANVAARDBAAR] = 'nee' <b>en</b> [POSITIEVE KLEEFWRD tov TOT. LAST] < 19 % <b>en</b> [AANTAL BOUWLGN ONDER MAAIVLD] => 1 st
regel 4:	
[OPLOSSING CATEGORIE]	= 'systemen zonder hinder en zonder grondverdringing' <b>als</b> [TRILLINGEN AANVAARDBAAR] = 'nee' <b>en</b> [POSITIEVE KLEEFWRD tov TOT. LAST] > 19 %

Figuur 5.9 Regelset behorende tot de responsverzameling van de groep 'onervaren' deskundigen.

## 5.5 Samenvatting

Het gaat in dit hoofdstuk over het weergeven van kennisveranderingen, die het gevolg zijn van ervaringen met het oplossen van problemen, met behulp van zogenaamde 'concept-learning' systemen. De mogelijkheid om kennisveranderingen weer te geven is bedoeld als aanvulling op de inventarisatiemethode beschreven in hoofdstuk IV.

Hiertoe is eerst een beschrijving gegeven van het ervaringsleren. In die beschrijving is het ervaringsleren gerelateerd aan systemen, die gevormd worden door het oplossen van problemen. Binnen de context van deze probleemoplossende systemen is het verwerven van kennis door probleemoplossen afgebakend tot het verwerven van 'vuistregelkennis'.

Vervolgens zijn 'concept-learning' technieken behandeld. Daarbij is verslag gedaan van een vergelijkend onderzoek naar de prestaties van een aantal relevante systemen, die gebaseerd zijn op toepassingen van die technieken. Op basis van de resultaten daarvan is een systeem geselecteerd, dat beslissingsbomen genereert. Dit gebeurt door inductie van informatie die gelegen is in een set van gestructureerd beschreven voorbeelden van problemen met oplossingen.

Het geselecteerde systeem is tenslotte toegepast voor een experiment, waarin de verschillen tussen twee stadia van ervaringskennis zijn weergegeven als de verschillen tussen de beslissingsbomen, die representatief waren voor de respectievelijke stadia van ervaringskennis. De beschrijving hiervan vormt het laatste onderdeel van dit hoofdstuk. De stimuli, die voor dit experiment zijn ontwikkeld, bestaan uit gestructureerd beschreven probleemstellingen met betrekking tot paalfunderingssystemen. De hierbij gebruikte methode om verschillen tussen ervaringskennis op het niveau van vuistregels te 'meten' heeft op zich een experimenteel karakter. Nader onderzoek is nodig om de uitkomsten van het 'concept-learning' systeem te optimaliseren. Het gebruik van deze methode is illustratief voor de mogelijkheden die een dergelijk inductief systeem biedt voor een periodieke weergave van kennisveranderingen ten gevolge van ervaringen met probleemoplossen in de bouwpraktijk.



## Betekenis en conclusies

### 6.0 Algemeen

Dit proefschrift heeft tot doel bij te dragen aan een optimaal gebruik van persoonsgebonden (ervaringskennis-)kennis van gekwalificeerde medewerkers in uitvoerende bouwbedrijven. Het gebruik van kennis in een onderneming is in het inleidende hoofdstuk geplaatst binnen een context van 'kennisbeheer'. Als primaire voorwaarde voor het kunnen 'beheren' van kennis is daarin de mogelijkheid tot inventariseren van kennis beschreven. Het doel *in* dit onderzoek is daarom afgebakend tot de ontwikkeling van een instrumentarium voor het inventariseren van kennis en van kenniswijzigingen.

Het resultaat van het onderzoek bestaat kortweg uit een methode voor het inventariseren van kennis in een onderneming. De methode is gebaseerd op een model, dat in deze studie is ontwikkeld voor een probleemoplossend systeem. Dit model levert het ordeningsprincipe voor kennisdelen in het bedrijf. Ter aanvulling op die methode is een artificial intelligence (AI) techniek gebruikt voor het 'geautomatiseerd' registreren van kennismutaties door werkervaringen. De betekenis van het onderzoeksresultaat wordt hierna besproken aan de hand van de onderwerpen: begrippenkader, ordenen van kennisdelen, gebruik van de methode voor kennisinventarisatie in de praktijk en gebruik van AI-technieken.

## 6.1 Begrippenkader voor de betekenis van kennis als produktiemiddel

In hoofdstuk II is een kader van begrippen gegeven rondom kennis in de betekenis van produktiemiddel. Daarbij zijn onder meer aspecten van kennis in relatie tot duurzaamheid, slijtage, voorraadvorming, schaarste en eigendom aan de orde gekomen. Kennisbeheer beschouw ik, zoals toegelicht in paragraaf 1.2, evenzeer tot een directietaak als bijvoorbeeld het beheer van het financiële vermogen of het beheer van het materieel. Deze vorm van beheer heeft tot doel het rendement van kennis als produktiemiddel te optimaliseren. Met het ontwikkelde begrippenkader leg ik de grondslag van een jargon voor de uitoefening van een nieuwe functie in een bouwbedrijf: de functie van kennisbeheerder.

De invulling van het begrippenkader was in eerste instantie bedoeld voor gebruik in dit onderzoek, dat wil zeggen voor gebruik binnen de context van de doelgroep van uitvoerende bouwbedrijven, maar is uiteindelijk in meer algemene termen uitgeschreven. De strekking van het betoog, dat aan dit kader ten grondslag ligt, komt neer op het onderscheid tussen kennis en arbeider (zie paragraaf 2.2.4). Arbeid heeft het karakter van een vlottend produktiemiddel, terwijl delen van kennis het karakter hebben van een duurzaam produktiemiddel. Anders als bijvoorbeeld in de 'human-capital' opvattingen, stel ik in dit begrippenkader niet de mens centraal, maar de kennis. De mens, als arbeider, is daarin als het ware gereduceerd tot een faciliteit om kennis op te slaan en een faciliteit om kennis toe te passen.

### *Status*

De publicaties van Drucker [1969] en van Wemelsfelder [1986], waarin respectievelijk begrippen als 'kennisindustrie' en 'kennisarbeid' worden besproken en een verhandeling wordt gegeven van de economische waarde van kennis, leverden de basis voor invulling van dit begrippenkader. Niet alleen uit literatuurstudies, maar ook uit gesprekken die ik tijdens dit onderzoek had met leerstoelhouders van bijvoorbeeld bedrijfseconomie en personeelwetenschappen, moest ik concluderen dat er een theoretische basis ontbrak voor kennis in de betekenis van produktiemiddel.

De wetenschappelijke status van dit begrippenkader wens ik dan ook te beschouwen als experimenteel. Het strekt mijn inziens tot aanbeveling om vanuit diverse bedrijfseconomische gezichtspunten een meer diepgaande theoretische verhandeling te geven over de geformuleerde begrippen. Gelet op de inspanningen van mechanisering, automatisering en robotisering, waarmee er stelselmatig naar wordt gestreefd om de fysieke menselijke arbeid te verwijderen uit industriële productieprocessen en gelet op de ontwikkelingen van zoge-



naamde expert-systemen in bedrijfssituaties, concludeer ik dat de inzet van kennis en van kennisarbeid in produktieprocessen een eigen theoretisch kader in de bedrijfseconomische wetenschap behoeft en dat een eenvoudig onderscheid tussen hoofdarbeid en handarbeid niet meer voldoet.

## 6.2 Het ordenen van kennisdelen

In hoofdstuk III is een model ontwikkeld voor de reconstructie van een probleemoplossend systeem. Het model is ontwikkeld op basis van theoretische analyses van kennis en probleemoplossen, waarbij het oplossen van *syntheseproblemen* centraal staat. In de reconstructie worden kennisdelen geordend, die behoren tot de voorraad van gebruikte kennis binnen de onderneming. Op dat ordeningsprincipe is de kennisinventarisatiemethode gebaseerd.

### *Probleemoplossend systeem*

Het model dat in deze studie is ontwikkeld, is gebaseerd op de benadering van probleemoplossen, waarbij het informatieverwerkend proces tussen de beschrijving van de probleemstelling als 'input' en de beschrijving van de oplossing als 'output' centraal staat. Met het instrumentarium van de systeemleer kan dat proces worden gemodelleerd als een informatieverwerkend systeem, ofwel meer in het bijzonder als een probleemoplossend systeem. Dit is weergegeven in hoofdstuk III en het doel van het ontwikkelde model is een reconstructie mogelijk te maken van een probleemoplossend systeem, dat behoort tot een opgelost probleem. Het model is niet bedoeld om een oplossingsproces te ontwikkelen ten behoeve van het oplossen van een nieuw gesteld probleem.

Dit model heb ik voorts gebaseerd op een onderscheid tussen vier elementaire toestanden van het oplossingsproces: een voorlopige - en een definitieve probleemstelling en een voorlopige - en een definitieve oplossing. Voorts wordt er een toestand onderscheiden, waarin het probleem nog nauwelijks beschreven is, doch slechts in enkele algemene termen is 'benoemd'. Eventuele overige toestanden ten gevolge van iteraties in het oplossingsproces, die van individuele oplosser tot individuele oplosser kunnen verschillen, zijn in het model niet weergegeven. Door Rubinstein [1975, p.5] en Halpern [1984, p.163] zijn als voorbeelden van toestanden of fasen voor algemene oplossingsprocessen genoemd: voorbereidingsfase, incubatiefase, inspiratiefase, produktiefase en verificatie- of evaluatiefase. Het onderscheiden van die toestanden acht ik niet relevant voor een cognitieve analyse van probleemoplossen, maar wel relevant voor het beschrijven van het gedrag van probleemoplossers. In plaats van de

woorden 'voorlopig' en 'definitief' heb ik in deze studie respectievelijk de woorden 'initieel' en 'finaal' gebruikt. 'Voorlopig' en 'definitief' zijn in de bouwkunde gereserveerd voor gebruik in de planontwikkelingsfase van een bouwwerk bij de toestanden van 'voorlopig -' en 'definitief ontwerp'.

De representaties van de kennisdelen van het probleemoplossende systeem, die bestaan uit componenten en functies, worden volgens de vier toestanden van initiële probleemstelling tot finale oplossing geordend. Daarbij worden relaties tussen de componenten gerepresenteerd door de functies. Binnen de probleemoplossende systemen worden deelsystemen of elementen onderscheiden en de kennisdelen daarvan worden volgens dezelfde toestanden geordend.

### *Elementen van het probleemoplossende systeem*

Voor de elementen (of deelsystemen) van de voornoemde probleemoplossende systemen, is geen ordeningsprincipe gegeven dat gerelateerd is aan die systemen. Door bijvoorbeeld Boekholt [1985, p51.ev.] wordt als ordeningsprincipe een hiërarchie van niveau's beschreven. Een dergelijke ordening is interessant, wanneer de bedoelde niveau's zodanig benoemd kunnen worden, dat deze voor een relatief grote klasse van op te lossen problemen, zoals bij de ontwikkeling van woningen in een stedelijk gebied het geval is, gebruikt kunnen worden. Met het doel bij te dragen aan kennisbeheer voor een onderneming heb ik echter in de beschrijving van de inventarisatiemethode aangegeven dat kennisdelen, die behoren tot elementen, worden geordend naar afdelingen, naar personen en naar documentaties van de organisatie. Samengevat betekent het dat elementen niet worden geordend volgens de kenmerken van het oplossende systeem (objectief), maar vanuit de optiek van het gebruik in het bouwbedrijf (subjectief).

### *Synthese*

Het onderscheid tussen twee aspecten van synthese is eveneens een belangrijk uitgangspunt geweest voor de ontwikkeling van het model van een probleemoplossend systeem. Met het eerste aspect van synthese is bedoeld op de situatie, waarin de probleemoplosser twee of meer componenten van de initiële oplossing op elkaar afstemt teneinde enkele finale oplossingscomponenten te ontwikkelen. Anders gezegd: een groep initiële 'deelproblemen' wordt simultaan tot finale 'deeloplossingen' gebracht. Met het tweede aspect van synthese wordt gewezen op die situaties, waarin de probleemoplosser voor een gegeven probleemstelling geen oplossing of een 'niet-gewenste' oplossing vindt en vervolgens deze probleemstelling (of een component daarvan) aanpast, zodat

er wel een (gewenste) oplossing voor wordt gevonden. Deze attitude ten aanzien van probleemoplossen acht ik op vele plaatsen aanwezig in de praktijk van het probleemoplossen bij uitvoerende bouwbedrijven. Men accepteert daar geen onoplosbare problemen, maar men herdefinieert probleemstellingen, zodat ze oplosbaar worden.

### *Ervaringskennis*

Het ontwikkelde model voor de reconstructie van een probleemoplossend systeem is tenslotte in hoofdstuk V gebruikt om te illustreren, wat er door ervaring in cognitieve zin door probleemoplossen kan worden geleerd. Meta kennis, waartoe bijvoorbeeld kennis van algemene strategieën voor probleemoplossen kan worden gerekend, is daarbij buiten beschouwing gelaten. Een wijziging in een kennistoestand ten gevolge van het oplossen van een probleem - door een nieuwe werkervaring - kan expliciet worden gemaakt als:

- a. een toevoeging van een geheel nieuw probleemoplossend systeem aan de verzameling van reeds geïnventariseerde systemen
- b. een toevoeging, een verwijdering of een wijziging van componenten bij een reeds gedocumenteerd systeem
- c. een toevoeging, een verwijdering of een wijziging van functies bij een reeds gedocumenteerd systeem

Indien een persoon verklaart, dat hij of zij met de uitvoering van een bouwproject een interessante ervaring heeft opgedaan, dan kan deze worden uitgenodigd om aan de hand van de voornoemde drie mogelijkheden aan te geven, waaruit die 'ervaring' dan wel bestaat.

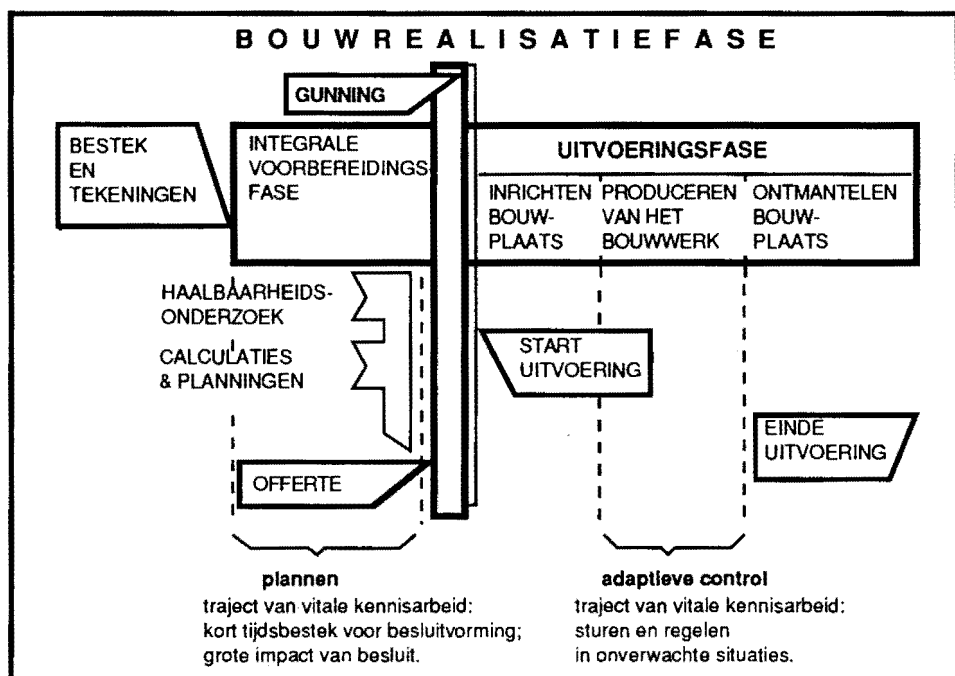
## **6.3 Het gebruik van de methode voor kennisinventarisatie in de praktijk**

### *Kennisoverdracht*

Bij uitvoerende bouwbedrijven bestaat er geen traditie van het doen van waarnemingen in de uitvoeringsfase. Er worden weliswaar incidenteel zogenaamde multimomentopnames gedaan van bijzondere deelproducties en er worden registraties verricht van bestede tijd en kosten gedurende de gehele uitvoering, maar dit leidt niet tot een bevredigende reconstructie van wat er met de uitvoering van een bouwwerk is geleerd of anders gezegd, wat er is ervaren. In de verkenningen van hoofdstuk II is beschreven, dat de middelgrote tot grote uitvoerende bouwbedrijven gedurende de laatste jaren steeds meer aandacht besteden aan werkoverleg binnen de groep van projectleiders en uitvoerders. Bij een aantal bedrijven heeft men hiervoor iedere twee weken of iedere maand

een vergadering gepland, waarbij deze functionarissen in een min of meer informele sfeer worden uitgenodigd om hun recente werkervaringen met elkaar uit te wisselen.

