

# Begrippen en hun niveaus van beheersing: de theorie van Klausmeier en haar belang voor het onderwijs

J. VASTENHOEW, W. JOCHEMS

*Technische Hogeschool Delft*

## *Samenvatting*

*De theorie van Klausmeier is gedragsgeoriënteerd en beschrijft vier niveaus waarop een begrip beheerst kan worden en de relaties tussen deze niveaus. Het onderzoek naar de theorie heeft er sterke steun voor opgeleverd.*

*Voor het onderwijs is belangrijk dat gebleken is dat voor het kunnen beheersen van een begrip op formeel niveau ruime persoonlijke en concrete ervaringen met het begrip noodzakelijk zijn. Dr rol van voorkennis kan in het licht van de theorie beter begrepen worden. De theorie levert geschikte aanknopingspunten van praktische aard voor betere didactische werkwijzen in het onderwijs.*

## *1 Inleiding*

Het begrip 'scheikundige reactie' is een notoir moeilijk onderwerp voor leerlingen in het voortgezet onderwijs. Gewoonlijk wordt het ingeleid met behulp van demonstraties of leerlingenproeven. In een veel gebruikte scheikunde-methode wordt voor zo'n leerlingenproef de reactie van magnesium met verdund zwavelzuur gebruikt. Op de didactische waarde van deze reactie en op de manier waarop de proef in het leerboek behandeld wordt, is nogal wat kritiek mogelijk. Aangezien de geconstateerde feiten hoogst waarschijnlijk de reden waren waardoor de leerlingen zo'n moeite hadden met het nieuwe begrip 'scheikundige reactie', werd door een groep didactici verbonden aan de lerarenopleiding aan de Technische Hogeschool te Delft een verbeterde versie van de leerlingenproef ontwikkeld. Deze verbeterde versie werd uitgetest op een aantal scholen en met behulp van een studietoets werden de resultaten vergeleken met die van de oorspronkelijke proef (Jochems, e.a., 1982; Vas-

tenhouw en Jochems, 1983). De vergelijking leverde de verbluffende conclusie op dat de betere versie geen beter inzicht bij de leerlingen in het onderzeken begrip deed ontstaan. Aangezien niet aannemelijk was dat dit negatieve resultaat een gevolg was van fouten in het onderzoek, werd naar andere verklaringen gezocht. Zeer geschikte aanknopingspunten werden gevonden in het werk van Herbert J. Klausmeier (Klausmeier, 1974, 1976, 1978). Zijn opvattingen hebben verschillende onderzoekers op het spoor van betere onderwijsmethoden gezet (o.a. Kean, 1982; Simpson & Arnold, 1982, 1983). Zeer belangrijk in onze ogen is het werk van hem en Patricia S. Allen uit 1978. Daarin presenteren zij de theorie, verzamelen zij via empirisch onderzoek imposante steun voor de theorie, en doen zij voorstellen voor de toepassing van de theorie in het onderwijs. In de hoofdstukken 2 en 3 van dit artikel worden de theorie en de voornaamste onderzoeksresultaten gepresenteerd. Klausmeier poneert dat een begrip op verschillende cognitieve niveaus beheerst kan worden en dat deze niveaus in een bepaalde volgorde doorlopen worden tijdens het proces van toenemende beheersing van het begrip. Een bekende en vroege voorloper van dit denkbeeld is in Nederland P. M. van Hiele (Van Hiele, 1955, 1957, 1973). Zijn invloed in vooral de didactiek van het wiskundeonderwijs werkt nog steeds door. De opvattingen van Klausmeier komen niet overeen met die van Piaget. De laatste bestudeerde de ontwikkeling van het denken van de mens in termen van algemene stadia van ontwikkeling, in beginsel los van bepaalde cognitieve inhoud. Klausmeier daarentegen wenst de cognitieve beheersing per begrip te kennen; niet in termen van algemene aan leeftijd gebonden denkoperaties, maar in termen van specifieke kennis-elementen en hun ervaringsbasis. In Klausmeier (1976) expliciteert hij zijn standpunt in vergelijking met dat van anderen, o.a. van Piaget.

## 2 De theorie

### 2.1 Begrippen en hoe zij zich bij individuen ontwikkelen

Klausmeier en Allen maken in hun boek 'Cognitive Development of Children and Youth' (1978) een principieel onderscheid tussen de individuele verwerving van begrippen enerzijds en de soorten gebruik van die begrippen anderzijds. In deze eerste paragraaf wordt een kort exposé gegeven van hun opvattingen over het eerste punt, de verwerving van begrippen. In de daarop volgende paragrafen gaan we in op het gebruik van begrippen en op de soort begrippen waarvoor de theorie geldt. De beschrijvers gaan uit van een *kennistheoretisch* standpunt, namelijk dat een begrip opgevat kan worden als een – gestructureerde – bundeling van eigenschappen die kenmerkend voor dat begrip zijn. Aan dit kennistheoretische standpunt verbinden zij gevolgen voor het *gedrag* van het individu dat zo'n begrip beheerst: hij of zij moet in staat zijn op grond van die eigenschappen vast te stellen of een bepaald object geklassificeerd kan worden als wel of niet exemplarisch voor dat begrip. Met andere woorden: iemand die het begrip beheerst moet een verzameling objecten kunnen sorteren in voorbeelden en non-voorbeelden. De term 'object' dient daarbij zeer ruim opgevat te worden. Er kunnen voorwerpen mee aangeduid worden, maar ook gebeurtenissen zoals handelingen of processen.

Klausmeier onderscheidt vier niveaus in de ontwikkeling van de beheersing van een begrip. Deze niveaus volgen analytisch uit het kennistheoretische standpunt. In de bespreking van deze niveaus zal de volgorde aangehouden worden vanaf volledige beheersing tot het ontbreken van beheersing en zullen de namen en symbolen die Klausmeier en Allen hanteren, genoemd worden. Het niveau van volledige beheersing van een begrip noemen zij het *formele niveau* ('formal level'; symbool FO). Zelf zeggen de auteurs hierover (p. 73): 'Het door een individu op formeel niveau beheersen van een begrip wordt nagegaan door vast te stellen of het begrip gedefinieerd kan worden door middel van de definiërende kenmerken, de concreet aanwezige of verbaal beschreven voorbeelden en non-voorbeelden van het betreffende begrip geëvalueerd kunnen worden met betrekking tot de aan- of afwezigheid van de definiërende kenmerken, en de naam van

het begrip en van zijn kenmerken gegeven kan worden'. Verderop wordt gesteld (p. 79): 'Het kunnen evalueren van voorbeelden en non-voorbeelden van het begrip met betrekking tot de aan- of afwezigheid van de definiërende kenmerken is de hoofd-toets voor de volledige beheersing op het formele niveau'.

