

Effecten van een didactische interventie bij het leren in kleine groepen in de basisvorming

Dirk J. Hoek, Jan Terwel, Bernadette H.A.M. van Hout-Wolters

Samenvatting

Dit artikel beschrijft een onderzoeksproject met daarin aparte studies naar het effect van een speciale didactische aanpak, gericht op de verwerving van cognitieve en sociale strategieën bij het leren oplossen van wiskundige problemen in kleine groepen in de basisvorming. De vraagstelling voor het onderzoek is: wat is het effect van een speciale instructie en begeleiding gericht op de verwerving van sociale en cognitieve strategieën op de leerwinst van zwakke en sterke leerlingen bij het leren in kleine groepen?

De eerste studie betrof een vergelijking van drie programma's: (1) sociaal, met een didactische interventie gericht op het proces van samenwerken (2) cognitief, met een didactische interventie gericht op het proces van het probleemoplossen en (3) een controleprogramma dat in grote lijnen identiek was maar waarin de interventie niet werd gerealiseerd.

In dit onderzoek is een quasi-experimenteel design gehanteerd: het betreft het 'voortoets-natoets design met een controle groep' waarin drie didactische arrangementen worden vergeleken.

De interventies hebben het beoogde effect opgeleverd. Over het geheel genomen is de leerwinst van de leerlingen in de experimentele programma's groter dan de leerwinst van de leerlingen in het controleprogramma. Die conclusie geldt in het bijzonder voor de zwakke leerlingen.

De tweede studie betrof een vergelijking van een experimenteel programma met een combinatie van de twee didactische interventies van de eerste studie, waarbij extra aandacht werd gegeven aan zwakke leerlingen, en een controleprogramma dat qua wiskundige inhoud identiek was maar waarin de interventie niet werd gerealiseerd.

Het betreft een quasi-experimenteel onderzoek, het betreft het 'voortoets-natoets design

met een controle groep', waarin twee didactische arrangementen worden vergeleken.

Uit het onderzoek blijkt dat de interventie het beoogde effect heeft opgeleverd. Over het geheel genomen is de leerwinst van de leerlingen in de experimentele programma's groter dan de leerwinst van de leerlingen in het controleprogramma. Echter de leerwinst van zwakke leerlingen in beide programma's is gelijk.

Het verschil voor wat betreft de effecten voor de zwakke leerlingen van beide studies wordt in detail besproken. Twee belangrijke componenten worden voor de verschillen aangevoerd: cognitive overload in combinatie met de praktijk van homogene niveaugroepen tijdens een fase van het onderwijs. De diametrale effecten van het verarmen van de leeromgeving voor de zwakke leerlingen (als een consequentie van de homogenisering) en hun gevoeligheid voor cognitive overload lijken de voornaamste redenen voor het niet profiteren van het programma, dat werd aangeboden in de tweede studie, door deze groep leerlingen.

Inleiding

Het leren oplossen van problemen in contexten uit het dagelijks leven is een belangrijke doelstelling, van de basisvorming in de exacte vakken. Er zijn verschillende manieren om deze doelstelling te bereiken. Het samenwerken in kleine groepen is daar één van. Als leerlingen in kleine groepen samenwerken bij het oplossen van wiskundige problemen kunnen zij elkaar helpen om tot een beter begrip en een dieper inzicht te komen. Er zijn echter aanwijzingen dat zwakke en sterke leerlingen op verschillende wijze aan het groepswork deelnemen en mede daardoor in verschillende mate van het leren in kleine groepen profiteren. Zwakke leerlingen lijken minder profijt te hebben van het groepswork dan sterke leerlingen: wij spreken hier van een 'differentieel effect'.

Twee theoretische perspectieven kunnen worden gebruikt ter verklaring van het differentiële effect. Vanuit een verkenning van de literatuur kwam de vraag op hoe het onderwijs leerlingen kan toerusten opdat zij leren wiskundige problemen op te lossen in coöperatieve groepen. Deze vraag is relevant mede gelet op de uitkomsten van de evaluatie van de basisvorming. De invoering van de basisvorming verloopt minder succesvol dan velen hadden gehoopt (vgl. Roelofs & Terwel, 1999; Roelofs & Houtveen, 1999).

Dit artikel is als volgt opgebouwd. Eerst geven we een korte beschrijving van de theoretische perspectieven, gevolgd door een beschrijving van effecten van succesvolle trainingsprogramma's. Vervolgens wordt de onderzoeksvraag geformuleerd en worden de twee studies beschreven die zijn opgezet om de onderzoeksvraag te beantwoorden. We besluiten dit artikel met enkele conclusies en bespreken de implicaties hiervan met het oog op vervolgonderzoek en de onderwijspraktijk.

Twee perspectieven ten aanzien van het differentiële effect

Er zijn tenminste twee theoretische perspectieven ter verklaring van differentiële effecten: een sociaal perspectief en een cognitief perspectief. In beide perspectieven speelt het motief 'toegankelijkheid' een belangrijke rol. Het leren in kleine groepen bevordert de uitwisseling van ideeën (resource sharing). De vraag is echter of in dit proces alle leerlingen toegang hebben tot de hulpbronnen (access to resources) (Cohen & Lotan, 1995; Prawat, 1989). Bij 'hulpbronnen' is onder meer te denken aan kennis en sociale steun.

Vanuit het sociale perspectief is te verklaren dat leerlingen in heterogene groepen verschillende mogelijkheden hebben om gebruik te maken van hulpbronnen. Leerlingen worden in de klas vooral gewaardeerd op basis van kennis. Zo ontstaan statusverschillen tussen leerlingen. Deze verschillen hebben tot gevolg dat zwakke leerlingen minder deelnemen aan de interactie in de kleine groep. Zwakke leerlingen hebben daardoor minder toegang tot de hulpbronnen die in de groep aanwezig zijn. Dit alles leidt tot minder goede leeruitkomsten

(Cohen & Lotan, 1995). Niet alleen de mate van participatie is van belang, ook de inhoud en de manier van interactie hebben invloed op het leerresultaat van de zwakke leerlingen in groepen. Leerlingen leren het meest als zij uitgebreide hulp krijgen van hun groepsleden. Uitgebreide uitleg geeft leerlingen de mogelijkheid hun kennisbasis te reconstrueren. Beperkte hulp, zoals het verstrekken van het antwoord op een probleem, heeft doorgaans weinig effect. Verschillen tussen leerlingen (in status en participatie) zijn vanuit het sociale perspectief gezien primair een probleem van de groep. Oplossingen worden daarom ook in het groepsfunctioneren gezocht. Vanuit het sociale perspectief kan het leren bevorderd worden door de participatie in de kleine groep te stimuleren en te verbeteren. Men kan de patronen van interactie beïnvloeden door groepen leerlingen te leren hoe zij kunnen samenwerken. Daarbij is onder meer te denken aan vaardigheden zoals luisteren, uitleggen, feedback geven etc. Trainingen die vanuit het sociale perspectief zijn opgezet zijn er op gericht dat alle leerlingen meedoen en toegang krijgen tot de hulpbronnen (Cohen & Lotan, 1995; Webb, 1989, 1991, 1995).

Vanuit het cognitieve perspectief is ook te verklaren waarom zwakke leerlingen minder van groepswerk profiteren. Zij beschikken niet over voldoende voorkennis (declaratief, procedureel en strategisch) om actief aan het oplossingsproces deel te kunnen nemen. Het vraagstuk van de toegankelijkheid verschijnt in het cognitieve perspectief dus primair als een individueel probleem, namelijk als een gebrek aan voorkennis van de leerling. Daardoor zijn zwakke leerlingen niet altijd in staat om te begrijpen welke strategieën sterke leerlingen gebruiken en waarom ze dat doen. Daarentegen slagen sterke leerlingen er niet altijd in om hun aanpak uit te leggen aan de zwakke leerlingen.

Wie vanuit het cognitieve perspectief vertrekt zoekt de oplossing niet primair op het niveau van de groep, maar in de individuele kennisbasis van leerlingen. Dit uitgangspunt impliceert dat het leren gestimuleerd kan worden door leerlingen cognitieve strategieën aan te reiken. Ook moeten leerlingen leren om deze strategieën te gebruiken in probleemsituaties. De instructie is er op gericht leerlingen te leren problemen op te lossen door gebruik te maken

van strategieën voor modellering, planning, procesbewaking, controle en revisie. Dit type instructie is het meest effectief als het ingebed is in de context van het schoolcurriculum (Hattie, Biggs & Purdie, 1996). Strategieën moeten gekoppeld worden aan de domeinspecifieke kennis en aan kennis opgedaan in het dagelijks leven. Vaardigheden om een voorstelling (model) van de probleemsituatie te maken zijn essentieel bij het tot stand brengen van een brug tussen de ervaring van de leerling en de domeinspecifieke kennis. Bij zulke vaardigheden is te denken aan het maken van een representatie of model van de probleemsituatie, bijvoorbeeld in de vorm van een verbale beschrijving, een grafiek, een tabel, een formule of een algebraïsche vergelijking. Voor het kunnen oplossen van problemen is het van belang dat leerlingen leren flexibel gebruik te maken van de verschillende vormen van representatie. Het snel en met inzicht kunnen wisselen en transformeren van bijvoorbeeld een grafiek naar een vergelijking is essentieel voor het probleemoplossingsproces. Daarnaast bieden deze representaties de mogelijkheid om beter te kunnen communiceren met de leerkracht en de klasgenoten. Bij het representatieproces speelt reflectie een belangrijke rol (Ausubel, 1968; Brenner, Mayer, Moseley, Brar, Dúran, Smith Reed & Webb, 1997; Chinnappan & Lawson, 1996; de Corte & Verschaffel, 1988; Greer, 1997; Prawat, 1989; Resnick, 1989; Schoenfeld, 1985, 1992).

