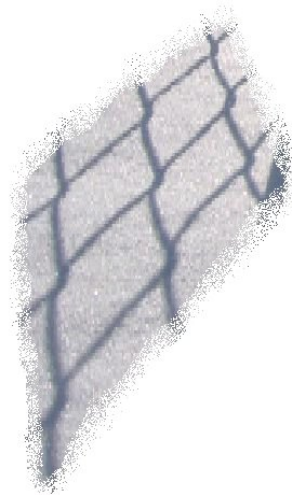


# Conceptualisatie en ICT

Masterscriptie Informatiekunde



Versie 1.0

Mei 2007

Auteur: Maikel Couwenberg

Studentnr: 0427551

Afstudeernr: 48IK

Begeleiders: Dr. J.J. Sarbo

Dr. I. Draskovic

2<sup>e</sup> Lezer: Drs. A.J. Hommersom

Radboud Universiteit Nijmegen







## Samenvatting

De theoretische basis voor het huidige onderzoek vormt het model van conceptualisatie dat in Natural Grammar van J.J. Sarbo, J.I. Farkas en A.J.J. van Breemen wordt beschreven [SAR01]. Een aantal veronderstellingen, die afgeleid werden van dit model, zijn binnen dit onderzoek experimenteel getoetst.

Het model beschrijft vier deelprocessen (events) die worden doorlopen bij conceptualisatie; sorting, abstraction, complementation en predication. Elk event levert bepaalde typen concepten op die betekenis aspecten worden genoemd, en als input dienen voor het daarop volgende event.

De eerste veronderstelling die is getoetst betreft de afhankelijkheid in de ontwikkeling van bepaalde typen betekenis aspecten: events zijn in vastgestelde volgorde afhankelijk van elkaar. Aan de hand van een coderingssysteem, dat in het kader van dit onderzoek werd ontwikkeld, konden taakgerelateerde verbale uitingen van de proefpersonen worden geassocieerd als bepaalde betekenis aspecten. Aan de hand van de prevalentie van de verschillende betekenis aspecten, werd de volgorde van de events vastgesteld. De interobserver-betrouwbaarheid van het coderingssysteem werd met de Cohen's Kappa vastgesteld op 0,924, wat ruim acceptabel is. Het percentage van de ontwikkelde betekenis aspecten die in veronderstelde volgorde werden waargenomen, bleek hoog (80%-100%). Een van de verklaringen die werd gegeven voor de waargenomen afwijking van de veronderstelde volgorde, is dat mogelijk niet alle ontwikkelde betekenis aspecten via verbale uitingen werden geregistreerd. Tevens kunnen events opnieuw worden doorlopen, indien de output van een daar voorafgaand event niet bruikbaar is.

Een tweede veronderstelling die werd getoetst, betreft de afhankelijkheid van de aanwezige kennis bij de proefpersonen over het probleem bij de events complementation en predication. Zoals verwacht, werden de betekenis aspecten die bij complementation en predication worden ontwikkeld, voornamelijk na het verstrekken van het hulpmateriaal ontwikkeld door de proefpersonen.

Daarnaast werd onderzocht in hoeverre de effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie afhankelijk waren van de mate waarin leerlingen spontaan het model volgden. Daartoe werden de proefpersonen, bij wie de ontwikkeling van betekenis aspecten in grote mate overeenkwam met de veronderstelde volgorde, vergeleken met de proefpersonen, bij wie de ontwikkeling van betekenis aspecten afweek. Er bleek significante samenhang tussen de

mate waarin conceptualisatie door proefpersonen bij het event complementation in de 'juiste' volgorde wordt doorlopen en het relatieve aantal foute en onbruikbare verbale uitingen. Een argument hiervoor is dat wanneer foute of onbruikbare concepten worden ontwikkeld bij een event, de voorafgaande events opnieuw kunnen worden doorlopen. Er bleek geen significante samenhang tussen de mate waarin proefpersonen spontaan het model volgden en de snelheid van de proefpersonen. Bij het event abstraction was de samenhang wel in de richting van de verwachting. Daarbij wordt er van een 'speed-accuracy tradeoff' uitgegaan. Naarmate de proefpersonen de betekenis aspecten meer in veronderstelde volgorde ontwikkelde, was de snelheid lager.

Ondanks dat de ontwikkeling van betekenis aspecten slechts bij een beperkt aantal proefpersonen werd onderzocht, was het aantal verbale uitingen per proefpersoon dermate hoog dat de veronderstellingen van het model wel getoetst konden worden. Naast een grotere onderzoekspopulatie, wordt voor vervolgonderzoek aangeraden de bruikbaarheid van de ontwikkelde betekenis aspecten te analyseren. Hierdoor kunnen mogelijk een aantal vragen, die aan de hand van de resultaten uit dit onderzoek kunnen worden gesteld, worden beantwoordt. Binnen dit onderzoek was de spreiding in de beoordeelde bruikbaarheid te laag.

## Voorwoord

Met dit schrijven werd de laatste hand gelegd aan mijn afstudeeronderzoek. Door even terug te kijken, kom ik tot besef dat er aan het bereiken van deze mijlpaal veel vooraf ging. En besef ik ook dat ik daarbij altijd op de mensen om mij heen kon rekenen. Hierbij wil ik iedereen bedanken die op enige manier heeft bijgedragen aan dit afstudeeronderzoek.

Ten eerste wil ik mijn familie, vrienden en kennissen voor jullie morele steun bedanken! Daarnaast bedank ik natuurlijk Janos, voor het begeleiden van mijn scriptie. Vooral jouw uitleg droeg enorm bij aan mijn inzicht en interesse in het onderwerp van dit onderzoek. Ik hoop dat je deze interesse voor het onderwerp en jouw inzichten net zo zult overdragen aan anderen als aan mij. Daarnaast vond ik het prettig een klankbord te vinden bij jou voor mijn ideeën.

Aan Irena wil ik meegeven dat ik haar waarschijnlijk niet genoeg kan bedanken. Dankzij jouw inzichten werd het onderzoek op een niveau hoger getild; dus bedankt dat je naast de bezigheden in jouw gezin en werk ook nog tijd voor mij wist vrij te maken!

Miranda en haar leerlingen, Stijn en Fieke wil ik bedanken, omdat ze vol enthousiasme hebben meegewerkt aan het experiment.

Ten slotte; Yuen; bedankt voor je begrip, voor het helpen bij de materiaalverzameling, de kennismaking met diverse aspecten van sociale wetenschappen en nog veel meer.

Maikel Couwenberg,

Nijmegen, 22 mei 2007

“Help others get ahead.  
You will always stand taller with  
someone else on your shoulders.”

(Bob Moawad)

# Inhoudsopgave

Samenvatting .....	4
Voorwoord .....	6
1. Inleiding.....	8
1.1 Aanleiding van dit onderzoek.....	8
1.2 Theoretische kader .....	10
1.3 Onderzoeksvraag en hypothesen .....	16
2. Onderzoeksopzet.....	21
2.1 Procedure en materiaal .....	21
2.2 Conceptualisatie .....	25
2.3 Proefpersonen.....	27
2.4 Ontwerp.....	28
2.5 Dataverwerking.....	29
3. Resultaten .....	30
3.1 Interobservator-betrouwbaarheid .....	30
3.2 Veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten .....	30
3.3 Snelheid en relatieve aantal fouten.....	33
4. Discussie en aanbevelingen voor vervolgonderzoek.....	35
4.1 Discussie .....	35
4.2 Evaluatie.....	38
4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek .....	39
5. Literatuur.....	40
Bijlage 1: Coderingssysteem .....	42
Bijlage 2: Metingen .....	44
Register .....	46

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding van dit onderzoek

Het begrip kennis werd 360 jaar voor Christus al door Plato gedefinieerd als 'een ware mening met een reden' in Theaetetus. Momenteel wordt het als onmisbare drijfveer van onze economie gezien.

Er is dan ook een grote behoefte aan kennis. Met het huidige enorme aanbod van informatie zou aan de behoefte gemakkelijk kunnen worden voldaan.

Ten grondslag van kennis ligt begripvorming. In praktijk wordt bij begripvorming (conceptualisatie) vaak gebruik gemaakt van ondersteuning door software. Voorbeelden hiervan lopen uiteen van 'decision support-systemen' voor ondernemers tot software die leerlingen kan ondersteunen bij het leerproces op verschillende vakgebieden.

Als uitgangspunt voor dit onderzoek wordt genomen dat zulke software beter afgestemd zou moeten worden op het naïeve proces van conceptualisatie, zodat de kennisverwerving bij mensen beter ondersteund kan worden.

Bij Intelligence Augmentation (IA) wordt getracht om met hulpmiddelen de effectiviteit van menselijke intelligentie, bij het oplossen van complexe problemen te vergroten. Douglas C. Engelbart beschrijft in [ENG01] dat deze hulpmiddelen zijn gericht op het optimaal benutten van het sensorische, mentale en motorische vermogen van mensen. IA is dus niet beperkt tot ICT maar ICT biedt bruikbaar gereedschap voor IA. Bijna elk informatiesysteem dat mensen ondersteunt bij het denken behoort tot de IA.

Een voorbeeld is de Memex die Vannevar Bush in 1945 beschreef. De Memex is een systeem waarmee gebruikers microfilms kunnen bekijken en creëren. Daarnaast kunnen gebruikers relaties tussen microfilms leggen met de Memex en kan de Memex deze relaties gebruiken om aanvullende microfilms op te zoeken wanneer de gebruiker een bepaalde microfilm bekijkt [BUS01]. De beschrijving van de Memex door Bush heeft grote invloed gehad op de verdere ontwikkeling van computers en bijvoorbeeld het gebruik van hypertext bij Internetpagina's.



Ashby beschrijft in 1956 een machine die in staat is om problemen op te lossen, die de ontwerpers van de machine zelf niet zouden kunnen oplossen [ASH01]. Engelbart onderstreept dat zijn doelstelling niet is om de kennis bij mensen te vergroten maar hulpmiddelen te bieden, die bijdragen aan het oplossen van problemen, waarbij de menselijke component centraal staat [ENG01].