Uit deze twee citaten blijkt duidelijk dat met de term 'formeel' niet zozeer het kunnen hanteren van informatie in een symbolische context, zoals bijvoorbeeld in formules, bedoeld wordt, maar wel, en vooral, het kunnen interpreteren van objecten in termen van begripseigenschappen. In verband gebracht met het scheikunde-onderzoek: daarin stond het begrip 'scheikundige reactie' centraal. Enkele belangrijke kenmerken van dit begrip zijn:

1. bij een reactie nemen de hoeveelheden van bepaalde stoffen af en nemen tegelijkertijd de hoeveelheden van andere stoffen toe;
2. het totale gewicht van de verdwijnende stoffen is gelijk aan het totale gewicht van de ontstane stoffen;
3. de stoffen die verdwijnen doen dat in een bepaalde verhouding van de verdwenen hoeveelheden massa, voor de ontstane stoffen geldt hetzelfde maar dan in een andere verhouding;
4. bij een reactie komt energie vrij of wordt energie opgenomen.

Doel van het leerlingenpracticum was de leerlingen bekend te maken met deze eigenschappen, en wel via de interpretatie van waargenomen verschijnselen. De leerlingen maakten in de beschikbare drie lessen voor het eerst kennis met het begrip 'scheikundige reactie' inclusief de eigenschappen kenmerkend voor dit begrip. Voorts werden zij niet geoefend in het gebruik van deze eigenschappen voor het onderscheid tussen voorbeelden en non-voorbeelden, dat kon ook niet in de beperkte tijd. Gegeven deze omstandigheden is het begrijpelijk dat de leerlingen slechts zeer geringe voortgang maakten in de beheersing van het begrip 'scheikundige reactie'.

Direct voorafgaand aan het formele niveau stelt Klausmeier het *classificeringsniveau* ('classificatory level'; symbool CL<sub>1</sub>). We citeren (p. 71): 'Als kinderen of volwassenen tenminste twee onderscheidbaar verschillende zaken als gelijkwaardig behandelen, maar niet de grond voor deze classificatie door middel van kenmerken kunnen aangeven, stellen wij dat zij het begrip op classificeringsniveau beheer-

sen'.

De vorming van equivalentie-classes is dus het kenmerkende aspect van dit niveau. De noodzakelijkheid hiervan voor het kunnen bereiken van het formele niveau is voor-de-hand-liggend, immers het kunnen gebruiken van een begripseigenschap komt neer op het vormen van equivalentie-classes, namelijk enerzijds van objecten die een bepaalde eigenschap gemeenschappelijk hebben, anderzijds van objecten die hem niet hebben. Echter, het kunnen beschrijven van de eigenschap is niet noodzakelijk voor begripsbeheersing op het CL-niveau. Een ander punt naar aanleiding van het boven aangehaalde citaat is, dat gesproken wordt van een begrip en niet van 'het' begrip. Van Hiele wijst er op in zijn bespreking over de verwerving van het begrip 'ruit' in de wiskunde (Van Hiele, 1957, p. 127), dat een kind heel goed in staat kan zijn om scheve ruiten van bijvoorbeeld parallelogrammen te onderscheiden, waarmee aangetoond is, dat het over een begrip 'ruit' beschikt. Als het echter de vierkanten daar niet toe rekent, beschikt het nog niet over 'het' wiskundige begrip 'ruit'. Analooq hieraan: Bij veel scheikundige reacties treedt gasontwikkeling op. Het is nu goed mogelijk dat een leerling een onderscheid maakt tussen gebeurtenissen met gasontwikkeling en die zonder. Dan kan vastgesteld worden dat sprake is van een begrip. Dit begrip is echter niet identiek aan het begrip 'gasontwikkeling bij scheikundige reacties'. Volgens dit laatste begrip behoort het feit dat coca-cola gaat bruisen als men er suiker aan toevoegt daar niet toe. Pas in een later stadium van leren wordt het oorspronkelijk gevormde, vanuit scheikundig standpunt onprecieze begrip, bijgeschaafd; evenals het begrip 'ruit' in een latere fase van leren zijn precieze wiskundige betekenis krijgt.

Voorafgaand aan het classificeringsniveau wordt het *identiteitsniveau* gesteld ('identity level'; code ID). Ook voor dit niveau kan men stellen dat het een noodzakelijke voorwaarde is voor het bereiken van het naast hogere CL-niveau. Immers, om over twee of meer objecten te kunnen generaliseren, moeten deze objecten als stabiele entiteiten voor het individu bestaan. 'Beheersing op het identiteitsniveau vereist dat het individu generaliseert over richting, afstand, soort achtergrond en andere tijdruimtelijke dimensies en ook over zintuigelijke modaliteiten' (pag. 71). Suiker in water oplosbaar

bijvoorbeeld is zo'n object met een bepaalde identiteit. Het object behoudt zijn identiteit, ongeacht of het poedersuiker, kristalsuiker of brokken kandij betreft, en ongeacht de hoeveelheid water, de temperatuur ervan, of de vorm van het vat waarin het oplossen gebeurt. Zo is het zeer de vraag of het object 'de reactie van magnesium in verdund zwavelzuur' voor de leerlingen als stabiele entiteit bestaat. Als men bijvoorbeeld een klein scheppje magnesiumpoeder aan een zwavelzuuroplossing in een reageerbuis toevoegt, gaat de vloeistof sterk bruisen, bewegen de magnesiumdeeltjes zich op en neer in de vloeistof, is boven het vloeistofoppervlak een klein 'fonteinje' te zien, en vermindert de hoeveelheid poeder vrij snel. Deze verschijnselen zijn duidelijk verschillend van het geval waarin men een staafje magnesium aan de zwavelzuuroplossing toevoegt. Het staafje blijft onbewegelijk, een 'fonteinje' is niet te zien, de hoeveelheid magnesium vermindert wel maar erg traag. Voor de scheikundige zijn dit – wat de reactie betreft – identieke objecten. Ze zijn waarschijnlijk identiek geworden na een langdurig leerproces waarin veel ervaring is opgedaan met dit en soortgelijke objecten en waarin de theorie-gefundeerde reflectie een belangrijke rol heeft gespeeld. Betwijfeld moet worden of de leerlingen in hun eerste kennismaking met dit object in het scheikunde-practicum zich het constante, het gelijkblijvende van de reactie hebben eigen gemaakt.