Geconcludeerd kan worden dat het sociale en het cognitieve perspectief complementair zijn bij het verklaren van het differentiële effect voor zwakke en sterke leerlingen bij het leren in coöperatieve groepen. Verschillende sociale en cognitieve factoren vormen een obstakel voor zwakke leerlingen. Daardoor nemen de verschillen in leeruitkomsten tussen zwakke en sterke leerlingen toe. Uit de genoemde literatuur blijkt echter dat groepen kunnen leren effectief te functioneren. Klassen en groepen kunnen leren gebruik te maken van sociale strategieën. Bovendien blijkt dat leerlingen onderwezen kunnen worden in het gebruik van cognitieve strategieën bij het probleemoplossen. De grote vraag is echter in hoeverre zwakke leerlingen hiervan profiteren.

Effecten van instructie

Uit de literatuur over instructie van sociale en cognitieve strategieën blijkt dat hiervan positieve effecten verwacht kunnen worden (Gillies & Ashman, 1996). Hattie e.a. (1996) deden een meta-analyse over 51 verschillende onderzoeken waarin leerlingen getraind werden om meta-cognitieve vaardigheden en strategieën te gebruiken, zoals: reflectie van wanneer, hoe en waarom een bepaalde strategie gebruikt wordt. In het algemeen vonden zij positieve effecten. Alhoewel onderzoekers aangeven dat zwakke leerlingen minder van de instructie voor het gebruik van meta-cognitieve strategieën profiteren, zijn er een aantal uitzonderingen (Hattie e.a., 1996). In een experimenteel onderzoek, waarin leerlingen getraind werden in het gebruik van probleemoplossingsstrategieën, vonden Chinappan en Lawson (1996) positieve effecten voor zowel zwakke als sterke leerlingen. Op basis van deze analyse lijkt het aannemelijk dat het trainen van leerlingen om sociale of cognitieve strategieën te leren gebruiken positief resultaat zal opleveren. Het is echter belangrijk om het differentiële effect voor de zwakke en sterke leerlingen nader te bestuderen vooral als de genoemde strategieën worden aangeleerd in de context van coöperatieve groepen.

Elementen van succesvolle instructie

Het doel van dit onderzoek was leerlingen te instrueren strategieën te gebruiken bij het gezamenlijk probleemoplossen en te reflecteren op de oplossing als ze het probleem opgelost hebben. Dit betekent dat leerlingen getraind en begeleid moeten worden in het gebruik van sociale en cognitieve strategieën. Welke elementen zijn belangrijk bij zo'n instructie?

Volgens Schoenfeld (1985) moet zo'n instructie in het begin nauwkeurige en directe begeleiding inhouden, gaandeweg neemt dit af (afbouw van de instructie en begeleiding). Schoenfeld stelt dat een goede docent de leerling gedurende het begeleiden hun pogingen om een probleem op te lossen kan ondersteunen door bijvoorbeeld de volgende vragen te stellen:

- Wat ben je precies aan het doen? Kun je dat zo goed mogelijk uitleggen?

- Waarom doe je dit? Helpt het bij het vinden van een oplossing?
- Hoe helpt het je? Wat zal je gaan doen met de oplossing als je die vindt?

In de meta-analyse concluderen Hattie e.a. (1996) dat de beste resultaten bereikt worden als de instructie meta-cognitief is en als deze motivationeel en contextueel ondersteund wordt. Dit betekent dat de leerlingen de strategie moeten leren en begrijpen. Hattie e.a. (1996) stellen voor om programma's te ontwikkelen die (a) ontwikkeld zijn in de context van het vak, (b) hetzelfde type van opdrachten/problemen gebruiken als toets, (c) een beroep doen op activiteiten van de leerling en (d) bewustzijn op meta-cognitief niveau bevorderen. Het moet de leerlingen duidelijk worden wat de strategie precies inhoudt en waarom deze wordt gebruikt.

Succesvolle elementen uit programma's die vanuit het sociale perspectief zijn opgezet betreffen trainingen in het leren naar elkaar te luisteren, elkaars perspectief over te nemen, leiding te geven aan de discussie etcetera. Daarbij moet speciaal aandacht besteed worden aan de uitleg die sterke leerlingen geven. Overigens blijkt dat het voor leraren niet eenvoudig is om op adequate wijze te reageren op statusverschillen in de klas (Cohen, 1986, 1994; Webb, 1989; Webb & Farivar, 1994; Perrenet & Terwel, 1997).

In het door ons uitgevoerde onderzoek zijn verschillende experimentele programma's ontwikkeld waarin leerlingen werden onderwezen in het gebruik van sociale en/of cognitieve strategieën. Hierbij werd de volgende onderzoeksvraag geformuleerd.

Onderzoeksvraag en hypothesen

Het onderzoek is gericht op het effect van een interventie. De vraagstelling voor het onderzoek is: wat is het effect van een speciale instructie en begeleiding gericht op de verwerking van sociale en cognitieve strategieën op de leerwinst van zwakke en sterke leerlingen bij het leren in kleine groepen?

Op grond van theorievorming en empirisch onderzoek zoals in het voorgaande gepresen-

teerd, is te verwachten dat er een differentieel effect zal optreden. Sterkere leerlingen zullen naar verwachting meer van het onderwijs (in casu het groepswerk) profiteren dan zwakkere leerlingen (Good, Mulryan & McCaslin, 1992; Dar & Resh, 1994; Terwel, 1994, 1997). Deze verwachting geldt in principe voor alle onderwijsprogramma's, omdat groepswerk in alle programma's deel uit maakt van het didactisch arrangement.

Programma hypothese

We verwachten dat de interventie (een speciale instructie en begeleiding gericht op de verwerking van sociale en cognitieve strategieën) over het geheel gezien een positief effect heeft op de leerresultaten. Leerlingen in het experimentele programma zullen betere resultaten behalen dan leerlingen in het controleprogramma.

Differentiële effecthypothese

Ten tweede is te verwachten dat er een progressieve stijging van de leerwinst zal optreden. Dat wil zeggen dat sterkere leerlingen meer winnen per score-eenheid op de voortoets dan de zwakkere leerlingen. We verwachten dus een curvi-lineair verband tussen voortoets en de natoets. Dit verband is een operationele omschrijving van het 'Matthéüs effect' (Terwel, 1994).

Remediërings-hypothese

In de didactische interventie wordt extra aandacht besteed aan zwakke leerlingen. Op grond hiervan is te verwachten dat de zwakke leerlingen in het experimentele programma meer zullen profiteren dan de zwakke leerlingen in het controleprogramma. In de experimentele groep wordt op grond van de remediërende instructie en begeleiding een afzwakking van het differentieel effect ('Matthéüs effect') verwacht.

Deze hypothesen zullen worden getoetst in een multilevel model. Daarbij wordt gecontroleerd voor het individuele effect van de voortoets score op de natoets score. In de analyse is er voor gekozen om de totale groep leerlingen niet te splitsen in drie afzonderlijke categorieën, 'zwak', 'middelmatig' en 'sterk', op grond van de score op de voortoets. Als er wordt gesproken over zwakke en sterke leerlingen betreft het dus geen strikt afgebakende

categorieën maar een continue variabele. Voor een verantwoording van deze keuze: zie de paragraaf over het model in de multilevel analyse.

De eerste studie

De eerste studie onderzoekt de effecten van instructie in het gebruik van sociale of cognitieve strategieën. Hierbij is in het bijzonder gekeken naar de effecten die deze instructie had op de leerresultaten van zwakke en sterke leerlingen. Voor dit onderzoek zijn de effecten van drie programma's vergeleken: (1) een sociaal programma, waarin leerlingen werden onderwezen in het effectief samenwerken in kleine groepen, (2) een cognitief programma, waarin leerlingen onderwijs kregen in het gebruik van strategieën voor het oplossen van wiskundige problemen en (3) een controleprogramma, waarbij leerlingen werd gevraagd om in kleine groepen samen te werken bij het oplossen van de vraagstukken, zonder expliciete training in sociale of cognitieve strategieën.

Er is in alle drie programma's gebruik gemaakt van een combinatie van verschillende werkvormen dat wil zeggen: klassikale instructie, werken in kleine heterogene groepen en individueel werken.