Volgens de kennisinventarisatiemethode, die ik heb gepresenteerd in hoofdstuk IV, wordt (ervarings-)kennis overdraagbaar gemaakt door een gestructureerde documentatietechniek die wordt toegepast door een daarvoor 'toegeruste' functionaris: de kennisbeheerder. Hoewel deze methode niet gebaseerd is op een organisatiemiddel, zoals een periodiek werkoverleg, wil ik wijzen op de rol die de methode in een dergelijk overleg kan spelen als instrument voor structurering van mondelinge kennisoverdracht. De inventarisatie is gebaseerd op de logische structuur van geoperationaliseerde kennis. Er wordt medewerkers niet zomaar gevraagd naar wat zij zoal weten, maar er wordt gevraagd naar wat zij weten binnen een context van een probleemoplossend systeem. De methode levert niet alleen de conventies voor het overdraagbaar maken van ervaringskennis, maar kan tevens een structuur bieden voor discussies over het verbeteren van het oplossen van problemen in de uitvoering.



Figuur 6.1 Plannen en adaptieve controle: twee trajecten van vitale kennisarbeid gedurende de realisatiefase van een bouwwerk, gezien vanuit de optiek van een uitvoerend bouwbedrijf. (Naar Schaefer & Erkelens [1988])

### *Prioriteiten*

Bij de beschrijving van de methode heb ik in paragraaf 4.2 gewezen op het belang van het formuleren van prioriteiten ten aanzien van de uit te voeren inventarisaties volgens stap 2 en 3 van de methode. De werkzaamheden die gemeoid zijn met de inventarisatie volgens die twee stappen zullen voor middelgrote tot grote bouwbedrijven omvangrijk en daardoor kostbaar kunnen zijn. De bedoelde prioriteiten moeten worden vastgesteld door de directie van een bouwonderneming. Als leidraad voor het vaststellen daarvan noem ik, dat kennisinventarisatie dient te worden verricht voor die probleemoplossende systemen, die aan het bereiken van de ondernemingsdoelstelling een 'vitale' bijdrage leveren. Een suggestie voor het 'detecteren' van zulke systemen geef ik weer in figuur 6.1. In die figuur heb ik in relatie tot de realisatie van een bouwproject twee 'trajecten' van vitale kennisarbeid aangegeven.

### *Proef met gebruik van de methode voor kennisinventarisatie in een bedrijf*

De methode voor kennisinventarisatie heb ik als proef toegepast voor de representatie van het probleemoplossende systeem van het maken van een offerte bij een uitvoerend bouwbedrijf. De proef had tot doel om in algemene zin het gebruik van de methode in een praktijk omgeving te verkennen. De geïnventariseerde kennisdelen zijn weergegeven in bijlage 2. De mogelijkheden waren voor dit experiment beperkt tot de representatie van slechts een klein aantal kennisdelen van het gehele probleemoplossende systeem. Voor een deel was dit het gevolg van de beperkte tijd, die het bedrijf beschikbaar kon stellen voor medewerking en voor een ander deel waren de mogelijkheden beperkt door het vertrouwelijk karakter van een groot aantal kennisdelen. Als belangrijkste bevindingen bij deze proef noem ik, dat beide synthese aspecten konden worden aangewezen en dat een 'vaag beschreven' kennisdeel werd gevonden. Voor een werkelijke validatie van de methode zal echter een aanvullend onderzoekprogramma moeten worden uitgevoerd, waarin niet alleen de afstemming van middelen en doel van de methode wordt getoetst, maar waarin ook een strategie wordt ontwikkeld voor acceptatie van de methode in een bedrijf.

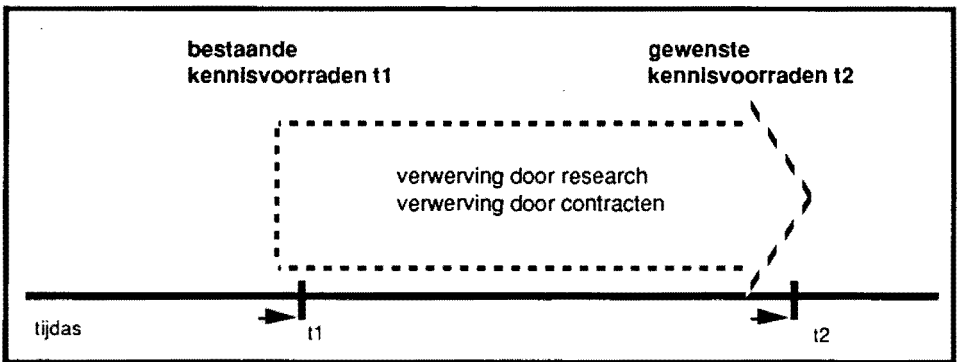
### *De voorraad van niet-gebruikte kennisdelen*

In hoofdstuk II is het onderscheid uiteengezet tussen een economische - en een technische voorraad van kennisdelen. De technische kennisvoorraad bestaat uit kennisdelen, die men door inventarisatie kan vaststellen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen: een voorraad kennisdelen, die geregeld worden gebruikt voor producties en een voorraad kennisdelen, die niet (of nog niet) worden gebruikt voor producties.

De methode is bedoeld voor het inventariseren van *gebruikte* kennisdelen. Tot de *niet-gebruikte* kennisvoorraad behoren de kennisdelen, waarover het bedrijf vrij kan beschikken en die in de zin van produktiemiddelen 'schaars' zijn (... "dat' weten we ook binnen ons bedrijf.... bij een ander bedrijf is die kennis (vrijwel) niet bekend ....we maken van die kennis weliswaar geen gebruik, maar je kunt nooit weten !"...). Het gaat hierbij om kennisdelen, die door het bedrijf zijn verworven door bijvoorbeeld research inspanningen, maar die geen plaats hebben binnen probleemoplossende systemen van het bedrijf.

Een waardering voor deze kennisverzamelingen, die niet tot dergelijk samenhangende stelsels van kennisdelen behoren (zie paragraaf 3.5), is niet rechtstreeks te geven. Aan deze kennisdelen kan bijvoorbeeld een betekenis worden toegekend door prognoses te maken van toekomstig te verwachten problemen of toekomstig te verwachten gewenste artefacten. Aan elk daarbij genoemd probleem of artefact dient dan wel een mate van waarschijnlijkheid te worden toegekend, waarmee de kans wordt aangegeven dat een dergelijk probleem of artefact respectievelijk zal moeten worden opgelost of ontwikkeld.

Door het ontwerpen van probleemoplossende systemen voor deze verwachte problemen en gewenste artefacten en deze systemen weer te geven volgens de gepresenteerde kennisinventarisatiemethode kan een schetsmatig overzicht worden gegeven van de in de toekomst *gewenste* kennisvoorraad. Deze is in figuur 6.2 aangegeven als de kennisvoorraad op tijdstip t2. Op basis van een vergelijking van de bestaande kennisvoorraden met de gewenste kennisvoorraad en door daarbij de voornoemde waarschijnlijkheden in beschouwing te nemen, kan aan delen van de tweede kennisvoorraad een betekenis worden toegekend.



Figuur 6.2 De voorraad bestaande kennis in de onderneming versus de gewenste kennisvoorraad.

## 6.4 Het gebruik van AI-technieken voor inventarisatie van kenniswijzigingen

In hoofdstuk V staat het verwerven van kennis door het oplossen van problemen centraal. Het simuleren van die kennisverwerving door computer ondersteunde rekenkundige technieken heet 'machine-learning' en wordt gerekend tot de artificial intelligence (AI). Door het toekennen van een predikaat als AI aan dergelijke machine-learning technieken, bestaat het gevaar dat aan deze technieken een bijzondere, welhaast meta-fysische betekenis wordt ontleend. De machine-learning technieken, die in mijn onderzoek zijn vergeleken, hebben een min of meer informele wetenschappelijke status en worden misschien juist daarom wel als AI technieken bestempeld. Daarmee bedoel ik dat de publicaties die men over deze technieken vindt, het karakter hebben van beschrijvingen van experimenten of hypothesen. De methoden werken in een aantal gevallen beter dan beproefde statistische methoden (zie paragrafen 5.3), maar er bestaat onvoldoende inzicht in de betrouwbaarheid van die methoden voor algemeen gebruik. Formele, algemeen geldende bewijsvoeringen voor de geldigheid van de verschillende heuristische regels, die voor deze technieken worden gebruikt, zijn niet gegeven.

Bij het zoeken naar een geschikte machine-learning techniek ging het mij niet zo zeer om te streven naar de ontwikkeling van een alwetende machine in het bedrijf, maar heb ik mij laten leiden door de wens een faciliteit voor een bedrijf te creëren, waarmee periodiek verslag zou kunnen worden uitgebracht van de vernieuwingen en verouderingen van de kennisvoorraad, ten gevolge van ervaringen met probleemoplossen. Deze verslaglegging is in principe op een 'handmatige wijze' mogelijk door periodieke inventarisaties met elkaar te vergelijken van overeenkomstige probleemoplossende systemen. Teneinde de omvang van de inventarisatieactiviteiten te beperken heb ik geëxperimenteerd met een techniek, die het mogelijk maakt de verschillen tussen twee stadia van 'ervaringskennis' te rapporteren in de vorm van de verschillen tussen de voor die stadia representatieve beslissingsbomen. In paragraaf 6.2 zijn in relatie tot het model voor een probleemoplossend systeem drie mogelijke vormen van kenniswijzigingen genoemd ten gevolge van probleemoplossen. Daaruit kan de beperkte betekenis van dit experiment in relatie tot de ontwikkeling van de gewenste faciliteit worden afgelezen. In het experiment is namelijk slechts één van die vormen, wijzigingen van functies ('relational-concepts'), uitgewerkt.





## Summary

'Labour' is still the traditional answer to the question of 'how economic value' is created. As a capital good or as a mean of production knowledge is basically missing in actual economic theories. In general this study concerns the use and meaning of knowledge as a mean of production for construction companies.

The single-project production lay-out for the construction of a building makes it as a rule necessary for highly qualified employees of construction companies to change of working location as well as to change of project-team of collaborating persons for each new construction project. These employees acquire 'on site' new knowledge (experience) during the production of a new building.

As a result of the continuous dislocation of highly qualified employees in construction companies the knowledge that these persons carry with them is only very limited available for use to others in the company. This is regarded the problem for this study. The purpose of this study is to develop instruments for making it possible to manage knowledge in construction companies.

### *Explorations*

In the explorative phase of the study a frame of concepts was formed in relation to knowledge as a mean of production. Within this context aspects as knowledge-labour, economic value, scarcity, supplies, abrasion and property are addressed. This frame of concepts can be regarded as a basis, a jargon, for assessing a set of tasks for a new occupation position: the knowledge manager. Subsequently, based upon statistical data, insight is given in the composition of the group of 'knowledge-workers' of the Dutch building industry.

The last part of the exploration phase was meant to outline the problematic nature of managing knowledge in practice by medium and large sized building companies. For this purpose a group of staff members of construction companies were interviewed. From the results of this explorative part can be distracted that the management of the major large building companies has a clear need for insight in the existing knowledge in the company. Nobody of the company (including management) can provide an overview on 'who knows what '. Although almost everybody was very willing to state that experience could be considered as a vital element for the company, (almost ) nobody was able to identify parts of it explicitly. On the whole it means that one is not informed about what knowledge is of importance for the company, what the composition of this knowledge is and where this knowledge is located.

### *Developments*

In the next phase of the study a model for reconstructing a problem solving system has been developed. This model is based upon theoretical analyses of knowledge and of solving *synthesis* problems. Problems solved by solutions as specific developed artifacts are in this study appointed as synthesis problems and related to this class of problems two different aspects of synthesis are distinguished. The mentioned model provides a principle for ordering knowledge in the company. Based upon this ordering principle a method has been developed to make an inventory of the supplies of knowledge parts used by workers of the company to solve problems. The parts of the knowledge supplies that are not used by the company are not considered. The meaning and inventory making of these parts of knowledge are only shortly discussed in the last chapter of this report. The method is described in terms of sequential steps and inventory making activities. By frequently making inventories of used knowledge parts with the aid of this method, changes of these knowledge parts ('acquired experience') related to problem solving systems can be made explicit in a detailed manner. The method has been applied in a limited real-world case study. Both synthesis aspects and also a vaguely described part of experience knowledge were made explicit as results of this case study.

In search of reducing the activities that are involved with the frequently making of the knowledge inventory an addition to this method for automatically representing knowledge mutations caused by problem solving experiences has been studied. The addition consists of the use of an 'automated-knowledge-acquisition' or 'machine-learning' technique. The learning techniques considered are limited to the acquisition of 'relational-concepts' or 'rules-of-thumb' which describe the relations between 'things' on a global level. For the selec-

tion of the appropriate knowledge acquisition technique a comparative study of a number of different inductive techniques has been carried out. The selected technique is based upon entropy analysis of datasets and produces 'learning-results' as decision trees or rule-sets.

This technique was subsequently applied in an experiment to represent knowledge gained by practical experience. The aim of the experiment was to investigate the idea of creating a facility for the company that could produce periodical reports of 'what has been learned by the company by accomplishing building projects'. Therefore the following approach was chosen. A relatively large gap of experience was simulated by appointing two groups of experts with different working experiences. Both groups of experts were qualified to solve problems concerning the domain of foundation techniques for soft soils. One group of experts had several years of post-graduate experience in building practice. The second group, which was formed by advanced students, had no practical experience. A set of problem cases concerning the knowledge domain was selected. Each problem was presented in a structured way to the respondents as a list of variable features. For each problem a solution had to be chosen from a given set of solution types. The set of problems was solved by the 'real experts' as well as by the 'student experts'. In this way two datasets were created consisting of records of structured problems and solutions. The results of the inductive analysis of each dataset are represented by two sets of different rules. For the post-graduated experts a rule-set was found, that was twice as large as the rule-set found for the student experts. Also the rule-set for the 'real-experts' was more reliable. In addition to the results of this experiment suggestions are given to investigate improvements of the sensitivity of the selected machine-learning technique in order to be able to report more realistic a relatively small gap of working experience.



## Overzicht van definities voor kennis

Schlick M., *General Theory of Knowledge*, Open Court, La Salle, Illinois 1985  
(oorspronkelijke titel: *Algemeine Erkenntnislehre*, Julius Springer, Berlin 1925)

'In ordinary life to know a thing means to give it its right name.' [p.8]

'Knowledge is the reduction of one thing to another.' [p.12]

'The essence of knowing absolutely requires that he who would practice it must be take himself far away from things and to a height far above them, from which he can then view their relations to all other things and works, in engaged in living, not in knowing; to him, things display their value aspect, not their nature.' [p.80]

'When I gaze at a red surface the red is a part of the contents of my consciousness; I experience it, and only in this experience of immediate intuition, never through concepts, can I know what red is.' [p.81]

'In intuition objects are only given, not understood. Intuition is mere experience, but cognition is something quite different, something more.' [p.83]

Machlup F., *Knowledge: Its creation, distribution, and economic significance*, Vol. 1: *Knowledge and Knowledge Production*, Princeton Univ. Press, New Jersey 1980

'In the present instance, however it would be impossible to begin with a definition, because we shall see that 'knowledge' does not have just one meaning, which one can delineate and demarcate with a definition. It has several meanings, and two of them will be needed throughout this book. Although they are different, they are logically correlated and neither of them is dispensable in our discussion.