Door de vele raakvlakken tussen IA en Artificial Intelligence (AI) kan gemakkelijk verwarring tussen beide termen ontstaan. De wetenschap van AI richt zich op het creëren van machines, algoritmes en computerprogramma's die redeneren over het oplossen van bepaalde problemen binnen een bepaalde omgeving. Binnen het vakgebied van AI wordt veel onderzoek gedaan naar intelligente software. AI blijkt voor bepaalde problemen met een goed gedefinieerd en beperkt bereik uitstekend te kunnen worden gebruikt. Het voornaamste verschil met IA is dat bij IA computers ondersteuning bieden bij conceptualisatie door mensen, terwijl bij AI intelligentie wordt nagebootst in machines.

Licklider veronderstelde in 1962 dat pas op zijn vroegst in 1980, de computer de menselijke intelligentie op de meeste gebieden zou overtreffen, en dat tot die tijd het voornaamste voordeel uit computers kan worden gehaald als verlengstuk van menselijke intelligentie [LIC01].

Als uitgangspunt voor dit onderzoek wordt genomen dat bij een toenemende afhankelijkheid van geautomatiseerde systemen voor de activiteiten waar kennis centraal bij staat, er behoefte ontstaat aan een formele representatie van kennis en kennisontwikkeling. Op de onderzoeksafdeling ICIS (Institute for Computing and Information Sciences) van de Radboud Universiteit Nijmegen wordt gewerkt aan een model dat conceptualisatie als proces weergeeft inclusief een formele presentatie ervan [KIF01].

Het onderzochte model heeft potentie om op verschillende toepassingsgebieden gebruikt te worden. Zo zou het nieuwe inzichten kunnen bieden in het conceptualisatieproces. Echter, in het huidige onderzoek staat het toetsen van enkele veronderstellingen van het model aan de hand van het proces van conceptualisatie bij leerlingen centraal.

## 1.2 Theoretische kader

### Conceptualisatie

Met conceptualisatie wordt het proces waarmee betekenisvolle concepten gevormd worden bedoeld. Een eenduidige definitie voor de term concept ligt niet voorhanden, aangezien het onderwerp vanuit uiteenlopende disciplines wordt benaderd.

In [MAR01] worden diverse theorieën over concepten uiteengezet.

Frege onderkent dat de referent van een concept (hetgeen dat naar het concept verwijst), bepalend is voor de betekenis van een concept. Aangezien de referent onderdeel is van een concept, kan er geen sprake van een vaste structuur voor concepten zijn [FRE01].

Bij de meeste theorieën over concepten die tot de klassieke theorie gerekend kunnen worden, worden concepten als gestructureerde mentale representaties aangeduid. Concepten specificeren de condities, die bepalend zijn voor hun gebruik. Verondersteld wordt dat concepten worden aangeleerd door het samenvoegen van eigenschappen. Locke beschrijft dat concepten kunnen worden opgedeeld in simpelere concepten, die uiteindelijk sensorische eigenschappen zijn [LOC01].

Door Wittgenstein en Fodor wordt beargumenteerd dat de condities niet voor alle concepten eenduidig zijn te bepalen. [WIT01]. Uit onderzoek van Rosch blijkt dat deelnemers van een proef concepten identificeren aan de hand van prototypische gevallen [ROS01]. Bij de prototype theorie staat de veronderstelling centraal dat concepten gestructureerde mentale representaties zijn, waarbij aan de hand van typische eigenschappen wordt bepaald of het concept van toepassing is. Concepten worden aangeleerd door het samenstellen van eigenschappen volgens een statistische procedure.

Binnen de theorie-theorie wordt verondersteld dat de identificatie van concepten afhankelijk is van de theorie waartoe de concepten behoren [MUR01].

Fodor's Asymmetric Dependence Theory is een van de meest ontwikkelde theorieën van de atomistische theorieën van concepten en vindt zijn oorsprong in theorieën van Kripke en Putnam. Bij deze theorie worden concepten gezien als 'pointers' zonder interne structuur. Er wordt wel verondersteld dat bij het gebruik van concepten, er verschillende soorten kennis mee geassocieerd wordt [FOD01].

Met name in de laatste decennia is het onderzoeksgebied tevens vanuit de psychologie benaderd. Vanaf de jaren 30 ontstond het cognitivisme als reactie op het behaviorisme. Hierbij staan de cognitieve processen, waarmee informatie of stimuli verwerkt worden, centraal. Binnen de cognitieve psychologie bestaan uiteenlopende opvattingen. Piaget beschouwt het denken en leren als een adaptief middel, dat mensen helpt om met hun omgeving om te gaan. Piaget bestudeerde vooral de intelligentie en ontwikkeling daarvan bij kinderen. Hij definieerde verschillende stadia bij de ontwikkeling van cognitieve vaardigheden bij kinderen [RIG01]. In de sensomotorische fase worden motoriek en waarneming gebruikt om objecten te leren (her)kennen. Deze kennis wordt opgeslagen als concepten (abstracties van objecteigenschappen). In de preoperationele fase leren kinderen waarnemingen te 'verklaren' door logisch te redeneren. De meest saillante eigenschappen van concepten worden bij de interpretaties betrokken. Tijdens de concreet operationele fase leert het kind onder andere dat verschillende standpunten mogelijk zijn. Tevens wordt het logisch redeneren versterkt. In de laatste fase van ontwikkeling, het formeel operationele stadium, ontwikkeld zich het vermogen om zonder directe waarnemingen te kunnen redeneren. Daarbij wordt het vermogen om abstract te denken en hypothesen te stellen versterkt [DEL01].

Daarnaast beschrijft Piaget concepten als cognitieve schema's, die kunnen ontstaan als gevolg van processen van assimilatie en accommodatie. Bij assimilatie worden nieuwe waarnemingen geplaatst binnen de bestaande concepten. Bij accommodatie worden bestaande concepten aangepast aan de hand van nieuwe waarnemingen.

Binnen het constructivisme, dat opkwam in de jaren 60, wordt verondersteld dat de mens begrip krijgt van de wereld, door op ervaringen te reflecteren. Betekenis wordt als persoonlijke en contextafhankelijke interpretatie gezien.

J.S. Bruner benadert cognitie als cyclisch proces, met een hypothese-, informatie- en confirmatiefase. In de hypothesefase wordt een veronderstelling gemaakt. Dit kan op basis van eerdere waarnemingen gebeuren. Vervolgens wordt in de informatiefase relevante informatie geselecteerd. In de confirmatiefase wordt getoetst of de informatie juist is. Vervolgens kan een nieuwe hypothese worden gesteld.

Net als Piaget bestudeerde Bruner de ontwikkeling bij kinderen en onderkende daarbij drie fases. Bij de 'enactive' fase leert het kind vooral door fysiek contact met de omgeving. Tijdens de 'iconic' fase neemt het kind nog steeds beslissingen aan de hand van sensomotorische waarnemingen. Een voorbeeld hiervan is de schrikreactie van een kind op een harde knal. Bij de laatste fase, de 'symbolic' fase, kan het kind betekenis construeren door symbolische informatie te interpreteren.

Binnen dit onderzoek staat het conceptualisatieproces centraal, oftewel; hoe concepten ontstaan. De definities die binnen dit onderzoek gehanteerd worden zijn als volgt:

**Definitie concept**

Mentale representaties, die eigenschappen en relaties met sensorische waarnemingen en andere concepten omvatten.

**Definitie conceptualisatie**

Het mentale proces waarbij concepten worden geconstrueerd.

## Model voor conceptualisatie

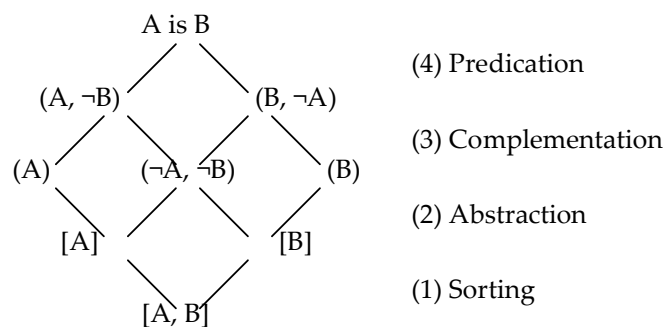
In Natural Grammar van J.J. Sarbo, J.I. Farkas en A.J.J. van Breemen [SAR01] wordt een nieuw formeel conceptualisatiemodel beschreven. Het model beschrijft het conceptualisatieproces vanaf de waarneming van een fenomeen tot en met de vorming van proposities (nieuwe kennis of nieuw concept). Er worden daarbij vier verschillende events onderkend. Voor elk event wordt de bijbehorende input en output in het model gespecificeerd als verschillende betekenis aspecten.

Gesteld wordt dat kennis wordt verkregen uit waarnemingen van fenomenen door de observant, die als input qualia worden omvat. Dit veronderstelt een interactie tussen de observant, die interpreteert, en het fenomeen, als stimulus. De input qualia kunnen een waarneming van een fenomeen uit de buitenwereld omvatten (via de sensorische input) maar ook vanuit een cognitief proces worden ontwikkeld, via recursieve verwerking.

Het resultaat van deze interactie leidt tot een verandering in de toestand bij de observant. Aan de hand van de stimulus en de toestand van de observant wordt de input vastgesteld als een state en een effect [A, B]. De state omvat de input als toestand die onderhavig is aan een effect. Het effect omvat de verandering van de state. In het proces van conceptualisatie, worden bij het eerste event (sorting) de input qualia [A, B] gesorteerd als state [A] en effect [B].

De betekenis van de input state (A) en effect (B) wordt primair bepaald door de memory qualia, die in de focus van de observant zijn, en secundair door qualia die complementair zijn. Daarbij worden in het model de complementaire state ( $\neg A$ ) en effect ( $\neg B$ ) onderscheiden. Het event, waarbij de input qualia als zodanig worden gerepresenteerd, wordt aangeduid met abstraction.

Bij het derde event (complementation) worden de eigenschappen in de focus , gecombineerd met behulp van de complementaire eigenschappen van de input state of effect. Daarbij kan de geabstraheerde state via complementaire eigenschappen van het effect worden gerelateerd ( $A \rightarrow B$ ) of andersom ( $B \rightarrow A$ ). In de laatste stap worden de gecomplementeerde state en effect in de focus gerelateerd ( $A, \neg B$ )-( $B, \neg A$ ). Uiteindelijk wordt bij het event predication, deze relatie gepresenteerd als propositie ( $A \text{ is } B$ ).