Methode

Deelnemers

De verzameling van de gegevens in de eerste studie vond plaats in het voorjaar van 1994. In totaal namen 511 leerlingen in 21 klassen van 2 scholen deel aan het experiment. Er werden twee scholen bereid gevonden deel te nemen aan het onderzoek. Leraren en klassen werden zoveel mogelijk aselekt toegewezen aan de programma's. De twee programma's werden binnen beide scholen gerealiseerd om eventuele schooleffecten te neutraliseren. Het onderzoek strekte zich uit over 5 lesweken en is uitgevoerd in het eerste leerjaar van het voortgezet onderwijs (basisvorming) bij het vak wiskunde. De samenstelling van de klassen op beide scholen is heterogeen voor wat betreft het eerste cursusjaar.

Onderzoeksontwerp

In dit onderzoek is een quasi-experimenteel design gehanteerd. Het betreft het 'voortoets-natoets design met een controle groep' (Cook & Campbell, 1981), waarin drie didactische arrangementen worden vergeleken.

Metingen

Voor en na de interventie werd een identieke toets voor wiskundig redeneren afgenomen. Deze toets bestaat uit twee subschalen van een bestaand instrument, het 'Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung', hierna afgekort met PSB (Horn, 1969). De subschalen Figurenreeks (subschaal 3) en Letter- en Cijferreeks (subschaal 4), bestaan elk uit 40 non-verbale items, die in moeilijkheid opklimmen. De instructie voor afname van deze toets is overgenomen uit Herfs, Mertens, Perrenet en Terwel (1991, blz. 160 en 162). De subschalen nummer 3 en 4 zijn gebruikt omdat ze volgens Horn (1969) hoog laden op 'general reasoning', één van de hoofdfactoren uit het 'Structure of Intelligence-model' (Guilford, 1967). De keuze voor deze toets impliceert dat effecten in termen van 'verlegen transfer' zijn te beschouwen. Een voordeel is dat de didactische interventie geen specifieke voorbereiding op de eindtoets betekent. 'Teaching to the test' is een veel voorkomend probleem bij interventie onderzoek, maar doet zich in ons onderzoek dus niet voor. De beperking van dit instrument (PSB) is echter dat de specifieke wiskundige inhouden niet worden gedekt. De alpha coëfficiënt voor de voortoets en de natoets wiskundig redeneren (PSB) was voor beiden 0,81 respectievelijk 0,71.

Procedure en materialen

Het experimentele programma is gebaseerd op de ideeën en onderzoeken van Cohen (1994), Polya (1957), Resnick (1989), Riemersma (1991), Schoenfeld (1992), Van Streun (1989), Perrenet (1994) en Webb (1989, 1991, 1995). De leerlingen ontvingen aanwijzingen voor het effectief samenwerken en oplossen van wiskundige problemen. Het belangrijkste doel was het leren gebruiken van strategieën voor het groepswork en het oplossen van problemen. Bij het ontwerpen van het experimentele programma is gebruik gemaakt van het 'cognitive-apprenticeship-model' (Collins, Brown &

Newman, 1989) en het probleemoplossings-schema van Van Streun (1989). De gebruikte methoden zijn: modellering, begeleiding, benadrukking en reflectie. Deze methoden passen goed in het beschreven didactisch arrangement.

Voor het ontwerpen van het didactisch arrangement (i.c. de werkvormen) is het model Adaptief Groepsonderwijs (het AGO-model) als uitgangspunt gekozen. Dit model bestaat uit verschillende fasen:

1. Klassikale introductie
2. Samenwerken in kleine heterogene groepen aan de kern
3. Diagnostische toets
4. Alternatieve leerwegen:
 - individueel werken in kleine (heterogene) groepen
 - instructie en begeleiding door de leraar in de homogene (remediale) groep
5. Individueel werken op eigen niveau in heterogene groepen met wederzijdse hulp.
6. Klassikale reflectie en vooruitblik.
7. Eindtoets.

Dit model is in beide programma's als *uitgangspunt* genomen. Er zijn echter in beide programma's belangrijke *modificaties* toegepast. De aanpassingen in het experimentele programma betreffen in het bijzonder fasen 4 en 5. Na de diagnostische toets werden de leerlingen in homogene groepen naar niveau ingedeeld: zwak, middelmatig en sterk. In fase 4 en 5 werkten de leerlingen in deze homogene groepen aan opgaven op hun niveau, onder begeleiding van de docent. De 'alternatieve leerwegen' werden voortgezet in fase 5: de leerlingen in de zwakke groepen kregen extra begeleiding van de leraar, terwijl de andere leerlingen in hun niveaugroep zelfstandig verder werkten aan opgaven op hun niveau, met de mogelijkheid van wederzijdse hulp. Deze aanpassingen vonden plaats met het oog op (1) de wensen van de docenten voor meer permanente (overzichtelijke) homogene subgroepen en (2) de daarmee verbonden praktische uitvoerbaarheid van het onderzoek. De belangrijkste aanpassing betreft dus de instelling van *homogene* groepen in fase 4 en 5. In het oorspronkelijke AGO-model werd in fase 4 en 5 de *heterogeniteit van de kleine groepen gehandhaafd zoals in fase 2*. Daar werden in fase 4b de zwakke leerlingen slechts tijdelijk uit hun hete-

rogene groep gehaald voor remediërende instructie door de leraar, waarna zij weer teruggingen naar hun eigen heterogene groep om zelfstandig op eigen niveau verder te werken met de mogelijkheid van wederzijdse hulp.

In het controleprogramma werd in fase 4 eveneens in homogene niveau groepen gewerkt, echter zonder de speciale, remediërende hulp van de leraar in de laagste niveaugroep. Ook ontvingen deze docenten en leerlingen geen speciale training.

De docenten en leerling training

Voorafgaand aan het experiment kregen *alle* docenten (in alle programma's) een korte training in het werken met kleine groepen en een oriëntatie op het didactisch arrangement en het bijbehorende lesmateriaal. De inhoud en duur van deze 'basistraining' waren gelijk voor alle programma's en betrof één bijeenkomst van ongeveer 3 uur. Daarnaast werd alle docenten gevraagd een algemene handleiding te lezen en het lesmateriaal te bestuderen. Exclusief voor de experimentele docenten was er een tweede bijeenkomst met bijbehorend schriftelijk materiaal in de vorm van een specifieke handleiding. Gedurende deze training oefenden de experimentele docenten de training die ze aan de leerlingen moesten geven. In verband met de ruimte in dit tijdschrift geven we alleen een deel van de training van het cognitieve programma weer, voor de sociale training verwijzen we naar Hoek (1998).

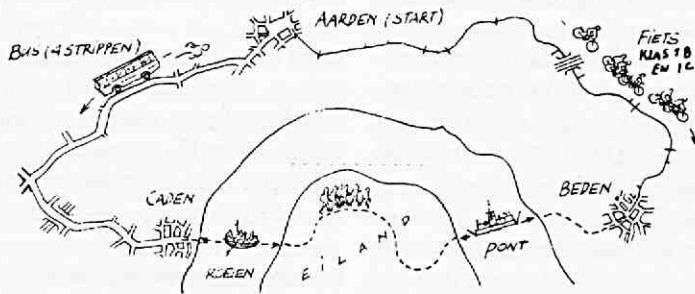
Gedurende de eerste les van het cognitieve programma ontvingen de leerlingen een expliciete training in het probleemoplossen van hun docent. We lichten dit toe aan de hand van een vraagstuk uit de methode 'Wiskunde Lijn' dat in de training aan de leerlingen werd voorgelegd (zie Figuur 1).

Voor het oplossen van het probleem in Figuur 1 is het noodzakelijk om een adequate voorstelling van het probleem op te bouwen en subdoelen te hanteren terwijl het einddoel in de gaten wordt gehouden (means-end analysis). De leerlingen werden aan de hand van concrete opgaven vertrouwd gemaakt met een heuristisch voor het oplossen van wiskundige problemen (Van Streun, 1989, 1994) en met cognitieve activiteiten als oriënteren, representeren en

Voor de vier brugklassen wordt in de laatste schoolweek een fiets-, wandel-, roei- en bustocht georganiseerd. De klassen bestaan uit:

1A 28 leerlingen, 1B 30 leerlingen, 1C 27 leerlingen, 1D 29 leerlingen

Deze tocht ziet er als volgt uit:



Klassen 1B en 1C fietsen, met eigen fietsen, van Aarden naar Beden. Vanuit Beden lopen ze naar de pont. Op het eiland moeten ze ook lopen. Aan de andere kant liggen de roeiboten (gebracht door de andere klas) klaar. Ze roeien naar Caden, waar ze met de bus weer terug gaan naar Aarden. De andere twee klassen leggen de route af in tegengestelde richting.

Kosten:

- | | |
|----------------------------------|---------|
| - pont per persoon | f 1,25 |
| - roeiboot 6 personen per dag | f 45,00 |
| - bus 15 strippen kaart per stuk | f 11,20 |
| - ijsco per stuk | f 0,90 |
| - fles frisdrank per stuk | f 1,50 |

Bereken de kosten van deze toerdatum per persoon.