The one is that *which is known*; the other is knowledge as the state of knowing.' [p.27]

'Philologists, philosophers and sociologists have made much fuss about the "poverty" of the English language relative to other civilized languages, which have two words for the one English word "knowing". The French can distinguish between *connaître* and *savoir*, the Germans between *kennen* and *wissen*, whereas the users of English are limited to the one "knowing". [p.29]'

'Many very learned definitions of the French *savoir* and science and of the German *wissen* and *Wissenschaft* run in terms of *connaissance* and *Kenntnisse*, respectively: that is, one member of the pair is defined and explained by the other, which thus is either equivalent or only of different extension. Likewise, many colloquial expressions in these two languages are quite inconsistent, using for example, *connaître* and *kennen* for highly developed systems of thought, and *savoir* and *wissen* for matters of casual, personal experience.'[p.30]

Barr A., Feigenbaum E., *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 1, p.143-147, Pitman Books, London 1981

'Since AI research methodology involves the design of programs that exhibit intelligent behavior, AI researchers have often taken a rather pragmatic approach to the subject of knowledge, focusing on improving the behavior of their programs.

In AI a representation of knowledge is a combination of data structures and interpretive procedures that, if used in the right way in a program, will lead to "knowledgeable" behavior.'

'Keep in mind that a datastructure is not knowledge, anymore then an encyclopedia is knowledge. A book is a source of knowledge, but without a reader, the book is just ink on paper.'

'What kinds of knowledge are needed to behave knowledgeably ?

4 types of knowledge that might need to be represented in AI systems:

- objects
- events
- performance
- meta-knowledge

Using knowledge in AI programs involves three stages:

- a. acquiring more knowledge
- b. retrieving facts from the knowledge base relevant to the problem at hand
- c. reasoning about these facts in search of a solution
  - formal reasoning, rules of inference
  - procedural reasoning, mathematics
  - reasoning by analogy
  - generalization and abstraction
  - meta-level reasoning

Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B., *Building Expert Systems*, p.12-13, Addison- Wesley Publ. Comp., London 1983

Knowledge consists of descriptions, relationships and procedures in some domain of interest. The descriptions in a knowledge base, which identify and

differentiate objects and classes are sentences in some language whose elementary components consist of primitive features or concepts. A description system generally includes rules or procedures for applying and interpreting descriptions in specific applications. A knowledge base also contains particular kinds of descriptions, known as relationships.

In short: Knowledge consists of:

- a. the symbolic descriptions that characterize the definitional and empirical relationships in a domain and
- b. the procedures for manipulating these descriptions

Knowledge: facts, beliefs, and heuristic rules [p.401]

Frost R.A., *Introduction to knowledge based systems*, Collins Professional and Technical Books, London 1986

'The term knowledge base is used to mean a collection of simple facts and general rules representing some universe of discourse.' [ p.4]

'Knowledge is the symbolic representation of aspects of some named universe of discourse.' [ p.11]

Fischler M.A., Firschein O., *The eye, the brain and the computer*, p.64, Addison-Wesley Publ.Comp., Reading, Massachusetts 1987

'Knowledge can be defined as the stored information or the models used by a person or machine to interpret, predict and appropriately respond to the outside world.'

Kennis representatie: A representation of a situation (or object, or problem) is a translation of the situation into a system consisting of

- a vocabulary that names things and relations
- operations that can be performed on these things
- and facts and constraints about these things.

Schutzer D., *Artificial Intelligence; An Applications-oriented Approach*, p.16, Van Nostrand Reinhold Company, New York 1987

Kennisrepresentatie in relatie tot probleemoplossen:

'We will discuss 4 knowledge representation approaches that currently form the basis for most successful AI applications:

- predicate calculus (regelsets)
- production rules (regelsets)
- frames and scripts (records van objecten en processen)
- semantic networks (datasets objecten, klassen (concepten) en regels die de relaties beschrijven tussen objecten en klassen van objecten)

These approaches are extensions of various datastructures in current use in more conventional data processing systems. To these data structure schemes are added the formalisms necessary for representing and denoting entities, events, and objects as well as relationships among them that are associated with the semantics of the problem domain.'

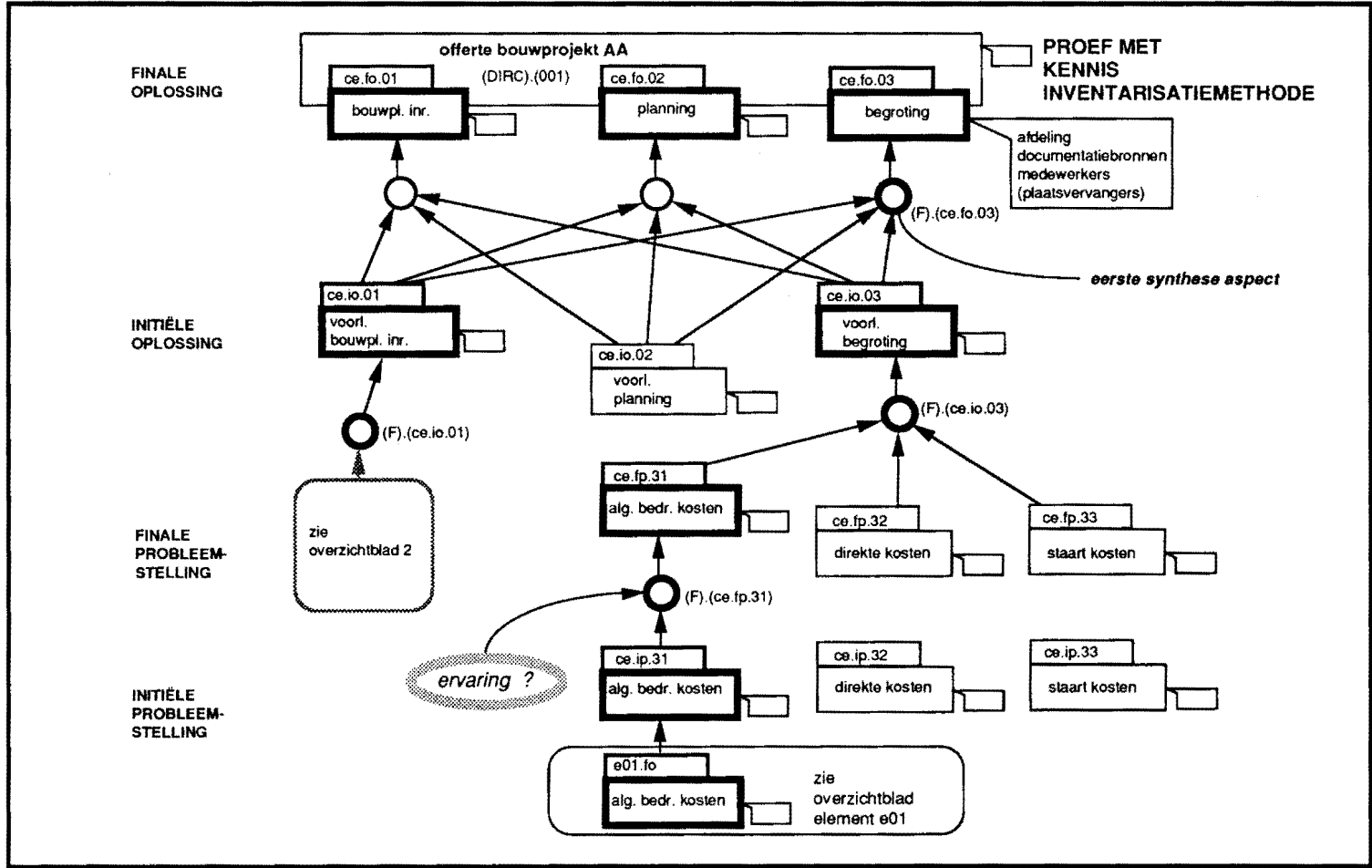
## Bijlage 2

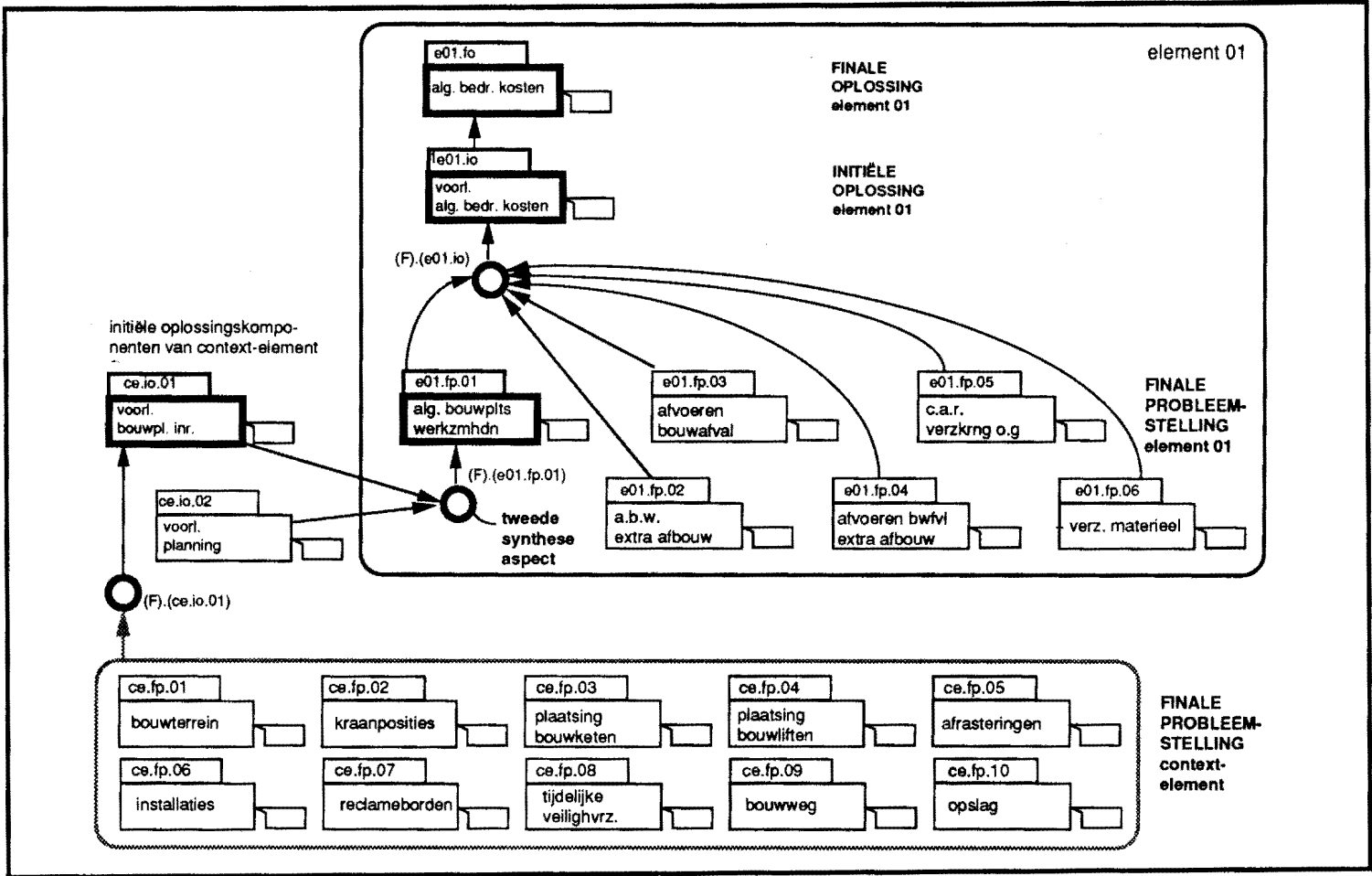
### **Voorbeeld van een toepassing van de methode voor kennisinventarisatie**

In deze bijlage zijn de resultaten weergegeven van een inventarisatie-proef die ik heb gedaan van kennisdelen die behoren tot het probleemoplossende systeem van een uitgebrachte offerte. Aan deze proef is medewerking verleend door het bouwbedrijf 'IBC' te Best. De offerte, die gekozen is voor dit doel, heeft geleid tot de verwerving van de opdracht voor uitvoering. Daarmee is deze offerte daadwerkelijk te beschouwen als finale oplossing en kunnen de kennisdelen die behoren tot dat probleemoplossende systeem een economische betekenis worden toegekend. Het totale systeem omvatte een groter aantal kennisdelen, dan is weergegeven in deze bijlage. Het merendeel daarvan betrof strikt bedrijfsgebonden kennis en is niet geschikt voor publicatie in dit rapport.

Op de pagina's 147 en 148 van deze bijlage is een schematisch overzicht gegeven van de beschreven kennisdelen. De dik omlinjende componenten en functies zijn weergegeven op de inventarisatieformulieren van pagina 149 en volgende. Deze zijn geordend volgens de drie onderscheiden stappen van de inventarisatie, beschreven in hoofdstuk IV.







Bedrijf: **GROOT AANNEMINGSBEDRIJF**

**OVERZICHT van AFDELINGEN**  
(..of andere organisatorische eenheden)  
binnen het bedrijf

Afdelingscode.	Afdeling
(DIRC) (COMZ) (TCHP) (FINZ) (UITG)	DIRECTIE COMMERCIELE ZAKEN TECHNISCHE PRODUKTIE FIN. ECON. ZAKEN UITVOERINGSGROEPEN

Afdeling: (DIRC): DIRECTIE

**OVERZICHT**  
**VAN OPLOSSINGEN / ARTEFACTEN**

oplossingscode	beschrijving van oplossing / artefact
001	OFFERTE VOOR PROJEKT AA
002	GEACQUIREERD PROJEKT BB
003	BEHEER VAN HET VERMOGEN  etc.

## OPLOSSING

afdeling: (DIRC): DIREKTIE

oplossing (DIRC).(001)

omschrijving: Offerte uitgebracht voor projekt AA dd. medio 1990; de offerte is gepresenteerd met het zgn. inschrijvingsbiljet. Hierin staan de voorwaarden voor de uitvoering en de uiteindelijke prijsstelling.

gegevensbron(nen):

Offerte in ordner AA van beveiligd archief C

alternatieve mogelijkheden:

onbekend

medewerker(s):

technisch directeur

plaatsvervanger(s):

financieel directeur

OVERZICHT van de componenten  
van  
de FINALE OPLOSSING: DIRC.001 (Offerte voor projekt AA)

komponentcode	omschrijving	medewerker(s)
(DIRC).(001).(ce.fo. 01)	bouwplaatsinrichting	hfd. bedrijfsburo
(DIRC).(001).(ce.fo. 02)	planning	hfd. bedrijfsburo
(DIRC).(001).(ce.fo. 03)	begroting	hfd. calculatie
...	...	...
...	...	...
etc	etc.	etc.

