

Het bieden van hulp tijdens computerbestuurd probleemoplossen; problemen en mogelijke oplossingen

L. DE LEEUW, J. J. BEISHUIZEN,
H. VAN DAALEN, J. MEYER en J. CHR.
PERRENET

*Vrije Universiteit, Vakgroep Functieleer en
Methodenleer, Amsterdam*

Samenvatting

Een belangrijke functie van onderwijsprogramma's kan zijn om leerlingen die tijdens het oplossen van problemen vastlopen hulp te bieden teneinde de impasse te doorbreken. Een aantal vragen met betrekking tot het bieden van hulp en de principes en strategieën die de oplossing van gesignaleerde problemen naderbij kunnen brengen wordt besproken. De problemen en mogelijke oplossingen worden toegelicht aan de hand van de gang van zaken in twee door SVO gesubsidieerde projecten waarbinnen het bieden van hulp aan de orde is. Geconcludeerd wordt dat nog niet voor alle problemen een bevredigende oplossing is gevonden.

1 Inleiding

Leerlingen die zelfstandig problemen proberen op te lossen binnen de schoolleerstof (wiskunde, natuurkunde, stellen, zoeken van informatie e.d.) lopen van tijd tot tijd vast in het oplossingsproces. Ze kunnen proberen om op eigen kracht uit een impasse te komen. Soms slagen ze daarin. Nog eens diep nadenken, een andere weg inslaan, terugkijken in de theoriebehandeling in het schoolboek, reflecteren over het gedrag, zijn manieren om een impasse te doorbreken. Het zichzelf verschaffen van heuristische aanwijzingen als 'wat weet ik nu eigenlijk?' 'waar moet ik naartoe?' 'hoe deed ik dat eerder?' kan het oplossingsproces weer op gang brengen. Het lukt echter langs deze wegen lang niet altijd. Een belangrijke functie van het onderwijs is leerlingen die vastlopen op het goede spoor te zetten. Dit

zou kunnen plaatsvinden door de leerlingen zonder meer te vertellen wat de juiste aanpak is, of wat de correcte volgende stap is; de oplossing kan zelfs worden gegeven of voorgedaan.

Vrij algemeen wordt dit niet als een juiste didactische aanpak gezien om de leerling tot zelfstandig probleemoplossen te brengen. Het geven van heuristische aanwijzingen die de leerling wel verder helpen, maar tevens een beroep op diens inventiviteit doen, lijkt de optimale didactische procedure. 'Wel hulp bieden, maar niet voorkauwen' is dan de visie.

Leerkrachten of remedial teachers (en ouders die kinderen bij het huiswerk helpen) proberen de vastlopende leerling zo adequaat mogelijk hulp te bieden. Er rijzen hierbij nogal wat problemen. Vragen als: wanneer hulp te bieden; hoe specifiek moeten de aanwijzingen zijn; hoe irritatie bij de leerling (en de hulpbieder) te vermijden; hoe verder als de hulp niet 'aanslaat', weerspiegelen deze problemen.

Leerlingen die door een leerkracht, remedial teacher of ouder (kunnen) worden geholpen, mogen zich gelukkig prijzen. Leerkrachten zijn niet tot systematisch bieden van hulp aan alle leerlingen in staat. Ouders zullen ook welwillend genoeg zijn om hulp te bieden, maar zijn vaak onvoldoende geschoold in de leerstof en de didactiek ervan.

Er is dus behoefte in het onderwijs aan op de individuele leerling gerichte hulp. De gebruikelijke onderwijsleermiddelen verschaffen deze in zeer beperkte mate. Computerbestuurde onderwijssystemen kunnen deze hulp in beginsel aan leerlingen verschaffen. Doordat deze onderwijsvorm strikt individueel van aard is, kan *in principe* elke leerling, op het moment dat deze daar behoefte aan heeft, aan heuristische aanwijzingen worden geholpen. Dit is een veelbelovende ontwikkeling.

Deze ontwikkeling is echter niet zonder problemen. Of het nu gaat om gewone CAI (computer assisted instruction) of ICAI (intelligent computer assisted instruction, ook wel intelligent tutoring systems of knowledge based systems genoemd), de volgende vragen

dienen bij de ontwikkeling steeds in het oog worden gehouden:

1. Wanneer hulp te bieden?
2. Hoe de hulp te laten aansluiten bij de door de leerling gekozen oplossingsmethode en bij het stadium daarbinnen?
3. Hoe specifiek/algemeen moet hulp zijn?
4. Hoe de assimilatie van de geboden hulp te bevorderen en te controleren?

Hierbij zij nog eens benadrukt, dat deze vragen niet alleen relevant zijn binnen computerbestuurde programma's voor het leren oplossen van problemen. Ook als de (remedial) teacher of een andere menselijke 'tutor' hulp biedt, zijn die vragen relevant en nog grotendeels onbeantwoord. Ook binnen onderzoek van leerpotentieel van leerlingen waarbij hun ontwikkelingsmogelijkheden (zone van naaste ontwikkeling, zie Vygotskij, 1964) worden vastgesteld, zoals dat door Brown en French (1979), Brown en Ferrara (1985), of door Feuerstein, Rand en Hoffman (1979) wordt verricht, is deze problematiek aan de orde. Door de specifieke geaardheid van computerbestuurde programma's, vooral van intelligente tutoriële programma's, is een aantal oplossingen beschikbaar. We zullen bovengenoemde vragen eerst toelichten alvorens aan de hand van verricht en lopend onderzoek in onze vakgroep aan te geven welke principes en strategieën zijn toegepast om de problemen het hoofd te bieden.