Figuur 1: Probleem gebruikt gedurende de training voor de cognitieve vaardigheden

reflecteren. Na een afsluitende discussie maken de leerlingen onder leiding van de docent een poster. Hierop is het oplossingsproces schematisch weergegeven en toegelicht in de taal van de leerlingen. De poster wordt in de klas opgehangen. Na deze training wordt de rest van het programma uitgevoerd volgens de cyclus zoals omschreven in het didactisch arrangement. Overigens verschilt de rol van de docent in de training niet van zijn rol bij de verdere uitvoering van het cognitieve programma.

Het programma-op-papier bestaat uit een volledig uitgewerkte lessenserie voor de leerlingen met bijbehorende handleidingen voor de docenten. Dit programma is ontworpen op basis van de genoemde uitgangspunten en gestructureerd volgens de zeven fasen van het hiervoor beschreven didactisch arrangement. Het lesmateriaal is speciaal bewerkt voor de leerlingen in de experimentele programma's. Er is onder meer gebruik gemaakt van extra vragen en aanwijzingen voor het oplossen van de vraagstukken. Deze hebben ten doel de leer-

lingen te stimuleren om strategisch te werk te gaan.

Hoe gaat de docent nu in de praktijk te werk? In een klassikale situatie demonstreert de docent strategieën voor het oplossen van wiskundige problemen. Hij vervult de rol van de 'meester' in het 'leerling-meester model' (Collins, Brown & Newman, 1989). De docent staat model door de opgave hardop voor te lezen en zich af te vragen wat het probleem nu precies voorstelt. Hij doet dat in interactie met de klas. Hiermee laat de docent zien dat het belangrijk is zich een juiste voorstelling van het probleem te maken. Daartoe moet de opdracht zorgvuldig worden gelezen. De beeldvorming door de leerlingen kan worden ondersteund door het samen maken van een voorlopig overzicht, tekening, schema of grafiek waarin de probleemsituatie wordt geschetst. Vervolgens bespreekt de docent met zijn leerlingen hoe het probleem opgelost kan worden. Samen met zijn leerlingen maakt hij een plan. Vervolgens wordt dit plan uitge-

voerd. Tenslotte laat de docent zien dat het van belang is terug te kijken op het gehele proces en de oplossing op juistheid te controleren.

Leerlingen die achterop dreigen te raken, blijkens de ervaringen bij het werken aan de kern en blijkens de uitkomsten van de diagnostische toets, krijgen extra begeleiding op hun niveau van de docent (in de remediale groep). Deze begeleiding kan worden aangeduid met de metafoor 'scaffolding' (steigerbouw). De leidende gedachte is om aangepaste en tijdelijke hulp aan leerlingen te geven. Deze hulp wordt langzaam teruggenomen wanneer blijkt dat de leerling weer zelfstandig verder kan.

Gedurende het werken, in kleine groepjes, aan opdrachten uit het materiaal begeleiden de docenten de leerlingen. Gedurende deze begeleiding voorzagen de docenten, afhankelijk van de conditie waarin ze zaten, leerlingen van feedback op het groepsproces respectievelijk het oplossen van de problemen.

Resultaten op individueel niveau: eerste studie

We geven nu eerst de belangrijkste karakteristieken van de verdeling van de voor- en natoets in Tabel 1.

Tabel 1
Karakteristieken van de verdeling van de wiskundige redeneer voor- en nameting voor alle leerlingen. Het gemiddelde, de standaarddeviatie (S.D.), N-leerlingen = 367, N-klassen = 16

	Voortoets Gemiddelde (s.d.)	Natoets Gemiddelde (s.d.)
Controleprogramma	53,08 (6,31)	54,65 (7,91)
Sociaal programma	53,49 (6,75)	56,67 (6,83)
Cognitief Programma	53,49 (6,45)	57,90 (6,59)

Uit Tabel 1 is af te leiden dat alle leerlingen vooruitgaan van voortoets naar natoets. Voorts blijkt dat de leerwinst van de leerlingen in de experimentele programma's groter is dan die van de leerlingen in het controleprogramma.

Tabel 2
Karakteristieken van de regressie van de natoets op de voortoets N-leerlingen=511, N-klassen=21. Standaardmeetfout tussen haakjes

	a (intercept)	b (helling)	R ²	N
Controleprogramma	13.40	0.78 (0.08)	0.38	195
Sociaal programma	22.71	0.64 (0.07)	0.36	144
Cognitief programma	28.47	0.55 (0.05)	0.39	172

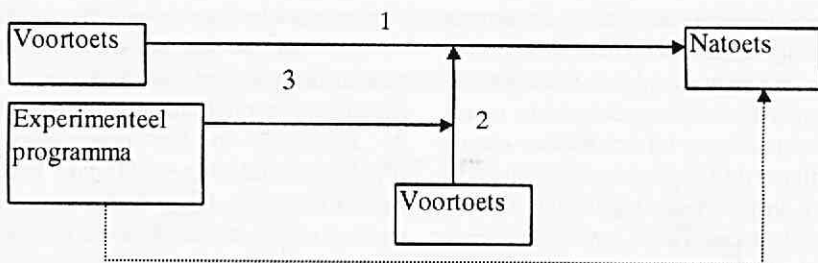
Variantie analyse op de natoets gecorrigeerd voor de voortoets laat een significant verschil zien in het voordeel van de leerlingen in de experimentele programma's ten opzichte van de leerlingen in het controleprogramma ($F(2,507) = 109,79, p = 0,000$). Er kan geconcludeerd worden dat er in het algemeen een positief effect is van de experimentele programma's op de leerwinst van de leerlingen met betrekking tot wiskundig redeneren.

Om een eerste indruk van eventuele differentieële effecten te krijgen, is een lineaire regressie-analyse uitgevoerd van de voortoets op de natoets. De gegevens in Tabel 2 laten een verschil in intercept en helling zien voor de regressielijnen in de verschillende programma's.

Tabel 2 laat de coëfficiënten van de regressievergelijking zien van de natoets op de voortoets. Hieruit blijkt dat de hellingen van de PSB voor de drie programma's verschillen, met name de helling van het controle programma is steiler dan die van de experimentele programma's. Dit is een aanwijzing dat de experimentele programma's een mitigerend effect hebben voor wat betreft de resultaten op de wiskundige redencertest. De intercepten van de experimentele programma's zijn aanzienlijk hoger dan het intercept van het controleprogramma. Een vergelijking van de twee regressielijnen laat zien dat de zwakke leerlingen in de experimentele programma's een hogere score halen dan de zwakke leerlingen in het controleprogramma. Het is echter de vraag of een multilevel analyse deze uitkomst bevestigt.

Het model in de multilevel analyse: eerste studie

Voor de nadere analyse is gebruik gemaakt van een multilevel model. Er zijn door ons twee belangrijke keuzen gemaakt die eerst zullen worden verantwoord. Het betreft de keuze voor een multilevel benadering en daarbinnen de keuze voor een continue variabele als aanduiding van zwakke en sterke leerlingen.



Figuur 2: Het basis multilevel model

We gebruiken bij het toetsen van een 'differentieel effect hypothese' een continue variabele voor de bekwaamheid van de leerling om zoveel mogelijk de oorspronkelijke informatie te behouden. Wanneer we bovendien deze variabele hanteren als een interactievariabele op het niveau van de leerling in een multilevel model kunnen de verschillen in leerprocessen maar ook de verschillen in prestaties tussen de leerlingen met een verschillende bekwaamheid verfijnd worden vergeleken en in een later stadium met bijvoorbeeld klassenkenmerken in verband worden gebracht.

Wanneer daarentegen de variabele 'bekwaamheid' zou worden gesplitst in bijvoorbeeld twee categorieën (bijvoorbeeld zwak/sterk) en per categorie de regressietechniek wordt toegepast, dan zullen de schattingen minder efficiënt zijn dan wanneer een multilevel model wordt gebruikt. Die inefficiënte uitkomsten per categorie zullen vervolgens onderling moeten worden vergeleken en de significantie van de optredende verschillen moeten worden vastgesteld.

Wanneer evenwel binnen een multilevel model de verschillen tussen zwakke en sterke leerlingen als een continue variabele worden opgevat, gaat er geen informatie verloren en kan het differentieel effect meer nauwkeurig, bijvoorbeeld als een tweede machtsvergelijking, worden gemodelleerd. De procedure met regressie-analysen per categorie is duidelijk inferieur aan die welke gebruik maakt van het multilevel model.

Voor de analyses is het multilevel analyse model gebruikt, dit is uitgevoerd met behulp van het programma ML3e (Prosser, Rashbash & Goldstein, 1993). Voor een meer technische

beschrijving van de analyse: zie Hoek (1998). De resultaten van de deze analyses worden hieronder besproken.

De resultaten van de multilevel analyse: eerste studie

Figuur 2 representeert het basismodel van de multilevel analyse zoals die gedaan is. Pijl 1 representeert het effect van de voortoets op de natoets. Pijl 2 representeert het differentiële effect, hiermee is de differentiële effect hypothese geoperationaliseerd. Pijl 3 representeert de remedie effect hypothese, dit is het effect van het programma op het differentiële effect. De gestippelde pijl indiceert het hoofd effect, deze is in het model opgenomen, omdat het noodzakelijk is om hiervoor te controleren.