**KOMPONENT  
van de  
FINALE OPLOSSING**

nummer: (DIRC).(001).(ce.fo.01)

omschrijving:

bouwplaatsinrichting,  
overzicht van inzet van hoofdmaterieel,  
transportmiddelen, plaatsen van kranen, keten  
en transportwegen

oplossing is:

tekening (tekeningnummer)



- a. identiek aan component van initiële oplossing  
b. functie van component(en) van initiële oplossing  
**synthese**

←  functienr.  
(DIRC).(001).(F).(ce.fo.01)

gegevensbron(nen):

In offerte bij map AA van beveiligd archief C

medewerker(s):

technisch directeur  
hfd. bedrijfsburo  
medewrkr bedrijfsburo

plaatsvervanger(s):

financieel directeur

**KOMPONENT  
van de  
FINALE OPLOSSING**

nummer: (DIRC).(001).(ce.fo.02)

omschrijving:

planning,  
strokenplanning in termen van produktiedelen  
en relaties,  
kalenderschaal, prognoseschaal

oplossing is:

schema (tekeningnummer)



- a. identiek aan component van initiële oplossing  
b. functie van component(en) van initiële oplossing  
**synthese**

←  functienr.  
(DIRC).(001).(F).(ce.fo.02)

gegevensbron(nen):

In offerte bij map AA van beveiligd archief C

medewerker(s):

technisch directeur  
hfd. bedrijfsburo  
medewrkr bedrijfsburo

plaatsvervanger(s):

financieel directeur

<b>KOMPONENT van de FINALE OPLOSSING</b>	
--------------------------------------------------	--

nummer: (DIRC).(001).(ce.fo.03)

omschrijving:

begroting,  
werkelijke kostprijs van het bouwwerk voor  
het bouwbedrijf

oplossing is:

( bedrag ) miljoen gulden



a. identiek aan component van initiële oplossing

b. functie van component(en) van initiële oplossing  
synthese

← functienr.  
(DIRC).(001).(F).(ce.fo.03)

gegevensbron(nen):

In offerte bij map AA van beveiligd archief C  
In dossiers van archief AA bij hfd. calculatie

medewerker(s):

technisch directeur  
hfd. afdeling calculatie

plaatsvervanger(s):

hfd. calculator

<b>FUNCTIE BASIS GEGEVENS</b>	
-------------------------------	--

nummer: (DIRC).(001).(F).(ce.fo.03)

component:

(DIRC).(001).(ce.fo.03)  
begroting

IS FUNCTIE VAN

(DIRC).(001).(ce.io.01)  
(bouwplaatsinrichting)

(DIRC).(001).(ce.io.02)  
(planning)

(DIRC).(001).(ce.io.03)  
(begroting)

gestructureerde beschrijving van de functie, zie  
blad:  
(DIRC).(001).(F).(ce.fo.03)

gegevensbron(nen):

--

medewerker(s):

technisch directeur

plaatsvervanger(s):

--

**KOMPONENT  
van de  
INITIËLE OPLOSSING**


nummer: (DIRC).(001).(ce.io.01)

omschrijving:

bouwplaatsinrichting,  
overzicht van inzet van hoofdmaterieel,  
transportmiddelen, plaatsen van kranen, keten  
en transportwegen

oplossing is:

tekening, 1:200; (tekeningnummer a)

functie van component(en) van finale probleemsituatie ←  functienr.  
(DIRC).(001).(F).(ce.io.01)

gegevensbron(nen):

In ordner AA van afdeling bedrijfsburo

medewerker(s):

hfd. bedrijfsburo

plaatsvervanger(s):

medewrkr bedrijfsburo

**KOMPONENT  
van de  
INITIËLE OPLOSSING**


nummer: (DIRC).(001).(ce.io.03)

omschrijving:

begroting,  
werkelijke kostprijs van het bouwwerk voor het  
bouwbedrijf

oplossing is:

( bedrag ) miljoen gulden

functie van component(en) van finale probleemsituatie ←  functienr.  
(DIRC).(001).(F).(ce.io.03)

gegevensbron(nen):

In ordner AA van afdeling calculatie

medewerker(s):

hfd. afd. calculatie

plaatsvervanger(s):

hoofd calculator  
medewrkr calculatie

### FUNCTIE BASIS GEGEVENS

nummer:

(DIRC).(001).(F).(ce.io.01)

komponent:

(DIRC).(001).(ce.io.01)  
(bouwplaatsinrichting)

IS FUNCTIE VAN

(DIRC).(001).(ce.fp.01); bouwterrein  
 (DIRC).(001).(ce.fp.02); kraanposities  
 (DIRC).(001).(ce.fp.03); plaatsing  
 bouwketen  
 (DIRC).(001).(ce.fp.04); plaatsing  
 bouwliften  
 (DIRC).(001).(ce.fp.05); afasteringen  
 (DIRC).(001).(ce.fp.06); installaties  
 (DIRC).(001).(ce.fp.07);  
 reclameborden  
 (DIRC).(001).(ce.fp.08); tijdelijke  
 veiligheidsvoorzieningen  
 (DIRC).(001).(ce.fp.09); bouwweg  
 (DIRC).(001).(ce.fp.10); opslag

gestructureerde beschrijving  
van de functie, zie blad:

gegevensbron(nen):

bedrijfsburo;  
alternatieve opstellingen op tekening aa in map B

medewerker(s):

medewerkers bedrijfsburo

plaatsvervanger(s):

technisch directeur

### FUNCTIE BASIS GEGEVENS

nummer:

(DIRC).(001).(F).(ce.io.03)

komponent:

(DIRC).(001).(ce.io.03)  
(begroting, intern)

IS FUNCTIE VAN

(DIRC).(001).(ce.fp.31)  
(alg. bedrijfskosten)  
 (DIRC).(001).(ce.fp.32) (direkte  
kosten)  
 (DIRC).(001).(ce.fp.33)  
(staart kosten)

gestructureerde beschrijving van de functie, zie  
blad:  
(DIRC).(001).(F).(ce.io.03)

gegevensbron(nen):

medewerker(s):

hfd. calculatie

plaatsvervanger(s):

technisch directeur



**KOMPONENT  
van de  
FINALE PROBLEEMSTELLING**

nummer: (DIRC).(001).(ce.fp.31)

omschrijving: alg. bedrijfskosten

waarde / status ( bedrag ii)

komponent is:

- a. identiek aan komponent van initiële probleemstelling  
 b. functie van komponent(en) van initiële probleemstelling  
en eventueel van componenten van de initiële oplossing ←  functienr.  
synthese (DIRC).(001).(F).(ce.fp.31)

gegevensbron(nen):

In offerte bij map AA van beveiligd archief C  
In dossiers van archief AA bij hfd. calculatie

medewerker(s):

technisch directeur  
hfd. afdeling calculatie

plaatsvervanger(s):

hfd. calculator

**FUNCTIE BASIS GEGEVENS**

nummer: (DIRC).(001).(F).(ce.fp.31)

komponent:

(DIRC).(001).(ce.fp.31)  
(begroting, intern)

IS FUNCTIE VAN

(DIRC).(001).(ce.ip.31)  
(voorlopige begroting, intern)

gestructureerde beschrijving van de functie, zie bied:  
(DIRC).(001).(F).(ce.fp.31)

gegevensbron(nen):

medewerker(s):

hfd. calculatie

plaatsvervanger(s):

technisch directeur

<b>KOMPONENT van de INITIËLE PROBLEEMSTELLING</b>
-----------------------------------------------------------

nummer: (DIRC).(001).(cø.ip.31)

omschrijving: voorlopige alg. bedrijfskosten

waarde / status: ( bedrag ii)

- komponent is :
- a. intern gegeven
  - b. extern gegeven
  - c. finaal komponent van element e01

gegevensbron(nen):

--

medewerker(s):

--

plaatsvervanger(s):

--

### BENOEMD PROBLEEM

afdeling: BW.01: DIREKTIE

probleem: (DIRC).(PSO1)

omschrijving: De basisgegevens voor de bouwplaatsinrichting, de planning en de begroting zijn bekend. Met die gegevens moet er een concurrerende offerte worden uitgebracht

gegevensbron(nen):

--

medewerker(s):

--

plaatsvervanger(s):

financieel directeur

**KOMPONENT  
van de  
FINALE OPLOSSING**

nummer: (DIRC).(001).(e01.fo)

omschrijving: voorlopige alg. bedrijfskosten

oplossing is: ( bedrag ii)

- a. identiek aan component van initiële oplossing  
 b. functie van component(en) van initiële oplossing ← functienr. synthese

**gegevensbron(nen):**

In offerte bij map AA van beveiligd archief C

**medewerker(s):**

technisch directeur  
 hfd. bedrijfsburo  
 medewkr bedrijfsburo

**plaatsvervanger(s):**

financieel directeur

**KOMPONENT  
van de  
INITIËLE OPLOSSING**

nummer: (DIRC).(001).(e01.io)

omschrijving: voorlopige alg. bedrijfskosten

oplossing is: ( bedrag ii)

- functie van component(en) van finale probleemsituatie ← functienr.  
 (DIRC).(001).(F).(e01.io)

**gegevensbron(nen):**

In offerte bij map AA van beveiligd archief C

**medewerker(s):**

technisch directeur  
 hfd. bedrijfsburo  
 medewkr bedrijfsburo

**plaatsvervanger(s):**

financieel directeur

<b>KOMPONENT van de FINALE PROBLEEMSTELLING</b>
---------------------------------------------------------

nummer: (DIRC).(001).(e01.fp.01)

omschrijving:

algemene bouwplaats werkzaamheden;  
+ laden-lossen-opruimen + magazijnwerk/  
onderhoudsmonteur

waarde / status

( bedrag )

komponent is:



- a. identiek aan komponent van initiële probleemstelling  
b. functie van komponent(en) van initiële probleemstelling  
en eventueel van componenten van de initiële oplossing  
synthese

←  functienr.

(DIRC).(001).(F).(e01.fp.01)

gegevensbron(nen):

In dossiers van archief AA bij hfd. calculatie

medewerker(s):

medewerker calculatie

plaatsvervanger(s):

--

<b>FUNCTIE BASIS GEGEVENS</b>
-------------------------------

nummer: (DIRC).(001).(F).(e01.fp.01)

komponent:

(DIRC).(001).(e01.01).io  
(alg. bouwplaatswerk-  
zaamheden)

IS FUNCTIE VAN

(DIRC).(001).(ce.io.01)  
(bouwplaatsinrichting)

(DIRC).(001).(ce.io.02)  
(planning)

gestructureerde beschrijving van de functie, zie blad:

gegevensbron(nen):

--

medewerker(s):

hfd. calculatie

plaatsvervanger(s):

technisch directeur

**FUNCTIE BASIS GEGEVENS**

nummer:

(DIRC).(001).(F).(e01.io)

komponent:

(DIRC).(001).(e01.io)  
(voorlopige alg. bedrijfskosten)

IS FUNCTIE VAN

(DIRC).(001).(e01.fp.01); alg.  
bouwplaats werkzaamheden  
(DIRC).(001).(e01.fp.02); a.b.w. extra  
afbouw  
(DIRC).(001).(e01.fp.03); afvoeren  
bouwalval  
(DIRC).(001).(e01.fp.04); afvoeren  
bouwalval van extra afbouw  
(DIRC).(001).(e01.fp.05); c.a.r.  
verzekering door o.g  
(DIRC).(001).(e01.fp.06); verzekering  
buiten c.a.r. + verz. materieel

gestructureerde beschrijving van de functie, zie blad:

gegevensbron(nen):

medewerker(s):

hfd. calculatie

plaatsvervanger(s):

technisch directeur

**Gestruktureerde beschrijving van de functie:**  
(DIRC).(001).(F).(ce.fo.03)

de waarschijnlijkheid  
van de waarde van  
resulterend object

*stap a. vaststellen status quo van de objecten*

(DIRC).(001).(ce.fo.03);  
(begroting, aanbiedingsprijs op inschrijvingsbiljet)

**is** (bedrag AA) [waarschnlkh: 0.,1]

**omdat** (DIRC).(001).(ce.io.01);  
(de bouwkransen, bepalend component voor bouwplaatsinrichting )  
**is** (gehuurd);

**omdat** (DIRC).(001).(ce.io.02);  
(arbeidscomponent van planning)  
**is** (gerealiseerd met inzet eigen gekwalificeerd personeel);

**omdat** (DIRC).(001).(ce.io.03);  
(begroting)  
**is** (bedrag aa):

*stap b. beschrijving van eventuele alternatieve waarden van resulterend object  
in relatie tot precederende objecten*

**anders.**

(DIRC).(001).(ce.fo.03);  
(begroting, aanbiedingsprijs op inschrijvingsbiljet)

**is** (groter dan bedrag AA) [waarschnlkh: 0.,1]

**als** (DIRC).(001).(ce.io.02);  
**is** (uitbesteed aan onderaannemers);

**Gestruktureerde beschrijving van de functie:**  
(DIRC).(001).(F).(ce.io.03)

de waarschijnlijkheid  
van de waarde van  
resulterend object

*stap a. vaststellen status quo van de objecten*

(DIRC).(001).(ce.io.03);  
(begroting, intern)

**is** (bedrag, miljoen gulden) [waarschnlkh: 0.,1]

**omdat** (DIRC).(001).(ce.fp.31);  
(alg. bedrijfskosten )  
**is** (bedrag ii);

**omdat** (DIRC).(001).(ce.fp.32);  
(directe kosten)  
**is** (bedrag jj);

**omdat** (DIRC).(001).(ce.fp.33);  
(staartkosten)  
**is** (bedrag kk):

*stap b. beschrijving van eventuele alternatieve waarden van resulterend object  
in relatie tot precederende objecten*

**anders.**

(DIRC).(001).(ce.io.03);  
**is** (DIRC).(001).(ce.fp.31) + (DIRC).(001).(ce.fp.32) +  
+ (DIRC).(001).(ce.fp.33)

[waarschnlkh: 0.,1]

## Gestructureerde beschrijving van de functie:

(DIRC).(001).(F).(ce.fp.31)

de waarschijnlijkheid van de  
waarde van resulterend object

*stap a. vaststellen status quo van de objecten*

(DIRC).(001).(ce.fp.31)

(begroting, intern)

**is** (bedrag AA)

[waarschnlkhd; 0,,1]

**omdat** (DIRC).(001).(ce.ip.31)

(voorlopige begroting, intern)

**is** (bedrag aa);

**omdat** \* Vaststelling van het definitieve bedrag voor (DIRC).(001).(ce.fp.31)  
gebeurt mede op basis van **ervaring**.

In dit geval was de respondent in staat (of niet bereid) om nader  
uitleg te geven over hoe dat definitieve bedrag tot stand kwam op  
grond van het voorlopige bedrag van komponent:

(DIRC).(001).(ce.ip.31); voorlopige begroting, intern. \*

Bijlage 3

**Twee voorbeelden van gestructureerd beschreven  
probleemstellingen voor de selectie van paalfunderingssystemen**

Zie paragraaf 5.4.4



Inventarisatie kenmerken:

00 Lokatie: ROTTERDAM

**Kenmerken fundering**

- 01 toelaatbare vervormingen bij gebruiksbelasting: 20 mm.
- 02 toleranties t.a.v. plaatsingsdiepte paalpunt 0,30 m1
- 03 verticale belasting
1. trek: 150 kN
- 04 2. druk: 400 kN
- 05 3. combinatie:  ja  nee
- 06 horizontale belasting (buigend moment)
1. vast:  kN
- 07 2. dynamisch:  kN
- 08 draagtype:
- 1 punt, 2 kleef,  3 combinatie
- 09 helling van de paal (percentage schoor staan) 10 %
- 10 paalafstand 1,50 m1
- 11 verdeling van de belasting
1. gelijkmatige afdracht  
(bv. funderingsstroken)
2. puntlasten  
(bv. poeren)
- 12 totaal aantal palen 126 stuks

### Kenmerken gebouw

- |    |                                 |     |                         |
|----|---------------------------------|-----|-------------------------|
| 13 | bouwwerk                        | ①   | nieuwbouw               |
|    |                                 | 2   | renovatie               |
| 14 | globale dimensies beg. gr.      | 600 | m2                      |
| 15 | aantal bouwlagen boven maaiveld | ?   |                         |
| 16 | aantal bouwlagen onder maaiveld | ?   |                         |
| 17 | funktie                         | 1   | woningbouw              |
|    |                                 | 2   | kantoor                 |
|    |                                 | 3   | lichte bedrijfsgebouwen |
|    |                                 | 4   | zware bedrijfsgebouwen  |
|    |                                 | 5   | openbare gebouwen       |
|    |                                 | ⑥   | torens, masten          |
|    |                                 | 7   | andere .....            |

### Kenmerken uitvoering

- |    |                                    |   |            |          |           |
|----|------------------------------------|---|------------|----------|-----------|
| 18 | uitvoeringstijd                    | 1 | normaal, ② | snel, 3  | zeer snel |
| 19 | toegankelijkheid bouwplaats        | 1 | goed, ②    | matig, 3 | slecht    |
| 20 | beschikbare werkruimte horizontaal | ① | vrij       |          |           |
|    |                                    | 2 | beperkt    |          |           |
| 21 | beschikbare werkruimte vertikaal   | ① | vrij       |          |           |
|    |                                    | 2 | beperkt    |          |           |

### Kenmerken omgeving

- 22 lokatie bouwplaats  1 buitenwijk  
2 binnenstad
- 23 belendingen  
1 veraf  
2 nabij  
 3 zeer nabij
- 24 hinder / trillingen aanvaardbaar ?  
1 ja  
 2 nee

### Kenmerken grondgesteldheid

- 25 peil 4<sup>00</sup> m1 + NAP
- 26 diepte van draagkrachtige laag 15<sup>00</sup> m1 - NAP
- 27 bovenkant paal 0<sup>50</sup> m1 + NAP
- 28 wisselingen in diepte van de draagkrachtige laag: ? m1
- 29 wisselingen in draagvermogen van deze laag  1. normaal, 2. groot
- 30 sonderingsafstand h.o.h. 20 m1
- 31 aantal vaste tussenlagen 0,  1, 2, 3, 4
- 32 dikste vaste tussenlaag 6 m1
- 33 hoe vast is de tussenlaag 1. zeer vast  2. vast
- 34 aantal slappe tussenlagen 0, 1,  2, 3, 4
- 35 dikste slappe tussenlaag 6 m1
- 36 hoe slap is deze tussenlaag 1. zeer slap  2. slap

- |    |                                                    |                                |
|----|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| 37 | negatieve kleeftwaarde, percentage tav totale last | 19 %                           |
| 38 | positieve kleeftwaarde, percentage tav totale last | 21 %                           |
| 39 | grondpakket                                        | 1. ZANDHOUDENDE KLI<br>2. ZAND |

**Kenmerken waterhuishouding**

- |    |                                      |                                     |
|----|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 40 | water spanning                       | hoog <u>normaal</u> laag / onbekend |
| 42 | hoogte grondwaterspiegel             | 1.20 m1 + NAP:                      |
| 43 | wisselingen hoogte grondwaterspiegel | ? m1                                |

**Gevraagd:**

**Welk paalfunderingssysteem kiest u voor deze situatie ?**

Zie bijgevoegde lijst met mogelijke systemen en vermeld hieronder het nummer van uw keuze.