2 *Uitwerking van vragen in verband met hulp bieden*

2.1 *Wanneer hulp te bieden?*

Eén van de cruciale vragen met betrekking tot het bieden van hulp is wie het initiatief dient te nemen, de leerling of – volgens expliciete criteria – het systeem? Aanleidingen om ongevraagd hulp te bieden zijn: de leerling blijft doormodderen, blijft fouten maken, of de leerling vertoont gedurende een zekere tijd geen enkele reactie, of er wordt een doodlopende weg ingeslagen. Een argument hiertegen is dat niet duidelijk is wat de beslissingsregels voor ingrijpen dienen te zijn. Een leerling kan immers op eigen kracht van een doodlopende weg terugkeren of denkt, hoewel er geen overte acties zijn, nog steeds diep na. Te vroeg of onnodig ingrijpen kan tot irritatie leiden en zelfstandig leren belemmeren. Beishuizen

(1986) die, in navolging van o.a. Burton en Brown (1982), ongevraagd coaching bood (in zijn geval bij het zoeken van informatie in gegevensbestanden), constateerde dat in een deel van de gevallen de ongevraagde aanwijzingen van de coach bij de leerlingen tot irritatie leidden.

Kimball (1982) kwam in zijn programma's, die leerlingen opgaven binnen de integraalrekening moesten aanleren, tot een aardig compromis binnen het dilemma: het laten exploreren van benaderingen die niet tot succes kunnen leiden of inefficiënt zijn enerzijds en het ongevraagd bieden van hulp anderzijds. De leerlingen krijgen bij de keuze van een weinig belovende oplossingsweg de suggestie hulp te vragen ('a hint to ask for a hint'). Ze kunnen dit advies naast zich neerleggen. Verder kunnen ze op eigen initiatief hulp krijgen. Deze aanpak is alleen mogelijk als op één of andere wijze te constateren valt waar de leerling mee bezig is. In intelligente tutoriële systemen, waarbinnen de leerling elke oplossingsstap aan de computer moet meedelen, kan een leerlingsspoor worden bijgehouden en steeds worden vergeleken met een normspoor, resp. verschillende normsporen als er verschillende oplossingsmethoden bestaan.

Om te voorkomen dat leerlingen te gemakkelijk gebruik maken van hulp, moeten maatregelen worden genomen. Een aantal mogelijke oplossingen is: 1: de als hulp verschafte aanwijzingen of (deel)oplossingen laten verdwijnen van het computerscherm en deze door de leerling laten reproduceren, en/of 2: de opgaven met hulp laten onderbreken door of eindigen in opgaven zonder hulp; de leerling moet dan een bepaald beheersingscriterium halen.

2.2 *Hoe de geboden hulp te laten aansluiten bij de stand van zaken in het hoofd van de leerling?*

De geboden hulp moet allereerst aansluiten bij de door de leerling gekozen oplossingsmethode. Als er geen congruentie is tussen de geboden en benodigde hulp dan wordt deze hulp als irrelevant of zelfs – als de leerling zich gedwongen voelt om een andere aanpak te volgen – als storend ervaren; dit kan het verdere vragen om hulp ongunstig beïnvloeden. Maar zelfs als de coach binnen de oplossingsmethode van de leerling hulp biedt, kunnen er problemen ontstaan. Als een bepaalde metho-

de bijvoorbeeld vier oplossingsstappen vereist en de leerling heeft op eigen kracht de eerste twee uitgevoerd en loopt dan vast, dan moet de hulp hierbij aansluiten en niet de uitvoering van de eerste stap suggereren.

Het voortdurend bijhouden van een leerlingsspoor zoals dat in intelligente tutoriële systemen aan de orde is, vormt een goede basis voor de gewenste aansluiting; voorwaarde is dan wel dat alle relevante oplossingswegen (normoplossingen) in het systeem zijn opgenomen. Het is zelfs mogelijk om bij het bieden van hulp aan te sluiten bij het ontwikkelingsstadium waarin leerlingen verkeren. In het SVO-project 'Training van aanpak en oplossing van rekenopgaven volgens een genetisch model' (SVO nr 551808) wordt dat gerealiseerd. Er zijn echter andersoortige CAI-programma's waarbinnen deze procesgegevens niet direct beschikbaar zijn.

2.3 *Hoe specifiek of algemeen moet de geboden hulp zijn?*

Zeer specifieke hulp, die (vrijwel) de oplossing van (deel)problemen aanreikt, is in een bepaalde situatie voor een deel van de leerlingen te veel hulp, bevordert niet een onafhankelijk, zelfstandig leren handelen. Zeer algemene hulp biedt voor anderen te weinig houvast. Het is moeilijk vast te stellen hoe specifiek de hulp voor een bepaalde leerling in een bepaalde fase van het oplossingsproces dient te zijn, te meer daar de leerlingen in de hier beschreven onderzoeken geen specifieke vraag kunnen stellen, doch slechts een signaal kunnen geven dat hulp gewenst wordt.

Dit dilemma kan worden opgelost door toepassing van het Selziaanse principe van de 'kleinstmogelijke Hilfe' (Selz, 1935). Dit principe correspondeert met het concept van de 'zone van de naaste ontwikkeling' (Vygotskij, 1964). Aanvankelijk wordt een algemene heuristische aanwijzing gegeven; indien dit niet tot voortgang leidt, wordt meer specifieke hulp geboden, enz. Dit principe van cumulatieve hulpspecificiteit werd o.a. toegepast door De Leeuw (1979), Burton en Brown (1982) en Beishuizen (1986).

2.4 *Hoe de assimilatie van de geboden hulp te bevorderen en te controleren?*

Als men van de leerling geen reactie verlangt op de geboden hulp, dan zijn er geen aanwijzingen beschikbaar, althans niet gegaran-

deerd, of de hulp 'aansloeg', begrepen werd. Als de leerling vlak na de hulpaanbieding de oplossing van het (deel)probleem vindt, dan mag men aannemen dat dit door de hulp kwam. Maar als deze oplossing niet direct wordt gevonden, was de hulp dan ineffectief? Dit zou een voorbarige conclusie zijn.