De resultaten van de analyse zijn vermeld in Tabel 3. In de tabel zijn de verklarende en de toevalsdelen van twee opeenvolgende modellen opgenomen.

In model 1 van Tabel 3 is de totale variantie van de nameting (de eindtoets naar wiskundig redeneren) gesplitst in een individueel deel en een klassendeel, weergegeven met s^2 en v^2 . De binnen-groep variantie is 46,3 hetgeen overeenkomt met 86 procent van de totale variantie. De tussen-klas variantie is 7,31 hetgeen overeenkomt met 14 procent van de totale variantie. Deze verhouding duidt er op dat de klassen vrij heterogeen van samenstelling zijn, waardoor tussen de klassen relatief weinig variantie is.

In model 2, worden het effect van de voortoets en het differentiële effect (weergegeven door de voortoets-kwadraat) geïntroduceerd. Bovendien is in model 2 het effect van het programma opgenomen. Het effect van de experimentele programma's wordt vergeleken met het effect van het controleprogramma. Er blijkt een positief differentieel effect te bestaan van

Tabel 3

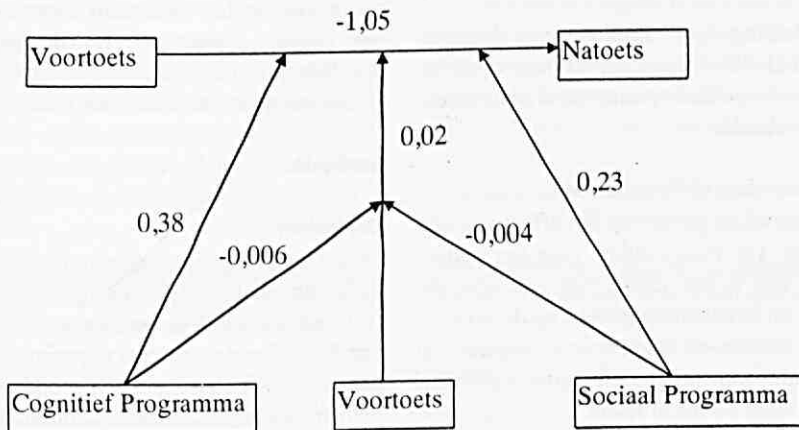
De resultaten van de multilevel analyse met wiskundige redeneervaardigheid als afhankelijke variabele, N-leerlingen=511, N-klassen=21. Standaardmeetfout tussen haakjes. De likelihood ratio is een maat voor de passing van het model

	Model 1	Model 2
Vast deel		
Voortoets		-1,05 (0,38)
Voortoets kwadraat		0,02 (0,004)
Verschillen helling voortoets		
Sociaal programma		0,23 (0,11)
Cognitief programma		0,38 (0,10)
Verschillen helling voortoets kwadraat		
Sociaal programma		-0,004 (0,0019)
Cognitief programma		-0,006 (0,0017)
Variërend deel		
s ² (leerling)	46,3 (2,96)	28,29 (1,81)
Klas:		
v ₁ ² (intercept)	7,31 (2,83)	0,0 (0,0)
t ₁ ² (voortoets)		0,0009 (0,0004)
t ₂ ² (voortoets kwadraat)		0,0 (0,0)
Model statistieken		
Likelihood ratio	3443,48	3183,67
Vershil likelihood		259,81
Vershil aantal vrijheidsgraden		6
Vershil met model		1

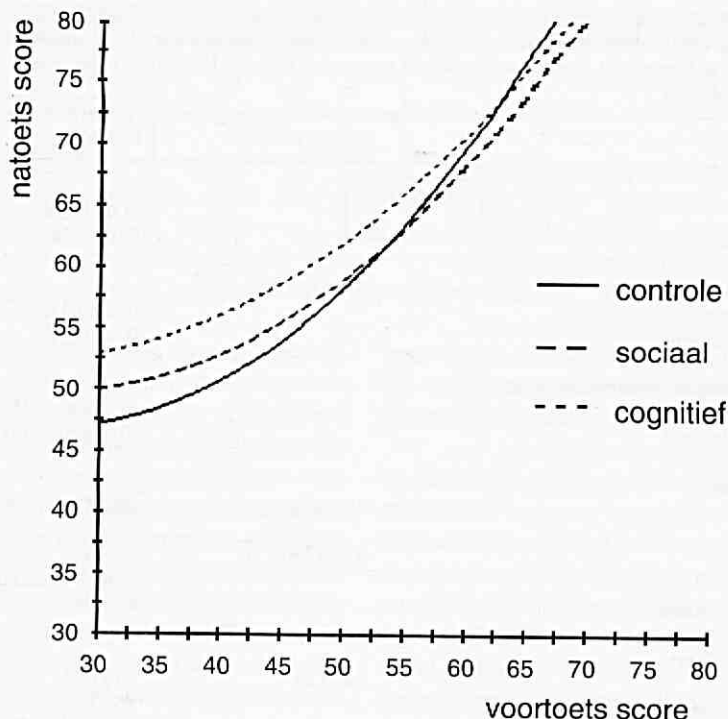
0,02; dit betekent dat de sterkere leerlingen een relatief grotere leerwinst boeken dan zwakkere leerlingen. Daarnaast werden positieve effecten gevonden van het sociale en cognitieve programma: 0,23 en 0,38 respectievelijk. Er werd een negatief effect gevonden van de interactie van het differentiële effect met respectievelijk het sociale en cognitieve programma, de coëfficiënten zijn -0,004 en -0,006. Dit betekent

des te beter de leerlingen zijn des te minder profiteren ze van het sociale respectievelijk het cognitieve programma. De uitkomsten van de multilevel analyse in Tabel 3 model 2 zijn in Figuur 3 met behulp van een pijlendiagram getekend.

Dit pijlendiagram is echter lastig te interpreteren, daarom zijn in Figuur 4 de curven gete-



Figuur 3: Weergave van de effecten van de experimentele programma's



Figuur 4: De uitkomsten van de multilevel analyse in regressiecurven

kend van de drie verschillende programma's. Hieruit blijkt dat met name de zwakke leerlingen profiteren van de gegeven instructie in de experimentele programma's. Uit Figuur 4 blijkt dat het geven van cognitieve instructie het grootste effect heeft voor de zwakke leerlingen, gevolgd door het sociale programma.

De tweede studie

Naar aanleiding van de resultaten van de eerste studie werd een nieuw experiment opgezet, waarvoor een nieuw experimenteel programma werd ontwikkeld.

Onderzoeksvraag en hypothesen

Het onderzoek is gericht op het effect van een interventie. De vraagstelling voor het onderzoek is: wat is het effect van een speciale instructie en begeleiding gericht op de verwerking van sociale en cognitieve strategieën op de leerwinst van zwakke en sterke leerlingen bij het leren in kleine groepen?

Op grond van theorievorming en empirisch

onderzoek zoals in het voorgaande gepresenteerd, is te verwachten dat er een differentieel effect zal optreden. Sterkere leerlingen zullen naar verwachting meer van het onderwijs (in casu het groepswerk) profiteren dan zwakkere leerlingen (Good, Mulryan & McCaslin, 1992; Dar & Resh, 1994; Terwel, 1994). Deze verwachting geldt in principe voor zowel het experimentele als het controleprogramma, omdat groepswerk in beide programma's deel uit maakt van het didactisch arrangement. Bij het tweede onderzoek zijn de hypothesen dezelfde als voor het eerste onderzoek. Deze herhalen we derhalve dan ook niet.

Methode

Deelnemers

De verzameling van de gegevens voor de tweede studie vond plaats in het voorjaar van 1996. In totaal namen 444 leerlingen in 18 klassen van 2 scholen deel aan het experiment. Er werden twee scholen bereid gevonden deel te nemen aan het onderzoek. Leraren en klassen werden zoveel mogelijk aselekt toegewezen aan de programma's. De twee programma's

werden binnen beide scholen gerealiseerd om eventuele schooleffecten te neutraliseren. Het onderzoek strekte zich uit over 14 lesweken en is uitgevoerd in het eerste leerjaar van het voortgezet onderwijs (basisvorming) bij het vak wiskunde. De samenstelling van de klassen op beide scholen is heterogeen voor wat betreft het eerste cursusjaar.

Onderzoeksontwerp

In dit onderzoek is een quasi-experimenteel design gehanteerd. Het betreft het 'voortoets-natoets design met een controle groep' (Cook & Campbell, 1981), waarin twee didactische arrangementen worden vergeleken: (1) een experimenteel programma waarin leerlingen werden getraind en begeleid om sociale en cognitieve strategieën te gebruiken terwijl ze werkten in heterogene groepen en (2) een controleprogramma waarin leerlingen werkten in heterogene groepen zonder dat ze getraind en begeleid werden om de genoemde strategieën te gebruiken.

Metingen

In deze studie werden dezelfde metingen verricht als voor de eerste studie. Er werd dus weer bij alle leerlingen die deelnamen een identieke toets voor wiskundig redeneren afgenomen (zie eerdere toelichting bij de beschrijving van de metingen bij de eerste studie). De alfa coëfficiënt voor de voortoets en de natoets wiskundig redeneren (PSB) was voor beiden 0,80.

