

**FLEXIBILITEIT EN REFLECTIE
BINNEN 'EEN WERELD ROND TAFELS'**

eindverslag van het SVO-project 1011

"Interactieve courseware en leerplanontwikkeling"

Utrecht, november 1994

W.A.M. Kok
G.M.T. Poorthuis
G. Kanselaar



Vakgroep Onderwijskunde/
ISOR Onderwijsonderzoek
Universiteit Utrecht

VOORWOORD

Dit rapport bevat het verslag van het SVO-project 1101: 'Interactieve courseware en leerplanontwikkeling'. Dit onderzoek rond het computer ondersteund onderwijsprogramma 'Een Wereld Rond Tafels' is uitgevoerd door het ISOR Onderwijsonderzoek van de Universiteit Utrecht, ten behoeve van de Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO).

Aan de realisering van dit onderzoek is bijgedragen door een aantal proefscholen in en rond de stad Utrecht. Voor hun belangeloze medewerking zijn wij dankbaar.

INHOUD

hoofdstuk 1

Achtergronden van het onderzoek	9
1.1 Inleiding en vraagstellingen	9
1.2 Het COO-programma 'Een Wereld rond Tafels'	10
1.3 Uitwerking van begrippen in de vragen; theoretische achtergronden	16

hoofdstuk 2

De opzet van het onderzoek	21
2.1 Inleiding	21
2.2 Samenstelling van de onderzoeksgroep	21
2.3 Operationalisatie en beïnstrumentering van de variabelen	24
2.3.1 Flexibel gebruik van vermenigvuldigmodellen en -strategieën in 'Een Wereld Rond Tafels' (onderzoeksvraag 1)	24
2.3.2 Persoonskenmerken (onderzoeksvraag 1)	28
2.3.3 Cognitieve functies (onderzoeksvraag 1)	29
2.3.4 Reflecteren op oplossingsstrategieën (vraag 2)	31
2.4 De procedure van onderzoek	34
2.4.1 De introductie van en het werken met het programma 'Een Wereld Rond Tafels' op de scholen	34
2.4.2 De organisatie van de toetsafname	35

hoofdstuk 3

De relatie tussen de mate van flexibiliteit in het gebruik van rekenmodellen en -strategieën en kenmerken van de leerling	37
3.1 Inleiding	37
3.2 Kenmerken van de leerling	38
3.3 Flexibiliteitsscores	40
3.3.1 Spontane flexibiliteit	40

3.3.2	Gestuurde flexibiliteit	43
3.3.3	De samenhang tussen flexibiliteits-scores	44
3.4	(Her)structureringsbekwaamheid en flexibiliteit	45
3.5	Cognitieve functies en flexibiliteit	49
3.5.1	Verbale vaardigheid en flexibiliteit	49
3.5.2	Performale vaardigheden en flexibiliteit	51
3.6	Samenvatting van de conclusies	55
hoofdstuk 4		
	Reflecteren op eigen leer- of oplossingsstrategieën	57
4.1	Inleiding	57
4.2	Reflectie vooraf	58
4.3	Het niveau van reflectie	60
4.4	Samenvattende conclusies	66
hoofdstuk 5		
	De resultaten van het onderzoek: samenvatting en discussie	67
5.1	Inleiding	67
5.2	Kenmerken van leerlingen en flexibel gebruik van vermenigvuldig-modellen en -strategieën	68
5.2.1	Herstructureringsbekwaamheid	68
5.2.2	Het niveau van cognitieve functies	70
5.3	Het bevorderen van reflectie bij het oplossen van reken/ wiskundeproblemen	72
5.4	Tenslotte	73
	Literatuur	77
bijlage 2.1		
	Structuur en voorbeeld van 'log-file' bij 'Een Wereld Rond Tafels'	81
bijlage 2.2		
	Inter-beoordelaars-betrouwbaarheid gestuurde flexibiliteits-scores	84