Om zekerheid te verkrijgen, en dat is voor verder hulp bieden van belang, kan men de leerling vragen aan te tonen dat de hulp werd geassimileerd. Door een actieve, overte reactie op een zogenaamde hintvraag (een vraag te beantwoorden op grond van de gepresenteerde hint) te verlangen, verkrijgt men evidentie over het effect van de hint. Aanwijzingen zoals Polya (1942) die propageerde zijn 'passief', covert van karakter, d.w.z. ze vereisen geen reactie van de leerlingen. Daardoor bestaat er geen zekerheid over het effect van de hulp.

Hintvragen, die dus wel een response verlangen, kunnen een multiple choice of een open einde vorm hebben. Trismen (1981, 1982) ontwikkelde wiskunde-opgaven met hints. Hij gebruikte deze opgaven overigens meer voor test- dan voor onderwijsdoeleinden. De geboden hintvragen beogen een toenemende structurering van het probleem teweeg te brengen en zodoende de opgave-moeilijkheid aan het cognitieve vermogen van de leerling aan te passen.

Trismen (1981, 1982) vergeleek het effect van 'passieve' en 'actieve' hints en vond o.a. dat in het geval van passieve hints de informatie binnen de hint slechts in geringe mate werd verwerkt. Hints werden ook snel beoordeeld als 'being of no help'. Voordelen van actieve (in zijn geval multiple choice) hints zijn, volgens Trismen, o.a.: 1. Er heeft minder passieve afwijzing van een hint plaats. 2. Het nut van de hint kan, ten dele, worden afgeleid van het antwoord op de hintvraag. 3. Het is betrekkelijk gemakkelijk om de leerling onmiddellijk feedback te verschaffen over de vraag of deze de hint begrepen heeft. 4. Op grond van onjuiste antwoorden op hintvragen kunnen leerlingen worden geleid naar anderé, minder algemene, 'gemakkelijker' hints – in feite hints over de oorspronkelijke hints. Het als tweede genoemde punt geeft, ten dele, een antwoord op de vraag naar de controle-mogelijkheid op de assimilatie van de hint.

3 Twee onderzoeksprojecten

Hieronder wordt beschreven welke oplossingen voor de hiervoor beschreven problemen met betrekking tot het bieden van hulp werden toegepast, in twee door de Stichting voor Onderzoek van het Onderwijs (SVO) gesubsidieerde projecten, waarbinnen het bieden van hulp expliciet aan de orde was.

3.1 De ontwikkeling van een leerprocestest (SVO-project 1053)

3.1.1 Achtergrond en opzet van het onderzoek

Het doel van dit (per 1 mei 1986 afgesloten) onderzoek was om de behoefte aan hulp en feedback van leerlingen vast te stellen, op een meer rechtstreekse manier dan mogelijk is met behulp van bestaande tests. Tests voor negatieve faalangst (bijv. de F min schaal binnen de Prestatie Motivatie Test van Hermans) en voor veld(on)afhankelijkheid zouden de behoefte aan structurering van de leersituatie meten. In de praktijk blijkt de test voor negatieve faalangst een substantiële correlatie te vertonen met het effect van de mate van gestructureerdheid (Hermans, 1971; De Leeuw, 1979). Voor veld(on)afhankelijkheid zijn de uitkomsten echter minder consistent (De Leeuw, 1979). Bovendien zijn er aanwijzingen dat beide tests interactie vertonen. Een causaal model ter verklaring hiervan, waarvoor enige steun werd verkregen, werd ontwikkeld door De Leeuw en Feij (1981).

Om deze redenen en omdat de voorspellen-de waarde van de tests domeinafhankelijk lijkt te zijn, werd besloten een test te construeren die de behoefte aan hulp en feedback, dus aan taakstructurering, rechtstreeks meet binnen het leerproces (De Leeuw, Van Daalen & Beishuizen, 1987 a en b). Er werden (o.a.) problemen binnen een informatiezoektaak aangeboden en de geuite behoeften aan hulp en feedback werden gemeten. Als tweede maat werden de karakteristieke moeilijkheden die leerlingen binnen de problemen ondervonden, vastgesteld. Een verder weg liggend doel van dit type onderzoek (binnen een lopend vervolproject onderzocht) is om op grond van het gaandeweg teruglopen van de behoefte aan hulp, het leerpotentieel, de zone van naast-ontwikkeling (Vygotskij, 1964) vast te stellen (vgl. Brown & French, 1979; Brown & Ferrara, 1985).

De onderzoeksresultaten laten zien dat frequentie van hulp- en feedbackgebruik door de mate van structuur van de taak en door faalangst, veldafhankelijkheid en intelligentie wordt beïnvloed (Van Daalen, De Leeuw & Beishuizen, 1987). De karakteristieke moeilijkheden die leerlingen ondervonden werden ten dele beschreven in Van Daalen (1987).

3.1.2 Vormgeving van de fauna-zoektaak

De proefpersonen (71 zevende en achtste groep basisschoolleerlingen) kregen zoekta-ken met betrekking tot dieren voorgelegd. Het programma is gebaseerd op de door Beishuizen (1986) ontwikkelde zoektaken. Er wordt een vage beschrijving van een dier aangeboden. Dit dier is één van de 128 dieren die in het gegevensbestand van de computer zijn opgenomen. De informatie die de vage beschrijving bevat is onvoldoende om meteen te kunnen beslissen over welk dier het gaat. In de vage beschrijving worden wel steeds vijf kenmerken van het dier genoemd, bijvoorbeeld met betrekking tot de woonomgeving (land, water) of huid (haren, veren, schubben). De lijst van veertien kenmerken waaruit gekozen moet worden hebben de leerlingen voor zich. Door middel van vijf verschillende computercommando's en met gebruikmaking van de kenmerken van het dier kunnen de leerlingen het aantal dieren dat op grond van de vage beschrijving in aanmerking komt, stap voor stap reduceren.