Procedure

Er werd een zelfde procedure als voor de eerste studie gevolgd. Echter de docenten van het huidige experimentele programma kregen twee extra trainingen. De eerste extra training was gericht op het begeleiden van leerlingen om ze effectief te laten samenwerken. De tweede extra training was gericht op het leren gebruiken van probleemoplossingsstrategieën door leerlingen.

Beschrijvende statistiek op individueel niveau: tweede studie

We geven nu eerst de belangrijkste karakteristieken van de verdeling van de voor- en natoets in Tabel 4.

Tabel 4

Gemiddelden op de voor- en natoets (tussen de standaarddeviatie), N -leerlingen = 444, N -klassen = 18

	Voortoets Gemiddelde (s.d.)	Natoets Gemiddelde (s.d.)
Controleprogramma	51,56 (8,66)	51,96 (7,02)
Experimenteel programma	51,65 (9,24)	53,50 (8,14)

Uit Tabel 4 is af te leiden dat alle leerlingen vooruitgaan van voortoets naar natoets. Voorts blijkt dat de leerwinst van de leerlingen in het experimentele programma groter is dan die van de leerlingen in het controleprogramma. De leerwinst uitgedrukt in verschil scores is voor de experimentele groep 1,85 punten en 0,4 punten voor de controle groep. Variantie analyse op de natoets gecorrigeerd voor de voortoets laat een significant verschil zien in het voordeel van de leerlingen in het experimentele programma ten opzichte van de leerlingen in het controleprogramma ($F(2,441) = 7,94, p = 0,000$). Er kan geconcludeerd worden dat er in het algemeen een klein positief effect is van het experimentele programma op de leerwinst van de leerlingen met betrekking tot wiskundig redeneren.

Om een eerste indruk van eventuele differentieële effecten te krijgen, is er weer een lineaire regressie analyse uitgevoerd van de voortoets op de natoets. De gegevens in Tabel 5 laten een verschil in intercept en helling zien voor de regressielijnen in de verschillende programma's.

De hellingen van de PSB voor de twee programma's verschillen weinig van elkaar, ter-

Tabel 5

Karakteristieken van de regressie van de natoets op de voortoets (standaarddeviatie tussen haakjes), de verklaarde variantie. N -studenten = 444, N -klassen = 18

	a (intercept)	b (helling)	R^2	N
Controleprogramma	24,1	0,54 (0,04)	0,45	222
Experimenteel programma	27,7	0,50 (0,05)	0,33	222

Tabel 6

De resultaten van de multilevel analyse met wiskundige redeneervaardigheid als afhankelijke variabele, N-leerlingen, = 444, N-klassen = 18. Standaardmeetfout tussen haakjes. De Likelihood ratio is een maat voor de passing van het model

	Model 1	Model 2
Vast deel		
Voortoets		-0,12 (0,20)
Voortoets kwadraat		0,006 (0,002)
Verschillen helling voortoets		
Experimenteel programma		0,0005 (0,0002)
Variërend deel		
S^2 (leerling)	52,86 (3,62)	33,54 (2,28)
Klas:		
T_{01}^2 (Intercept)	1,82 (1,33)	0,0 (0,0)
T_{01} Covariantie		0,0 (0,0)
T_1^2 (voortoets-kwadraat)		$4,7 \times 10^{-8}$ ($1,0 \times 10^{-8}$)
Model statistieken		
Likelihood ratio	3032,74	2822,01
Verschil likelihood		
Verschil aantal vrijheidsgraden		5
Verschil met model		1

wijl het intercept van het experimentele programma hoger is dan het intercept van het controleprogramma. Een vergelijking van de twee regressielijnen laat zien dat de zwakke leerlingen van het experimentele programma een hogere score halen dan de zwakke leerlingen in het controleprogramma. Het is echter de vraag of deze uitkomst in de multilevel analyse kan worden bevestigd.

Het model in de multilevel analyse

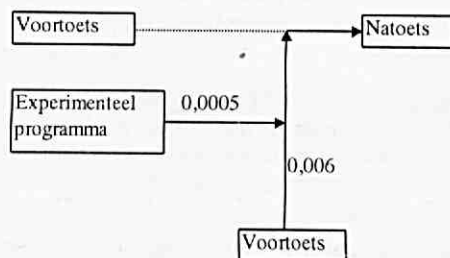
Net zoals in de eerste studie is er een multilevel analyse gedaan, het basismodel hiervan is weergegeven in Figuur 2.

De resultaten van de multilevel analyse

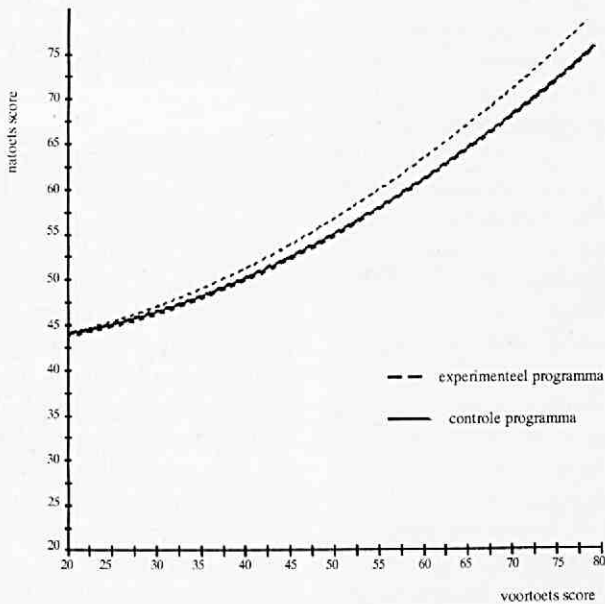
De resultaten van de multilevel analyse zijn vermeld in Tabel 6. In de tabel zijn de verklarende en toevalsdelen van twee opeenvolgende modellen opgenomen.

In model 1 van Tabel 6 is de totale variantie van de natoets (de eindtoets naar wiskundig redeneren) gesplitst in een individueel deel en een klassendeel, weergegeven met s^2 en t_{01}^2 . De binnengroep variantie is 52,86 hetgeen overeenkomt met 97 procent van de totale variantie. De tussen-klas variantie is 1,82 hetgeen overeenkomt met 3 procent van de totale variantie. Deze verhouding duidt er op dat de klassen vrij heterogeen van samenstelling zijn, waardoor tussen de klassen relatief weinig variantie is.

In model 2 van Tabel 6 worden het effect van de voortoets en het differentiële effect (weergegeven door de voortoets-kwadraat) geïntroduceerd. Bovendien is in model 2 het effect van het programma opgenomen. Het effect van het experimentele programma wordt vergeleken met het effect van het controleprogramma. Er blijkt een positief differentiële effect te bestaan van 0,006; dit betekent dat de sterkere leerlingen een relatief grotere leerwinst boeken dan zwakkere leerlingen. Vervolgens blijkt dat er een positief effect is van het experimentele programma op het differentiële effect, dit is het remediële effect (0,0005). De hellingverschillen tussen de klassen die gerelateerd zijn aan de voortoets, kunnen dus voor een deel niet worden verklaard door het programma (0,12). Het programma heeft wel een ander effect. Er wordt een positief effect van het experimentele programma gevonden, de



Figuur 5: Weergave van de effecten van het experimentele programma.



Figuur 6: De uitkomsten van de multilevel analyse in regressiecurven.

coëfficiënt hierbij is 0,0005. De hellingverschillen tussen de klassen die gerelateerd zijn aan de voortoets kwadraat, kunnen voor een deel worden verklaard door het programma. Dit laatste effect intensiveert het geconstateerde differentiële effect. Figuur 5 representeert de uitkomsten van de Tabel 6, model 2.

Er is geen direct effect van het experimentele programma, dit betekent dat de leerlingen in beide programma's niet verschilden op hun gemiddelde score. Er is echter wel een effect van het programma op het differentiële effect, in het voordeel van de sterke leerlingen. De grafiek in Figuur 6 geeft dit weer.

Conclusies en discussie

In dit artikel is geprobeerd een antwoord te geven op de volgende vraag: Wat is het effect van een speciale instructie gericht op de verwerving van cognitieve strategieën op de leerwinst van zwakke en sterke leerlingen bij het leren oplossen van wiskundige problemen in kleine groepen?

Uit de eerste studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken. Het blijkt zinvol leerlingen te onderwijzen in het gebruik van strategieën voor het leren oplossen van wiskun-

dige problemen of het samenwerken in kleine groepen. De experimentele programma's hebben het verwachte hoofdeffect opgeleverd. De leerlingen die respectievelijk het sociale programma of het cognitieve programma hebben gevolgd scoren gemiddeld hoger op de natoets. Daarmee is de *programma-hypothese* bevestigd.