Het laagste niveau van begripsbeheersing is het *concrete niveau* ('concrete level'; code CO). Ook dit niveau geldt als voorwaarde voor het beheersen op het naast-volgende hogere ID-niveau. Het gaat nu om singuliere objecten; die moeten duidelijk van hun omgeving onderscheiden kunnen worden. Het singuliere object is bijvoorbeeld het oplossen van een lepel poedersuiker in een glas met water door stevig met de lepel te roeren. De omgeving – de tafel of aanrecht waarop het gebeurt, de hoeveelheid licht waarbij het plaats vindt e.d. – dient als verschillend van het object-zelf waargenomen te kunnen worden. In een scheikundepracticum bijvoorbeeld zal de leerling geen acht slaan op de kenmerken van het reageerbuisje, noch op de vertekening van de omgeving door de vloeistof in de buis. Anderzijds echter kan de leerling voor het probleem komen te staan vast te stellen wat nog wel en wat niet meer tot het object behoort. De

aansporing om 'goed' of 'nauwkeurig' waar te nemen, is dan geen adequate vingerwijzing. De leerling kan zich bijvoorbeeld afvragen of het belletje aan het oppervlak van de vloeistof in de buis van belang is; dito met betrekking tot een randje schuim. Ook is mogelijk dat een voor een bepaalde reactie belangrijk effect als een lichte verkleuring op het grensvlak van twee vloeistoffen helemaal niet wordt waargenomen omdat het niet in het oog springt. Is bijvoorbeeld het eerder genoemde 'fonteintje' bij de reactie van poedervormig magnesium in verdund zwavelzuur wel of geen wezenlijk onderdeel van het waargenomen object? Uit psychologisch onderzoek is bekend geworden dat aan de waarneming van een voorwerp als een in ruimte en tijd invariant gegeven een intens leerproces vooraf is gegaan. Blindgeborenen, die na een operatie ziende zijn geworden, hebben grote moeite met het waarnemen en herkennen van objecten, waaruit blijkt dat waarnemen – en dan nog wel goed en nauwkeurig waarnemen – geen vanzelfsprekende zaak is. Om goed en nauwkeurig te kunnen waarnemen is veel oefening nodig. Uitgebreid naar het scheikunde practicum: leerlingen moeten erg veel ervaringen opdoen (en daarbij geleid worden door de leraar), met het waarnemen van scheikundige gebeurtenissen om tot begripsbeheersing op het concrete- en later het identiteitsniveau te geraken.

De bovenstaande uiteenzetting wekt wellicht de indruk alsof er een koninklijke weg is voor het ontwikkelen van begrippen, en in dit geval van het begrip 'scheikundige reactie'. Dit zou echter een misvatting zijn. De bespreking van het concrete niveau maakt al duidelijk dat zelfs voor het kunnen onderscheiden tussen een object en zijn achtergrond subjectieve 'kennis' nodig is en dat deze 'kennis' dus eerst ontwikkeld moet worden. In de bespreking van het formele niveau werden vier kenmerkende eigenschappen van het begrip 'scheikundige reactie' genoemd. In de formulering van deze eigenschappen is gebruik gemaakt van andere begrippen, onder andere het begrip 'stof'. Beheersing van dit laatste begrip is dus noodzakelijk, en men kan zich afvragen in welk stadium van beheersing van het begrip stof de leerlingen verkeerden toen zij het magnesium-zwavelzuur practicum deden. Anders gesteld: *wanneer* in de ontwikkeling van het begrip 'scheikundige reactie' en op *welk niveau* in die ontwikkeling moet het begrip 'stof' beheerst zijn

om als a priori kennis te dienen voor de ontwikkeling van het begrip 'scheikundige reactie'?

## 2.2 Drie soorten gebruik van een begrip

Klausmeier en Allen komen in hun beschouwing van hoe begrippen gebruikt kunnen worden tot een indeling in drie hoofdcategorieën:

- Het gebruik in principes, bijvoorbeeld 'Bomen groeien uit zaden', dat wil zeggen in een verband tussen twee of meer begrippen; in het voorbeeld de begrippen 'boom', 'groeien', en 'zaad' ('principles'; code PR).

In verband gebracht met het begrip 'scheikundige reactie' zou een voorbeeld van PR-gebruik kunnen zijn: 'De lichaamswarmte van een zoogdier is het gevolg van scheikundige reacties in de weefsels van het lichaam van het zoogdier.' Om een dergelijke uitspraak te kunnen begrijpen, is in ieder geval inzicht in het begrip 'scheikundige reactie' nodig. Het eerder genoemde vierde kenmerk van het begrip noemt namelijk warmte-effecten in direct verband met reacties. Een ander voorbeeld van PR-gebruik is: 'Op het moment dat één van de bij een scheikundige reactie verdwijnende stoffen geheel verdwenen is, stopt de reactie'. Een dergelijk oorzaak-gevolg relatie (gebaseerd op o.a. het derde kenmerk van het begrip reactie) verklaart bijvoorbeeld het doven van een in een afgesloten vat geplaatste brandende kaars.

- Het gebruik in taxonomieën, bijvoorbeeld 'Bomen zijn planten', dat wil zeggen inclusief-exclusief verbanden tussen klassen van dingen ('taxonomic relationships'; code TAX).

In TAX-gebruik wordt het begrip in relatie tot gelijksoortige dan wel boven- of ondergeordende begrippen geplaatst. Die relaties kunnen begrepen worden op grond van de kenmerken waarin de begrippen onderling verschillen. Zo bestaan er tal van processen die op stoffen toegepast worden: veranderen van een stof door middel van scheikundige reacties is er één van. We denken ook aan bijvoorbeeld mechanische processen als malen en zeven; aan thermische processen als smelten, verdampen, opdampen; aan mengingsprocessen zoals oplossen, extraheren. Als men de kenmerken van die processen kent, weet men ook in welke opzichten een scheikundige reactie ver-



schillend, en in welke opzichten overeenkomstig deze processen is. Men kan dan – wetende dat magnesium met zwavelzuur reageert – niet zeggen dat het magnesium in het zwavelzuur oplost. Voor veel leerlingen is dit echter wel een verklaring van het door hen waargenomen verschijnsel in de leerlingenproef. Gebrekkige voorkennis was één van de verklaringen die hiervoor in het onderzoek geopperd werden. Over het gebruik van taxonomieën in leerboeken merken Klausmeier en Allen op (p. 170): 'Uit een beschouwing van leerboeken en leerstofoverzichten blijkt dat kennisstructuren, zoals bijv. taxonomieën en andere hiërarchische ordeningen, vaak niet op expliciete wijze onderwezen worden. Blijkbaar gaan schrijvers van leerboeken en leraren er van uit dat de leerlingen zelfstandig de afzonderlijke leerstofonderdelen met elkaar in verband zullen brengen en integreren. Verder schijnen de taxonomieën en de daarmee verband houdende leerstof die wel in leerboeken en inleidingen opgenomen zijn er van uit te gaan dat de leerlingen wel behoren te leren waar in een taxonomie de classificaties thuis horen, maar niet de kenmerken behoren te begrijpen waarop de boven-, onder- en gelijke ordeningen gebaseerd zijn.'

- Het gebruik in probleem oplossen, dat wil zeggen het moeten reageren op een situatie zonder dat men onmiddellijk de specifieke begrippen, principes of methodes bij de hand heeft om een juist antwoord op de situatie te kunnen geven ('problem solving'; code PS).

Een voorbeeld van PS-gebruik van het begrip 'scheikundige reactie' is: 'Een brandende kolenkachel in een goed geïsoleerd en tochtvrij gemaakt huis gaat na enige tijd vanzelf uit, hoewel de kolen niet uitgebrand zijn. Wat kan de reden daarvan zijn en wat zou er dus gedaan moeten worden om de kachel brandende te houden?' Eventueel kan als extra gegeven meegedeeld worden dat de reactie tussen koolstof en het in de lucht voorkomende zuurstofgas leidt tot de gassen koolzuur en waterdamp plus warmte. De probleemoplosser zou nu op de gedachte moeten komen dat het zuurstofgas onvoldoende aangevoerd werd door de afgeslotenheid van het huis, zodat beter een raampje opengezet kan worden.