Nr.:

Inventarisatie kenmerken:

00 Lokatie: BREDA

**Kenmerken fundering**

- 01 toelaatbare vervormingen bij gebruiksbelasting: 10 mm.
- 02 toleranties t.a.v. plaatsingsdiepte paalpunt 0<sup>30</sup> m1
- 03 verticale belasting
1. trek:  kN
- 04 2. druk: 210 kN
- 05 3. combinatie, ja  nee
- 06 horizontale belasting (buigend moment)
1. vast:  kN
- 07 2. dynamisch:  kN
- 08 draagtype:  1 punt,  2 kleef,  3 combinatie
- 09 helling van de paal (percentage schoor staan)  %
- 10 paalafstand 1,90 m1
- 11 verdeling van de belasting
1. gelijkmatige afdracht  
(bv. funderingsstroken)
2. puntlasten  
(bv. poeren)
- 12 totaal aantal palen 18 stuks

### Kenmerken gebouw

13	bouwwerk	1	nieuwbouw
		②	renovatie
14	globale dimensies beg. gr.	?	m2
15	aantal bouwlagen boven maaiveld	?	
16	aantal bouwlagen onder maaiveld	?	
17	funktie	1	woningbouw
		2	kantoor
		③	lichte bedrijfsgebouwen
		4	zware bedrijfsgebouwen
		5	openbare gebouwen
		6	torens, masten
		7	andere .....

### Kenmerken uitvoering

18	uitvoeringstijd	1	normaal, 2 snel, ③ zeer snel
19	toegankelijkheid bouwplaats	1	goed, 2 matig, ③ slecht
20	beschikbare werkruimte horizontaal	1	vrij
		②	beperkt
21	beschikbare werkruimte vertikaal	1	vrij
		②	beperkt

### Kenmerken omgeving

- 22 lokatie bouwplaats 1 buitenwijk  
② binnenstad
- 23 belendingen 1 veraf  
2 nabij  
③ zeer nabij
- 24 hinder / trillingen aanvaardbaar? 1 ja  
② nee

### Kenmerken grondgesteldheid

- 25 peil ? m1 NAP
- 26 diepte van draagkrachtige laag 9.00 m1 - NAP
- 27 bovenkant paal 1.25 m1 - NAP
- 28 wisselingen in diepte van de draagkrachtige laag: ? m1
- 29 wisselingen in draagvermogen van deze laag 1. normaal, 2. groot ?
- 30 sonderingsafstand h.o.h. ? m1
- 31 aantal vaste tussenlagen 0, 1, 2, 3, 4 ?
- 32 dikste vaste tussenlaag m1 ?
- 33 hoe vast is de tussenlaag 1. zeer vast, 2. vast ?
- 34 aantal slappe tussenlagen 0, 1, 2, 3, 4 ?
- 35 dikste slappe tussenlaag m1 ?
- 36 hoe slap is deze tussenlaag 1. zeer slap, 2. slap ?

- |    |                                                   |   |   |
|----|---------------------------------------------------|---|---|
| 37 | negatieve kleefwaarde, percentage tav totale last | ? | % |
| 38 | positieve kleefwaarde, percentage tav totale last | ? | % |
| 39 | grondpakket                                       |   |   |

**Kenmerken waterhuishouding**

- |    |                                      |                                  |        |
|----|--------------------------------------|----------------------------------|--------|
| 40 | water spanning                       | hoog / normaal / laag / onbekend | ?      |
| 42 | hoogte grondwaterspiegel             | m1                               | NAP: ? |
| 43 | wisselingen hoogte grondwaterspiegel | m1                               | ?      |

**Gevraagd:**

**Welk paalfunderingssysteem kiest u voor deze situatie ?**

Zie bijgevoegde lijst met mogelijke systemen en vermeld hieronder het nummer van uw keuze.

Nr.:



## **Stimuli en responsen van 'ervaren' en 'onervaren' deskundigen**

(Zie paragraaf 5.4.4) In deze bijlage zijn de gegevens van de stimuli en responsen samengesteld tot een matrix. Deze matrix is weergegeven op de bladzijden 175 en volgende.

De kolommen 1 tot en met 44 bevatten de gegevens van de stimuli: de 80 keuzevraagstukken voor paalfunderingen. De ontbrekende waarden in de kolommen zijn weergegeven met '-99' en voor de zogenaamde 'don't care' waarden is '-96' ingevuld. De kolommen 'exp.45' en 'exp.46' bevatten de responsen van de groep ervaren respondenten. De kolommen 'stu.45' en 'stu.46' bevatten de responsen van de groep onervarenen.

De waarden in de kolommen 45 en 46 van de ervaren - en de onervaren respondenten worden verklaard in tabel 1 van deze bijlage. De verklaring van de waarden in de kolommen 1 tot en met 44 is gegeven in de tabel 2 van deze bijlage.

45	46	Categorieën Paalfunderingssystemen	Techniek	Extra Info
1	1	SYSTEMEN MET HINDER EN MET GRONDVERDRINGING betonnen prefab-paal, monoliet, europees naaldhout, met betonnen opzetter betonnen paal, in de grond gevormd,	geheid	'Vibro' paal
4	1		geheid	
5	1		geheid	
6	2	SYSTEMEN MET BEPERKTE HINDER EN MET GRONDVERDRINGING betonnen paal, in de grond gevormd, met variabele voetbreedte, betonnen paal, in de grond gevormd, betonnen paal, in de grond gevormd, casing van dunwandige stalen buis,	geheid	'Franki' paal
7	2		getrild	
9	2		geheid	'Witbolvoet' paal
8	3	SYSTEMEN ZONDER HINDER EN MET GRONDVERDRINGING betonnen paal, in de grond gevormd, betonnen paal, in de grond gevormd, casing van stalen buis betonnen paal, in de grond gevormd, casing van stalen buis elementen	geboord	'Fundex' paal
10	3		geboord	'Tubex' paal
12	3		gedrukt	
2	4	SYSTEMEN ZONDER HINDER EN ZONDER GRONDVERDRINGING betonnen paal, in de grond gevormd, met vooraf vervaardigde schacht betonnen paal, in de grond gevormd, zonder casing, geschroefd betonnen paal, in de grond gevormd, casing van dunwandige stalen buis,	geboord	m.b.v. bentoniet
3	4		avegaar	'schroefboorpaal'
11	4		gepulst	'Wit-pulspaal'

Tabel 1. Verklaring van de responsnummers in de kolommen 45 en 46 van zowel exp. als stu.

	Nr. Kolombeschrijving	waarde
	01 Lokatie bouwproject:	plaatsnaam
Fundering	02 Toelaatbare vervormingen bij gebruiksbelasting:	mm1
	03 Toleranties t.a.v. plaatsingsdiepte van paalpunt:	m1
	04 Verticale belastingen; Trek:	kN
	05 Druk:	kN
	06 Combinatie:	ja / nee
	07 Horizontale belastingen; Vast:	kN
	08 Dynamisch:	kN
	09 Draagtype:	1. punt 2. kleef 3. combinatie
	10 Helling van de paal (percentage schoorstaan):	%
	11 Paalafstand:	m1
	12 Verdeling van de belasting:	1. gelijkmatige afdracht (bv. funderingsstroken) 2. puntlasten (bv. poeren)
	13 Totaal aantal palen	stuks
	Gebouw	14 Bouwwerk
15 Globale dimensies van begane grond		m2
16 Aantal bouwlagen boven maaiveld		stuks
17 Aantal bouwlagen onder maaiveld		stuks
18 Functie van het bouwwerk		1. woningbouw 2. kantoor 3. lichte bedrijfsgebwn 4. zware bedrijfsgebwn 5. openbare gebouwen 6. torens, masten 7. andere .....
Uitvoering	19 Uitvoeringstijd	1. normaal 2. snel 3. zeer snel
	20 Toegankelijkheid bouwplaats	1. goed 2. matig 3. slecht
	21 Beschikbare werkruimte, horizontaal	1. vrij 2. beperkt
	22 Beschikbare werkruimte, vertikaal	1. vrij 2. beperkt

Tabel 2. Verklaring van de waarden in de kolommen 1 tot en met 22

	Nr. Kolombeschrijving	waarde
Omgeving	23 Lokatie bouwplaats:	1. buitenwijk 2. binnenstad
	24 Belendingen:	1. veraf 2. nabij 3. zeer nabij
	25 Trillingen aanvaardbaar :	1. ja 2. nee
Grondgesteldheid	26 Peil t.o.v. N.A.P.:	m1
	27 Diepte van de draagkrachtige laag t.o.v. N.A.P.:	m1
	28 Bovenkant paal t.o.v. N.A.P.:	m1
	29 Paal-lengte (abs(28-27))	m1
	30 Wisselingen in diepte van de draagkrachtige laag:	m1
	31 Wisselingen in draagvermogen van deze laag:	1. normaal 2. groot
	32 Sonderingsafstand h.o.h.:	m1
	33 Aantal vaste tussenlagen:	0, 1, 2, 3, 4.
	34 Dikte van de dikste vaste tussenlaag:	m1
	35 Hoe vast is deze tussenlaag:	1. zeer vast 2. vast
	36 Aantal slappe tussenlagen:	0, 1, 2, 3, 4.
	37 Dikte van de dikste slappe tussenlaag:	m1
	38 Hoe slap is deze tussenlaag:	1. zeer slap 2. slap
	39 Negatieve kleeftwaarde, percentage t.o.v. de totale last: %	
40 Positieve kleeftwaarde, percentage t.o.v. de totale last: %		
41 Samenstelling grondpakket:	noem belangrijkste opeenvolgende lagen	
Waterhuishouding	42 Waterspanning:	1. hoog 2. normaal 3. laag 4. onbekend
	43 Hoogte grondwaterspiegel t.o.v. N.A.P.:	m1
	44 Wisselingen in hoogte van grondwaterspiegel:	m1

Tabel 2 (vervolg). Verklaring van de waarden in de kolommen 23 tot en met 44.

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	plaatsnaam	1	2	3	4	5	6
1	Dordrecht	10	-99	0,25	0	250	0
2	Sittard	9	-99	0,25	0	750	0
3	Den Haag	6	20	0,25	0	1500	0
4	Amsterdam	5	10	0,25	0	1000	0
5	Eindhoven	4	10	0,10	0	800	0
6	Utrecht	2	-99	0,30	400	0	0
7	Katwijk	21	-99	0,25	0	400	0
8	Veghel	4	-99	0,30	0	560	0
9	Papendrecht	10	-99	0,25	0	180	0
10	Geldrop	4	10	0,15	0	180	0
11	Amsterdam	5	10	0,15	0	600	0
12	Amsterdam	5	-99	0,25	0	600	0
13	Helmond	4	-99	0,05	0	300	0
14	Tilburg	3	10	0,15	0	1200	0
15	Utrecht	2	-99	0,30	80	300	1
16	Groningen	1	10	0,15	0	3000	0
17	Den Haag	6	10	0,25	0	125	0
18	Amsterdam	5	-99	0,25	0	100	0
19	Groningen	1	-99	0,30	0	300	0
20	Tilburg	3	10	0,15	0	1200	0
21	Fijnaart	8	-99	0,25	0	45	0
22	Steenvoorder	18	-99	0,30	0	90	0
23	Eindhoven	4	10	0,05	0	1150	0
24	Utrecht	2	10	0,50	150	900	1
25	Kampen	7	-99	0,30	0	1400	0
26	-99	-99	-99	0,25	0	500	0
27	Steenvoorder	18	-99	-99,00	0	900	0
28	Utrecht	2	-99	0,25	0	900	0
29	Fijnaart	8	5	0,15	0	120	0
30	Papendrecht	10	-99	0,25	0	90	0
31	Delft	13	3	0,10	0	700	0
32	Amsterdam	5	-99	0,30	0	1100	0
33	Dordrecht	10	5	0,25	0	370	0
34	Sittard	9	10	0,25	0	1100	0
35	Amsterdam	5	10	0,25	180	300	1
36	Hoofddorp	11	-99	0,25	500	0	0
37	Amsterdam	5	2	0,20	0	1100	0
38	Kampen	7	10	0,25	0	400	0
39	Eindhoven	4	-99	0,10	0	800	0
40	Delft	13	-99	0,25	0	80	0
41	Rotterdam	13	-99	0,25	0	140	0
42	Gouda	14	-99	0,25	0	1100	0
43	Zwijndrecht	10	50	0,25	0	700	0

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	plaatsnaam	1	2	3	4	5	6
44	Den Haag	6	-99	-99,00	0	3000	0
45	Rotterdam	13	15	0,25	0	800	0
46	Den Haag	6	5	0,20	90	630	1
47	Amsterdam	5	2	0,20	0	400	0
48	Rotterdam	13	-99	-99,00	0	700	0
49	Zoetermeer	20	-99	-99,00	0	450	0
50	Den Haag	6	15	0,25	80	1880	1
51	Oosterhout	15	-99	-99,00	0	450	0
52	Breda	15	-99	-99,00	0	100	0
53	Den Haag	6	-99	-99,00	0	150	0
54	Rotterdam	13	15	-99,00	370	1300	1
55	Rotterdam	13	-99	-99,00	0	700	0
56	Hoofddorp	11	-99	0,25	100	50	1
57	Vlissingen	19	-99	-99,00	0	80	0
58	Amsterdam	5	20	-99,00	0	8000	0
59	Rotterdam	13	-99	-99,00	0	750	0
60	Breda	15	-99	-99,00	0	325	0
61	Zoetermeer	20	-99	-99,00	0	450	0
62	Oosterhout	15	15	0,25	40	380	1
63	Hoofddorp	11	-99	0,25	100	50	1
64	Amsterdam	5	2	0,20	0	400	0
65	Hoorn	16	-99	0,20	0	145	0
66	Den Haag	6	-99	0,10	0	500	0
67	Rotterdam	13	-99	-99,00	0	1800	0
68	Breda	15	-99	-99,00	0	450	0
69	Almelo	12	-99	0,25	0	600	0
70	Rotterdam	13	-99	-99	0	800	0
71	Almelo	12	10	0,25	0	310	0
72	Zwijndrecht	10	10	0,25	0	500	0
73	Groningen	1	-99	0,20	0	950	0
74	Duivendrecht	5	-99	0,25	0	0	0
75	Enschede	12	-99	0,25	0	750	0
76	Maassluis	17	-99	0,25	0	100	0
77	Hellevoetsluis	17	-99	-99,00	0	1200	0
78	Breda	15	-99	-99,00	0	1200	0
79	Rotterdam	13	-99	0,20	0	80	0
80	Gouda	14	10	0,25	0	1100	0