Op grond van de *differentiële effect-hypothese* werd verwacht dat sterkere leerlingen meer winnen per score-eenheid op de voortoets dan de zwakkere leerlingen. Er bleek inderdaad een curvi-lineair verband te bestaan tussen de voortoets en de natoets. Dit verband was aanwezig in zowel de experimentele als de controle groep. Dit was te verwachten omdat er aanwijzingen uit onderzoek zijn dat zwakke leerlingen relatief weinig mogelijkheden hebben om te profiteren van groepswork.

De *remediërings-hypothese* voorspelde dat de zwakke leerlingen in de experimentele programma's, mede door de extra aandacht, meer profiteren dan de zwakke leerlingen in het controleprogramma. Ook deze hypothese werd bevestigd. De speciale begeleiding van de zwakke leerlingen in de experimentele programma's ging gepaard met een afzwakking van het 'Matthéüs-effect'. Anders gezegd, in

de experimentele groepen was sprake van een homogeniseringstendens in vergelijking met de controlegroep. De heterogeniserende effecten van het 'vrije spel der krachten' in de kleine groep kunnen, tot op zekere hoogte, door een speciale instructie in cognitieve vaardigheden omgebogen worden in een meer egalitaire richting. Het aanbieden van strategieën voor zowel het probleemoplossen en het samenwerken heeft voor de zwakke leerlingen een positief effect, terwijl de resultaten van de sterke leerlingen er niet of nauwelijks onder te lijden hebben. Trainingen in vaardigheden leveren doorgaans een positief resultaat op als men let op het gemiddelde, maar het behoort tot de uitzonderingen dat ook zwakke leerlingen hiervan profiteren (vgl. Hattie e.a., 1996).

De resultaten uit de tweede studie bevestigen voor een deel de bevindingen van deelstudie I. De volgende conclusies kunnen worden getrokken. Uit de uitkomsten van de variantie analyse blijkt dat instructie in het gebruik van sociale en cognitieve strategieën een positief effect heeft op het wiskundig redeneervermogen van leerlingen in het voortgezet onderwijs. Daarmee is de *programmahypothese* bevestigd. Het blijkt zinvol leerlingen te onderwijzen in het gebruik van sociale en cognitieve strategieën bij het leren oplossen van wiskundige problemen. Het experimentele programma heeft het verwachte hoofdeffect opgeleverd. De leerlingen die het experimentele programma hebben gevolgd scoren gemiddeld hoger op de natoets.

Op grond van de *differentiële effect-hypothese* werd verwacht dat sterkere leerlingen meer winnen per score-eenheid op de voortoets dan de zwakkere leerlingen. Er bleek inderdaad een curvi-lineair verband te bestaan tussen de voortoets en de natoets. Dit verband was aanwezig in zowel de experimentele als de controle groep. Dit was te verwachten omdat er aanwijzingen uit onderzoek zijn dat zwakke leerlingen relatief weinig mogelijkheden hebben om te profiteren van groepswork.

Er is ook een *remediërings-hypothese* geformuleerd op grond waarvan werd voorspeld dat de zwakke leerlingen in het experimentele programma, mede door de extra aandacht, meer zullen profiteren dan de zwakke leerlingen in

het controleprogramma. Deze hypothese werd echter niet bevestigd. De zwakke leerlingen uit beide programma's behaalden een even hoge score.

De hoofdconclusie uit deze onderzoeken is dat onderwijs in sociale vaardigheden of in cognitieve vaardigheden tot betere leerresultaten leidt bij het leren in kleine groepen bij het vak wiskunde in het eerste leerjaar in het voortgezet onderwijs. Leerlingen die hebben geleerd hoe zij kunnen samenwerken, behalen betere resultaten dan leerlingen die hierin niet expliciet zijn getraind en begeleid. Datzelfde geldt voor de cognitieve vaardigheden bij het oplossen van wiskundige problemen. Bovendien bleek dat zwakke leerlingen in de experimentele programma's een hogere score behaalden dan de leerlingen in het controleprogramma. Daarmee is de hypothese bevestigd die aan dit onderzoek ten grondslag lag.

De aanleiding tot de tweede studie was de verwachting dat deze positieve effecten nog zouden kunnen worden versterkt door een combinatie van het sociale en cognitieve programma. Deze hypothese is echter niet bevestigd. Verschillende factoren kunnen worden aangevoerd ter verklaring van het verschil in uitkomst tussen de eerste en tweede studie, zoals de complexiteit van de innovatie, de afstand van de innovatie tot de dagelijkse praktijk, de onzekerheid voor de docenten en de leerlingen en de groepssamenstelling. Hoewel het hier gaat om een aantal factoren, lijken de factoren 'complexiteit' en 'groepssamenstelling' cruciaal te zijn. Het lijkt er op dat de zwakke leerlingen in de tweede studie zijn overvraagd door de combinatie van sociale en cognitieve strategieën (vgl. Hoek, 1998). Dit effect zou nog versterkt kunnen zijn doordat de zwakke leerlingen in dit onderzoek in homogene groepen werden geplaatst. Als door een combinatie van cognitieve en sociale aanwijzingen de complexiteit voor de leerlingen toeneemt, worden de eisen met name voor de leerlingen in de zwakke groepen te hoog om nog van de training te kunnen profiteren. Als in de laagste groepen rolmodellen ontbreken en als er geen leerlingen zijn die adequate uitleg kunnen geven, schiet de training haar doel voorbij. Men kan dit ook in resource-theoretische termen beschrijven: er waren te weinig hulphbron-

nen in de laagste groepen. Voor zover deze hulpbronnen wel aanwezig waren konden zij niet worden gemobiliseerd door de toegenomen complexiteit.

Het verdient daarom aanbeveling bij het leren oplossen van wiskundige problemen in kleine groepen, expliciet aandacht te besteden aan de factoren complexiteit en groepssamenstelling. Zwakke leerlingen kunnen profiteren van vaardigheidstrainingen, maar complexe programma's waarin meerdere vaardigheden tegelijk aan de orde worden gesteld kunnen echter leiden tot overlading. Dat geldt in het bijzonder voor zwakke leerlingen als zij in homogene groepen zijn geplaatst.

Hoe kunnen de resultaten van ons onderzoek nu worden geplaatst in het bredere kader van de evaluaties en onderzoeken naar de basisvorming? Allereerst is er een verschil in methode van onderzoek. Ons onderzoek is een vergelijkende interventiestudie. Er is een experimenteel curriculum op het gebied van de wiskunde ontwikkeld. Daarin zijn de belangrijkste didactische kenmerken van de basisvorming verwerkt in een constructieve leeromgeving met als belangrijk element het 'leren in kleine groepen'. In het onderhavige onderzoek zijn leraren en leerlingen voorbereid op het samenwerken bij het oplossen van wiskundige problemen in contexten uit het dagelijks leven. Het blijkt dat die speciale instructie en begeleiding van leraren en leerlingen een positief effect heeft gehad op de wiskundige prestaties en dat ook zwakke leerlingen hiervan kunnen profiteren. Dat is een belangrijke aanvulling op de beschrijvende en evaluatieve studies naar de invoering van de basisvorming. Uit deze studies van onder andere Roelofs en Terwel (1999), Roelofs en Houtveen (1999) en Van der Werf, Lubbers en Kuyper (1999) komt naar voren dat de karakteristieken van de basisvorming in de dagelijkse schoolpraktijk slechts mondjesmaat worden gerealiseerd en dat de basisvorming nog niet tot de gewenste effecten heeft geleid. In ons onderzoek blijkt echter dat met een gerichte interventie in een experimentele setting de karakteristieken van de basisvorming niet alleen in de klassenpraktijk kunnen worden gerealiseerd, maar dat ook de gewenste effecten optreden. Deze verschillen in uitkomsten tussen beschrijvende-, en interventiestudies zouden kunnen wijzen op een behoefte

aan een meer intensieve ondersteuning van leraren en leerlingen in de basisvorming. Daarbij is te denken aan curriculumontwikkeling, nascholing en begeleiding van leraren. Daarnaast is flankerend beleid nodig inzake groepering van leerlingen, in het bijzonder voor de zwakke leerlingen. De praktijk van vroege selectie en de vorming van homogene klassen en homogene, kleine groepen staat op gespannen voet met de doelstellingen van de basisvorming omdat er dan geen sprake kan zijn van een rijke, constructieve leeromgeving voor alle leerlingen. Zwakke leerlingen zijn extra gevoelig voor de kwaliteit van hun leeromgeving. Uit diverse onderzoeken blijkt dat homogene groepering, zowel tussen als binnen klassen, tot verarming van de leeromgeving leidt voor de zwakke leerlingen (Dar & Resh, 1994; Guldemond, 1994). Het hoeft dan ook geen verbazing te wekken dat de invoering van de basisvorming – met handhaving van de bestaande schoolstructuur, vroege selectie en gangbare praktijk van homogene groepering – niet tot de gewenste effecten heeft geleid. De verschillen in prestaties samenhangend met sekse, sociaal milieu en etniciteit zijn sinds de invoering van de basisvorming niet afgenomen (Van der Werf, Lubbers & Kuyper, 1999). In een tijd waarin de sociale cohesie onder druk staat en alom wordt gepleit voor sociale integratie, zou men van het onderwijs (-beleid) een actievere rol in het bestrijden van de ongelijkheid van onderwijskansen mogen verwachten.