bijlage 3.1	
Frequentie van scores 'gemiddelde strategie-wisseling'	86
bijlage 3.2	
Frequentie van scores 'gemiddelde model-wisseling'	87
bijlage 3.3	
Frequentie van scores 'spontane flexibiliteit'	88
bijlage 3.4	
Frequentie van scores 'gestuurde flexibiliteit'	89
bijlage 3.5	
Frequentie van scores op de c-eft (herstructureringsbekwaamheid)	90
bijlage 3.6	
Frequentie van scores op de pma (verbale vaardigheid)	91
bijlage 3.7	
Frequentie van p-iq scores en bp scores (performale vaardigheden)	92
bijlage 3.8	
Multivariate variantie-analyses flexibiliteit en leerlingkenmerken	94
bijlage 3.9	
Multivariate variantie-analyse aspecten van spontane flexibiliteit en leerlingkenmerken	96
bijlage 4.1	
Toetsing van verschillen in frequentie van reflectie vooraf tussen experimentele en controlegroep	98

hoofdstuk 1

ACHTERGRONDEN VAN HET ONDERZOEK

1.1 Inleiding en vraagstellingen

Het onderzoek 'Interactieve courseware en leerplanontwikkeling' was in algemene zin bedoeld om informatie te verkrijgen over mogelijke consequenties van het gebruik van de computer, of beter van (interactieve) educatieve software, voor de vormgeving van onderwijs. Meer in het bijzonder was het doel specifieke gegevens te verkrijgen die van belang kunnen zijn bij de vormgeving van de educatieve software zelf. *'In educatieve software kunnen allerlei gecompliceerde en gedetailleerde onderwijskundige en didactische opvattingen verwerkt worden. Door gebruik van educatieve software kunnen leerprocessen worden gestimuleerd en kunnen klassieke onderwijskundige problemen wellicht op een andere wijze worden opgelost (bijvoorbeeld differentiatie en individualisering, flexibilisering van leerplannen).'* (Dit citaat is ontleend aan de aanbestedingstekst van SVO project 1101.)

In dit kader is door de Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO) in een aantal projecten gewerkt aan nieuwe technologieën in het onderwijs. Een van deze projecten was 'Een Wereld Rond Tafels'. Hierin is een programma voor computer ondersteund onderwijs (COO) ontwikkeld, dat door een uitgever op de markt is gebracht en in het kader van het Comenius-project door het (toenmalige) Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen beschikbaar is gesteld aan alle scholen voor basisonderwijs.

Omdat dit programma als voorbeeld kon dienen van een succesvol interactief COO-programma, zijn algemene achtergrondvragen met betrekking tot de ontwikkeling van educatieve software door de SLO toegespitst op vragen rond dit programma 'Een Wereld Rond Tafels' (EWRT). Een eerste vraag was gericht op het onderzoeken van de mogelijkheden om EWRT en nieuw te ontwikkelen COO-programma's (beter) aan te passen aan individuele leerlingkenmerken. De vraag hierbij was:

- 1) *Op welke psychologische kenmerken onderscheiden zich leerlingen die hun rekenstrategieën al dan niet succesvol in 'Een Wereld Rond Rond Tafels' kunnen uitdrukken?*

Een tweede vraag had betrekking op het reflecteren op rekenstrategieën, op de gevolgde aanpak bij het oplossen van rekenproblemen en op de kwaliteit van de oplossing. 'Reflecteren op rekenstrategieën is een belangrijke activiteit bij het flexibel leren rekenen' (Klep, 1986/1987). Een van de uitgangspunten bij het programma EWRT (Klep (1989, p. 18) spreekt van 'een pedagogisch contract tussen leerling en machine') is dat de leerling zelf moet reflecteren op zijn strategie als hij fouten maakt, omdat de computer fouten niet accepteert en er niet op reageert. De vraag is nu het programma EWRT het reflecteren op rekenstrategieën in algemene zin bevordert. De vraag was als volgt geformuleerd:

- 2) *Draagt het programma bij tot betere reflectie op eigen (leer)strategieën?*

In dit hoofdstuk wordt allereerst een korte beschrijving gegeven van het programma EWRT. Vervolgens worden centrale begrippen in de twee vragen nader verkend en gedefinieerd vanuit een theoretische context. Dit mondt uit in een herformulering van de vragen tot operationele onderzoeksvraagstellingen.