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	1	0	0,80	1	40
2	0	0	3	0	1,60	1	700
3	0	0	3	0	1,50	2	360
4	0	0	3	0	1,20	2	20
5	0	0	1	10	2,30	2	60
6	0	0	2	0	2,60	1	14
7	0	0	1	0	2,50	1	80
8	0	0	-99	0	2,30	1	800
9	0	0	1	0	1,40	1	600
10	0	0	1	0	1,90	2	26
11	0	0	3	0	1,70	2	1200
12	0	0	3	0	1,10	1	46
13	0	0	1	0	1,90	1	300
14	0	0	3	0	1,60	2	360
15	0	0	3	0	1,40	1	220
16	210	0	3	20	2,50	2	-99
17	0	0	3	0	1,40	1	180
18	0	10	1	0	2,10	2	8
19	60	0	3	20	2,50	1	-99
20	110	0	3	20	1,60	1	360
21	1	0	1	0	1,50	2	3
22	0	0	1	0	3,00	2	25
23	0	0	1	0	1,50	2	1700
24	0	0	3	0	1,40	2	190
25	0	0	3	0	2,30	1	800
26	0	0	3	0	2,50	1	113
27	0	0	3	0	3,30	1	250
28	0	0	3	0	1,50	2	22
29	0	0	3	0	2,40	1	30
30	0	0	3	0	0,90	1	14
31	0	0	1	0	2,10	2	28
32	0	0	1	0	1,50	2	94
33	0	0	1	10	2,60	2	63
34	0	0	3	0	2,30	2	1600
35	0	0	3	20	2,60	1	98
36	0	0	2	0	2,75	1	2000
37	0	0	1	0	-99,00	1	402
38	0	0	-99	0	2,00	2	600
39	0	0	1	0	1,80	1	173
40	0	0	1	0	1,00	1	14
41	0	0	3	0	3,00	1	28
42	0	0	3	0	1,20	2	94
43	0	0	1	0	1,25	1	88

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	7	8	9	10	11	12	13
44	0	0	3	0	2,25	-99	140
45	0	0	-99	0	1,50	2	70
46	0	0	3	0	1,90	2	216
47	60	0	3	10	2,80	2	40
48	0	0	3	0	1,00	2	369
49	0	0	1	0	2,80	2	851
50	0	0	3	0	1,80	2	140
51	0	0	1	0	3,00	1	265
52	0	0	1	0	1,10	-99	4
53	0	0	1	0	1,50	1	4
54	0	0	3	0	2,30	1	475
55	0	0	3	0	1,00	2	369
56	0	0	3	0	2,75	2	30
57	0	0	1	0	1,10	-99	-99
58	0	0	3	0	5,00	2	15
59	-99	0	3	10	1,50	1	126
60	0	0	1	0	3,00	-99	46
61	0	0	1	0	3,00	1	851
62	0	0	3	0	3,00	1	265
63	0	0	3	0	2,75	2	30
64	60	0	3	10	2,80	2	40
65	0	0	1	0	1,00	1	150
66	0	0	3	0	3,00	1	90
67	0	0	3	5	1,50	2	215
68	0	0	1	0	3,00	1	126
69	0	0	1	0	5,00	1	86
70	0	0	3	0	1,20	2	70
71	0	0	3	0	2,30	2	86
72	70	0	-99	0	1,70	1	128
73	0	0	3	0	1,20	2	225
74	0	700	3	0	2,00	2	61
75	0	0	1	0	1,40	-99	80
76	0	0	1	0	1,00	1	1500
77	0	0	1	0	7,00	1	80
78	0	0	3	0	2,00	2	2165
79	0	0	1	0	1,90	2	128
80	0	0	3	5	1,20	2	940



Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	14	15	16	17	18	19	20
1	2	200	3	0	2	1	3
2	1	8000	4	0	5	1	1
3	1	4000	5	1	2	1	1
4	1	4000	6	1	1	1	2
5	1	700	6	1	3	3	2
6	1	1600	1	0	6	2	1
7	1	1700	2	0	3	1	3
8	1	12000	3	1	1	2	3
9	1	2500	3	0	3	1	1
10	2	-99	1	0	1	1	3
11	1	7000	2	1	2	3	2
12	2	240	2	1	2	1	3
13	1	-99	2	0	1	1	1
14	1	5600	7	1	5	1	3
15	1	1400	6	0	2	3	1
16	1	9800	18	1	2	1	1
17	1	2000	2	0	3	3	1
18	1	1200	2	1	3	2	1
19	1	9800	3	0	3	1	3
20	1	-99	-99	-99	6	1	3
21	1	-99	-99	-99	6	1	3
22	1	90	3	0	2	1	3
23	1	23000	6	2	5	2	3
24	1	1200	9	0	2	1	1
25	1	4410	5	1	4	1	1
26	1	1300	3	0	2	2	1
27	1	1900	2	1	4	1	1
28	2	3600	2	0	5	1	3
29	2	1400	3	0	1	1	3
30	1	50	1	0	1	1	3
31	2	120	5	0	4	2	3
32	1	700	4	0	3	1	3
33	1	470	4	0	3	1	1
34	1	9000	8	1	2	3	1
35	1	800	2	2	3	1	3
36	1	22500	0	1	7	3	3
37	2	4000	3	1	5	1	3
38	1	4410	1	0	4	2	1
39	1	1100	4	1	2	1	1
40	2	32	1	0	3	1	3
41	1	135	1	0	1	1	2
42	1	930	4	0	2	2	1
43	1	470	10	0	1	1	1

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	14	15	16	17	18	19	20
44	1	6000	3	0	5	1	1
45	2	240	3	1	2	1	1
46	1	2400	5	1	2	2	2
47	1	400	1	0	3	3	1
48	1	3100	4	0	1	1	2
49	1	7000	2	0	2	3	1
50	1	6000	2	1	2	1	1
51	1	1850	5	0	1	-99	-99
52	2	-99	-99	-99	2	1	3
53	2	30	4	0	1	1	3
54	1	3500	22	2	2	2	3
55	1	3100	4	0	1	1	2
56	1	800	1	1	3	1	1
57	1	1	1100	1	0	3	2
58	1	700	14	2	2	1	3
59	1	600	-99	-99	6	2	2
60	2	320	4	0	1	1	2
61	1	7000	2	0	2	-99	1
62	1	1850	4	1	1	1	1
63	1	800	1	1	3	1	1
64	1	400	1	0	3	3	1
65	1	700	2	0	1	1	1
66	1	700	4	0	5	1	3
67	1	1030	21	1	2	2	2
68	1	1600	3	0	1	-99	1
69	1	1000	1	0	3	1	1
70	1	2000	1	1	3	1	1
71	1	900	1	0	1	3	2
72	1	910	6	0	3	1	3
73	1	3680	2	1	4	1	2
74	1	-99	-99	-99	7	3	3
75	1	1500	-99	-99	7	3	2
76	1	7500	2	0	1	1	1
77	1	1470	4	0	1	-99	1
78	1	35000	7	1	5	1	1
79	1	1350	1	0	1	3	2
80	1	930	4	0	3	3	1

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	21	22	23	24	25	26	27	28
1	2	2	2	2	2	0,50	-14,50	0,80
2	1	1	1	1	1	52,50	48,00	51,00
3	2	1	2	2	1	1,25	-19,00	0,50
4	2	1	2	3	1	0,50	-20,00	-2,00
5	2	2	2	2	2	18,70	10,00	17,70
6	1	1	2	2	2	3,20	-11,50	-1,20
7	2	2	2	3	2	1,80	-7,00	1,20
8	1	1	2	2	1	17,00	-7,50	10,00
9	1	1	1	2	1	-0,75	-12,00	-1,50
10	2	2	2	3	2	18,25	14,50	17,25
11	1	1	1	2	1	3,30	-18,00	0,00
12	2	2	2	3	2	3,30	-18,00	0,00
13	1	1	1	1	1	18,25	14,50	17,25
14	1	1	2	3	2	14,50	1,50	10,40
15	1	1	1	1	1	2,00	-17,00	1,50
16	1	1	2	1	1	-0,50	-20,00	-7,00
17	1	1	2	2	1	1,25	-21,00	0,25
18	1	1	2	3	1	0,50	-20,00	-2,00
19	2	2	1	2	1	-0,50	-20,00	-1,20
20	1	1	2	2	2	14,50	1,50	10,40
21	1	1	2	2	1	0,00	-6,00	-1,00
22	2	1	1	1	1	-1,00	-15,00	-2,80
23	1	1	2	3	2	17,00	-7,50	10,00
24	1	1	1	1	1	2,00	-13,00	1,50
25	1	1	2	2	1	0,70	-6,00	0,30
26	1	1	1	1	1	3,10	-2,00	2,30
27	1	1	2	2	2	-1,00	-16,00	-2,80
28	2	1	1	1	1	3,20	-11,50	-1,20
29	2	2	1	1	2	0,00	-6,00	-1,50
30	2	1	1	3	1	-0,75	-12,00	-1,50
31	2	2	2	3	2	1,50	-3,50	0,75
32	1	1	2	3	2	1,65	-22,00	0,30
33	1	1	1	2	1	0,50	-17,80	0,80
34	1	1	2	2	2	49,00	38,00	43,00
35	2	1	2	2	1	1,65	-22,00	-5,20
36	1	1	1	3	1	1,00	-15,00	-4,20
37	2	2	2	2	2	0,70	-18,00	-5,00
38	1	1	1	2	2	0,70	-6,00	0,30
39	1	1	1	1	1	18,70	10,00	17,70
40	2	2	2	3	2	1,50	-3,50	0,75
41	1	1	2	1	1	-1,00	-17,00	-1,50
42	1	1	1	1	1	-1,60	-17,00	-2,10
43	1	1	1	2	2	-0,30	-18,00	-0,90

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	21	22	23	24	25	26	27	28
44	1	1	2	3	2	1,00	-4,00	0,00
45	2	2	1	3	2	1,00	-16,00	1,00
46	2	2	2	2	1	0,50	-4,50	-1,20
47	1	1	1	1	1	0,70	-18,00	-5,00
48	1	1	2	3	1	-0,85	-20,00	-1,00
49	1	1	1	3	2	-4,10	-19,00	-4,50
50	1	1	1	1	1	1,00	-21,00	-3,00
51	1	1	1	-99	-99	1,35	-5,00	-0,35
52	2	2	2	3	2	-99,00	-9,00	-1,25
53	2	2	2	3	2	0,50	-4,50	0,30
54	1	1	2	3	2	1,40	-20,00	-6,00
55	1	1	2	3	1	-0,85	-20,00	-1,00
56	1	1	1	1	1	3,00	-19,00	-4,20
57	1	1	1	1	1	0,90	-15,20	-2,00
58	2	2	2	3	2	2,00	-53,00	-3,00
59	2	1	1	3	2	4,00	-15,00	1,65
60	2	1	2	3	2	0,10	-6,50	-0,25
61	1	1	1	1	1	-4,10	-19,00	-4,50
62	1	1	1	2	1	1,35	-11,00	-2,40
63	1	1	1	1	1	3,00	-19,00	-4,20
64	1	1	1	1	1	0,70	-18,00	-5,00
65	1	1	2	2	1	2,20	-10,50	2,00
66	2	1	2	3	2	0,50	-9,50	0,00
67	2	1	2	3	1	5,60	-17,00	0,20
68	1	1	2	3	2	3,20	-12,00	-2,35
69	1	1	2	3	2	11,50	3,50	11,00
70	1	1	1	2	1	1,00	-16,00	1,00
71	1	1	2	2	1	11,50	-1,00	11,00
72	1	1	2	2	1	-0,30	-18,00	-0,90
73	2	1	1	3	2	1,00	-17,00	-2,50
74	2	1	1	1	2	9,00	-25,00	9,00
75	1	1	2	3	1	39,00	30,00	38,00
76	1	1	2	2	1	0,00	-19,00	-0,50
77	1	1	1	2	2	0,00	-36,00	-0,50
78	1	1	1	2	1	3,00	-14,00	-2,00
79	1	1	1	1	1	-1,00	-17,00	-1,50
80	1	1	2	2	2	-1,60	-17,00	-2,10

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	29	30	31	32	33	34	35	36
1	15,30	0,00	1	10,00	0	-96,00	-96	0
2	3,00	9,00	2	25,00	2	2,00	1	3
3	19,50	3,00	1	20,00	1	15,00	1	1
4	18,00	1,00	1	15,00	1	3,00	1	2
5	7,70	0,50	1	13,00	2	1,00	2	2
6	10,30	0,50	1	25,00	0	-96,00	-96	0
7	8,20	3,00	1	15,00	1	4,00	2	1
8	17,50	1,50	1	20,00	1	3,00	1	0
9	10,50	-99,00	-99	25,00	0	-96,00	-96	0
10	2,75	0,50	1	20,00	0	-96,00	-96	1
11	18,00	1,50	1	10,00	1	2,00	1	2
12	18,00	1,50	1	10,00	1	2,00	1	2
13	2,75	0,50	1	20,00	0	-96,00	-96	1
14	8,90	2,00	1	13,00	1	5,00	1	1
15	18,50	0,00	2	10,00	1	10,00	2	0
16	13,00	2,50	2	-99,00	2	4,00	1	3
17	21,25	3,00	1	14,00	1	8,00	2	2
18	18,00	1,00	1	15,00	1	2,00	2	2
19	18,80	2,50	2	11,00	2	4,00	1	3
20	8,90	2,00	1	13,00	1	5,00	1	1
21	5,00	5,50	1	-99,00	1	1,50	2	1
22	12,20	0,00	1	9,00	0	-96,00	-96	1
23	17,50	1,50	1	20,00	1	3,00	2	0
24	14,50	0,00	1	12,00	1	10,00	2	0
25	6,30	0,00	2	12,00	1	1,20	2	1
26	4,30	2,00	1	15,00	1	6,00	1	1
27	13,20	0,00	2	9,00	0	-96,00	-96	1
28	10,30	0,50	1	25,00	0	-96,00	-96	0
29	4,50	5,50	2	-99,00	1	1,00	2	1
30	10,50	-99,00	-99	25,00	0	-96,00	-96	0
31	4,25	-99,00	1	9,00	0	-96,00	-96	1
32	22,30	1,00	1	10,00	2	-99,00	2	3
33	18,60	0,00	1	12,00	0	-96,00	-96	1
34	5,00	4,00	1	14,00	1	3,00	2	2
35	16,80	1,00	1	10,00	2	-99,00	2	3
36	10,80	0,50	1	20,00	1	3,00	2	1
37	13,00	0,00	1	30,00	2	2,50	1	2
38	6,30	0,00	1	20,00	0	-96,00	-96	0
39	7,70	0,50	2	15,00	2	1,00	1	2
40	4,25	-99,00	1	-99,00	0	-96,00	-96	1
41	15,50	3,00	1	10,00	0	-96,00	-96	1
42	14,90	1,50	1	20,00	1	3,00	2	1
43	17,10	1,00	2	10,00	0	-96,00	-96	1

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	29	30	31	32	33	34	35	36
44	4,00	1,00	1	40,00	0	-96,00	-96	0
45	17,00	5,00	1	13,00	1	2,00	2	2
46	3,30	2,00	2	11,00	1	1,50	2	1
47	13,00	0,00	1	30,00	2	2,50	1	2
48	19,00	2,50	1	20,00	0	-96,00	-96	1
49	14,50	5,00	1	30,00	0	-96,00	-96	1
50	18,00	1,00	1	14,00	0	-96,00	-96	2
51	4,65	1,00	1	25,00	1	4,00	2	0
52	7,75	-99,00	-99	-99,00	-99	-99,00	-99	-99
53	4,80	0,00	1	6,00	1	1,50	2	1
54	14,00	1,00	1	12,00	0	-96,00	-96	3
55	19,00	2,50	1	20,00	0	-96,00	-96	1
56	14,80	0,50	1	20,00	1	3,00	2	1
57	13,20	6,70	1	10,00	1	3,00	2	2
58	50,00	-99,00	1	45,00	2	10,00	1	3
59	16,65	-99,00	1	20,00	1	6,00	2	2
60	6,25	1,00	1	12,00	0	-96,00	-96	1
61	14,50	5,00	1	30,00	0	-96,00	-96	1
62	8,60	1,00	1	14,00	1	4,00	2	0
63	14,80	0,50	1	20,00	1	3,00	2	1
64	13,00	0,00	1	30,00	2	2,50	1	2
65	12,50	0,00	1	30,00	0	-96,00	-96	1
66	9,50	0,50	1	10,00	3	2,50	1	3
67	17,20	3,00	1	15,00	0	-96,00	-96	1
68	9,65	1,00	1	25,00	3	4,00	1	2
69	7,50	2,00	1	15,00	1	1,00	2	0
70	17,00	5,00	1	15,00	2	4,00	2	2
71	12,00	1,00	1	12,00	1	1,00	1	0
72	17,10	1,00	1	10,00	0	-96,00	-96	1
73	14,50	10,00	1	20,00	1	2,00	2	1
74	34,00	0,00	1	5,00	1	3,00	2	1
75	8,00	0,50	-99	-99,00	0	-96,00	-96	0
76	18,50	3,00	1	20,00	0	-96,00	-96	1
77	35,50	13,00	1	17,00	1	1,00	2	2
78	12,00	3,50	1	25,00	1	5,00	2	2
79	15,50	3,00	1	13,00	0	-96,00	-96	2
80	14,90	1,50	1	14,00	1	3,00	1	1