Het gegevensbestand bevat ook een uitvoerige beschrijving van ieder van de 128 dieren. Door het vergelijken van een, liefst beperkt, aantal uitvoerige beschrijvingen met de vage beschrijving kan de leerling uiteindelijk beslissen welk dier het gezochte is. Door het computercommando 'help' in te typen kunnen de leerlingen de beschikbare hulp aanroepen.

3.1.3 De hulp bij de fauna-zoektaak

Gezien het doel van het onderzoek – het meten van de behoefte van de leerling aan hulp – werd alleen hulp geboden als de leerling daar zelf expliciet om vroeg, en werd ook geen limiet gesteld aan het aantal keren dat de leerling om hulp mocht vragen.

Bij de faunazoektaak was het laten aansluiten van de hulp bij het stadium van het oplossingsproces geen groot probleem, omdat iedere handeling via de computer moest worden uitgevoerd. De computer hield dan ook

voor iedere opgave een leerlingspoor bij. Op het moment van de vraag om hulp werd nagegaan in welk van de (dertien) mogelijke situaties de leerling was aangeland en werd het bij die situatie passende hulpblok geactiveerd (voor een voorbeeld zie Tabel 1; voor een stroomschema van de taak zie De Leeuw, Van Daalen & Beishuizen, 1987a).

Tabel 1 *Hulpstappen op Vier Niveaus van Specificiteit binnen Hulpblok 1 van de Fauna Zoektaak*

-
- | | |
|-----|--|
| 1.0 | Lees de opgave goed.
Zoek een kenmerk van het dier uit de opgave. |
| 1.1 | Kies uit de kenmerkenlijst een passend kenmerk en maak daarmee een lijst. |
| 1.2 | Wat voor soort kleur heeft het dier uit de opgave;
Is het donker gekleurd,
of is het bont van kleur,
of is het licht van kleur?
Maak een lijst met het passende kenmerk. |
| 1.3 | In de opgave staat: <zin uit de opgave>
Zoek het bijpassende kenmerk in de kenmerkenlijst. |
| 1.4 | Het kenmerk dat past bij de kleur van het dier uit de opgave is: licht.
Maak een lijst met het kenmerk licht.
Geef hiervoor de computer de opdracht: zoek licht. |
-

Zoals in Tabel 1 te zien is, was er binnen ieder hulpblok sprake van een toenemende specificiteit. De hulp veranderde stapsgewijs van een betrekkelijk algemene aanwijzing tot het voorschrijven van een expliciet computercommando.

Bij de faunataak was geen sprake van een gedwongen reactie; de hulp had geen 'actieve' vorm. Daardoor was een directe controle op het effect van de hulp niet mogelijk. Voerde de leerling de gesuggereerde handeling meteen uit, dan ligt het voor de hand te constateren dat de hulp aansloeg, werd geassimileerd. Soms werd echter pas na enkele andere, vaak geen resultaat biedende, operaties overeenkomstig het advies gehandeld. Was dat dan het effect van de coaching of van de eigen inventiviteit van de leerling? Een hiermee verwant probleem is dat als de hulpaanwijzing pas in een later stadium werd opgevolgd, die hulp, door de gewijzigde stand van zaken, niet of niet helemaal passend meer was. Vergroting van de flexibiliteit van het programma is dan ook één van de doelen van het vervolgonderzoek.

Een mogelijkheid om de assimilatie van de hulp te controleren en te bevorderen is de leerling te dwingen tot het geven van het juiste antwoord op een deelprobleem. In de beschrijving van het tweede onderzoeksproject wordt nader op deze materie ingegaan.

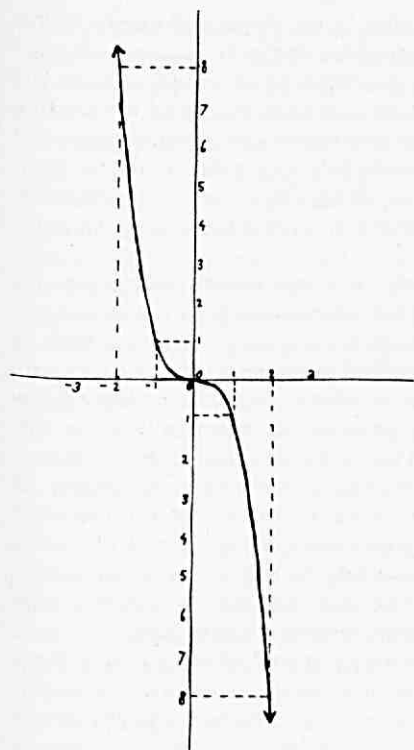
3.2 *De constructie en validering van een transfertest voor wiskunde-onderwijs met gebruikmaking van items met gefaseerde hulp (SVO-project 1128)*

3.2.1 *Achtergrond en opzet van het onderzoek*

In het kader van de effect-vergelijking van drie in het voortgezet onderwijs (havo/vwo) veel gebruikte wiskundemethoden, die wat betreft didactische opzet een verschillende plaats innemen ('Sigma', 'Getal en Ruimte' en 'Moderne Wiskunde'), wordt in dit onderzoek een bijzonder soort transfertest ontwikkeld. De drie methoden zouden vooral verschillen in de mate waarin zij bij het leren oplossen van vraagstukken een bepaalde aanpak op algoritmische wijze voorschrijven of de leerling alleen heuristische aanwijzingen (hem/haar daarmee enige vrijheid en initiatief verlenend) verschaffen. Uitgaande van de gedachte dat de effecten van de wiskundemethoden (gemeten aan het einde van het derde schooljaar en beperkt tot het leerstofonderdeel functies) niet alleen kunnen verschillen op beheersing van de geoefende leerstof maar onder meer ook op de mate waarin het geleerde op nieuwe, onbekende vraagstukken toegepast kan worden, is deze transfertest ontwikkeld.