### 2.3 Voor welke soorten begrippen de theorie geldt

In paragraaf 2.1 vermeldde we dat Klausmeier een kennistheoretische opvatting betreffende begrippen aan handelingen van het individu verbindt. In hun inleiding wijzen de schrijvers er op dat het woord 'begrip' niet alleen verwijst naar het op strikt individuele basis bezitten van bepaalde betekenissen, maar ook naar de publiekelijk aanvaarde betekenissen binnen de gemeenschap waartoe het individu behoort of mee te maken heeft. Ook hier dus de tweedeling naar de individuele en de sociale rol van begrippen. De taal maakt het mogelijk objecten op symbolische wijze te representeren en Klausmeier en Allen vinden het dan ook geen bezwaar de mate van beheersing van een begrip na te gaan door middel van in symbolen gegeven beschrijvingen van objecten.

Een mogelijk gerezen misverstand bij de lezer is dat de theorie over de ontwikkeling van begrippen alleen zou gelden voor begrippen die betrekking hebben op in beginsel waarneembare objecten. In paragraaf 2.1 is echter gewezen op het feit dat voor iedere waarneming geldt dat deze alleen dan mogelijk is als het waarnemende organisme beschikt over een zodanig gevormd geestelijk substraat dat een interpretatie van de via de zintuigen binnenkomende informatie door middel van dat substraat tot stand komt. Met andere woorden: er wordt geen scherpe en principiële grens getrokken tussen waarnemen en denken; eerder dient gedacht te worden aan een continuum dat aan het ene uiteinde meer waarnemen dan denken is en aan het andere uiteinde meer denken dan waarnemen is. Geen scherp en principieel onderscheid tussen waarnemen en denken dus. Hoezeer de waarneming beïnvloed wordt door de al aanwezige betekeniscomplexen van de beschouwer blijkt uit bijvoorbeeld de waarneming van een tekening van een driehoek in de context van wiskunde-onderwijs. De lijnen van zo'n getekende driehoek zijn in feite vlakken met een bepaalde lengte en breedte; zij worden echter geïnterpreteerd door de kijker als intenties van de tekenaar om het wiskundige begrip 'lijn' zo goed mogelijk te representeren. Begrippen kunnen dus objecten betreffen die op zich onwaarneembaar zijn, maar die wel op picturale of symbolische wijze aangeduid kunnen worden. Wel is een belangrijke eis voor het gel-

dingsbereik van de theorie dat bij een bepaald begrip meer dan twee objecten gevonden kunnen worden die voorbeelden van het begrip zijn, en dat er objecten bestaan die wegens afwijkingen op één of meer van de kenmerkende eigenschappen van het begrip geen voorbeelden zijn. Aan deze eis voldoen waarschijnlijk alle kennisgebieden die niet alleen maar als privé-eigendom van één individu bestaan. Overigens zij hier vermeld, dat ook andere opvattingen bestaan over de psychologische status van begrippen. Medin (1984) geeft een drietal basisopvattingen. Die van Klausmeier zou daarin het beste passen bij de z.g. klassieke opvatting.

### 3 De theorie onderzocht

#### 3.1 Vier stellingen en de opzet van het onderzoek

Klausmeier en Allen baseren zich voor hun onderzoek op vier stellingen. Ze luiden (p. 38 en 39):

1. Iedere persoon zal de vier opeenvolgende hogere niveaus van hetzelfde begrip in een vaste volgorde leren beheersen: concreet, identiteit, classificierend en formeel.
2. Personen zullen onderling verschillen in het tempo waarin dezelfde begrippen en ook het gebruik ervan beheerst worden.
3. Eenzelfde niveau van beheersing van verschillende begrippen zal door dezelfde persoon op verschillende leeftijden bereikt worden.
4. Naarmate begrippen op opeenvolgend hogere niveaus beheerst worden, zullen zij effectiever gebruikt worden voor het begrijpen van taxonomische verbanden, het begrijpen van principes en het oplossen van problemen.

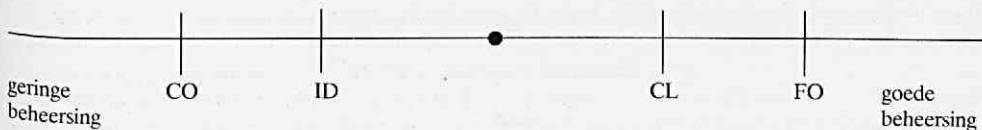
In de hoofdstukken 6, 7 en 8 van hun boek brengen zij de gegevens uit het onderzoek bijeen die de houdbaarheid van de stellingen ondersteunen. Om de lezer van dit artikel een indruk te geven van de wijze waarop zij dit doen, zullen we enkele tabellen presenteren die berusten op een herbewerking van hun uitgebreide materiaal. Eerst echter enkele opmerkingen over de structuur van het onderzoek.

De ontwikkeling van begrippen in de periode van de grades 1 tot en met 12 is doel van het onderzoek; dat wil zeggen de leerjaren van het begin van het lager onderwijs tot en met het

eind van het middelbaar onderwijs (zoals bekend worden in de Verenigde Staten van Amerika de leerjaren doorgenummerd). De onderzoekers gebruiken het leerjaarnummer als indicatief voor de leeftijd. Zij spreken namelijk over 'age-grade' groepen, zodat aangenomen moet worden dat 'zittenblijven' in principe niet voorkomt en de resultaten dus niet kan vertroebelen.

Vier groepen proefpersonen doen aan het onderzoek mee: leerlingen uit de leerjaren ('grades' dus) 1, 4, 7 en 10. Iedere groep wordt gedurende drie jaren gevolgd. De groepen worden respectievelijk aangeduid door de letters A, B, C en D. Door een zorgvuldige steekproeftrekking werd naar landelijke representativiteit gestreefd met betrekking tot de variabelen blank/zwart verhouding, sociaal-economisch niveau, gemiddelde schoolresultaten. Op deze wijze was het dus mogelijk de ontwikkeling van begrippen bij leerlingen van 6 tot en met 17 jaar in een onderzoeksperiode van slechts drie jaar te bestuderen. In hun voorwoord stellen de schrijvers: 'This is believed to be the only available empirically based description of cognitive development of American children and youth, Grade 1 through Grade 12.' (p. IX).