1.2 Het COO-programma 'Een Wereld rond Tafels'

Het programma "Een Wereld Rond Tafels" (kortweg EWRT) sluit aan bij rekenwiskundeonderwijs, waarin de vermenigvuldiging is geïntroduceerd aan de hand van contexten en verschillende visualiseringen. De leerkracht kan het programma EWRT gebruiken bij (klassikale) leergesprekken over vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën waarbij de nadruk ligt op begripsvorming bij de leerlingen. In de handleiding worden voor deze gesprekken enkele suggesties gedaan. Maar EWRT is toch hoofdzakelijk bedoeld voor individueel gebruik door leerlingen die in het onderwijs net zijn begonnen met het leren van de tafelproducten of voor oudere leerlingen die de tafelproducten nog niet beheersen.

Het programma heeft tot doel bij deze leerlingen

- 1) de kennis van vermenigvuldigen te vergroten,
- 2) hen te leren sneller correcte antwoorden op tafelopgaven te geven
- 3) meer flexibel vermenigvuldigstrategieën te gebruiken bij het oplossen van niet-geautomatiseerd tafelopgaven.

Om dit te bereiken wordt in het programma een combinatie aangeboden van overhoren en oefenen, waarbij de leerling gebruik kan maken van zelf te kiezen vermenigvuldigstrategieën en vermenigvuldigmodellen. (Zie Klep, 1990, p. 9).

Figuur 1.1: Didactische keuzen in EWRT (schermafdruk).



EWRT is een leeromgeving waarin een leerling soms gestuurd wordt en soms zelf keuzes kan maken. De verschillende niveau's in de leeromgeving zijn bedoeld als stimulans voor de leerling om de tafelopgaven sneller en langs een kortere weg op te lossen.

Het programma biedt aan de leraar onder meer de mogelijkheid om per leerling 'didactische keuzes' te maken. Deze betreffen het instellen van de tijd die voor diverse onderdelen beschikbaar is, van het maximale aantal fouten bij overhoren, van de zichtbaarheid van een tijdsaanduiding, van antwoordvertraging bij overhoren

en van een beperking van het niveau van schematisering van de modellen (zie hiervoor figuur 1.1).

Het programma kent een vast patroon waarin gewerkt wordt. Elke sessie is opgebouwd uit een overhoordeel, een gericht oefendeel en een vrij oefendeel. In het overhoordeel worden alleen tafelopgaven aangeboden. Er wordt geen feedback gegeven en foute antwoorden worden geaccepteerd.

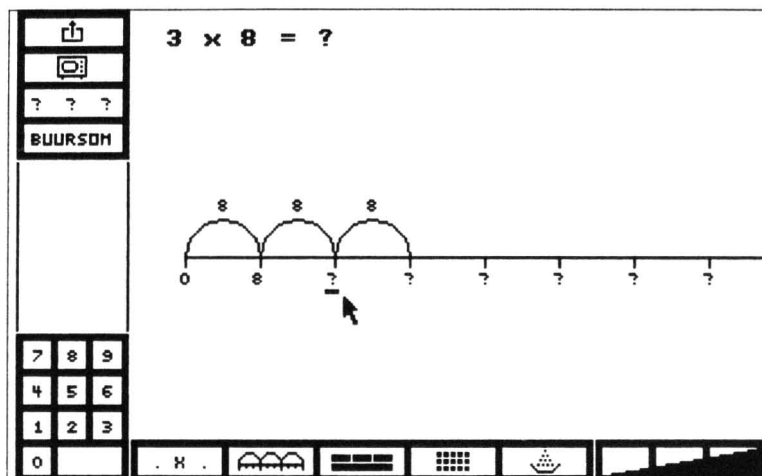
De fouten die in het overhoordeel zijn gemaakt worden in een extra oefendeel nogmaals aangeboden. Het doel van de extra oefening is het memoriseren van deze tafelopgaven. Van de aangeboden tafelopgaven wordt vastgelegd of deze al dan niet goed zijn gemaakt. Om vast te kunnen stellen of een tafelopgave is gememoriëerd wordt ook de snelheid waarmee het goede antwoord is gegeven geregistreerd. In het onderdeel gericht oefenen worden de tafelopgaven waarvan in het overhoordeel is gebleken dat de leerling deze kent, gebruikt als steunpunt voor het leren van nieuwe tafelopgaven. De idee om reeds gekende tafelopgaven te gebruiken als steunpunt sluit aan bij onderzoek van Ter Heege (1985). Hij liet zien dat leerlingen verschillende strategieën gebruiken om nog niet gekende tafelopgaven vanuit de reeds gekende op te lossen. Deze strategieën zijn in het volgende overzicht weergegeven met een voorbeeld van een toepassing.