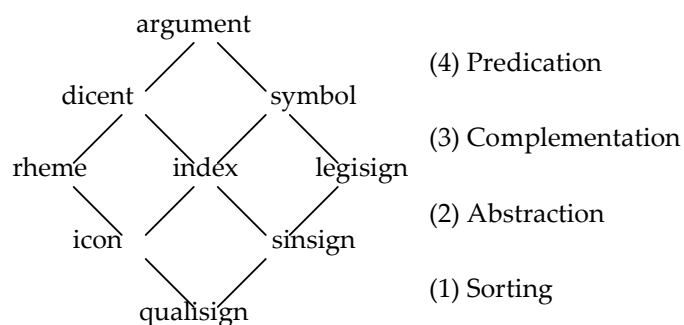
Figuur 1: Het proces model van conceptualisatie

De bovenliggende events, zoals weergegeven in figuur 1, zijn afhankelijk van de onderliggende events. De events volgen elkaar in principe op. Bij complexe problemen kunnen echter events recursief worden doorlopen, waarbij de ontwikkelde propositie als input kan dienen voor een volgend conceptualisatieproces.

Input verwerking leidt niet altijd (direct) tot een vaststelling van de input betekenis als propositie. Er kunnen verschillende fouten optreden. De ontwikkeling van betekenis aspecten kan zowel bottom-up als top-down gestuurd worden. Onder bottom-up wordt verstaan dat sorting vooraf gaat aan abstraction, daarna complementation plaatsvindt en uiteindelijk predication. Bij top-down is de richting in de ontwikkeling van betekenis aspecten precies andersom. De top-down benadering kan bijvoorbeeld worden toegepast wanneer de uitkomsten van een bepaald event onbruikbaar blijken. Door het event dat daaraan vooraf ging (bij bottom-up benadering) opnieuw te doorlopen, kunnen nieuwe betekenis aspecten worden ontwikkeld die mogelijk wel bruikbaar zijn. Wanneer bijvoorbeeld complementation een betekenis aspect oplevert wat niet bijdraagt aan een betekenisvolle interpretatie van de input, kan een ander element uit de mogelijkheden die worden aangeboden door een geconstrueerd betekenis aspect worden benut.

In [SAR01] wordt een logische interpretatie toegekend aan de events die onderscheiden worden bij het model van conceptualisatie. De logische expressies die daaruit worden afgeleid, corresponderen met de classificatie van signs, volgens de Amerikaanse filosoof Charles S. Peirce. De verschillende signs van Peirce worden binnen het conceptualisatiemodel als verwijzingen gebruikt naar de verschillende betekenis aspecten in het proces van conceptualisatie. Daarbij worden de input qualia als qualisigns gerepresenteerd en de betekenis aspecten voorgebracht door sorting als icon, en sinsign. De icon omvat het betekenis aspect dat verwijst naar de input state en effect als de constituenten. De sinsign omvat het betekenis aspect, dat verwijst naar de verandering van de input state door het input effect. De icon heeft het aspect van constituency, de sinsign het aspect van simultaneity.

In overeenkomst met de interpretatiemomenten van het model worden de rheme, index en legisign herkend. De rheme is een abstract concept, waarbij de input als mogelijke constituent (potentieel onderwerp) wordt gepresenteerd. Met de legisign wordt de regel die wordt afgeleid van de input abstract beschreven. Deze abstracte betekenis aspecten kunnen in relatie met elkaar gebracht worden aan de hand van de gemeenschappelijke eigenschappen van rheme en legisign. De gemeenschappelijke eigenschappen bemiddelen dus tussen het potentiële onderwerp en een abstracte regel. Deze gemeenschappelijke eigenschappen worden omvat door de index. De relatie tussen rheme en legisign is met behulp van de index uitgedrukt als respectievelijk de dicent en symbol. De dicent beschrijft de input als actueel aanwezige entiteit of het subject van het waargenomen fenomeen. De symbol beschrijft dezelfde input als een conventionele eigenschap of het predikaat. De argument ontstaat, wanneer de dicent en symbol in verband met elkaar worden gebracht. In de weergave van het model ziet dit er als volgt uit:



Figuur 2: Classificatie van Peirce's signs in relatie het procesmodel van conceptualisatie

### **1.3 Onderzoeksvraag en hypotheses**

In het theoretische kader wordt beschreven dat conceptualisatie kan worden ondersteund door software aan te passen aan het 'natuurlijk' proces van conceptualisatie. Tevens werden de belangrijkste kenmerken van het conceptualisatiemodel aangeduid. Het doel van het huidige onderzoek is om te onderzoeken in hoeverre de mate waarin conceptualisatie bij proefpersonen volgens het model verloopt, invloed heeft op effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie. Er is voor gekozen om deze aspecten van het model te onderzoeken aan de hand van een experiment, waarbij leerlingen trachten een moeilijk wiskundig probleem op te lossen. De centrale vragen in dit onderzoek zijn:

1. Volgt het natuurlijke conceptualisatieproces de stappen verondersteld door het model en de volgorde aangegeven in het model?
2. Het model specificeert gebruik van bestaande kennis in twee van de vier events. Kan deze eigenschap van het model aangetoond worden bij het uitvoeren van abstracte wiskundige taken?
3. In hoeverre is effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie bij het oplossen van complexe problemen afhankelijk van de mate waarin conceptualisatie volgens het model verloopt?



## Hypothese 1

Allereerst werd onderzocht in hoeverre conceptualisatie bij proefpersonen overeenkomt met de stappen verondersteld door het model. De mate waarin conceptualisatie volgens het model verloopt, werd voor de afzonderlijke events van het model onderzocht.

Het model veronderstelt dat er bij conceptualisatie vier events onderscheiden kunnen worden (sorting, abstraction, complementation en predication) en dat per event verschillende soorten betekenis aspecten worden ontwikkeld. Het event sorting levert bijvoorbeeld de betekenis aspecten icon en sinsign op en het event predication het betekenis aspect argument. Voorbeelden van de betekenis aspecten zullen in het hoofdstuk 'Onderzoeksopzet' worden beschreven.

De eerste veronderstelling van het model betreft, de afhankelijkheid van events: output van lagere events dient als input voor de daaropvolgende events.

Deze hypothese kan als volgt worden weergegeven:

predication → complementation

(Lees 'als event predication dan ook event complementation'.)

complementation → abstraction

abstraction → sorting

Uit het model kan aan de hand van het voorkomen van betekenis aspecten, als volgt bepaald worden welke events zijn doorlopen:

argument → predication

symbol ∨ dicent → complementation

(Lees 'als betekenis aspect symbol of dicent dan ook event complementation'.)

rheme ∨ index ∨ legisign → abstraction

icon ∨ sinsign → sorting

De veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten die zal worden onderzocht, is dus als volgt:

argument → symbol ∨ dicent

(Lees 'als betekenis aspect argument dan ook betekenis aspecten symbol of dicent'.)

symbol ∨ dicent → rheme ∨ index ∨ legisign

rheme ∨ index ∨ legisign → icon ∨ sinsign

## Hypothese 2

Het model veronderstelt dat de events complementation en predication activatie en gebruik van bestaande kennis nodig hebben om uitgevoerd te worden.

Met andere woorden, er wordt verondersteld dat complementation en predication niet plaats kunnen vinden, als de nodige kennis bij de proefpersonen ontbreekt. Het event abstraction zou dan slechts gedeeltelijk kunnen plaatsvinden. Als het natuurlijke conceptualisatie proces compatibel is met het beschreven model, dan zouden de proefpersonen moeilijkheden moeten ervaren op het moment dat ze deze events gaan uitvoeren. Tevens zou de verstrekking van de nodige kennis moeten helpen om de events succesvol af te ronden.

De hypothesen daarbij luiden als volgt:

Predication → Kennis bij proefpersoon over het probleem

Complementation → Kennis bij proefpersoon over het probleem

Deze veronderstelling kon worden getoetst, door in het experiment gebruik te maken van een taak die door de proefpersonen als moeilijk wordt ervaren. Om de mogelijkheid van de aanwezigheid van de benodigde kennis te minimaliseren, werden als proefpersonen de leerlingen gekozen van groep acht van een basisschool (leeftijd tussen elf en twaalf jaar). Het wiskundige redeneren en de benodigde informatie om het probleem op te lossen, is bij de leerlingen van die leeftijd normaliter nog niet bekend. Daardoor waren de proefpersonen afhankelijk van hulpmateriaal dat speciaal voor dit experiment was ontwikkeld (zie hoofdstuk 'Onderzoeksopzet') en kon onderzocht worden of de ontwikkeling van betekenis aspecten tijdens complementation en predication afhankelijk is van kennis.

De onderzochte hypothesen luiden als volgt:

argument → hulpmateriaal

(Lees 'als betekenis aspect argument dan hulpmateriaal verstrekt'.)

symbol v dicent → hulpmateriaal

### Hypothese 3

Vervolgens werd gekeken of de mate waarin conceptualisatie verliep zoals verondersteld, gerelateerd is aan de effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie.

De hypothese die daarbij gesteld wordt luidt als volgt:

Wanneer conceptualisatie bij leerlingen volgens voorspellingen verloopt, met name voor de events abstraction, complementation en predication, heeft dat een positief effect op de effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie.

De effectiviteit van conceptualisatie wordt geoperationaliseerd met het percentage bruikbare verbale uitingen. Verondersteld wordt dat naarmate meer verbale uitingen worden gemaakt die afwijken van het model, er meer foute en onbruikbare concepten worden ontwikkeld. De efficiëntie wordt geoperationaliseerd door de snelheid waarmee de taak werd uitgevoerd (snelheid is de totale tijd voor het oplossen van het probleem ten opzichte van het aantal ontwikkelde betekenis aspecten).

De hypothese, zoals deze werd onderzocht, wordt als volgt uitgedrukt:

Wanneer de ontwikkeling van betekenis aspecten onder de proefpersonen verloopt zoals verondersteld, bij de events abstraction, complementation en predication heeft dit invloed op de snelheid en is het relatieve aantal fouten lager.

Het ligt voor de hand om de gestelde hypothesen experimenteel te toetsen. Echter, de instrumenten en technieken daarvoor waren niet voorhanden en werden ten behoeve van dit onderzoek ontwikkeld.

Vaak verloopt conceptualisatie onbewust en het kan plaatsvinden binnen ~500 ms, wanneer bijvoorbeeld routinematige taken worden uitgevoerd. De hypothesen werden daarom onderzocht door een moeilijk probleem voor te leggen aan leerlingen van een basisschool. Daarbij werden de verbale uitingen van de leerlingen geregistreerd en geanalyseerd. Verbale uitingen vinden bewust plaats, omdat deze deel uitmaken van een redeneerproces. Er is gekozen om een complex probleem te gebruiken, waarbij de oplossing niet direct gevonden kan worden.