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	37	38	39	40	41	42
1	-96,00	-96	0	-99	1	-99
2	-99,00	2	0	25	6	-99
3	0,50	2	0	40	3	3
4	9,00	2	10	30	3	3
5	1,00	2	0	0	2	2
6	-96,00	-96	0	100	-99	3
7	2,00	1	10	0	5	-99
8	-96,00	-96	0	0	6	2
9	-96,00	-96	0	0	10	2
10	-99,00	2	0	0	4	-99
11	1,00	2	0	20	1	-99
12	1,00	1	0	20	1	-99
13	-99,00	2	0	0	4	-99
14	1,00	2	0	10	3	-99
15	-96,00	-96	20	38	2	2
16	5,00	2	1	20	1	-99
17	1,00	1	10	35	8	2
18	6,00	1	0	0	8	3
19	5,00	2	1	20	1	-99
20	1,00	2	18	24	3	3
21	4,50	2	0	0	7	-99
22	12,00	1	0	0	8	2
23	-96,00	-96	0	0	6	1
24	-96,00	-96	20	38	2	2
25	3,00	2	14	29	-99	3
26	1,00	2	0	15	5	-99
27	8,00	2	10	24	8	-99
28	-96,00	-96	0	25	-99	-99
29	3,00	1	0	10	-99	3
30	-96,00	-96	-99	-99	10	-99
31	1,50	1	0	0	-99	-99
32	2,00	1	0	30	3	-99
33	3,00	1	0	0	1	3
34	1,50	1	0	18	3	1
35	1,20	1	20	5	3	1
36	4,00	2	0	100	3	1
37	3,00	2	0	0	3	3
38	-96,00	-96	0	0	-99	-99
39	1,00	1	0	0	4	-99
40	-99,00	1	0	0	-99	-99
41	16,00	2	60	0,4	1	-99
42	7,00	2	15	0	8	-99
43	12,00	2	15	0	8	-99

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	<b>43</b>	<b>44</b>
1	0,00	0,00
2	-99,00	-99,00
3	-0,50	0,20
4	-1,00	0,30
5	2,80	0,50
6	-0,60	0,40
7	-2,20	0,50
8	15,00	1,00
9	-2,25	0,00
10	15,25	0,50
11	0,00	0,00
12	0,00	0,00
13	15,25	0,50
14	11,55	1,00
15	0,50	0,50
16	-99,00	-99,00
17	-0,50	0,20
18	-1,00	0,30
19	-99,00	-99,00
20	11,55	1,00
21	-1,35	-99,00
22	-1,40	0,10
23	15,00	1,00
24	0,50	0,50
25	2,00	0,00
26	2,20	0,50
27	-1,40	0,10
28	-0,60	0,40
29	-1,35	-99,00
30	-2,25	-99,00
31	-99,00	-99,00
32	0,00	-99,00
33	0,00	0,00
34	-99,00	-99,00
35	0,00	0,00
36	3,40	0,10
37	-0,50	0,00
38	2,00	0,00
39	2,80	0,50
40	-99,00	-99,00
41	-2,60	0,00
42	-99,00	-99,00
43	-99,00	-99,00



Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	37	38	39	40	41	42
44	-96,00	-96	0	10	5	1
45	1,00	1	25	5	3	-99
46	0,40	2	20	15	5	2
47	3,00	1	0	0	3	3
48	17,00	2	20	17	1	-99
49	7,00	1	0	0	7	-99
50	4,00	2	21	32	8	1
51	-96,00	-96	-99	-99	7	-99
52	-99,00	-99	-99	-99	-99	-99
53	0,50	2	0	0	7	-99
54	8,00	1	-99	-99	3	-99
55	17,00	2	20	17	9	-99
56	4,00	2	5	90	3	1
57	7,00	2	-99	-99	7	-99
58	28,00	2	0	70	-99	-99
59	6,00	2	10	15	7	2
60	3,50	2	0	14	7	-99
61	7,00	1	0	0	7	-99
62	-96,00	-96	41	32	6	-96
63	4,00	2	5	90	3	1
64	3,00	1	0	0	3	3
65	11,00	1	0	0	9	-99
66	0,50	2	0	12	2	-99
67	-99,00	2	24	40	1	-99
68	2,00	2	-99	-99	-99	-99
69	-96,00	-96	0	10	4	-99
70	1,00	1	25	5	3	-99
71	-96,00	-96	0	10	6	-99
72	4,00	1	15	0	8	-99
73	3,00	2	0	15	6	2
74	5,00	2	60	50	1	-99
75	-96,00	-96	0	0	5	-99
76	19,00	2	4	4	10	-99
77	30,00	2	-99	-99	5	-99
78	6,00	2	35	1	1	-99
79	1,80	1	0	0	-99	-99
80	7,00	2	15	0	8	2

Stimuli, beschreven in par. 5.4.4: gegevens van 80 paalfunderingsproblemen

	43	44
44	-1,00	0,40
45	0,00	-99,00
46	-0,85	-99,00
47	-0,50	0,00
48	-1,00	-99,00
49	-5,30	-99,00
50	-1,00	0,40
51	-99,00	-99,00
52	-99,00	-99,00
53	-0,85	-99,00
54	-1,00	0,50
55	-1,00	-99,00
56	3,40	-0,10
57	-1,00	0,50
58	-2,00	-99,00
59	1,00	-99,00
60	-1,50	-99,00
61	-5,30	-99,00
62	-96,00	-96,00
63	3,40	0,10
64	-0,50	0,00
65	-99,00	-99,00
66	-99,00	-99,00
67	1,20	-99,00
68	-99,00	-99,00
69	-99,00	-99,00
70	0,00	-99,00
71	-99,00	-99,00
72	-99,00	-99,00
73	-1,00	-99,00
74	-2,50	0,00
75	36,00	1,50
76	-1,00	0,00
77	-99,00	-99,00
78	-99,00	-99,00
79	-2,60	0,00
80	-99,00	-99,00

Resposen van 'ervaren' (exp.) en 'onervaren' (stud.) deskundigen

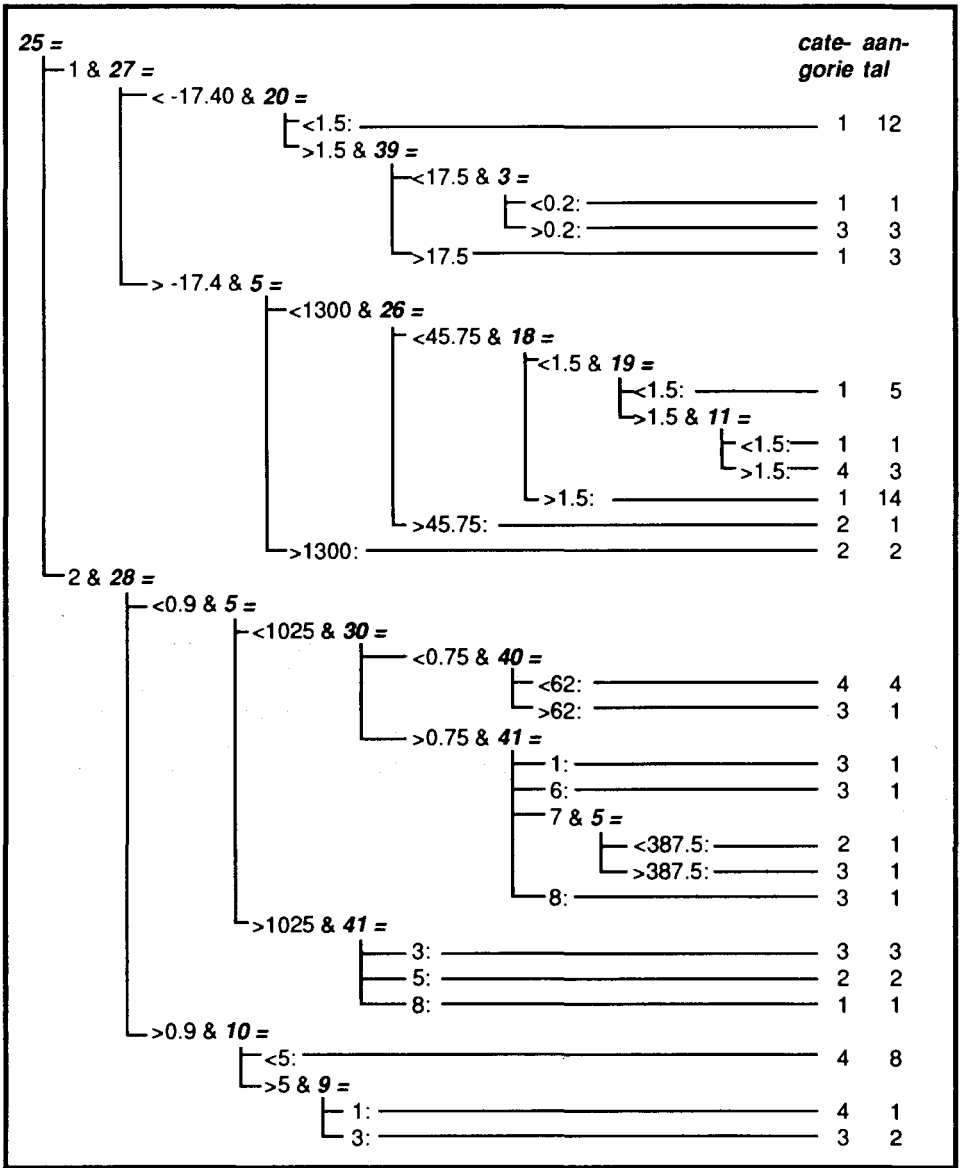
	<b>exp.45</b>	<b>exp.46</b>	<b>stu.45</b>	<b>stu.46</b>
1	12	3	12	3
2	6	2	6	2
3	1	1	3	4
4	1	1	8	3
5	3	4	12	3
6	8	3	3	4
7	3	4	11	4
8	3	4	8	3
9	1	1	4	1
10	3	4	12	3
11	5	1	3	4
12	10	3	2	4
13	1	1	10	3
14	3	4	8	3
15	5	1	10	3
16	5	1	2	4
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	10	3	8	3
20	8	3	2	4
21	4	1	9	2
22	4	1	11	4
23	3	4	10	3
24	1	1	6	2
25	6	2	6	2
26	1	1	1	1
27	11	4	2	4
28	5	1	1	1
29	10	3	11	4
30	4	1	1	1
31	12	3	6	2
32	10	3	3	4
33	1	1	1	1
34	3	4	10	3
35	1	1	6	2
36	1	1	8	3
37	12	3	12	3
38	3	4	3	4
39	1	1	6	2
40	12	3	8	3
41	1	1	9	2
42	5	1	10	3
43	8	3	11	4

Resposen van 'ervaren' (exp.) en 'onervaren' (stud.) deskundigen

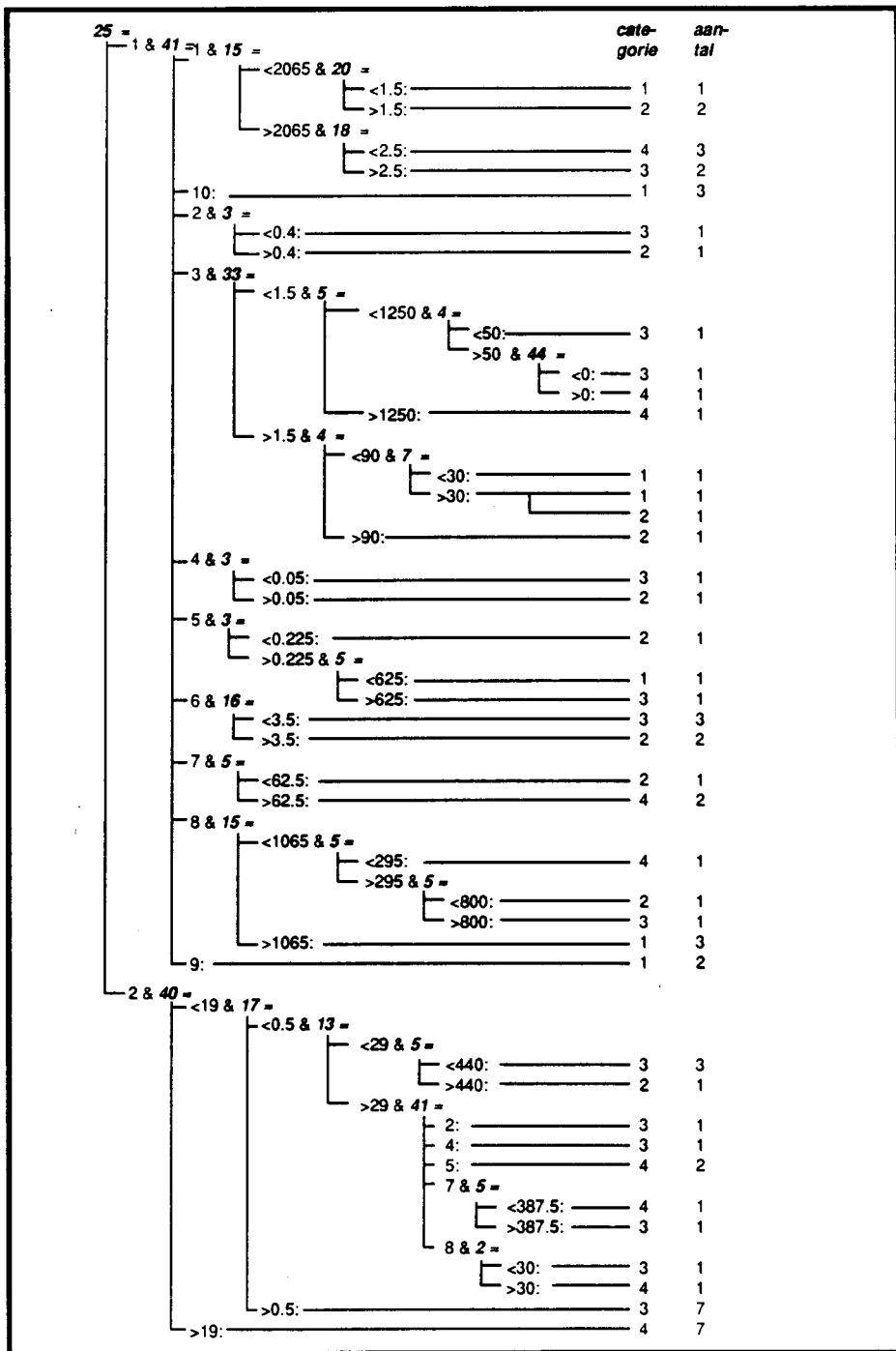
	<b>exp.45</b>	<b>exp.49</b>	<b>stu.45</b>	<b>stu.49</b>
44	9	2	3	4
45	11	4	12	3
46	5	1	6	2
47	1	1	9	2
48	1	1	11	4
49	8	3	10	3
50	5	1	1	1
51	1	1	3	4
52	11	4	12	3
53	11	4	12	3
54	8	3	11	4
55	1	1	1	1
56	1	1	8	3
57	4	1	3	4
58	9	2	11	4
59	8	3	8	3
60	9	2	2	4
61	1	1	3	4
62	1	1	6	2
63	1	1	3	4
64	5	1	1	1
65	4	1	1	1
66	3	4	8	3
67	6	2	7	2
68	8	3	8	3
69	3	4	8	3
70	1	1	1	1
71	3	4	8	3
72	12	3	7	2
73	8	3	8	3
74	2	4	11	4
75	1	1	8	3
76	4	1	4	1
77	6	2	8	3
78	5	1	10	3
79	3	4	1	1
80	1	1	8	3

**Weergave van de beslissingsbomen,  
die corresponderen met de regelsets in de figuren 5.8 en 5.9  
van hoofdstuk V**

De vetgedrukte getallen in de beslissingsbomen van de twee figuren van deze bijlage corresponderen met componentnummers van tabel 2 van bijlage 4. De nummers in de kolom 'categorie' corresponderen met de nummers van de kolom '46' van tabel 1 van bijlage 4. De cijfers in de kolom 'aantal' geven aan hoeveel voorbeelden er per tak van de beslissingsboom correct worden geïdentificeerd.