<i>herhaald optellen</i>	$3 \times 5 \rightarrow 1 \times 5 = 5 \dots 2 \times 5 = 5 + 5 = 10 \dots 3 \times 5 = 5 + 5 + 5 = ?$
<i>herhaald aftrekken</i>	$8 \times 8 \rightarrow 10 \times 8 = 80 \dots 9 \times 8 = 80 - 8 = 72 \dots 8 \times 8 = 72 - 8 = ?$
<i>verdubbelen</i>	$6 \times 7 \rightarrow 3 \times 7 = 21 \dots 21 + 21 = 42 \dots 6 \times 7 = ?$
<i>halveren</i>	$5 \times 8 \rightarrow 10 \times 8 = 80 \dots \text{de helft van } 80 = 40 \dots 5 \times 8 = ?$
<i>een eraf eerste getal</i>	$6 \times 6 \rightarrow 5 \times 6 = 30 \dots 6 \times 6 = ?$
<i>een erbij eerste getal</i>	$4 \times 6 \rightarrow 5 \times 6 = 30 \dots 4 \times 6 = ?$
<i>een eraf tweede getal</i>	$8 \times 6 \rightarrow 8 \times 5 = 40 \dots 8 \times 6 = ?$
<i>een erbij tweede getal</i>	$9 \times 3 \rightarrow 9 \times 2 = 18 \dots 9 \times 3 = ?$
<i>omkeren</i>	$9 \times 5 \rightarrow 5 \times 9 = 45 \dots 9 \times 5 = ?$

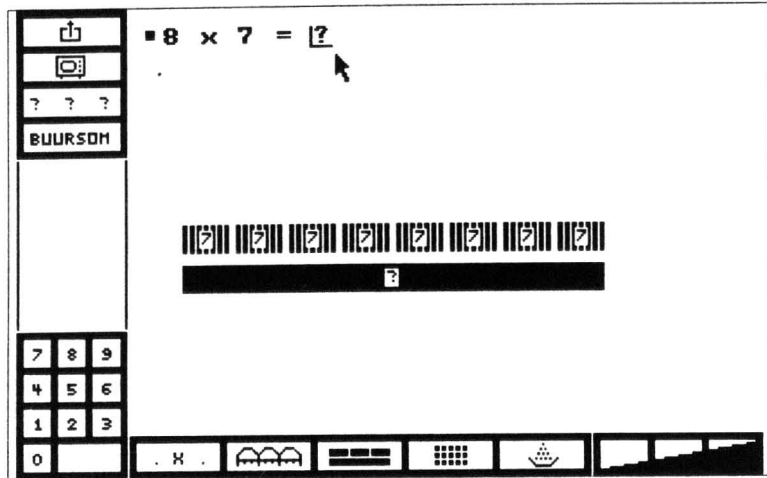
Dit zijn ook de vermenigvuldigstrategieën die in EWRT worden aangeboden. In het programma worden deze strategieën *buursommen* genoemd. Bij een nieuw aangeboden, nog niet gekende tafelopgave verschijnen de buursommen die een leerling al wel kent op het scherm.