Aan de hand van een coderingssysteem konden verbale uitingen van de leerlingen, geïnterpreteerd worden als soorten betekenis aspecten. Aan de hand van de volgorde waarin bepaalde betekenis aspecten worden waargenomen, kan worden achterhaald in hoeverre conceptualisatie onder de proefpersonen, overeenkomt met de veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten. De gehanteerde methode en het coderingssysteem worden in het hoofdstuk 2 ('Onderzoeksopzet') nader toegelicht.

De bevindingen met betrekking tot de gehanteerde methode kunnen richtinggevend zijn in een vervolgonderzoek.

## 2. Onderzoeksopzet

De proefpersonen hebben een probleem opgelost, dat gebaseerd is op Plato's Meno [PLA01]. Het probleem luidt als volgt: Bereken de lengte van vierkant A, aan de hand van vierkant B, waarvan de lengte is gegeven en de oppervlakte de helft is van vierkant A. Het experiment is gehouden onder de leerlingen in groep acht van een basisschool in Nuland.

Voor dit probleem is gekozen, omdat daarbij het gehele proces van conceptualisatie wordt vertraagd en er voldoende verbale uitingen worden ontwikkeld om de hypothesen te kunnen toetsen. Uit een pilot studie onder twee leerlingen, bleek dat de taak voldoende verbale uitingen oplevert om metingen te kunnen verrichten, op basis waarvan de gestelde hypothesen getoetst kunnen worden. Ook bleek dat de leerlingen het probleem als moeilijk ervaren. Ondanks dat ze oppervlaktes kunnen berekenen, zijn ze niet bekend met alle benodigde wiskundige operaties.

In dit hoofdstuk wordt het experiment toegelicht, waarbij wordt ingegaan op de procedure en het gebruikte materiaal, het operationaliseren van begrippen, de proefpersonen en het onderzoeksontwerp.

### 2.1 Procedure en materiaal

Het experiment werd volgens een vastgesteld protocol afgenomen. Het experiment werd vastgelegd met camera's en tijden werden geregistreerd met stopwatches.

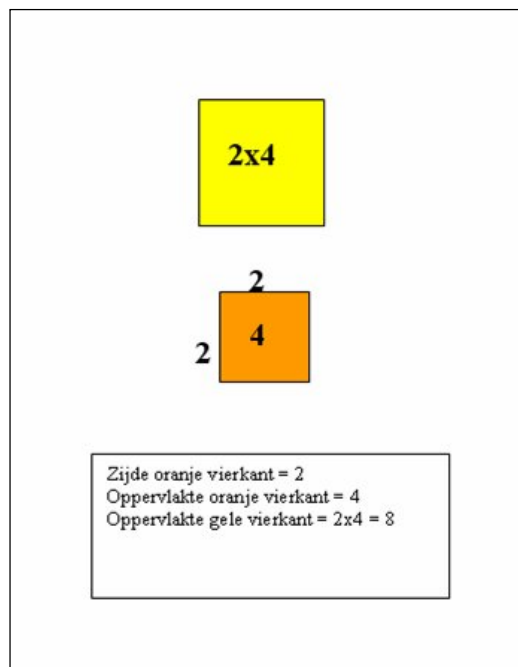
Er is voor gekozen om het onderzoek uit te voeren in een klaslokaal op school. Deze omgeving is bekend voor de leerlingen en geschikt om geconcentreerd te kunnen werken. De afname van de proef was individueel: een leerling per proef. De afnemer en de leerling zaten in het zogenaamde L-opstelling ten opzichte van elkaar om leiderschapseffecten te minimaliseren. Om de mogelijkheid te minimaliseren dat de resultaten beïnvloedt zouden worden door het niet kunnen concentreren of onvoldoende gemotiveerd te zijn, werd het onderzoek tijdens reguliere schooltijden afgenomen.

De afnemer van de proef werd geïnformeerd om het denkproces en strategieën van de deelnemers zo min mogelijk te beïnvloeden, tenzij dit geïndiceerd wordt door het te hanteren protocol.

Na het verstrekken van achtergrondinformatie over de proef werd kort verteld wat van de leerlingen wordt verwacht. De instructie luidt als volgt:

Je krijgt zo meteen een kaart te zien met een tekening. Daarin schuilt een probleem. Jouw taak is om er achter te komen wat het probleem is en vervolgens het probleem op te lossen. Het is de bedoeling dat je hierbij steeds je gedachten hardop uitspreekt. Dat heet ook wel hardop nadenken.

Direct daarna werd de kaart waaruit het probleem moest worden afgeleid (zie figuur 3), overhandigd aan de leerlingen.



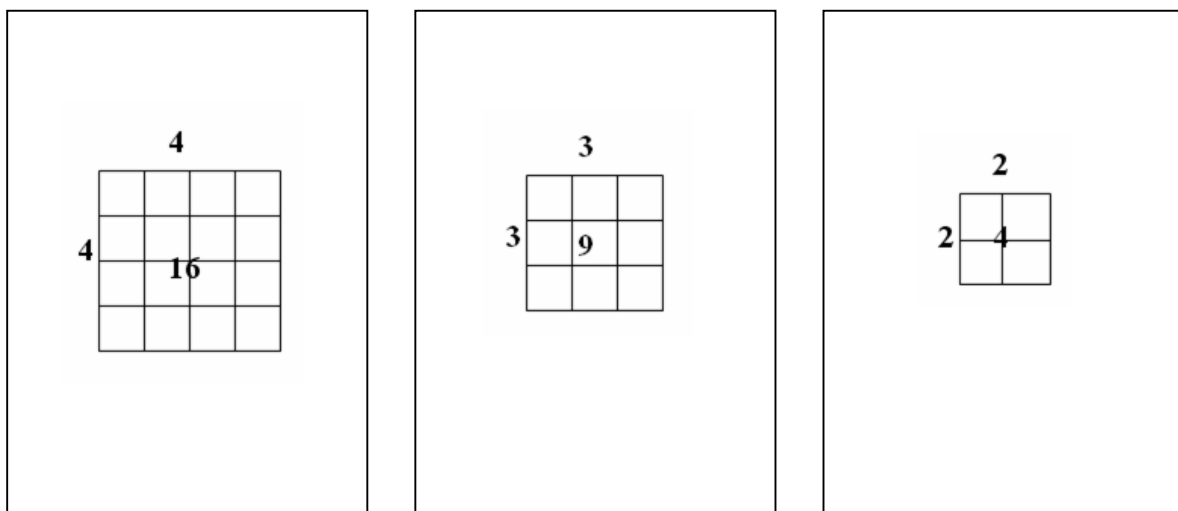
Figuur3: Hulpmateriaal 1

Wanneer de leerlingen volgens de afnemer van de proef vast liepen (hiervoor werd als richtlijn een inactiviteit van twintig seconden gehanteerd) of wanneer de leerlingen een fout maakten, werden ze in eerste instantie gestimuleerd om het nog eens te proberen. Op een aantal fouten werd geanticipeerd en daarvoor werd speciaal hulpmateriaal ontwikkeld. Deze fouten bleken al in Plato's Meno naar voren te komen en kwamen ook terug tijdens de pilot studies. Het extra hulpmateriaal dat werd ontwikkeld voor de fouten waarop werd geanticipeerd, wordt afgebeeld in figuur 4.

Met de rechterkaart wordt inzicht gegeven in hoe de lengtes van de zijden zich verhouden tot de oppervlakte, zodanig dat deze kennis kan worden toegepast op het oranje vierkant van hulpmateriaal 1 (zie figuur 3).

Met de linkerkaart wordt duidelijk gemaakt dat een vierkant met de dubbele lengte van het oranje vierkant op hulpmateriaal 1, een oppervlakte heeft dat vier keer zo groot is.

Uit de middelste kaart kan worden opgemaakt dat een lengte die precies in het midden ligt van het vierkant op de linkerkaart en het oranje vierkant op hulpmateriaal 1, niet gelijk is aan een vierkant met de dubbele oppervlakte van het oranje vierkant op hulpmateriaal 1.



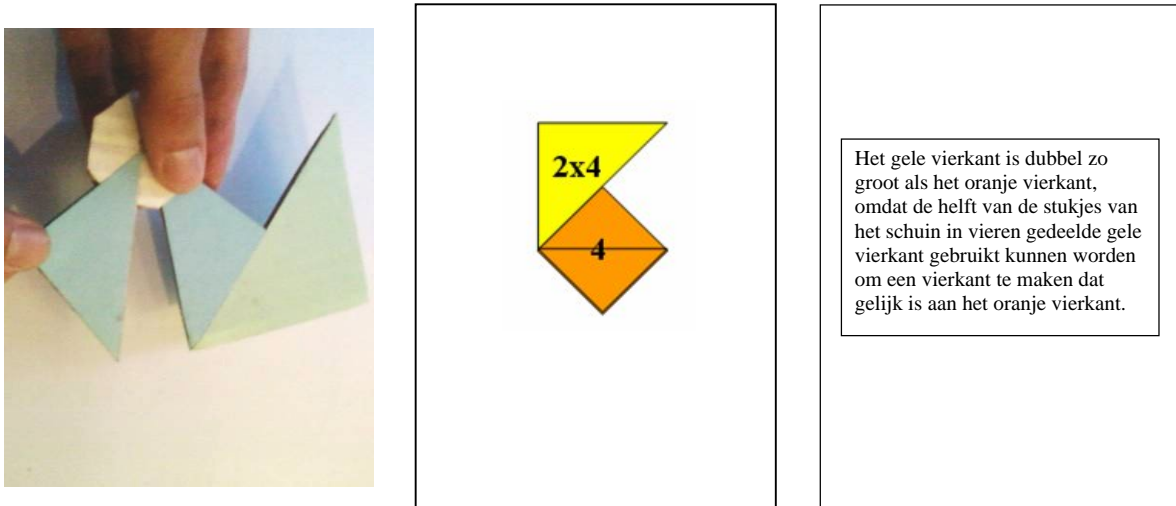
Figuur 4: Extra hulpmateriaal

Daarnaast zijn er drie soorten hulpmateriaal ontwikkeld, waarmee de leerlingen inzicht konden verkrijgen in de manier waarop het probleem opgelost kan worden. Dit hulpmateriaal werd verstrekt indien de leerling opnieuw niet verder kon of opnieuw een fout maakte. Deze hulpmaterialen (H2, H3 en H4) worden weergegeven in figuur 5.