Omdat de mogelijkheid bestaat dat ten gevolge van een bepaald soort wiskunde-onderwijs er wel een zeker potentieel aanwezig is om het geleerde op nieuwe opgaven toe te kunnen passen, maar dat dit niet sterk genoeg is om geheel nieuwe opgaven aan te kunnen, worden opgaven met gefaseerde hulp ontwikkeld. Dit maakt het mogelijk om het aanwezige leerpotentieel, de zone van naaste ontwikkeling (Vygotskij, 1964) te kunnen vaststellen. Om het leerpotentieel te kunnen kwantificeren, wordt een scoring toegepast, waarbij voor elke hulpstap een punt van de maximaal te behalen score wordt afgetrokken. Het onderzoek is uitvoerig beschreven in Meyer, Perrenet, Zeilemaker, De Leeuw, Groen, Kok en Van Blokland-Vogeleang (1985).

De wiskundemethoden verschillen in de mate van structurering die ze aanbrengen.



Figuur 1 Voorbeeld van een transfertestopgave met meerkeuze hints.

Hierboven is de grafiek van een functie f getekend. Probeer het voorschrift van f te vinden. (Waar pijlen staan loopt de grafiek wel door maar er was geen ruimte meer om te tekenen)

Hint 1

Als je naar de vorm van de grafiek kijkt, dan kun je zeggen:

- (*A) f is een constante functie of een eerstegraads functie
- (*B) f is een tweedegraads functie
- (*C) f is een ander soort functie
- (*D) ik weet het niet

Antwoord 1

C is het goede antwoord. Een constante functie en een eerstegraads functie hebben als grafiek een rechte lijn.

De grafiek van een tweedegraads functie ziet er zo uit: \cap of \cup :

Hint 2

Voor enkele originelen is de functiewaarde precies af te lezen:

- $f(+2) = -8$
- $f(+1) = -1$

$f(0) = 0$

$f(-1) = +1$

$f(-2) = +8$

Waarom is $g: x \rightarrow x^3$ niet de gezochte functie?

(*A) $f(x)$ is soms positief en soms negatief, maar x^3 kan nooit negatief zijn

(*B) $f(x)$ is soms positief en soms negatief, maar x^3 kan nooit positief zijn

(*C) het teken van $f(x)$ is steeds tegengesteld aan het teken van x , maar x^3 heeft altijd hetzelfde teken als x

(*D) ik weet het niet

Antwoord 2

C is het goede antwoord

$(-2)^3 = -2 \cdot -2 \cdot -2 = -8$; -2 en $(-2)^3$ hebben hetzelfde teken

$(+2)^3 = +2 \cdot +2 \cdot +2 = +8$; $+2$ en $(+2)^3$ hebben hetzelfde teken

Voor andere waarden van x gaat het net zo, dus x^3 heeft altijd hetzelfde teken als x en daarom kan $g: x \rightarrow x^3$ niet de gezochte functie zijn.

Daardoor kunnen ze interacties vertonen met relevante leerlingkenmerken als negatieve faalangst, prestatie-motivatie, veld(on)afhankelijkheid. Deze leerlingkenmerken worden tevens gemeten. Op deze wijze ontstaat binnen een quasi-experimentele opzet hetzelfde type design als in eerder onderzoek (De Leeuw, 1979, 1983) binnen een experimentele opzet aan de orde was. Aptitude-treatment interacties voor de verschillende effectmaten worden ook nu weer bestudeerd.

In Figuur 1 is een voorbeeld gegeven van een opgave uit de transfertest. In de leerstof zijn derde machten, eerstegraads en tweedegraads functies behandeld; gegeven de grafiek vraagt de opgave het voorschrift van een derdegraadsfunctie op te stellen.

3.2.2 De hulp bij de transfertestopgaven

Daar de opgaven met gefaseerde hulp geconstrueerd werden ten bate van toetsdoeleinden, waarbij de meting van het leerpotentieel aan de hand van de hoeveelheid geraadpleegde hulp van groot belang was, werd gebruik van de hulp aan de leerling zelf overgelaten.

Om aansluiting van de geboden hulp bij het in gang zijnde oplossingsproces te kunnen bewerkstelligen, kreeg de leerling enige controle over het gebruik van de hints. In de eerste versie van de transfertest werd in navolging van Trismen (1981, 1982) gewerkt met open einde hints. Er waren hoofdhints met algemene

aanwijzingen, elk gevolgd door follow-up hints met specificering beschikbaar. De leerling kon, als deze dacht geen toelichting nodig te hebben, zelf beslissen een follow-up hint over te slaan. Zo kon aftrek van extra punten voor irrelevante hints worden voorkomen.

Een probleem betreffende de aansluiting van de geboden hulp bij het in gang zijnde oplossingsproces is dat er bij opgaven vaak meerdere (gelijkwaardige) oplossingsmethoden mogelijk zijn. Om dit probleem te omzeilen werden de transferopgaven zodanig gekozen of geformuleerd dat een bepaalde methode voor de hand lag.

Ofschoon de hints gaandeweg wel iets specifischer worden, moge het duidelijk zijn, dat de informatie die in de hints wordt geboden steeds slechts een deel(stap) van de oplossing bevat. Hint 1 bevat, inclusief het antwoord erop, belangrijke primaire informatie die voor de oplossing nodig is. De afstand tussen de dan beschikbare informatie en de oplossing is ook hierna nog aanzienlijk. Hint 2 maakt de resterende kloof minder breed, maar ook na raadpleging van alle beschikbare informatie is het probleem niet opgelost.

Assimilatie van de geboden hulp kon bij de gebruikte vorm van open einde hints moeilijk worden geverifieerd; er werd immers geen respons van de leerling verlangd, zodat niet nagegaan kon worden of de leerling de hint had begrepen. Omdat bij de afname van de eerste versie van de transfertest gebleken was dat veel leerlingen er ondanks de geboden hulp niet uitkwamen, werd afgestapt van de 'passieve' hulpvorm.