De ontwikkeling van vier begrippen werd onderzocht: 'snijdend gereedschap' (= cutting tool, voor het onderzoek CT gecodeerd), 'boom' (= tree, code TR), 'gelijkzijdige driehoek' (= equilateral triangle, code ET), en 'zelfstandig naamwoord' (= noun, code NN). Een aantal overwegingen die de keuze van de begrippen bepaalde was: het moesten begrippen zijn waar concrete gevallen of afbeeldingen bijgegeven kunnen worden; zij moesten op de vier verschillende niveaus – CO, ID, CL en FO – beheerst kunnen worden; er moesten algemeen aanvaarde definities van bestaan (bijvoorbeeld: a word that names one or more persons, places, or things (NN), of: a plant that lives for many years and has a single main stem that is woody (TR), of: a plane, simple, closed figure with three equal sides and three equal angles (ET). De begrippen dienden tot verschillende kennisgebieden te horen: wiskunde (ET), taal (NN), 'science' (TR). Het begrip CT werd gekozen omdat het niet tot een specifiek schoolvak behoort maar wel tot de ervaringswereld van schoolkinderen. Verder moesten het begrippen zijn waar mensen al op vrij jonge leeftijd ervaringen mee opdoen. Tenslotte:



Figuur 1 De mate van begripsbeheersing gerelateerd aan de vier niveaus van beheersing

vanuit de begrippen moet generalisatie naar andere voorbeelden van die begrippen mogelijk zijn dan die welke in de tests gebruikt werden.

Voor ieder begrip werd voor ieder niveau van beheersing een test geconstrueerd. Bovendien werden per begrip ook voor de drie eerder genoemde gebruikscategorieën tests samengesteld: PR (principles), TAX (taxonomic relationships), en PS (problem solving). Zodoende ontstond per begrip een testbatterij bestaande uit 7 tests, namelijk om de beheersing van CO, ID, CL, FO, PR, TAX en PS voor dat begrip op te meten. In totaal dus 28 tests, die, behoudens enkele uitzonderingen, ieder jaar aan iedere groep (A t/m D) afgenomen werden. Het criterium voor beheersing van een niveau van begrip of van een gebruik van dat begrip werd zo gesteld, dat tenminste 80 tot 85% van de vragen van een test goed beantwoord moesten zijn (pp. 43 en 138). Voor een test bestaande uit bijvoorbeeld 8 vragen betekende dit tenminste 7 juiste antwoorden. De ontwikkeling van de tests heeft drie jaren gekost; er moesten formidabele hindernissen overwonnen worden. Zo moest bijvoorbeeld iedere test in ieder leerjaar afgenomen kunnen worden, dus zowel aan 6-jarigen als aan 17-jarigen. Verder moesten de tests valide zijn voor de meting van de beheersing van de vier niveaus en van de drie gebruiksoorten. Tenslotte moesten ze voldoende betrouwbaar zijn.

### 3.2 Steun voor de stellingen

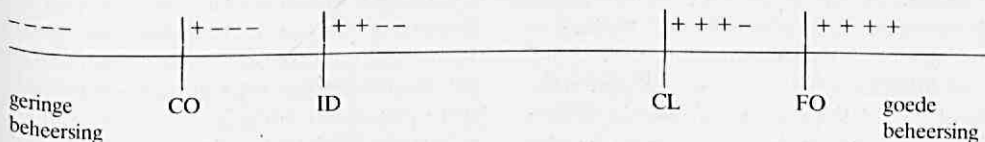
#### 3.2.1 De volgorde van de niveaus van beheersing

Abstract gesteld, zou men de mate waarin een begrip beheerst wordt, kunnen weergeven

door een punt op een lijn die van links naar rechts loopt en waarvan het linker uiteinde overeenkomt met een geringe beheersing van het begrip, het rechteruiteinde met een goede beheersing. Verder zou men op de lijn vier merktekens kunnen zetten die overeenkomen met bepaalde drempelwaarden die overschreden moeten worden voor de beheersing op CO, ID, CL en FO niveau (zie Figuur 1).

De punt in Figuur 1 correspondeert met een specifieke mate van beheersing van het bepaalde begrip. Uit de ligging van het punt ten opzichte van de drempelwaarden voor CO, ID, CL en FO blijkt dat in dit geval het begrip beheerst wordt op CO- en ID-niveau, maar nog niet op het CL- en FO-niveau. Elk van de vier niveautests voor het begrip test feitelijk of iemand boven of beneden de betreffende drempelwaarde zit. Voor het gegeven voorbeeld zou dus moeten gelden dat het criterium voor beheersing (zie 3.1) gepasseerd wordt op de CO- en ID-tests, en niet gepasseerd wordt op de CL- en FO-tests. We kunnen dit testresultaat weergeven door het patroon  $++--$ , waarin een  $+$  of een  $-$  aangeeft dat het criterium van beheersing wel of niet gepasseerd wordt, en waarin de volgorde van de tekens van links naar recht de volgorde van de niveaus CO, ID, CL, FO weergeeft. Volgens de theorie mogen de plussen alleen links in het patroon voorkomen, en mogen de plussen niet afgewisseld worden door minnen. De 'toegestane' patronen zijn dus  $----$ ,  $+-$ ,  $++$ ,  $+++$ ,  $++++$ ; alle andere patronen zijn niet in overeenstemming met de theorie. Ingetekend in Figuur 1 levert dit Figuur 2 op.

Van iedere proefpersoon kan per testperiode waarin de niveautests worden afgenomen,



Figuur 2 De op theoretische gronden mogelijke uitkomstpatronen gerelateerd aan de vier niveaus van beheersing

Tabel 1 Toetsing van de veronderstelling dat de niveaus van beheersing elkaar opvolgen

Begrip	Theoretisch toegestane patronen					Andere patronen	Totaal
	-----	+ ----	+ + --	+ + + -	+ + + +		
CT	0	0	2,4	28,1	67,6	1,9	100
TR	0,1	0,6	7,5	42,7	46,6	2,5	100
ET	0,2	0,3	8,0	49,9	39,3	2,3	100
NN	2,3	4,7	34,9	40,0	17,4	0,8	100

nagegaan worden welk testpatroon zich per begrip voordoet. Tabel 1 geeft per begrip de percentages van de uitkomsten, samengenomen over alle proefpersonen en alle testgelegenheden. De tabel berust op een combinatie van een aantal door Klausmeier en Allen gegeven tabellen.

Uit de kolom 'andere patronen' blijkt dat het percentage niet met de theorie overeenstemmende patronen klein is. Twee voor de hand liggende verklaringen voor het optreden van deze laatstgenoemde patronen zijn: a. de theorie is niet geldig, en b. de afwijkende patronen zijn een gevolg van onbetrouwbaarheden in de metingen. Voorlopig houden we het op b. en wel op grond van het volgende argument.