Literatuur

- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Brenner, M.E., Mayer, R., Moseley, B., Brar, T., Dúran, R., Smith Reed, B., & Webb, D. (1997). Learning by understanding: the role of multiple representation in learning algebra. *American Educational Research Journal*, 34, 663-689.
- Chinnappan, M., & Lawson, M.J. (1996). The effects of training in the use of executive strategies in geometry. *Learning and Instruction*, 6, 1-17.
- Cohen, E.G. (1986). *Designing groupwork: Strategies for the heterogeneous classroom*, Stanford, California: Stanford University.
- Cohen, E.G. (1994). *Restructuring the classroom:*

- conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, 1-35.
- Cohen, E.G., & Lotan, R.A. (1995). Producing equal-status interaction in the heterogeneous classroom. *American Educational Research Journal*, 32, 99-120.
- Collins, A., Brown, J.S., & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In L.B. Resnick (Red.), *Knowing, learning and instruction* (pp. 453-494). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Cook, T.D., & Campbell, D.T. (1981). *Quasi-Experimentation. Design & Analysis Issues for Field Settings*. Chicago: Rand McNally.
- Corte, E. de, & Verschaffel, L. (1988). Oplossingsvaardigheden en denkprocessen van jonge kinderen bij aanvankelijke redactie-opgaven. In G. Kanselaar, J. van der Linden & A. Pennings (Red). *Begaafdheid, onderkenning en beïnvloeding*. Amersfoort/Leuven: Acco. (Vriendenboek voor prof. dr. Pieter Span).
- Dar, Y., & Resh, N. (1994). Separating and mixing students for learning: concepts and research. *Pedagogisch Tijdschrift*, 19, 109-127.
- Gillies, R.B., & Ashman, A.F. (1996). Teaching collaborative skills to primary school children in classroom-based work groups. *Learning and Instruction*, 6, 187-200.
- Good, T.L., Mulryan, C., & McCaslin, M. (1992). Grouping for instruction in mathematics. In D.A. Grouws (Red.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 165-197). New York: MacMillán.
- Greer, B. (1997). Modeling reality in mathematical classrooms. *Learning and Instruction*, 7, 293-307.
- Guilford, J.P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: Mac Graw-Hill.
- Guldmond, H. (1994). *Van de kikker en de vijver: groepseffecten op individuele leerprestaties*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen / GION (proefschrift).
- Hattie, J., Biggs, J., & Purdie, N. (1996). Effects of learning skills interventions on student learning: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66, 99-136.
- Herfs, P.G.P., Mertens, E.H.M., Perrenet J.Chr., & Terwel, J. (1991). *Leren door samenwerken*. Amsterdam, Lisse: Swets en Zeitlinger B.V.
- Hoek, D.J. (1998). *Social and cognitive strategies in co-operative groups: effects of strategy instruction in secondary mathematics*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, Instituut voor de Lerarenopleiding (dissertatie).
- Horn, W. (1969). *Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung* (Handanweisung). Göttingen: Verlag für Psychologie Hochrefe.
- Perrenet, J.Chr. & Terwel, J. (1997). Learning Together in Multicultural Groups: A Curriculum Innovation. *Curriculum and Teaching*, 12(1), 31-45.
- Perrenet, J.Chr. (1994). *Leren probleemoplossen in het wiskunde-onderwijs: samen of alleen*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, Instituut voor de Lerarenopleiding (dissertatie).
- Polya, G. (1957). *How to solve it*. Princeton: Princeton University Press.
- Prawat, R.S. (1989). Promoting access to knowledge, strategy, and disposition in students: a research synthesis. *Review of Educational Research*, 59, 1-41.
- Prosser, F., Rashbash, J., & Goldstein, H. (1993). *ML-3E Software for three level analysis: users guide*. London: University of London, Institute of Education.
- Resnick, L.B. (1989). Introduction. In L.B. Resnick (Red.), *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 1-24), Hillsdale: Erlbaum.
- Riemersma, F.S.J. (1991). *Leren oplossen van wiskundige problemen in het voortgezet onderwijs*. Amsterdam: SCO/ Stichting Kohnstamm Fonds voor Onderwijsresearch.
- Roelofs, E.C. & Houtveen, A.A.M. (1999). Didactiek van authentiek leren in de Basisvorming. Stand van zaken bij docenten Nederlands en wiskunde. *Pedagogische Studiën*, 76, 237-257.
- Roelofs, E.C. & Terwel, J. (1999). Constructivism and authentic pedagogy: State of the art and recent developments in the Dutch national curriculum in secondary education. *Journal of Curriculum Studies*, 31, 201-227.
- Schoenfeld, A.H. (1985). *Mathematical problems solving*. San Diego, CA: Academic Press.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: problemsolving, metacognition, and sense making in mathematics. D.A. Grouws (Red.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 165 - 197). New York: MacMillan.
- Streun, A. van (1989). *Heuristisch wiskunde-onderwijs: verslag van een onderwijs experiment*. Groningen: Universiteit van Groningen (dissertatie).
- Streun, A. van (1994). *Hoe onderwijs je probleemop-*

lossen? [How do you teach problem solving?]. *Tijdschrift voor didactiek der β -wetenschappen*, 12, 210-225.

Terwel, J. (1994). *Samen onderwijs maken. Over het ontwerpen van adaptief onderwijs*. Groningen: Wolters-Noordhoff. (Inaugurele rede Universiteit van Amsterdam).

Terwel, J. (1997). *Grenzen aan de groep? Een onderwijspedagogisch perspectief op leren in contexten*. Amsterdam: Vrije Universiteit (Inaugurele rede Vrije Universiteit Amsterdam).

Webb, N.M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-39.

Webb, N.M. (1991). Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 366-389.

Webb, N.M. (1995). Testing a model of student interaction and learning in small groups. In R. Hertz-Lazarowitz & N. Miller (Red.), *Interaction in coöperative groups: the theoretical anatomy of group learning*. Cambridge, MA: University Press.

Webb, N.M., & Farivar, S. (1994). Promoting helping behavior in coöperative small groups in middle school mathematics. *American Educational Research Journal* 31, 369-395.

Werf, G. van der, Lubbers, M. & Kuyper, H. (1999). Onderwijsopbrengsten en onderwijskansen voor en na invoering van de basisvorming. *Pedagogische Studiën*, 76, 273-288.

Manuscript aanvaard: 28 maart 2000

Auteurs

Dirk Hoek is als postdoc werkzaam bij de sectie onderwijsstudies, Faculteit der Sociale Wetenschappen van de universiteit Leiden.

Jan Terwel is hoogleraar onderwijskunde aan het Instituut voor de Leraren Opleiding (ILO) aan de Universiteit van Amsterdam en hoogleraar Onderwijspedagogiek aan de Faculteit der Psychologie en Pedagogiek, afdeling Onderwijspedagogiek, aan de universiteit van Amsterdam.

Bernadette van Hout-Wolters is als hoogleraar en wetenschappelijk directeur verbonden aan het Instituut voor de Leraren Opleiding (ILO) van de Universiteit van Amsterdam.

Correspondentie adres: Dirk Hoek, Universiteit Leiden, Faculteit der Sociale Wetenschappen, Departement Pedagogische Wetenschappen, Afdeling Onderwijsstudies en Jeugdstudies, Sectie Onderwijsstudies, Postbus 9555, 2300 RB Leiden
Email: Hoekdj@fsw.leidenuniv.nl

Abstract

Effects of a didactical instruction for group work.

D.J. Hoek, J. Terwel & B.H.A.M. van Hout-Wolters, *Pedagogische Studiën*, 2000, 77, 222-240.

This paper reports on two intervention studies into the effects of an instruction in the use of social and/or cognitive strategies on the learning outcomes of students in secondary mathematics education. The studies were addressed to the following research question: What are the general and differential effects of training in the use of social or/and cognitive strategies on the results of learning in secondary mathematics?

In the first study three instructional programs for co-operative groups were compared: (1) an experimental program with instruction in the use of social strategies, (2) an experimental program with instruction in the use of cognitive strategies, and (3) a control program without cognitive or social strategy instruction.

The design was a pre-test-post-test control group design, using two experimental programs and a control program.

The first study clearly shows that the experimental programs had the expected, positive effects. In addition, the low-achieving students in the experimental programs outperformed their counterparts in the control program.

In the experimental program of the second study students were trained to use problem-solving strategies and strategies for effective group work. As in the first study, students in the control program did not receive any instruction. In general, the outcomes of the second study confirmed the results of the first study, however it turned out that low achieving students in the experimental program had about the same learning gain as the low achieving students in the control program.

The differences in outcomes of the two studies concerning the low-achieving students are discussed

in detail. In explaining these differences two possible factors emerged: cognitive overload in combination with a homogeneous grouping practice. The detrimental effects of impoverishment of the learning environment for the low achieving students (as a consequence of a homogeneous grouping practice) and their sensitivity for cognitive overload seem to be the main reason why low-achieving students did not benefit in the second study. Implications for the grouping practices in secondary schools are discussed.