In plaats daarvan werden hints als multiple choice vragen gepresenteerd en werd, afhankelijk van het gegeven antwoord, feedback gegeven. Elke hint telde vier alternatieven: het juiste antwoord, twee plausibele fouten en 'Ik weet het niet'; het laatste toegevoegd om raden te voorkomen. In het eerste geval wordt verondersteld dat de leerling de hint begreep en geen verdere uitleg nodig heeft. Hij/zij kreeg te horen dat het antwoord goed was en werd vervolgens aangespoord om opnieuw te proberen de opgave op te lossen. In de andere drie gevallen bestond de feedback uit de aanbieding van het juiste antwoord en de uitleg waarom dat juist is.

Omdat het in dit onderzoek ging om het meten van de wiskundecapaciteiten van de leerling, was het vragen om hulp niet vrijblij-

vend zoals in het eerste onderzoek. Bij het raadplegen van een hintvraag werd één punt van de maximale itemscore afgetrokken. Het ontvangen van uitleg (op grond van een fout gekozen alternatief) kostte nog een punt. Het te gemakzuchtig vragen om hulp werd ontraden door de leerling vooraf uit te leggen dat raadpleging van een hint 'strafpunten' opleverde.

Verificatie van de assimilatie van geboden hulp is hier alleen mogelijk na een correct antwoord op de hintvraag. Weliswaar blijft de mogelijkheid bestaan dat het goede antwoord geraden is, maar in de instructie was er duidelijk op gewezen dat raden zinloos zou zijn. Raden van het goede antwoord brengt immers ook het uitblijven van uitleg met zich mee. Of de uitleg na een fout antwoord wordt verwerkt en begrepen, is niet zonder meer vast te stellen. Als de leerling na hulp de oplossing van het vraagstuk vindt, dan is dit vermoedelijk, maar niet zeker, het gevolg van de hulp.

Er wordt op de eindoplossing geen feedback gegeven; deze kan dus fout zijn en blijven. Het kan dus voorkomen dat leerlingen ten onrechte van verdere hulpmogelijkheden geen gebruik maken. Als de leerling na hulp, en eventueel uitleg, verder om hulp vraagt, dan wil dat nog niet zeggen dat de betreffende hulp niet werd geassimileerd. Er blijft immers een afstand tussen de na Hint 1 (en uitleg) beschikbare informatie en de oplossingsstap die in Hint 2 wordt gepresenteerd.

Uit de resultaten van de proefafnamen van de transfertest is niet gebleken dat multiple choice hints (gedwongen response) effectiever zijn dan de open einde hints. In beide gevallen vonden leerlingen bij circa 16% van de opgaven na het raadplegen van hints alsnog het goede antwoord. Wel waren er bij de tweede proefafname minder multiple choice hints per opgave beschikbaar dan open einde hints bij de eerste proefafname.

De definitieve afname vond computerbestuurd plaats. In eerdere versies moesten de leerlingen papierstroken afritsen waaronder de hulp zichtbaar werd. Het essentiële verschil met de eerdere afnames school echter niet in dit technologische aspect, maar in het feit dat nu een 'actieve' vorm van hulp bieden (hier in multiple choice vorm) werd gehanteerd tegenover de eerdere 'passieve' vorm van hints verschaffen. Er trad een dramatische verhoging van de effectiviteit van de hints op: bij

38% van de opgaven werd nu na gebruik van de hints alsnog een goed antwoord gegeven. Dit is gedeeltelijk toe te schrijven aan het feit dat er bij de computerbestuurde afname meer hulp werd gebruikt (bij circa 68% van de opgaven) dan bij de pen-en-papier versie van de transfertest (bij circa 40% van de opgaven). De hulp bij de definitieve versie van de test leverde echter ook meer juiste eindantwoorden op (was effectiever). Bij de computerbestuurde afname werd in 55% van de gevallen waarbij hulp werd ingeroepen het goede antwoord gevonden; bij de pen-en-papier afname was dit 40%.

4 *Discussie*

De vraag is of de gesignaleerde problemen bevredigend lijken opgelost. Het antwoord dient te luiden: het ene probleem veel meer afdoende dan het andere. Zo is de vraag naar specificiteit van de benodigde hulp bevredigend opgelost door de specificiteit cumulatief te doen zijn. Het antwoord op de vraag hoe de assimilatie van de hulp te bevorderen lijkt te moeten worden gezocht in de richting van het aanbieden van een hint die door een te beantwoorden vraag (multiple choice of een eenvoudige open einde vorm) wordt gevolgd. De gevraagde beantwoording dwingt, of stimuleert althans, om de gegeven informatie te verwerken.

Een leerling zal echter niet tot assimilatie in staat zijn als de gegeven hulp misplaatst is, uitgaat van een verkeerd beeld van wat de leerling nu weet en welk overzicht deze heeft met betrekking tot zijn plaats in de probleemruimte. De beschreven werkwijze om de aansluiting te zoeken lijkt in onderzoek 1 beter geslaagd dan in onderzoek 2. In het laatste onderzoek is het, gezien het feit dat het om toetsopgaven gaat, niet mogelijk om deelstappen te registreren of een dialoog op te starten. Er kan slechts informatie worden aangereikt die betrekking heeft op deeloplossingen, die de leerling echter wellicht zelf al heeft gevonden. Daarom is het onvermijdelijk dat de eerste hulpstap, en zelfs de tweede, overbodig kan zijn.