Vermenigvuldigmodellen zijn representaties van de tafelopgave door middel van lijnstukken, stroken, vierkanten in oppervlaktevorm ('tegelterras'), zakken met geld of knikkers, en dergelijke. De vermenigvuldigmodellen die in het onderdeel gericht oefenen worden aangeboden zijn de getallenlijn, het strokenmodel, het roostermodel en het groepjesmodel (de knikkerzak). Deze modellen kunnen in het programma op drie niveau's weergegeven worden in grafische vorm, van gedetailleerd naar globaal. In de figuren 1.2 tot en met 1.5 zijn voorbeelden hiervan afgebeeld.

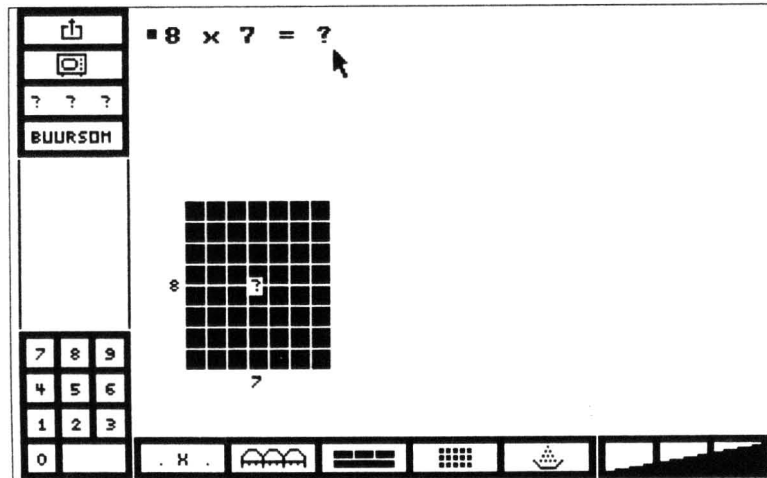
Figuur 1.2: Voorbeeld van het vermenigvuldigmodel 'getallenlijn' in EWRT (schermafdruk).



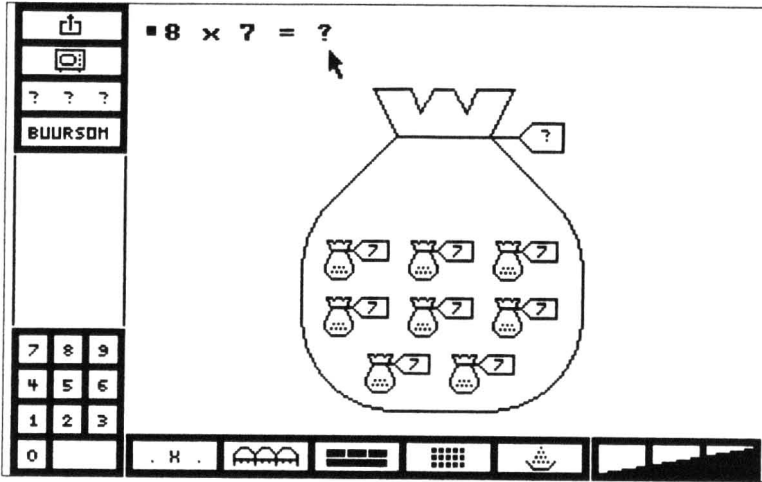
Figuur 1.3: Voorbeeld van het vermenigvuldigmodel 'strokenmodel' in EWRT (schermafdruck).