Op de foto (links) is hulpmateriaal H2 te zien, waarmee door een vlak van een groot vierkant te draaien een klein vierkant kan worden gemaakt. Door het aantal vlakken te tellen kan er uit opgemaakt worden, dat het grote vierkant twee keer zo groot is dan het kleine. Tevens kan er uit opgemaakt worden dat de diagonaal van het kleine vierkant gelijk is aan de zijde van het grote vierkant.

Uit het middelste hulpmateriaal (H3) kunnen dezelfde inzichten worden verkregen, maar is het hulpmateriaal in overeenstemming met het gele en oranje vierkant op hulpmateriaal 1.

Bij het hulpmateriaal H4 (rechts) wordt de oplossing in tekst gegeven.



Figuur 5: Hulpmaterialen H2, H3 en H4



## **2.2 Conceptualisatie**

In dit onderzoek staat conceptualisatie centraal. Gekeken wordt in hoeverre de resultaten van dit onderzoek de hypothesen ondersteunen, die op basis van het model zijn gesteld. Zoals in het theoretische kader al werd toegelicht, kan conceptualisatie vanuit verschillende invalshoeken benaderd worden. Echter zijn binnen dit onderzoek de hypothesen betreffende de veronderstelde afhankelijkheid van de beschreven events relevant.

De gestelde hypothesen veronderstellen de volgende ontwikkeling van betekenis aspecten:

argument → symbol ∨ dicent (betreft event predication)

(Lees 'als betekenis aspect argument dan ook betekenis aspect symbol of dicent'.)

symbol ∨ dicent → rheme ∨ index ∨ legisign (betreft event complementation)

rheme ∨ index ∨ legisign → icon ∨ sinsign (betreft event abstraction)

De ontwikkeling van betekenis aspecten bij conceptualisatie wordt meetbaar gemaakt, door de verbale uitingen die door proefpersonen tijdens het experiment zijn gedaan te interpreteren als uitdrukkingen van bepaalde betekenis aspecten. Daarvoor werd gebruik gemaakt van een coderingssysteem, dat afgeleid is van de theorie over het model. Het coderingssysteem biedt criteria, waarmee vastgesteld kan worden tot welk betekenis aspect een bepaalde uiting gerekend dient te worden; icon, sinsign, rheme, index, legisign, dicent, symbol of argument.

Binnen het onderzoek zijn alleen de verbale uitingen in beschouwing genomen, waarvoor met behulp van het coderingssysteem is vastgesteld dat ze bijdragen aan het oplossen van het hoofdprobleem. Hierdoor wordt voorkomen dat dezelfde verbale uitingen als verschillende betekenis aspecten worden geïnterpreteerd. In het coderingssysteem wordt aangegeven hoe er onderscheid gemaakt kan worden tussen de uitingen die tot het oplossen van het probleem bijdragen (m.a.w., die gericht denken reflecteren) en uitingen die op 'side tracking' (dwaalspoor) wijzen of onjuistheden weerspiegelen. Verbale uitingen die niet gerelateerd zijn aan het probleem werden dus in het onderzoek niet meegenomen. Ook werd volgens het coderingssysteem bepaald in hoeverre de verbale uitingen bruikbaar zijn of dat deze onbruikbaar of onjuist zijn. Het volledige coderingssysteem wordt beschreven in bijlage 1 ('Coderingssysteem').

Het coderingssysteem dat gebruikt is om verwoordingen als betekenis aspecten bij conceptualisatie te beoordelen, is onafhankelijk door twee observatoren toegepast.

De mate waarin de metingen onder dezelfde proefpersonen verricht door verschillende observatoren overeenkomen, wordt met de interobservator-betrouwbaarheid aangeduid.

De mate waarin conceptualisatie bij de proefpersonen volgens het model verloopt, werd berekend aan de hand van het percentage ontwikkelde betekenis aspecten, die in de door het model gespecificeerde volgorde geïdentificeerd konden worden. Zo werden alle symbols en dicents waar geen rheme, index of legisign aan vooraf ging, als fout gerekend. De mate waarin conceptualisatie bij de proefpersonen verloopt volgens het model, wordt zowel per event als voor het volledige model berekend. Daarbij werd bijvoorbeeld bij abstraction alleen de veronderstelde volgorde in de betekenis aspecten rheme, index en legisign ten opzicht van de icon en sinsign in beschouwing genomen. Het event sorting is niet afzonderlijk in beschouwing genomen, aangezien het betekenis aspect qualisign onvoldoende onderscheidend is om te vergelijken.

In de getypeerde logica wordt de berekening als volgt weergegeven:

#### Domeinmodel

$Y1 = \{\text{icons, sinsigns}\}$

$X2, Y2 = \{\text{rhemes, indexes, legisigns}\}$

$X3, Y3 = \{\text{dicents, symbols}\}$

$X4, Y4 = \{\text{arguments}\}$

#### Onderzochte stellingen per event:

$\text{ALL } x : X2., \text{EX } y : Y1. \Rightarrow \text{Volgnummer}(x) \geq \text{Volgnummer}(y)$

(lees voor alle elementen uit het domein X2 geldt dat er een element uit het domein Y1 met een volgnummer is dat groter is.)

$\text{ALL } x : X3, \text{EX } y : Y2. \Rightarrow \text{Volgnummer}(x) \geq \text{Volgnummer}(y)$

$\text{ALL } x : X4, \text{EX } y : Y2. \Rightarrow \text{Volgnummer}(x) \geq \text{Volgnummer}(y)$

## **2.3 Proefpersonen**

Er hebben 28 leerlingen van een basisschool in Nuland aan het experiment deelgenomen, waarvan er bij tien proefpersonen voldoende verbale uitingen werden geregistreerd om de hypothesen te kunnen toetsen. Een opname bestaat uit gemiddeld 75 verbale uitingen. De leeftijd van de deelnemers was tussen elf en twaalf jaar.

Verondersteld werd dat het probleem bij de proefpersonen niet bekend is en zonder het verstrekken van hulpinformatie niet kon worden opgelost. Uit navraag bij docenten bleek dat de leerlingen niet over de benodigde kennis zouden beschikken om het probleem zelfstandig op te kunnen lossen. Bij één proefpersoon bleek dit wel het geval. Tevens werd voor de aanvang van de proef gevraagd of de proefpersonen al kennis genomen hadden van de proef. Dit was bij geen van de proefpersonen het geval en er hoefde dus niemand van deelname uitgesloten te worden.

Voor de doelgroep is gekozen, vanwege het relatief grote aantal toepassingen in software ter ondersteuning van cognitieve processen onder de doelgroep. De cognitieve vaardigheden van deze leeftijdsgroep zijn vrijwel gelijk aan volwassenen [DEL01].

## **2.4 Ontwerp**

De volgorde waarin de proefpersonen het hulpmateriaal verstrekt kregen (voor zover nodig was), werd willekeurig bepaald. Er werden drie mogelijke volgordes gehanteerd:

Conditie 1: H2 – H3 – H4

(volgorde van het verstrekte hulpmateriaal is onder deze conditie eerst hulpmateriaal 2, daarna hulpmateriaal 3 en uiteindelijk hulpmateriaal 4.)

Conditie 2: H4 – H3 – H2

Conditie 3: H3 – H2 – H4

Binnen het experiment kunnen de proefpersonen dus in drie verschillende groepen worden onderverdeeld.

De afhankelijke variabelen:

1. Percentage betekenis aspecten volgens veronderstelde afhankelijkheid per event.
2. Verschil in percentages betekenis aspecten dat vóór en na het verstrekken van hulpmateriaal werd ontwikkeld, per event.
3. Relatieve aantal fouten: percentage foute of onbruikbare betekenis aspecten van het totale aantal betekenis aspecten.
4. Snelheid waarmee het proces wordt doorlopen: ratio tussen de totale tijd en het aantal relevante uitingen.

## **2.5 Dataverwerking**

De verbanden tussen de mate waarin betekenis aspecten worden ontwikkeld zoals verondersteld en de fouten en snelheid bij conceptualisatie, werden geanalyseerd met behulp van het statistische pakket Statistical Package for the Social Sciences, versie 14 (SPSS 14). De data zijn via de General Linear Model methode geanalyseerd.

De interobservator-betrouwbaarheid, waarmee de subjectiviteit van het coderingssysteem is onderzocht, wordt met de Cohen's Kappa uitgedrukt. Met de Cohen's Kappa wordt de mate van overeenstemming van verschillende beoordelingen uitgedrukt, rekening houdend met de statistische kans op overeenstemming.

## **3. Resultaten**

Allereerst zal de interobservator-betrouwbaarheid van het coderingssysteem worden gegeven. Vervolgens wordt berekend in welke mate de geconstateerde ontwikkeling van betekenis aspecten overeenkomt met de veronderstellingen.

De resultaten van de berekening van de samenhang tussen de mate waarin conceptualisatie verloopt volgens het model en de factoren snelheid en percentage fouten bij conceptualisatie, worden daarna gepresenteerd.

### **3.1 Interobservator-betrouwbaarheid**

De betrouwbaarheid van het gehanteerde coderingssysteem is onderzocht door verschillende observanten onafhankelijk van elkaar beoordelingen uit te laten voeren. Daarbij werden 78 uitingen beoordeeld. De interobservator-betrouwbaarheid die hierbij geconstateerd werd is volgens Cohen's Kappa 0,924.

Bij een Cohen's Kappa van 1,0 komen de metingen van de observatoren volledig overeen en over het algemeen wordt een Cohen's Kappa van 0,7 of hoger als acceptabel gezien. De waarde die werd vastgesteld geldt voor de verbale uitingen, die bijdragen aan het oplossen van het hoofdprobleem. Hieruit valt op te maken dat het mogelijk is om op eenduidige wijze de ontwikkeling van betekenis aspecten bij conceptualisatie vast te stellen.