In onderzoek 1 is de aansluiting minder problematisch omdat in de fauna-zoektaak de leerling noodgedwongen elke stap aan de computer moet mededelen. Toch blijkt uit de reacties van de leerlingen bij de fauna-zoek-

taak dat deze soms na verloop van tijd geen goed beeld meer hebben van waar ze zich in de probleemruimte bevinden. Als verschillende trefwoorden zijn gebruikt en enkele doorsnedes zijn gemaakt, wat betekent dat dan voor de leerling? Vragen als: Wat heb ik nu precies gedaan? Waar ben ik? Wat moet ik nog doen? kunnen de leerling door het hoofd spelen, deze kan het spoor bijster raken. Dit 'keeping track' (Frijda & Elshout, 1976; Newell & Simon, 1972; Bierman & Kamsteeg, 1985) probleem speelt in meer soorten probleemoplossingen van enige complexiteit; in dit soort taken is sprake van meerdere probleemtoestanden (modi), zoals: het lezen van de opgave, extractie van de gegevens, relateren van gegevens, combineren van gegevens, vinden van een oplossing, evalueren van de oplossing. Door de leerling informatie te geven over de toestand of status waarin deze werkzaam is geweest en zich op een zeker moment bevindt, kan dit 'keeping track' probleem worden verminderd. Bovendien kan te verstrekte procesinformatie (de handelingen die binnen een status zijn uitgevoerd) aan een goede beeldvorming over de stand van zaken bijdragen.

De informatie over de stand van zaken kan verbaal worden weergegeven; het visueel weergeven ervan kan belangrijke voordelen hebben. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van Venn-diagrammen om de gemaakte doorsnedes en het resultaat hiervan voor te stellen; deel-geheel schema's bij redactiesommen vormen een ander voorbeeld (Selz, 1922; Duncker, 1945; Huttenlocher, 1968; Lompscher, 1972).

In het sinds 1 mei 1986 lopende SVO-project "Grafische ondersteuning van het leren oplossen van problemen" (SVO nr. 6617) wordt het geven van statusinformatie binnen beide eerder genoemde taken beoogd en op effect vergeleken met de situatie waarbinnen deze informatie ontbreekt.

Een tweede factor in de onderzoeksopzet is het visueel of verbaal verschaffen van procesinformatie. Verder wordt in alle condities feedback en hulp geboden, zoals dat in de eerdere programmaversies het geval was.

Een probleem dat in zijn algemeenheid blijft bestaan is wanneer hulp te bieden. De vraag of dat gevraagd of ongevraagd plaats moet hebben speelde bij beide projecten geen grote rol. Gezien het testkarakter van de taken in beide projecten diende de leerling het initiatief te

nemen. Als het echter gaat om onderwijsprogramma's, dan is deze vraag minder eenduidig te beantwoorden.

Het gaat hierbij onder andere om de kwestie hoe te reageren als de leerling een fout maakt. Het verdient waarschijnlijk aanbeveling onderscheid te maken tussen 'syntactische' fouten als rekenfouten, vergissingen e.d. en 'semantische' fouten als een verkeerde strategiekeuze (zie Moran, 1981). Syntactische fouten zouden onmiddellijk en ongevraagd onder de aandacht van de leerling moeten worden gebracht, terwijl het oordeel over een semantische fout opgeschort moet worden tot de leerling met een oplossing van het (deel)probleem komt.

Hoe het onnodig en te gemakzuchtig om hulp vragen te voorkomen? Binnen onderzoeksproject 2 werd deze neiging ingedamd doordat elk verzoek om hulp een 'strafpunt' opleverde. In onderzoeksproject 1 was dit niet het geval. In het algemeen geldt dat als het gaat om het bieden van hulp in onderwijs-situaties, het onnodig vragen om hulp dient te worden afgeremd; er komt anders onvoldoende zelfstandig leren tot stand. Als hulp onder computerbesturing geboden wordt zijn mogelijke oplossingen: 1. de als hulp verschaft (deel)oplossingen laten verdwijnen van het scherm en deze door de leerling later (re)produceren; 2. de opgaven met hulp laten onderbreken door opgaven zonder hulp en 3. het vooraf stellen van een beheersingscriterium waaraan na afloop dient te worden voldaan.

Een vraag die nog niet aan de orde was is hoe de gegevens over de door de leerling benodigde hulp en over het effect van de geboden hulp gebruikt kunnen worden voor diagnostische doeleinden. Eén van de diagnostische mogelijkheden van programma's waarbij systematisch hulp wordt geboden, is het vaststellen van het leerpotentieel van leerlingen aan de hand van de afname van de behoefte aan hulp over een reeks van opgaven (Brown & Ferrara, 1985). Andere diagnostische aspecten zijn: indicaties over karakteristieke moeilijkheden die leerlingen bij een bepaald type probleem ondervinden (vgl. Feuerstein et al., 1979) en het effect dat het bieden van hulp hierop heeft. Dit soort diagnostische informatie kan voor predictieve doeleinden worden gebruikt, maar kan ook de basis vormen voor aanwijzingen aan leerkrachten hoe leerlingen gedifferentieerd te benaderen. Dit soort aspecten heeft

onze onderzoeksinteresse.

Literatuur

- Beishuizen, J. J., *Leren opzoeken van informatie*. 's-Gravenhage: Stichting voor Onderzoek van het Onderwijs (S.V.O.), 1986.
- Bierman, D. J. & P. A. Kamsteeg, Ontwikkeling en problemen van kennisgestructureerde onderwijs-systemen. In: H. J. Breimer & E. J. W. M. van Hees (Red.), *Technologie in het onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 1985.
- Brown, A. L. & L. A. French, The zone of potential development: Implications for intelligence testing in the year 2000. *Intelligence*, 1979, 3, 225-273.
- Brown, A. L. & R. A. Ferrara, Diagnosing zones of proximal development. In: J. Wertsch (Ed.), *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives*, New York: Academic Press, 1982.
- Burton, R. R. & J. S. Brown, An investigation of computer coaching for informal learning activities. In: S. Sleeman & J. S. Brown (eds.), *Intelligent tutoring systems*. London: Academic Press, 1982.
- Daalen, H. van, L. de Leeuw & J. J. Beishuizen, Het meten van de behoefte aan hulp tijdens het leerproces. In: A. R. Reints & P. Span (Red.), *Differentiatie in het Onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 1987.
- Daalen, H. van, *Which animal is that? Experiences with an unobtrusive coach*. Paper for the Second International Conference and Exhibition on 'Children in the Information Age: opportunities for Creativity, Innovation and New Activities', Sofia, Bulgaria, May 19-23, 1987.
- Duncker, K., On problem solving. *Psychological Monographs*, 1945, 270.
- Feuerstein, R., Y. Rand & M. B. Hoffman, *The dynamic assessment of retarded performers: The Learning Potential Assessment Device, theory, instruments and techniques*. Baltimore: University Park Press, 1979.
- Frijda, N. H. & J. J. Elshout, Probleemoplossen en denken. In: J. A. Michon, E. G. J. Eijkman & L. F. W. de Klerk (Red.), *Handboek der Psychonomie*. Deventer: Van Loghum Slaterus, 1976.
- Hermans, H. J. M., *Prestatiemotief en faalangst in gezin en onderwijs*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger, 1971.
- Huttenlocher, J., Constructing spatial images: a strategy in reasoning. *Psychological Review*, 1968, 75, 550-560.
- Kimball, R., A self-improving tutor for symbolic integration. In: D. Sleeman & J. S. Brown (Eds.), *Intelligent tutoring systems*. London: Academic Press, 1982.
- Leeuw, L. de, *Leren probleemoplossen*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 1979.