Aan de bepaling van het wel of niet beheersen van een begrip op een bepaald niveau N kleven meetfouten; dat wil zeggen de kans dat de uitspraak gedaan wordt 'beheerst het begrip op niveau N', terwijl in werkelijkheid de betrokken persoon het begrip niet op dat niveau beheerst, is in principe groter dan nul. Ook voor het tegengestelde (uitspraak: 'beheerst niet' terwijl in werkelijkheid het begrip wel beheerst wordt), geldt in principe dat de kans hierop groter dan nul is. Beschouw nu het geval van een persoon die in werkelijkheid een begrip op niveau N wel, maar op niveau N + 1 niet beheerst. Tengevolge van meetfouten kan echter de situatie ontstaan dat met behulp van de test voor niveau N de uitspraak 'beheerst niet' en met behulp van de test voor niveau N + 1 de uitspraak 'beheerst wel' gedaan worden. Bijvoorbeeld: 'beheerst niet op het CL-niveau' plus 'beheerst wel op het FO-niveau'. Aannemende dat op het CO- en het ID-niveau 'beheerst wel' geconstateerd wordt, ontstaat zo het met de theorie niet in overeenstemming zijnde testpatroon + + - +. Op analoge wijze kunnen zo bij het paar opeenvolgende niveaus CO-ID het testpatroon - + - -, en bij het paar ID-CL het testpatroon + - + - optreden. Nu

bleekt uit het onderzoek, dat deze drie patronen samen 56 keer voorkomen. Van de in totaal 66 'niet toegestane testpatronen' zijn dat er dus 85%. Het merendeel van de inconsistente testpatronen kan dus op deze wijze op grond van meetfouten verklaard worden. De keerzijde van het argument is dat een deel van de gevonden consistente testpatronen eveneens door meetfouten beïnvloed is; bijvoorbeeld een bepaalde persoon vertoont het testpatroon + + - -, terwijl het eigenlijk + + + - had moeten zijn. Het feit echter dat rond 98% van de testpatronen consistent is met de in de theorie gestelde volgorde van niveaus, pleit echter voor de theorie. Immers de door meetfouten ontstane tekenwisselingen kunnen alleen daar plaatsgevonden hebben waar in het testpatroon de plussen in de minnen overgaan.

Uit de tabel blijkt dat de vier begrippen niet in gelijke mate beheerst worden. 'Zelfstandig naamwoord' is duidelijk moeilijker dan 'boom' en 'gelijkzijdige driehoek', en deze twee zijn weer moeilijker dan 'snijdend gereedschap'. Het zou echter onjuist zijn hieruit de conclusie te trekken dat de moeilijkheidsgraad van een begrip een intrinsieke eigenschap van een begrip is. Het is immers ook mogelijk dat de moeilijkheidsgraad een gevolg is van een onvoldoende aantal met het begrip in verband gebrachte concrete ervaringen.

### 3.2.2. De individuele groei in de beheersing

De in de vorige paragraaf besproken testpatronen werden per persoon en per moment van testen verkregen. Het zijn momentopnamen. Als men van een bepaalde persoon de testpatronen uit drie opeenvolgende jaren bekijkt, is het mogelijk iets te zeggen over de groei in de beheersing van de onderzochte begrippen. Klausmeier en Allen volgden de procedure om per testpatroon van een individu het hoogste niveau waar een + bij staat aan te wijzen als het niveau van het betreffende begrip dat op dat ogenblik door dat individu beheerst wordt. Het



Tabel 2 *Toetsing van de veronderstelling van individuele groei in de volgorde der niveaus*

Overeenstemming met hypothese van individuele groei	Begrip			
	CT	TR	ET	NN
wel	81,2	84,9	87,3	85,3
niet	18,8	15,1	12,7	14,7
	100	100	100	100

testpatroon + + - + geeft volgens deze definitie aan, dat het betreffende begrip op het FO-niveau beheerst wordt. Vindt men nu voor een bepaalde persoon dat het hoogste bereikte niveau van beheersing van een bepaald begrip in het eerste jaar van testen ID is, in het tweede jaar CL en in het derde FO, dan kan men van een duidelijke groei in beheersing spreken. Wat men evenwel niet zo gauw verwacht is bijvoorbeeld de reeks CL-ID-CO. Toch is niet onmogelijk dat men tengevolge van de in de vorige paragraaf besproken meetfouten wel zo'n achteruitgang-per-definitie vindt. Die mogelijkheid is zelfs vrij waarschijnlijk naarmate de groei in beheersing langzamer en de kans op een meetfout groter is. Als we het drietal hoogst bereikte niveaus van beheersing van een begrip door een persoon een *groei-patroon* noemen, dan zijn alleen die groei-patronen niet strijdig met de veronderstelling van groei als daarin geen teruggang naar een lager niveau van beheersing voorkomt. Een groei-patroon als bijvoorbeeld ID-CL-ID waarin dat wel voorkomt, is dus strijdig met de hypothese van individuele groei. Tabel 2 geeft per begrip de percentages strijdige en niet-strijdige groei-patronen.

De percentages afwijkingen van de theorie zijn hier groter dan bij de testpatronen. Dat mag verwacht worden omdat we hier met een test-hertest-hertest situatie te maken hebben. De invloed van meetfouten per meting heeft dan een accumulerend effect. De hypothese

van individuele groei in de beheersing van de vier begrippen wordt desondanks door de resultaten in de tabel ondersteund.

Een volgende vraag is die naar de snelheid van de groei: is de gang langs de beheersingsdimensie van links naar rechts schuifelend of hollend? Om hierop een antwoord te krijgen werd voor ieder van de begrippen een overgangsmatrix geconstrueerd met behulp van de gegevens van Klausmeier en Allen. Tabel 3 geeft de overgangsmatrix voor het begrip 'zelfstandig naamwoord', het moeilijkste begrip. In deze tabel zijn de gegevens verwerkt van alle groepen, en van de niveau-overgangen van het eerste naar het tweede jaar van testen, plus die van het tweede naar het derde jaar. De tabel laat dus de groei gedurende één jaar zien, gemiddeld over alle proefpersonen. De rijen en kolommen geven de niveaus van beheersing van het begrip aan; de rijen hebben betrekking op het eerste (of tweede) jaar van testen; de kolommen betreffen het daaropvolgende tweede (of derde) jaar van testen. De getallen stellen percentages voor.

Het tempo van de groei hangt kennelijk af van onder andere het tevoren bereikte niveau van beheersing; van degenen die een begrip op het CL-niveau beheersen, stapt slechts een kwart over op het FO-niveau; voor het ID-niveau is het relatieve aantal dat het naast hogere niveau bereikt ruim twee keer zo groot, en voor het CO-niveau meer dan drie keer zo groot. Ook voor de drie andere begrippen geldt dat

Tabel 3 *De empirisch bepaalde waarschijnlijkheden dat in de periode van 1 jaar hogere of lagere niveaus worden bereikt, dan wel het niveau onveranderd blijft*

Niveaus in eerste (c.q. tweede) jaar bereikt	Niveaus in het daarop volgende jaar bereikt				Totaal
	FO	CL	ID	CO en lager	
CO en lager	0	7,7	76,9	15,4	100
ID	2,6	51,5	45,9	0	100
CL	23,6	59,4	17,0	0	100
FO	92,8	7,2	0	0	100

Tabel 4 *Percentage personen dat na 1 jaar niet op een hoger niveau van beheersing is gekomen*

Bereikt niveau	Groep			
	A	B	C	D
CL	83,5	69,5	57,8	54,3
ID	37,0	41,5	26,6	21,0
CO	16,3	0	geen gegevens	

het tempo van de groei langzamer is naarmate een hoger niveau van beheersing bereikt is. Uit de tabel kan per bereikt niveau berekend worden hoeveel procent het jaar daarop nog steeds op dat niveau of lager zit. Voor het CO-niveau is dat 15,4%, voor het ID-niveau 45,9% en voor het CL-niveau 76,4% (het percentage voor het FO-niveau is noodzakelijkerwijs altijd 100%). Als we nu per leeftijdsgroep deze percentages berekenen, samengenomen over alle vier begrippen, ontstaat Tabel 4.