### **3.2 Veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten**

De mate waarin de betekenis aspecten werden ontwikkeld, zoals verondersteld door het model, wordt met een percentage uitgedrukt. Daarin wordt de ratio berekend tussen het aantal betekenis aspecten dat in veronderstelde volgorde is geuit, ten opzichte van het totale aantal betekenis aspecten. De volgende theoretische afhankelijk van betekenis aspecten werd vergeleken met de waargenomen afhankelijkheid:

argument → symbol v dicent (betreft event predication)

(Lees 'als betekenis aspect argument dan ook betekenis aspect symbol of dicent'.)

symbol v dicent → rheme v index v legisign (betreft event complementation)

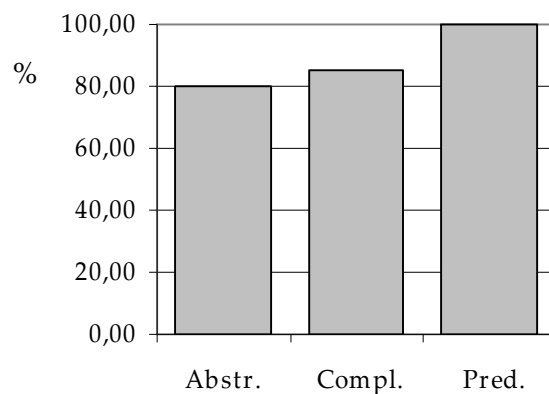
rheme v index v legisign → icon v sinsign (betreft event abstraction)

De veronderstellingen werden bij tien proefpersoon onderzocht. In totaal zijn per proefpersoon gemiddeld 75 verbale uitingen geclassificeerd als betekenis aspect, aan de hand van het coderingssysteem. Totaal werden 747 verbale uitingen beoordeeld. Alleen de betekenis aspecten, waarvoor met behulp van het coderingssysteem werd vastgesteld, dat ze bijdragen aan het oplossen van het hoofdprobleem en niet fout of onbruikbaar zijn, werden in beschouwing genomen. Dit waren gemiddeld 57 uitingen per proefpersoon (totaal 565). Hoewel door het aantal onderzochte verbale uitingen de statistische power groter is, kunnen de bevindingen onder de proefpersonen moeilijk worden gegeneraliseerd naar een grotere doelgroep.

Per event werd het percentage berekend van de betekenis aspecten die konden worden geclassificeerd en volgens veronderstellingen werden geproduceerd.

Bij het event abstraction was dit van toepassing bij 80% van de betekenis aspecten, bij complementation 85,29% en bij predication 100%. Het totaal gewogen gemiddelde bedraagt 85,5%. De waargenomen ontwikkeling van betekenis aspecten is daarmee in de richting van de veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten.

In onderstaande figuur wordt per event het percentage van de ontwikkelde betekenis aspecten gegeven, die volgens de veronderstellingen zijn.



Figuur 6: Ontwikkeling van betekenisaspecten

De veronderstelde afhankelijkheid van kennis bij het oplossen van het probleem werd aan de hand van de volgende hypothesen onderzocht:

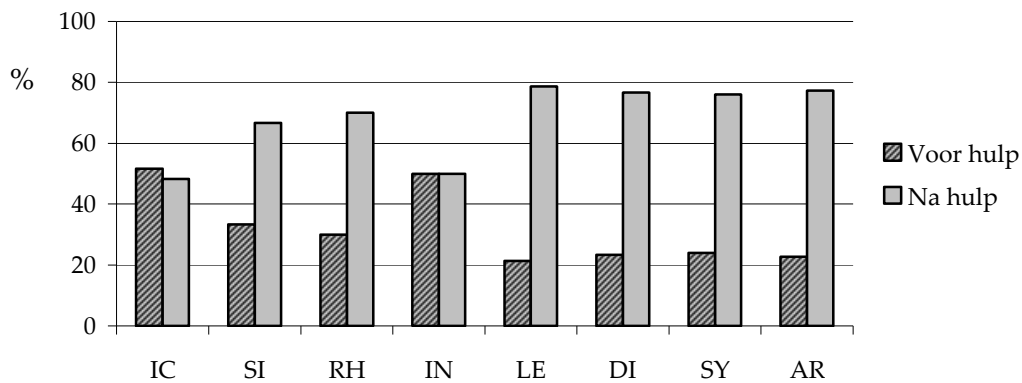
argument → hulpmateriaal

(Lees 'als betekenis aspect argument dan hulpmateriaal verstrekt'.)

symbol ∨ dicent → hulpmateriaal

rheme ∨ index ∨ legisign → hulpmateriaal

Uit onderstaande grafiek (figuur 7) blijkt dat de percentages van de compatibele betekenis aspecten voor en na het verstrekken van het hulpmateriaal, per soort betekenis aspect verschillen. Hieruit valt af te leiden dat de afhankelijkheid van hulpmateriaal bij complementation en predication groter is dan bij sorting en abstraction en dus in de richting van de veronderstellingen.



Figuur 7: Ontwikkelde betekenis aspecten ten opzichte van verstrekking hulpmateriaal



### **3.3 Snelheid en relatieve aantal fouten**

Onderzocht werd of naarmate conceptualisatie bij leerlingen meer volgens voorspellingen verloopt, dat een positief effect op de effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie. Daartoe werd de relatie tussen de mate waarin de ontwikkeling van betekenis aspecten verloopt zoals verondersteld en de snelheid en het relatieve aantal fouten bij het oplossen van het probleem werd onderzocht.

Voor het event predication werden 100% van de betekenis aspecten volgens de veronderstellingen geconstrueerd. Dat betekent dat alle 22 arguments werden ontwikkeld nadat een symbol of dicent werd ontwikkeld.

Bij de events abstraction en complementation werden de proefpersonen in twee groepen ingedeeld: 1) Compatibel (overeenkomst 75% of meer). 2) Incompatibel (minder dan 75% overeenkomst). Uitgesloten werden proefpersonen, bij wie door het ontbreken van bepaalde betekenis aspecten de veronderstellingen niet gecontroleerd konden worden. Bij vier proefpersonen werden geen van de betekenis aspecten rheme, index of legisign onderkend, waardoor de veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten bij de events abstraction en complementation niet onderzocht kon worden onder deze proefpersonen.

Het relatieve aantal fouten bij het oplossen van het probleem werd per proefpersoon uitgedrukt met het aantal foute of onbruikbare betekenis aspecten ten opzichte van het totale aantal.

De samenhang tussen de groepen 'Compatibel' en 'Incompatibel' in het percentage foute of onbruikbare betekenis aspecten werd met het General Linear Model onderzocht.

De resultaten laten zien dat naarmate de proefpersonen meer afwijken van de veronderstelde ontwikkeling in betekenis aspecten bij complementation, ze ook meer foute en onbruikbare concepten produceren ( $F(1,4)=22,042$ ,  $SE=320,00$ ,  $p=0.009$ ). De veronderstelling dat naarmate conceptualisatie meer verloopt zoals verondersteld bij complementation onder de proefpersonen, relatief minder fouten worden gemaakt, wordt dus bevestigd. Bij abstraction was het verschil niet significant ( $F(1,4)=0,310$ ,  $SE=600,00$ ,  $p=0,607$ ).

De variabele snelheid wordt uitgedrukt in de tijd waarbinnen de proefpersonen het probleem oplossen ten opzichte van het aantal verbale uitingen van de proefpersonen. Ook de samenhang tussen als 'Compatibel' of 'Incompatibel' geclassificeerde proefpersonen en de snelheid werd met het General Linear Model onderzocht. Hier bleek dat de proefpersonen, die als 'Incompatibel' werden geclassificeerd bij abstraction, de tendens hebben om het conceptualisatieproces sneller te doorlopen ( $F(1,4)=3,068$ ,  $SE=51,117$ ,  $p=0,155$ ). Het verschil is echter niet significant. Bij complementation kon er geen verband worden vastgesteld tussen de mate waarin conceptualisatie verliep volgens de veronderstelling en de snelheid ( $F(1,4)=0,431$ ,  $SE=11,452$ ,  $p=0,547$ ).

## **4. Discussie en aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

### **4.1 Discussie**

De aanleiding van dit onderzoek was de vraag naar de wijze waarop conceptualisatie ondersteund zou kunnen worden door informatiesystemen, zodanig dat dit een positief effect heeft op de effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie.

Het conceptualisatiemodel, waarvoor enkele hypotheses zijn getoetst, beschrijft conceptualisatie aan de hand van vier events: sorting, abstraction, complementation en predication. De events leveren verschillende betekenis aspecten op en zijn onderling afhankelijk van elkaar, doordat de output van het ene event dient als input voor een ander event.

### **Veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten**

De eerste veronderstelling betreft de afhankelijkheid van events: output van lagere events dient als input voor de daaropvolgende events.

Aan de hand van het coderingssysteem kon worden nagegaan in hoeverre conceptualisatie verloopt, zoals verondersteld wordt vanuit het model. Hierbij zijn de events abstraction, complementation en predication afzonderlijk onderzocht.

Het percentage van de gevallen, waarbij de betekenis aspecten in de veronderstelde volgorde zijn waargenomen, is hoog (groter dan 80%) maar alleen bij predication perfect. Geconcludeerd werd dat de waargenomen ontwikkeling van betekenis aspecten in de richting is van de veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten.

Een argument waarom het verloop van conceptualisatie niet volledig in lijn is met het model, is dat mogelijk niet het gehele proces van conceptualisatie via verbale uitingen wordt gegeven. Ondanks dat proefpersonen gestimuleerd worden om hun gedachten hardop uit te spreken, is het onaannemelijk dat de proefpersonen dit voor al hun gedachten hebben gedaan.

Een ander mogelijk argument is dat het model veronderstelt dat events meerdere malen kunnen worden doorlopen. Wanneer complementation bijvoorbeeld niet goed mogelijk blijkt, kan abstraction opnieuw worden doorlopen. Daarbij worden de ontwikkelde betekenis aspecten herzien. Hoewel met het coderingssysteem wordt bepaald in hoeverre

een betekenis aspect bruikbaar is, werd slechts bij uitzondering erkend dat binnen een bepaalde verbale uiting een betekenis aspect volledig werd omvat.

De tweede veronderstelling omtrent het model betreft dat de events complementation en predication activatie en gebruik van bestaande kennis nodig hebben om uitgevoerd te worden.

De tendens die werd waargenomen, in de afhankelijkheid van hulpmateriaal bij de ontwikkeling van bepaalde soorten betekenis aspecten, kwam overeen met de veronderstellingen. Daarnaast zou uit de resultaten opgemaakt kunnen worden dat de legisign bij abstraction het moeilijkst kan worden ontwikkeld zonder hulpmateriaal. Ook hier kan sprake zijn van afwijkingen, doordat niet alleen als volledige bruikbare beoordeelde betekenis aspecten in beschouwing werden genomen.