- Leeuw, L. de & J. A. Feij, Veldafhankelijkheid-Veldonafhankelijkheid. Een relevant persoonskenmerk in onderwijsleersituaties? *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, 1981, 36, 327-340.
- Leeuw, L. de, Teaching problem solving: An ATI study of the effects of teaching algorithmic and heuristic solution methods. *Instructional Science*, 1983, 12, 1-48.
- Leeuw, L. de, H. van Daalen & J. J. Beishuizen, The construction and use of a computer based Learning Process Test. In: S. Newstead & P. Dann (Eds.), *Computer based human assessment; case studies in test use and construction*. Dordrecht: Nijhoff, 1987a.
- Leeuw, L. de, H. van Daalen & J. J. Beishuizen, Problem solving and individual differences: adaptation to and assessment of student characteristics by computer based instruction. In: E. de Corte, J. G. L. C. Lodewijks, R. Parmentier & P. Span (Eds.), *Learning and instruction*. Oxford/Leuven: Pergamon Press/Leuven University Press, 1987b.
- Lompscher, J. (Ed.), *Probleme der Ausbildung geistiger Handlungen*. Berlin: Volkdeigener Verlag, 1972.
- Meyer, J., J. Chr. Perrenet, C. W. Zeillemaker, L. de Leeuw, W. E. Groen, D. Kok & A. W. van Blokland-Vogelesang, A transfer test for mathematics, containing items with cumulative hints. In: L. Streefland (Ed.), *Proceedings of the Ninth Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. I)*. Utrecht: University of Utrecht, 1985.
- Moran, T. P., The Command Language Grammar: a representation for the user interface of interactive computer systems. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1981, 15, 3-50.
- Newell, A. & H. A. Simon, *Human problem solving*. Englewood Cliffs: Prentice Hall Inc., 1972.
- Polya, G., *How to solve it*. Princeton: Princeton University Press, 1942.
- Selz, O., *Zur Psychologie des produktiven Denkens und des Irrtums*. Bonn: Friedrich Cohen, 1922.
- Selz, O., Versuche zur Hebung des Intelligenzniveaus. *Zeitschrift für Psychologie*, 1935, 134, 236-301.
- Trismen, D. A., *The development and administration of a set of mathematics items with hints* (Research Report). Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1981.
- Trismen, D. A., *Mathematics items with hints* (Research Report). Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1982.
- Vygotskij, L. S., *Denken und Sprechen*. Berlin: Akademie-Verlag, 1964.

Curricula vitae

L. de Leeuw (zie p. 333).

Adres: Vrije Universiteit, Provisorium I-C111, Postbus 7161, 1007 MC Amsterdam.

J. J. Beishuizen studeerde psychologie aan de V.U. Promoveerde in 1986 op onderzoek naar de manier waarop 14- en 15-jarigen informatie verzamelen in een grote gegevensverzameling. Is als universitair docent werkzaam bij de Vakgroep Functieeler en Methodenleer van de V.U. en is projectleider van het E.C.H.O.-project en van Proefstation West Nederland.

H. van Daalen studeerde psychologie aan de U.v.A. Is sinds 1981 werkzaam als wetenschappelijk onderzoeker bij de Vakgroep Functieeler en Methodenleer van de V.U. Doet onderzoek naar het bieden van hulp aan basisschoolleerlingen tijdens het leren oplossen van problemen.

J. Meyer studeerde psychologie aan de U.v.A. Was tussen 1982 en 1986 werkzaam bij de Stichting Centrum voor Onderwijsonderzoek van de U.v.A. Vanaf 1984 werkzaam als wetenschappelijk onderzoeker bij de Vakgroep Functieeler en Methodenleer van de V.U. Doet onderzoek naar het leren oplossen van wiskunde problemen door leerlingen van het voortgezet onderwijs.

J. Chr. Perrenet studeerde wis- en natuurkunde aan de R.U.U. en psychologie aan de U.v.A. Was van 1984 tot 1987 werkzaam als wetenschappelijk onderzoeker bij de Vakgroep Functieeler en Methodenleer van de V.U. Is nu verbonden als wetenschappelijk medewerker op het gebied van de wiskunde-didactiek aan de Vakgroep Onderwijskunde van de R.U.U.

Manuscript aanvaard 11-6-'87

Summary

Leeuw, L. de, J. J. Beishuizen, H. van Daalen, J. Meyer & J. Chr. Perrenet. 'Providing help during computer aided problem solving; issues and possible solutions.' *Pedagogische Studiën*, 1987, 64, 354-363.

An important function of educational programs is providing help to students who get stuck while solving a problem, in order to break the deadlock. A number of issues concerning the provision of help, and the principles and strategies for solutions to the raised problems are discussed. Two research projects are discussed to illustrate possible ways to offer help. The conclusion is that not all the problems have yet been solved satisfactorily.