Uit de kolommen van Tabel 4 blijkt dat de verlangzaming van de groei voor elk van de vier groepen geldt; echter uit de rijen blijkt ook dat het groeitempo toeneemt met de leeftijd van de proefpersonen. Bijvoorbeeld: 83,5% van degenen van groep A (de jongsten dus), die in een bepaald jaar het CL-niveau bereikt hadden (som over alle vier begrippen), had na verloop van één jaar de overstap naar het FO-niveau van het betreffende begrip nog niet gemaakt. Bij groep B is dit percentage gedaald tot 69,5%, en bij de groepen C en D (de groep met de oudste leerlingen), is het percentage nog lager. Deze tendens doet zich algemeen op alle niveaus en voor ieder begrip afzonderlijk voor. Bijvoorbeeld voor het ID-niveau van het begrip 'zelfstandig naamwoord' zijn de percentages 53,2 (groep A), 51,6 (groep B), 40,4 (groep C) en 21,4 (groep D). Als we veronderstellen mogen dat oudere leerlingen die nog op het ID-niveau van beheersing van het begrip verblijven (groepen C of D) of een ontwikkelingsachterstand of een lagere intelligentie bezitten vergeleken met de jongere leerlingen (groepen A of B), dan hebben deze oudere leerlingen klaarblijkelijk toch een hogere snelheid in het leren beheersen van het begrip. Anders en korter gesteld: oudere leerlingen kunnen sneller leren dan jongere leerlingen gegeven dat beide groepen beginnen vanuit eenzelfde niveau van beheersing van een begrip. Zij hebben kennelijk leren 'leren' en beschikken mis-

schien ook over een grotere en meer gevarieerde ervaring in het gebruik van het begrip.

### 3.2.3 *Het gebruik van begrippen als functie van hun beheersing*

Behalve tests voor de vaststelling van het niveau waarop de begrippen beheerst worden, werden ook tests samengesteld die betrekking hebben op het gebruik van de begrippen: 'principles' (code PR), 'taxonomic relationships' (code TAX) en 'problem solving' (code PS), inclusief de bijbehorende criteria voor de beheersing van het gebruik. Interessant is nu de vraag hoe de beheersing in het gebruik van een begrip afhangt van het bereikte niveau van beheersing van het betreffende begrip; specifiek gesteld: gaat de beheersing van het begrip vooraf aan de beheersing in het gebruik of verloopt de ontwikkeling van beide soorten beheersing min of meer parallel? Als de beheersing van het begrip vooraf gaat aan die van het gebruik en we kijken weer naar de testpatronen zoals we deden in paragraaf 3.2.1, dan zou het patroon 'min' (voor begrip) en 'plus' (voor gebruik) niet of heel weinig mogen voorkomen, uitgaande van de veronderstelling dat beheersing van het begrip noodzakelijk aan beheersing van het gebruik ervan voorafgaat. Tabel 5 biedt enige informatie.

Ook Tabel 5 is gebaseerd op een somming over de factoren begrippen, groepen en testgelegenheden. Uit de vergelijking van de patronen 1, 3 en 5 blijkt dat beheersing van een bepaald soort gebruik van een begrip waarschijnlijk is naarmate een hoger niveau van begripsbeheersing bereikt is. De percentages bij patroon 5 zijn zo klein dat men gevoelig kan aannemen dat het niveau ID onvoldoende is voor beheersing in het gebruik. Bij patroon 3 is het percentage bij PR eveneens erg laag, maar niet bij TAX en PS. Er blijkt dus een groep leerlingen te zijn die de gestelde problemen en de vragen over taxonomische relaties

Tabel 5 *Relatieve frequenties van voorkomen van bepaalde begripsbeheersings- en gebruiksbeheersingspatronen*

Patroonnummer	Hoogste bereikte niveau			Gebruiksbeheersing	Soort gebruik		
	t/m ID	CL	FO		PR	TAX	PS
1			+	+	21,6	31,2	27,3
2			+	-	22,4	12,8	16,7
3		+	-	+	2,4	8,3	7,3
4		+	-	-	38,2	32,3	33,3
5	+	-	-	+	0,3	0,9	0,7
6	+	-	-	-	13,1	12,4	12,7
7	-	-	-	-	2,1	2,1	2,1
Totalen:					100,1	100,0	100,1
Verhoudingen van de percentages voor de volgende patroonnummers:							
FO beheerst	1 en 2				1: 1,0	1: 0,4	1: 0,6
CL beheerst	3 en 4				1: 15,9	1: 3,9	1: 4,6
t/m ID beheerst	5 en 6				1: 43,7	1: 13,8	1: 18,1

goed kan oplossen c.q. beantwoorden zonder de bijbehorende begrippen op formeel niveau te beheersen. Een aannemelijke verklaring is dat deze leerlingen in staat zijn de voor de gestelde problemen en vragen noodzakelijke begripseigenschappen te gebruiken. Zij bevinden zich 'ergens' tussen de niveaus CL en FO en waarschijnlijk dichter bij FO dan CL. In vergelijking daarmee zijn de percentages bij patroon 2 merkwaardig: zij betreffen een grotere groep van leerlingen die het begrip op formeel niveau beheersen maar er niet mee kunnen werken. Dat zou betekenen dat kennis en/of vaardigheden van geheel andere aard nodig zijn voor de beheersing van de verschillende soorten gebruik. De eerstbesproken groep (patroon 3) beschikt kennelijk wel over die kennis of vaardigheden, en men kan zich afvragen hoe de ontwikkeling daarvan tot stand is gekomen. Het is niet ondenkbaar dat die ontwikkeling parallel aan die van de begripsbeheersing tussen de niveaus CL en FO verlopen is. Voor het onderwijs zou dit betekenen, dat de soorten gebruik TAX en PS al geoefend kunnen worden door middel van speciale opgaven waarin een beroep op het gebruik van kenmerkende begripseigenschappen wordt gedaan. Dat wil zeggen: presenteer leerlingen die het CL-niveau gepasseerd zijn behalve sorteeroefeningen ook passende oefeningen in probleemoplossen en taxonomische relaties.

#### 4 Nawoord

De theorie van Klausmeier en zijn empirische onderbouwing kan als een voorlopige culminatie van een lang bezinningsproces op de cognitieve ontwikkeling van leerlingen beschouwd worden. Soms onafhankelijk van elkaar, maar vaak ook elkaar beïnvloedend hebben velen zich met deze problematiek bezig gehouden (Tennyson & Park, 1980). Eén van deze onderzoekers en wel met invloed op de wiskundendidactiek in Nederland is Van Hiele. Zijn opvattingen over de z.g. denkniveaus blijken voor een groot deel verenigbaar met de besproken theorie. De invloed van Van Hiele blijkt onder andere uit het OSAEV-model dat in de opleiding tot wiskunde-leraar gepropageerd wordt (Van Dormolen, 1980). Daarin spelen voorbeelden en non-voorbeelden van begrippen een onmisbare rol in het aanleren van nieuwe begrippen.