## **Snelheid en relatieve aantal fouten**

Bij de derde veronderstelling werd onderzocht of de mate waarin conceptualisatie verliep zoals verondersteld, gerelateerd is aan de effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie. Deze veronderstellingen werden voor de events abstraction, complementation en predication afzonderlijk onderzocht. Daartoe werden de proefpersonen, bij wie de ontwikkeling van betekenis aspecten in grote mate overeenkwam met de veronderstelde volgorde, vergeleken met de proefpersonen, bij wie de ontwikkeling van betekenis aspecten afweek.

De effectiviteit werd bepaald aan de hand van het aantal als fout of onbruikbaar beoordeelde betekenis aspecten bij conceptualisatie ten opzicht van het totale aantal.

Geconcludeerd werd dat naarmate conceptualisatie meer verloopt zoals verondersteld bij complementation onder de proefpersonen, relatief minder fouten worden gemaakt. Bij abstraction bleek dit effect niet. De samenhang die werd gevonden bij complementation is te verklaren, wanneer wordt aangenomen dat bepaalde proefpersonen minder gebruik hebben gemaakt van de mogelijkheid om een voorafgaand event opnieuw te doorlopen. Eerder werd beargumenteerd dat de mate waarin conceptualisatie bij proefpersonen volgens het model verloopt, beïnvloedt kan worden wanneer bepaalde events meerdere keren worden doorlopen. Daarbij kunnen fouten de oorzaak zijn om een voorafgaand event opnieuw te doorlopen. Een argument waarom er geen samenhang werd gevonden bij abstraction kan

zijn dat er bij abstraction naar verhouding minder uitingen onderzocht zijn. Samengevat duidt dit erop, dat bij de proefpersonen waar conceptualisatie in lijn was met het model, positieve effecten in de effectiviteit van conceptualisatie werden ondervonden.

Daarnaast is de samenhang onderzocht tussen de mate waarin conceptualisatie verloopt bij de proefpersonen voor de events abstraction en complementation en de snelheid van conceptualisatie. Er werd daarbij geen significante samenhang geconstateerd. Wel werd geconcludeerd dat er een tendens is dat de proefpersonen, die meer afweken van de veronderstellingen bij abstraction, sneller zijn. Dit resultaat is in de richting van de veronderstellingen, wanneer er wordt uitgegaan van een 'speed-accuracy tradeoff'. Dit houdt in dat de zorgvuldigheid onder de proefpersonen ten koste gaat van de benodigde tijd.

## **Interobservator-betrouwbaarheid**

Een belangrijk aandachtspunt binnen dit onderzoek betreft het coderingssysteem, waarmee de ontwikkeling van betekenis aspecten onder de proefpersonen kon worden onderzocht. Om subjectiviteit van het coderingssysteem vast te kunnen stellen, werd de interobservator-betrouwbaarheid vastgesteld op 0,924 volgens de Cohen's Kappa.

Ondanks dat daaruit blijkt dat het mogelijk is om op eenduidige wijze de ontwikkeling van betekenis aspecten bij conceptualisatie vast te stellen, kunnen hieruit echter nog geen definitieve conclusies worden getrokken over de validiteit van het coderingssysteem. Mogelijk zijn er verbale uitingen die op eenduidige wijze worden beoordeeld als bepaald soort betekenis aspect, terwijl dat niet het juiste soort betekenis aspect is. Dit is niet aannemelijk, aangezien de criteria waarmee bepaalde uitingen als bepaald soort betekenis aspect worden beoordeeld, zijn afgeleid van de theorie over het model.

## **4.2 Evaluatie**

Conceptualisatie als een proces is moeilijk te onderzoeken, omdat er weinig instrumenten voorhanden zijn om het meetbaar te maken. Om de aspecten van conceptualisatie die voor dit onderzoek relevant zijn te kunnen onderzoeken, werd gekozen om een experiment onder leerlingen van een basisschool te houden. Daarnaast werd een coderingssysteem ontwikkeld, waarmee de verbale uitingen van de proefpersonen werden onderzocht.

De materiaalverzameling bleek een relatief tijdsintensieve fase van het onderzoek. De tijd benodigd voor het afnemen van een proef kon oplopen tot meer dan een half uur per proefpersoon. De totale tijd voor het afnemen van de proeven onder 28 leerlingen bedroeg 28 manuren. Daarnaast was het uitwerken van het beeldmateriaal en het vertalen van verbale uitingen naar betekenis aspecten aan de hand van het coderingssysteem, tijdsintensief. Totaal werden 747 verbale uitingen beoordeeld bij tien proefpersonen.

De mate waarin conceptualisatie bij proefpersonen verloopt volgens het model, is vastgesteld door de volgorde te onderzoeken waarin bepaalde uitingen zijn gedaan, die als bepaald type betekenis aspect werden beoordeeld. Geconcludeerd werd dat de mate waarin conceptualisatie verloopt volgens de veronderstellingen, hoog is. Daarbij werden mogelijke verklaringen gegeven, waarom deze overeenkomstigheid niet perfect is. Enerzijds is het onwaarschijnlijk dat aan de hand van de verbale uitingen, alle bij conceptualisatie ontwikkelde betekenis aspecten kunnen worden waargenomen. Anderzijds kan het voorkomen, dat na het doorlopen van een bepaald event, een voorafgaand event opnieuw wordt doorlopen. Dit kan ook de significante samenhang verklaren, tussen de mate waarin conceptualisatie verloopt bij complementation en het aantal foute en onbruikbare betekenis aspecten die werden ontwikkeld. Door expliciet onderscheid te maken in de bruikbaarheid van de ontwikkelde betekenis aspecten bij de analyses van de veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten, zouden de vermoedens kunnen worden bevestigd of ontkracht. De spreiding in de factor bruikbaarheid van betekenis aspecten was per proefpersoon echter te laag om dit te onderzoeken.

Niet altijd konden alle events van conceptualisatie onder de proefpersonen worden herkend. Dit leidde ertoe dat bij vier proefpersonen een aantal hypothesen over het model niet konden worden onderzocht. Het aantal proefpersonen is binnen het onderzoek dusdanig laag geweest, dat de bevindingen niet mogen worden vertaald naar een grotere doelgroep.

### **4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

Zoals aangegeven bij de evaluatie, zouden de veronderstellingen over het hervatten van eerdere events bij conceptualisatie verder onderzocht kunnen worden. Binnen dit onderzoek bleek echter dat de spreiding in de factor bruikbaarheid van betekenis aspecten te laag is. Een aandachtspunt voor vervolgonderzoek zou zijn meer verbale uitingen te verzamelen tijdens het experiment.

Mogelijk wordt aangenomen dat er samenhang is tussen de mate waarin conceptualisatie verloopt volgens het model en de effectiviteit en efficiëntie van conceptualisatie. Dan is van belang om conceptualisatie zodanig te kunnen sturen, dat dit beter volgens het model verloopt. Eerder in dit onderzoek werden verschillende hulpmaterialen geïntroduceerd. Onderzocht zou kunnen worden of het moment waarop verschillende hulpmaterialen worden verstrekt ten opzichte van de ontwikkeling van betekenis aspecten bij proefpersonen, bepalend is voor de mate waarin conceptualisatie verloopt volgens het model.

Ook zou binnen een vervolgonderzoek de validiteit getoetst kunnen worden van het coderingssysteem dat binnen dit onderzoek is gebruikt om conceptualisatie waar te nemen. Hierbij kan gedacht worden aan het vergelijken van de bevindingen omtrent dezelfde hypothesen met verschillende meetinstrumenten.

Een belangrijk aandachtspunt voor vervolgonderzoek is het aantal proefpersonen. Uit het huidige onderzoek kunnen geen reële conclusies worden getrokken over conceptualisatie bij leerlingen of mensen in het algemeen, vanwege het beperkte aantal proefpersonen waaronder gegevens zijn verzameld. Echter dient rekening te worden gehouden met de tijdsinvestering die nodig is voor de materiaalverzameling onder een groter aantal proefpersonen, wanneer dit wordt gedaan volgens de methode die binnen dit onderzoek werd gehanteerd. Wellicht dat de materiaalverzameling in samenwerking kan plaatsvinden met collega-onderzoekers, door een gezamenlijke gegevensverzameling te handhaven.

## 5. Literatuur

- [ASH01] Ashby, R., "Design for an Intelligence-Amplifier, Automata Studies, edited by C. E. Shannon and J. McCarthy, pp. 215-234 (Princeton University Press, 1956)
- [BUS01] Bush, V., "As We May Think", The Atlantic Monthly, July 1945, Volume 176, No. 1; p. 101-108
- [DEL01] Delfos, M.F., 2000. Luister je wel naar mij?, Gespreksvoering met kinderen tussen vier en twaalf jaar, Uitgeverij SWP, Amsterdam
- [ENG01] Engelbart, D.C., "Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework", Summary Report AFOSR-3233, Stanford Research Institute, Menlo Park, CA, Oct 1962.
- [FOD01] Fodor, J.A. (1990) "Information and Representation". In (Hanson, ed.), Information, Language and Cognition. British Columbia UP.
- [FRE01] Frege, G. 1893. On sense and reference. In Geach, P. and M. Black. 1960. Translations from the Philosophical Writings of Gottlob Frege. Oxford: Blackwell, p. 56-78.
- [KIF01] A.J.J. van Breemen, Sarbo, J.J. and J.I. Farkas. Knowledge in Formation, KiF-project website at <http://www.cs.ru.nl/kif/>
- [LIC01] Licklider, J.C.R. and Clark, W.E., "On-Line Man-Computer Communication," Proceedings Spring Joint Computer Conference, Vol. 21, pp. 113-128 (National Press, Palo Alto, California, May 1962)
- [LOC01] Locke, J. (1690/1975), An Essay Concerning Human Understanding. Oxford, University Press, p. 166.