Figuur 1. Beslissingsboom die correspondeert met de regelset van de 'ervaren' deskundigen, weergegeven in figuur 5.8 van hoofdstuk 5.



Figuur 2. Beslissingsboom die correspondeert met de regelset van 'onervaren' deskundigen, weergegeven in figuur 5.9





## Literatuur

Allen T. J. (1986). *Managing the Flow of Technology*. Cambridge: The MIT Press

Barr A., Feigenbaum E. (1981). *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 1. London: Pitman Books

Bemelmans T.M.A. (1987). *Bestuurlijke Informatie-Systemen en Automatisering* (p.239). Stenfert Kroese

Boekholt J.T. (1985). *Bouwkundig Ontwerpen; een beschrijving van de structuur van bouwkundige ontwerpprocessen*. Proefschrift Techn. Univ. Eindh.

Boshuizen H.P.A. (1989). *De ontwikkeling van medische expertise*. Proefschrift Maastricht. Haarlem: Uitg. Thesis

Bouma J.L. (1980). *Leerboek der Bedrijfseconomie* (p.270). Deel II. Wassenaar: Delwel

Bouma J.L. (1982). *Leerboek der bedrijfseconomie* (p.45). Deel I. Wassenaar: Delwel

Breuker J. & Wielinga B. (1986). *Analyse van Expertise voor Expertsystemen*. In A. Nijholt & L. Steels (ed.). *Ontwikkelingen in Expertsystemen* (p.5.1-5.28). Den Haag: Academic Service.

Carbonell J.G. (1986). *Derivational Analogy: A Theory of Reconstructive Problem Solving and Expertise Acquisition*, in Michalski R.S., Carbonell J.G.,

Mitchell T.M. (eds.), *Machine Learning; An artificial Intelligence Approach*, Volume 2 (p.386). Los Altos California: Morgan Kaufmann Publ.

Charniak E., McDermott D. (1985). *Introduction to Artificial Intelligence*. Reading: Addison-Wesley Publ. Comp.

Cosemans G., Dijkstra J., Hajek J., Post W., Schaefer W. (1991). *Methoden voor klasse-identificatie empirisch vergeleken*. Techn. Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, Vakgroep BPU; Intern Rapport.

Cosemans G., Kretzschmar J., Samyn J. (1989). *Inductieve Analyse van Productieprocessen met SIPS*. In AIT Proceedings 1989. Amsterdam: Publ. NGI, Stichting Informatica Congressen

DeMarco T. (1979). *Structured Analysis and System Specification*. A Yourdon Book; New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc.

Drewin F.J. (1982). *Construction Productivity; Measurement and Improvement through Work Study*. New York: Elsevier.

Drucker Peter F. (1969). *The Age of Discontinuity* (p.158). London: William Heinemann Ltd.

Dijk H. Van, Van Helden H., Nierstrasz J., Pols I. (1980). *Bijzondere Paalfunderingen*. Monografieën Uitvoeringstechniek. Techn. Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde.

EIB (1980). *De employé in de bouw; een studie naar de positie van het indirecte personeel in de bouwnijverheid*. Amsterdam, Economisch Instituut voor de Bouwnijverheid.

EIB (1987). *Arbeidsmobiliteit en werkzekerheid in de bouw, periode 1978 - 1985*. Amsterdam, Economisch Instituut voor de Bouwnijverheid.

EIB (1988). *Verdringing op de bouwarbeidsmarkt*.

EIB (1989a). *Ontwikkelingen in het bouwbedrijf 1987 - 1988; resultaten van een onderzoek onder hoofdaannemingsbedrijven*. Amsterdam, Economisch Instituut voor de Bouwnijverheid.

EIB (1989b). *De bouwproductie en de behoefte aan hoger opgeleide bouwkundigen op de middellange termijn*. Amsterdam, Economisch Instituut voor de Bouwnijverheid.

Fischler M.A., Firschein O. (1987). *The eye, the brain and the computer*. Massachusetts, Reading: Addison-Wesley Publ.Comp.

Forsyth R., Rada R. (1986). *Machine Learning: Applications in expert systems and information retrieval* (pp.55). England, Chichester: Publ. Ellis Horwood Ltd.

Forsyth R., Naylor Ch. (1985). *The Hitch-Hikers Guide to Artificial Intelligence*. London: Chapman & Hall

Frost R.A. (1986). *Introduction to Knowledge Base Systems*. London: Collins Professional and Technical Books.

Gagné R.M. (1985). *The Conditions of Learning and theory of instruction*. 3e druk. New York: Holt Rinehart and Winston.

Halpern D. F. (1984). *Thought and Knowledge; An Introduction to Critical Thinking*. New Jersey, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Harmon P (1987). *Neural Networks and Neural Works Professional*. In P. Harmon (ed.): *Expert Systems Strategies*, Vol.3 No.12 (p.6-11). Cutter Information Cooperation

Haugeland J. (1986). *Artificial Intelligence: The Very Idea* (p.11). Massachusetts, Cambridge: Bradford Books, The MIT Press.

Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B. (1983). *Building Expert Systems*. Volume I. London: Addison Wesley Publ.Comp.

Hofman L. (1989). *Economische Termen*. Leiden / Antwerpen: Stenfert Kroese Uitg.

Hofstadter Douglas R. (1979). *Gödel, Escher, Bach : An Eternal Golden Braid*. New York: Basic Books.

Ishikawa K. (1972). *Guide to Quality Control* (p.19-29). Tokyo: Asian Productivity Organisation

Jong T. De (1986). *Kennis en het oplossen van vakinhoudelijke problemen*. Proefschrift TU Eindhoven.

Kwee S.L., Peursen C.A. van ( 1969). *De Mens; Wijsgerige Teksten* (p.122-125). Arnhem, Van Loghum Slaterus

Lippman R. (1990). *Statistische Methoden Voldoen Vaak*. In: *Kennissystemen, tijdschrift over kennistechniek, expertsystemen en al.* jrg. 4, nr. 11 (p.19). Rijswijk: Stam

Manly B.F.J. (1986). *Multivariate Statistical Methods; A Primer* (p.87-89). London: Chapman and Hall

Merkelbach P.M.P.J. (1981). Human capital; richtinggevende maatstaf voor een industriebeleid ? Proefschrift Katholieke Universiteit Brabant

Mettes K., Gerritsma J. (1986). Probleem oplossen. Utrecht, Het Spectrum BV.

Michalski, R.S. (1983). A theory and methodology of inductive learning. In Michalski R.S. et al. (eds.): *Machine Learning. An Artificial Intelligence Approach* . Volume I (p.83-130). CA, Palo Alto: Tioga Publ. Comp.

Michalski, R.S. (1986a). Understanding the nature of learning: Issues and research directions. In Michalski R.S. et al. (eds.): *Machine Learning. An Artificial Intelligence Approach* . Volume II (p.3-26). CA, Los Altos: Morgan Kaufmann Publ.

Michalski R.S., Mozetic I., Hong J., Lavrac N. (1986b): 'The AQ15 inductive learning system: an overview and experiments', Report UIUCDCS-R-86-1260, Department of Computer Science, University of Illinois at Urbana-Champaign.  
Minsky M. (1988). Het Denken: De menselijke geest als maatschappij. Amsterdam, Uitgeverij Bert Bakker.

Poortman E.R. (1990). Budgetbewaking in de bouw. Alphen a/d Rijn, Samson

Post W. (1988 ). Automatisch Leren & Acute Cardiale Diagnostiek (p.26-29). Doct. werkstuk Psy 15.8.88.226, Vakgroep SWI, Faculteit Psychologie, Univ. Van Amsterdam

Post W., Van Someren M. (1988 ). Een vergelijkende evaluatie van enkele technieken voor inductief leren. In 'Proceedings AI Toepassingen' (p.451-459).

Press S.J. Wilson S. (1978). Choosing between logistic regression and discriminant analysis (p.699-705). J. Americ. Statist. Assoc. 73

Quinlan J.R. (1983). Learning Efficient Classification Procedures and their Application to Chess End Games. In Michalski R.S. et al. (eds.): *Machine Learning. An Artificial Intelligence Approach* (p.463-481). CA, Palo Alto: Tioga Publ. Comp.

Ricketts M. (1987). The Economics of Business Enterprise (p.54-58). Brighton: John Spiers

Rubinstein M.F. (1975). Patterns of Problem Solving (p.166-183). New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc.

SAS / STAT Guide (1987).Version 6, Chapter 14, Chapter 16. SAS Institute Inc.

SBR (1977). Funderingen op Palen; Deel III, Documentatie. Alphen aan de Rijn, Samson.

Schaefer W.F., Erkelens P.A. (1988). *Strukturering en Verwerking van Tijdgegevens voor de Uitvoering van Bouwwerken* (p.17). *Bouwstenen 9*. Faculteit Bouwkunde, Techn. Univ. Eindhoven

Schank R.C. (1985). *Looking at Learning*. In L.Steels & J.A. Campbell (Ed. ), *Progress in Artificial Intelligence* . Chichester, Ellis Horwood

Schmittmann J.P., Kanning W. (1982). *Economie zonder geheimen*. A. Heertje (Ed.) Amsterdam: Keesing Boeken bv.

Schreiber G., Bredeweg B., Davoodi M. & Wielinga B. (1987). *Towards a Design Methodology for KBS*. Esprit Project P1098, Deliverable D8. Amsterdam: Department of Social Science Informatics, University of Amsterdam

Schroeff J.G. Van Der (1988). *Kosten en Kostprijs*. 15e Druk, herzien door Groeneveld J.G. Utrecht / Antwerpen: Veen Uitg.

Schutzer D. (1987). *Artificial Intelligence; An Applications-oriented Approach*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

Shannon C.E., Weaver W. (1949). *Mathematical Theory of Communication*. Univ. of Illinois Press.

Stigler George J. (1961). *The economics of information*. In: *The Journal of Political Economy*, Volume 69, #3. Univ. of Chicago Press

Sternberg R.J. (1985). *Beyond IQ*. Cambridge: Cambridge University Press.

Tempelmans Plat H. (1990). *Economie voor werktuigbouwkudigen*. Eindhoven: Techn. Universiteit Eindh., Fac. W&M

Torbert W.R. (1972). *Learning from Experience; Toward Consciousness* (p.37-61). New York, London: Columbia University Press.

Thompson B., Thompson W. (1986). *Finding Rules In Data*. In 'Byte; The small systems journal', Nov. 1986 (p.149-158). Publ. McGraw Hill Inc.

Tijhaar W.A. (1984). *Bedrijfseconomie* (p.66-67). Groningen, Wolters Noordhof

Vaags D.W. (1975). *Over het oplossen van technische problemen*. Eindhoven: Proefschrift Techn. Univ. Eindhoven

Vandamme F., Vervenne D., De Waele D., Theunis M., Heefer A. (1985). *A Primer on Expert Systems* (p.1.19). Gent: Uitgeverij De Sikkel NV.

Vonk R. (1987). *Prototyping van Informatiesystemen*, Eindhoven: Proefschrift Techn. Univ. Eindhoven

Wemelsfelder J. (1986). *Spanningsvelden tijdens technologische ontwikkelingen: De rol van (nieuwe) technologische kennis in de Nederlandse economie*, TWIM study, University of Technology, Eindhoven

Wingfield A. (1979). *Human Learning and Memory; An Introduction* (p.4-15).  
New York: Harper & Row Publ.

Yukio Noguchi (1972). *An economic theory of diffusion of knowledge*.  
Proefschrift, Yale University

## **Curriculum Vitae**

De auteur van dit proefschrift werd op 13 april 1952 geboren te Amsterdam. Na voltooiing van zijn HBS-B opleiding aan het Van der Waals lyceum te Amsterdam ging hij studeren aan de Faculteit Bouwkunde van de Technische Universiteit Eindhoven. In 1978 studeerde hij af bij de groep Afbouwtechniek in samenwerking met de groepen Uitvoeringstechniek en Konstruktief Ontwerpen. Na het vervullen van de militaire dienstplicht werkte hij enkele jaren op een architectenbureau aan de ontwikkeling van woningbouw- en utiliteitsbouwprojecten. Sedert 1983 is hij als toegevoegd onderzoeker werkzaam geweest bij de Faculteit Bouwkunde van de TU Eindhoven. In de periode van 1985 tot 1988 heeft hij deze functie gecombineerd met zelfstandig advieswerk op het gebied van bouwkundige automatiseringsvraagstukken. Met ingang van augustus 1991 is hij als universitair docent verbonden aan de vakgroep Productie en Uitvoering van de Faculteit Bouwkunde, TU Eindhoven.

# **Stellingen**

behorende bij het proefschrift:

**KENNIS IN UITVOERING  
een onderzoek naar middelen voor kennisbeheer  
bij bouwbedrijven**

WIM SCHAEFER



1. Werknemers, die hun kennis beschikbaar stellen voor de ontwikkeling van een zogenaamd 'expert-systeem' in een bedrijf, moeten dat doen op basis van een contractuele overeenkomst waarin het eigendom, het gebruik en de verdeling van de eventuele opbrengsten van dat systeem zijn geregeld.

(zie dit proefschrift)

2. De mate waarin ervaringskennis beschikbaar is bij een bouwbedrijf voor de realisatie van een nieuw bouwwerk wordt in belangrijke mate bepaald door verschillende persoonlijke vaardigheden van diegenen in het bedrijf die in de gelegenheid waren dergelijke kennis op te doen.

(zie dit proefschrift)

3. De onderzoeken naar probleemoplossen vanuit een invalshoek van informatieverwerking zullen uiteindelijk leiden tot een vernieuwde interesse voor onderzoek naar probleemoplossen vanuit een behavioristische invalshoek.

(zie dit proefschrift en zie proefschrift Vaags [1975])

4. Het belang, dat de architect als ondernemer heeft bij het maken van ontwerpbeslissingen, is strijdig met zijn rol als adviseur en belangenbehartiger van de opdrachtgevende partij door de hoogte van het honorarium van een architect te koppelen aan de aanneemsom van een bouwwerk.

5. Door een gebouwoontwerp af te stemmen op de te verwachten klimatologische omstandigheden gedurende de productiefase van een bouwwerk neemt de produktiviteit op de bouwplaats toe.

6. De gedachte 'na ons de zondvloed' ligt ten grondslag aan een economisch stelsel waarin de prijzen voor grondstoffen en brandstoffen lager zijn dan de ecologische vervangingswaarden van die stoffen.

7. Door de tendens, dat universiteiten zich profileren als ondernemingen met primair financiële doelstellingen, zullen deze geen waardering meer kunnen hebben voor het ontwikkelen en beheren van kennis, waarvoor gezien vanuit de actualiteit geen opbrengsten zijn te verwachten. Daardoor zal deze tendens remmend werken op een verdere verrijking, zowel materieel als immaterieel, van onze samenleving.

8. Gelet op het ontbreken van een voldoende internationale erkenning voor de inhoud van de nederlandse technische universitaire opleidingen, moet aan het diploma voor de eerste fase slechts een titel als bijvoorbeeld 'kandidaats' en aan het diploma van de tweede fase de 'ir.' titel worden verbonden.

9. Door het ontbreken van een romantische traditie voor het beroep van systeemontwerpers wordt aan de beoefenaars van dit beroep ten onrechte een lagere mate van creativiteit toebedacht dan aan beeldend kunstenaars.

10. Gelet op de heersende mening bij bouwbedrijven, dat voor ieder nieuw bouwwerk 'het wiel opnieuw wordt uitgevonden', moet deze categorie van bedrijven een zeer omvangrijke 'research-inspanning' worden toebedacht.