De toetsen die Klausmeier e.a. in het onderzoek gebruikten, zijn via een strakke methodiek ontworpen. Deze methodiek staat beschreven in de technische publikaties (Technical Report nr. 430, 431, 432 en 433, Madison: Wisconsin Research and Development Center for Cognitive Learning) genoemd in Klausmeier (1978). Deze rapporten zijn op microfiche aanwezig in de bibliotheek van het Ministerie voor Onderwijs en Wetenschappen

in Den Haag (ERIC-classificatie, nr. ED 154-008, 010, 012 en 014). Voor het onderwijs is van belang dat er een rechtstreeks verband gelegd kan worden tussen de resultaten van de begrips-analyses die in het kader van de ontwikkeling van niveau-toetsen gedaan moeten worden, en de manier waarop de betreffende begrippen in de klas onderwezen zouden kunnen worden. Daarvan geven Klausmeier en Allen (1978) een demonstratie in hun hoofdstuk 9: Instructional Design.

Uit bovenstaande moge blijken dat er aspecten van onderwijs zijn die liggen te wachten op systematisch en geïntegreerd vakdidactisch onderzoek. We noemen er enkele:

1. Het ontwikkelen van toetsen waarmee per leerling het niveau van beheersing van belangrijk geachte basisbegrippen kan worden vastgesteld.
2. Het ontwikkelen van toetsen waarmee per leerling de aanwezigheid van voor het leerproces hinderlijke misvattingen kan worden vastgesteld. Simpson en Arnold hebben hier het voorbeeld voor gegeven.
3. Het ontwikkelen van voorbeelden en van non-voorbeelden ten dienste van het aanleren van wenselijke en het afleren van onwenselijke kennis.
4. Het analyseren van leerstof om basisbegrippen en de daarvoor noodzakelijke voorkennis op te sporen.

Zulk onderzoek vergt de inzet van leerkrachten, leerlingen, vakdidactici, onderwijskundigen, en dient dus in nauwe samenwerking met 'het veld' te worden uitgevoerd. Het onderzoek hoeft naar onze mening *niet* grootschalig te worden gedaan, maar kan heel goed door relatief kleine teams, die per regio werken, worden uitgevoerd. Wel lijkt wenselijk dat landelijk het werk van deze teams gecoördineerd wordt.

#### Literatuur

- Dormolen, J. van, *Didaktiek van de wiskunde*. Utrecht: Oosthoek, 1980.
- Hiele, P. M. van, De niveau's in het denken, welke van belang zijn bij het onderwijs in de meetkunde in de eerste klasse van het V.H.M.O. *Pedagogische Studiën*, 1955, 32 (10).
- Hiele, P.M. van, *De problematiek van het inzicht, gedemonstreerd aan het inzicht van schoolkinderen in meetkunde-leerstof*. Amsterdam/Purmerend: Meulenhoff/Muusses, 1957.
- Hiele, P. M. van, *Begrip en inzicht*. Purmerend: Muusses, 1973.

- Jochems, W. M. G., *Leerstofanalyse*. Delft: Delftse Universitaire Pers, 1980.
- Jochems, W. M. G., Lameris, G. H., Vastenhouw, J., Welie, G. S. A. van, *Een leerlingenpracticum nader bekeken*. Delft: Technische Hogeschool, mei 1982.
- Kean, E., Concept-learning theory and design of college chemistry education. *Journal of chemical education*, 1982, 59(11), 956-959.
- Klausmeier, H. J., Ghatala, E. S., Frayer, D. A., *Conceptual learning and development; a cognitive view*. New York: Academic Press, 1974.
- Klausmeier, H. J., Conceptual Development during the School Years. In: J. R. Levin, V. L. Allen (Eds.), *Cognitive learning in children; theories and strategies*. New York: Academic Press, 1976.
- Klausmeier, H. J., Allen, P. S., *Cognitive development of children and youth: a longitudinal study*. New York: Academic Press, 1978.
- Medin, D. L., Smith, E. E., Concepts and Conceptformation. In: M. R. Rosenzweig, L. W. Porter (Eds.), *Annual review of psychology*, 35. Palo Alto, Cal.: Annual Reviews Inc., 1984.
- Simpson, M., Arnold, B., The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European journal of science education*, 1982, 4 (2), 173-182.
- Simpson, M., Arnold, B., Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of biological education*, 1982, 16 (1), 65-72.
- Simpson, M., Arnold, B., Diagnostic tests and criterion referenced assessments: their contribution to the resolution of pupil learning difficulties. *Programmed learning & educational technology*, 1983, 20 (1), 36-42.
- Tennyson, R.D., Park, Ok-Choon, The teaching of concepts: a review of instructional design research literature. *Review of Educational Research*, 1980 50 (1), 55-70.
- Vastenhouw, J., Blokken op wakken. In: *Rede als richtsnoer*, bundel geschriften aangeboden aan prof. dr. A. D. de Groot. Den Haag: Mouton, 1979.
- Vastenhouw, J., Jochems, W. M. G., Een effectloze onderwijsverbetering; tempo van begripsvorming de oorzaak? In: G. de Zeeuw, W. Hofstee, J. Vastenhouw (red.), *Funderend onderzoek van het onderwijs en onderwijsleerprocessen*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 1983.

#### Curricula vitae

J. Vastenhouw (1927) studie psychologie Universiteit van Amsterdam, promotie 1961. Sinds 1967 verbonden aan de Technische Hogeschool Delft, eerst werkzaam bij de Onderwijskundige Dienst, daarna bij de lerarenopleiding. Onderzoek naar kennisoverdracht via onderwijs. Hoogleraar onderwijsresearch, didactiek en pedagogiek.



W. Jochems (1947) studie psychologie Rijksuniversiteit te Utrecht, promotie 1980. Sinds 1973 verbonden aan de Technische Hogeschool Delft, Onderafdeling der Wijsbegeerte en der Maatschappijwetenschappen. Verricht onderzoek naar kennisoverdrachtsprocessen.

Adres: Technische Hogeschool Delft, Vakgroep 2, Kanaalweg 2B, 2628 EB Delft

Manuscript aanvaard 22-5-'84

### Summary

Vastenhouw, J. & W. Jochems, 'Klausmeier's theory and its importance for education'. *Pedagogische Studiën*, 1984, 61, 431-443.

In a previous investigation it was found that secondary-school pupils in a beginning chemistry class (9th grade) had considerable difficulties acquiring concepts basic to chemistry. Klausmeier's theory of concept development is invoked to explain these difficulties. The theory and the main results of Klausmeier's longitudinal study are outlined and illustrated by examples from secondary-school subjects. In conclusion the paper recommends a concerted research-effort into the rate of acquisition of important concepts by pupils during their secondary-school years.