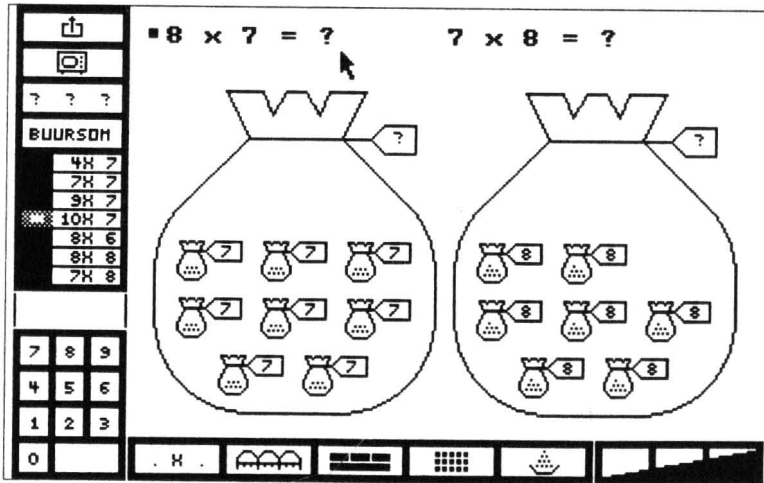
Figuur 1.4: Voorbeeld van het vermenigvuldigmodel 'roostermodel' in EWRT (schermafdruck).



Figuur 1.5: Voorbeeld van het vermenigvuldigmodel 'groepjesmodel' in EWRT (schermafdruk).



Figuur 1.6: Voorbeeld van de combinatie van een strategie (omkeren) met een model (groepjesmodel) in EWRT



Het programma biedt iedere nieuwe som aan met een ander model, maar de leerling is vrij om dit model te vervangen door een ander model. Als een leerling het goede antwoord heeft gegeven biedt het programma een nieuwe tafelopgave aan. Verkeerde antwoorden worden niet geaccepteerd in het gerichte oefendeel en er wordt ook geen hulp geboden of feedback gegeven. De achterliggende gedachte is dat leerlingen zelf op hun oplossingen reflecteren. 'Op een fout moet de leerling zelf verder, door te reflecteren op zijn strategie' (Klep, 1989).

Voor leerlingen die nog niet zo goed bekend zijn met de modellen is er een optie die 'televisie' wordt genoemd. Het programma laat dan voor het gekozen model zien hoe het is opgebouwd. Bijvoorbeeld bij het roostermodel worden rijen op elkaar gestapeld. Bij de opgave 4×6 zien we eerst 1 rij van 6, dan 2 rijen van 6, dan 3 rijen van 6 en tot slot 4 rijen van 6. Ook is er een optie, een icon met drie vraagtekens, die leerlingen de mogelijkheid geeft om bij de getallenlijn zelf de getallen invullen, in plaats van dat het programma de getallen neerzet.

In het vrije oefendeel kunnen leerlingen zonder beperkingen zelf opgaven kiezen uit de tabel waarin de resultaten van het overhoorgedeelte staan geregistreerd en deze oplossen met alle middelen die hen ter beschikking staan binnen het programma (strategieën, modellen, animatie (televisie)). Door de leerling zelf opgaven te laten kiezen uit de tabel heeft hij zicht op zijn eigen prestaties. In het vrije oefendeel worden foute antwoorden ook niet geaccepteerd en wordt evenmin hulp of feedback gegeven.

1.3 Uitwerking van begrippen in de vragen; theoretische achtergronden

Het begrip '*rekenstrategieën*' in de eerste vraagstelling verwijst naar de strategie die een leerling gebruikt bij het oplossen van tafelopgaven, die nog niet gekend zijn, dat wil zeggen dat ze nog niet gememoriseerd of geautomatiseerd zijn en bekend zijn als zogenaamd 'number fact'. Als criterium voor het gememoriseerd zijn wordt in het programma EWRT aangehouden, dat een leerling in staat is binnen twee seconden na presentatie van de opgave het correcte antwoord te geven.

Een rekenstrategie bij het oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven kan bestaan uit het gebruik van *vermenigvuldigmodellen* om de opgave te representeren en van *vermenigvuldigstrategieën* om de opgave op te lossen.