- [MAR01] Margolis, E. and Laurence, S. (Eds.). 1999. Concepts: Core Readings. M.I.T. Press.
- [MUR01] Murphy, G., and Medin, D. (1985). The Role of Theories in Conceptual Coherence. *Psychological Review*, 92, p. 289-316.
- [PLA01] Plato, 1871/Meno, The Meno, Translation of Benjamin Jowett, web edition at <http://www.mdx.ac.uk/www/study/xplameno.htm#79d>, par. 79d
- [RIG01] Rigter, J., 1996. Het palet van de psychologie, Stromingen en hun toepassingen in de hulpverlening, Uitgeverij Coutinho, Bussum
- [ROS01] Rosch E.H., On the internal structure of perceptual and semantic categories, in; Moore T.E. (ed.), *Cognitive Development and the Acquisition of Language*, Academic Press, New York, London 1973, 111-144
- [SAR01] J.J. Sarbo, J.I. Farkas, A.J.J. van Breemen, Natural Grammar. In: *Semiotics and Intelligent Systems Development*, ed. R. Gudwin, J. Queiroz, pages 152-175, Idea Group Publishing, Hersey (PA). 2006
- [WIT01] Wittgenstein, L. 1953. *Philosophical investigations*. (Anscombe, G.E.M., trans.). Oxford: Blackwell.

## Bijlage 1: Coderingsysteem

Hieronder zijn de criteria gegeven die voor het analyseren van proef worden gehandhaafd om te beoordelen van welke soort betekenis aspect de door de respondenten geuite verwoordingen zijn.

- Qualisign: Alle verwoordingen (in samenhang), die een concept vormen en voor een bepaalde doelstelling betekenis hebben.
- Icon (IC): Alle verwoordingen (in samenhang), die een concept vormen waarin een toestand wordt omvat (die bewerkt wordt door een gebeurtenis) dat voor een bepaalde doelstelling betekenis heeft.
- Sinsign (SI): Alle verwoordingen (in samenhang), die een concept vormen waarin een gebeurtenis wordt omvat (waarmee een toestand wordt bewerkt) dat voor een bepaalde doelstelling betekenis heeft.
- Rheme (RH): Alle verwoordingen (in samenhang), die een concept vormen waarin het mogelijke onderwerp abstract wordt omvat, voor een bepaalde doelstelling.
- Index (IN): Alle verwoordingen (in samenhang), die een concept vormen waarin gemeenschappelijke eigenschappen van rheme en legisign, verkregen uit kennis van de respondent, abstract worden omvat.
- Legisign (LE): Alle verwoordingen (in samenhang), die een concept vormen waarin een fenomeen geabstraheerd naar een soort regel of intensiviteit wordt omvat, voor een bepaalde doelstelling.
- Dicient (DI): Alle verwoordingen (in samenhang), waarmee een concept wordt uitgedrukt dat de actuele betekenis van de input qualiteiten beschrijft voor een bepaalde doelstelling.
- Symbol (SY): Alle verwoordingen (in samenhang), waarmee een concept wordt uitgedrukt dat input qualiteiten als eigenschap of predicaat beschrijft voor een bepaalde doelstelling.
- Argument (AR): Alle verwoordingen (in samenhang), waarmee dicient en symbol in verband worden gebracht met elkaar.

Een soort betekenis aspect wordt afhankelijk van de beoogde doelstelling beoordeeld. Bij de beoordeling wordt aangegeven welke van de volgende doelstelling het meest kenmerkend is:

- Formuleren van de probleemstelling (A).
- Oplossen van het hoofdprobleem (D).
- Oplossen van een deelprobleem dat niet direct bijdraagt aan het oplossen van het hoofdprobleem (O).
- Oplossen van een probleem waarvan niet duidelijk of dit bijdraagt aan het oplossen van het hoofdprobleem (X).

Tevens wordt aan de hand van de volgende beschrijvingen aangegeven in hoeverre het ontwikkelde concept bruikbaar is binnen de beoogde doelstelling:

- Onbruikbaar (o)
- Fout (f)
- Potentieel bruikbaar (1)
- Gedeeltelijk bruikbaar (2)
- Volledig bruikbaar (3)

In onderstaand voorbeeld worden verbale uitingen in samenhang onderstreept, gevolgd door de beoordeling ervan als betekenis aspect aan de hand van bovenstaande notatie:

Misschien meten hoe groot die is en dan ook die andere om erin te passen <DfSY>. Tekenen of zo <DfIN>.

## Bijlage 2: Metingen

### *Data interobservator-betrouwbaarheid*

In onderstaande tabel zijn beoordelingen van de verschillende observatoren aan de hand van het coderingssysteem, afgezet tegen elkaar.

Observator 1 / Observator 2	IC	SI	RH	IN	LE	DI	SY	AR	Tot
IC	5	0	0	0	0	1	0	0	6
SI	0	2	0	0	0	0	1	0	3
RH	0	0	4	0	0	1	0	0	5
IN	0	0	0	1	0	0	0	0	1
LE	0	0	0	0	3	0	1	0	4
DI	0	0	0	0	0	34	0	0	34
SY	0	0	0	0	0	0	25	0	25
AR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot	5	2	4	1	3	36	27	0	78

Tabel 1: Data interobservator-betrouwbaarheid

## Data veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten

In onderstaande tabel worden het aantal betekenis aspecten die in veronderstelde volgorde zijn geuit (#Goed) en het aantal waarbij dat niet het geval is (#Fout) weergegeven. Dit is uitgesplitst voor de verschillende onderzochte veronderstellingen, die aan de hand van de events abstraction, complementation en predication zijn afgeleid.

	#Fout	#Goed	#Fout	#Goed	#Fout	#Goed	#Fout	#Goed
Resp.	1RH < 1IC	1RH >= 1IC	1DI <1RH	1DI >= 1RH	1AR < 1DI	1AR >= 1DI	Totaal	Totaal
1	0	0	34	0	0	3	34	3
2	0	7	0	31	0	5	0	43
3	0	3	0	23	0	2	0	28
4	2	3	9	95	0	2	11	100
5	0	8	2	18	0	1	2	27
6	4	0	16	6	0	3	20	9
7	0	0	33	0	0	2	33	2
8	0	3	8	30	0	3	8	36
9	0	0	41	0	0	1	41	1
10	0	0	24	0	0	0	24	0
%	20,00	80,00	14,71	85,29	0,00	100,00	14,50	85,50

Tabel 2: Data t.b.v. veronderstelde ontwikkeling van betekenis aspecten

In onderstaande tabel worden de percentages voor de verschillende betekenis aspecten gegeven die voor en na het verstrekken van het hulpmateriaal werden ontwikkeld.

	IC	SI	RH	IN	LE	DI	SY	AR	GEM
Voor	52	33	30	50	21	23	24	23	32
Na	48	67	70	50	79	77	76	77	68

Tabel 3: Data ontwikkelde betekenis aspecten t.o.v. verstrekking hulpmateriaal

## Register

- abstraction, 12, 13, 16, 18, 24, 29, 30, 32, 34, 35
- accommodatie, 10
- Artificial Intelligence, 8
- Ashby, 8, 39
- assimilatie, 10
- behaviorisme, 10
- betekenis aspect, 16, 24, 25, 29, 31, 35, 36, 42
- bottom-up, 13
- Bruner, 10
- Bush, 7, 39
- coderingssysteem, 19, 24, 25, 28, 29, 30, 34, 36, 37
- cognitie, 10, 12, 13
- cognitief proces, 12
- cognitieve processen, 10, 26
- cognitieve vaardigheden, 10, 26
- cognitivisme, 10
- Cohen's Kappa, 28, 29
- complementation, 13, 16, 18, 24, 29, 30, 32, 34, 37
- concept, 9, 11, 14, 41, 42
- concepten, 9, 10, 11, 18, 32
- conceptualisatie, 7, 8, 9, 11, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 25, 29, 32, 34, 36, 37, 38
- concreet operationele fase, 10
- constructivisme, 10
- decision support-systemen, 7
- deelproces, 37
- denkproces, 20
- dicent, 14, 16, 17, 24, 29, 31, 41
- effect, 14, 18, 32
- effectiviteit, 7, 15, 18, 32, 34, 36, 38
- efficiëntie, 15, 18, 32, 34, 38
- Engelbart, 7, 8, 39
- event, 3, 4, 12, 13, 16, 17, 24, 25, 27, 29, 30, 32, 34, 35, 37
- fenomeen, 12, 41
- focus, 12, 13
- Fodor, 9, 39
- formeel operationele stadium, 10
- Frege, 9, 39
- General Linear Model, 28, 32, 33
- hulpmateriaal, 22, 23, 27
- hypertext, 7
- IA, 7, 8
- icon, 14, 16, 24, 25, 29
- identificatie, 9
- index, 14, 16, 24, 25, 29, 31, 32
- intelligentie, 7, 8, 10
- interobservator-betrouwbaarheid, 25, 28, 29, 36
- interpretant, 12
- IRIS, 8
- kennis, 7, 8, 10, 12, 26, 41
- klassieke theorie, 9
- legisign, 14, 16, 17, 24, 25, 29, 31, 32, 41
- leiderschapseffecten, 20
- Licklider, 8, 39
- Locke, 9, 39
- logisch redeneren, 10
- materiaalverzameling, 37, 38
- Memex, 7
- Meno, 20, 22, 40
- motoriek, 10
- objecten, 10
- observant, 12
- onderzoeksontwerp, 20
- Peirce, 14
- Piaget, 10, 26
- Plato, 7, 20, 22, 40
- predication, 13

preoperationele fase, 10  
proefpersonen, 20, 24, 25, 26, 27, 30, 32, 33,  
34, 36, 37, 38  
propositie, 13  
protocol, 20  
prototype theorie, 9  
psychologie, 10  
Radboud Universiteit Nijmegen, 8  
referent, 9  
rheme, 14, 16, 24, 25, 29, 31, 32, 41  
Rosch, 9, 40  
sensomotorische fase, 10  
sensorische eigenschappen, 9  
sign, 17, 24, 30, 31, 36, 37, 41  
signs, 14, 16, 19, 24, 25, 29, 34, 37, 38  
sinsign, 14, 16, 24, 25, 29, 31  
software, 7, 8, 15, 26  
sorting, 12, 13, 16  
spreiding, 37, 38  
state, 14  
stimuli, 10  
symbol, 14, 16, 17, 24, 29, 31, 41  
Theaetetus, 7  
theorie, 9, 24, 36  
theorie-theorie, 9  
top-down, 13  
validiteit, 38  
verbale uitingen, 18, 19, 20, 24, 26, 29, 30,  
33, 34, 36, 37, 38  
waarneming, 10, 12  
Wittgenstein, 9, 40