In het programma Een Wereld Rond Tafels zijn als modellen beschikbaar: de getallenlijn, het strokenmodel, het roostermodel en het groepjesmodel. Vermenigvuldigstrategieën zijn: optellen van onder af (herhaald optellen) of terugtellen van boven af (herhaald aftrekken) en verder- of terugrekenen vanaf een bekend produkt, omkeren, halveren of verdubbelen van een van beide termen (de 'buursom')(zie paragraaf 1.2).

Het begrip '*al dan niet succesvol*' verwijst niet uitsluitend naar het (sneller of minder snel) kunnen geven van de correcte oplossing van een tafelopgave. De tafels van vermenigvuldiging moeten worden gememoriseerd "in de context van ... strategietjes, modellen en voorbeeldcontexten. ... De getalsmatige gegevens moeten gekoppeld blijven aan voorbeelden, strategietjes en modellen." (Klep, 1984/1985, p. 38.) Hierdoor wordt de toepasbaarheid van de getalsmatige gegevens bevorderd. Klep spreekt van het ontstaan van rijke geheugenomgevingen en een 'dynamic problem space' (Klep, 1992) als basis voor flexibel rekenen. Een belangrijke voorwaarde hierbij is het geautomatiseerd raken van de rekenstrategieën, waardoor deze snel en flexibel op mentaal niveau kunnen worden uitgevoerd. Het '*succesvol kunnen uitdrukken van de rekenstrategie*' in de eerste vraagstelling is dan ook opgevat als het correct kunnen oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven, waarbij flexibel gebruik kan worden gemaakt van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën. Onder flexibel gebruik verstaan we het kunnen gebruiken van verschillende modellen en verschillende strategieën bij verschillende opgaven en het kunnen wisselen tussen modellen of strategieën tijdens het oplossen van een opgave.

Argumenten voor de keuze van te onderzoeken '*psychologische kenmerken*' of persoonskenmerken zijn ontleend aan een analyse van de (cognitieve) taak die de leerling moet verrichten als hij de tafels van vermenigvuldiging oefent, dat wil zeggen: oplossings-strategieën automatiseert en tafelprodukten memoriseert, met

behulp van het programma Een Wereld Rond Tafels. In de handleiding bij het programma (Klep, 1990) worden een aantal aspecten van de (cognitieve) taak bij het werken met het programma besproken. Tot deze taak behoren:

- a) vooruitdenken op wat er mogelijk zal gaan gebeuren bij het kiezen van bepaalde opties binnen het programma (p. 85);
- b) het herkennen en gebruiken van de gemeenschappelijke structuur van vermenigvuldigmodellen (p. 85 en p. 106);
- c) het verwoorden van inzicht in modellen en strategieën (p. 85);
- d) flexibiliteit in het omgaan met getallen en bewerkingen en in het gebruik van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën (p. 112).

De taakaspecten (a), (b) en (c) kunnen worden 'vertaald' in de volgende cognitieve functies:

- (1) *redeneren* (vooral in taakaspect a);
- (2) *transformeren* van getalsmatige representatie naar visuele, modelmatige representatie (b)
- (3) *waarnemen/herkennen van visuele patronen* (b)
- (4) *visuele analyse/synthese* (aspect b)
- (5) *verbale vaardigheid* (in taakaspect c)

Het taakaspect d) betreft flexibiliteit in het denken, wat tegengesteld is aan gefixeerd zijn op één oplossings-strategie, representatiemodel of vermenigvuldigstrategie. Hierbij is de *structureringstendentie* of *veld(on)afhankelijkheid* als persoonskenmerk van belang. In onderzoek van o.a. Hettema (1966), Span (1973), Pennings (1975), De Leeuw (1979) en De Leeuw en Fey (1981) is gevonden dat goede structureerders (veldonafhankelijke personen) minder tot fixatie geneigd zijn dan zwakke structureerders (veldafhankelijken). Zwakke structureerders ontbreekt het aan de vaardigheid zich te concentreren op analogieën en het overdragen van oplossingsmethoden (Van Muylwijk & Van der Veer, z.j.).

Naar aanleiding van deze overwegingen is vraag 1 (paragraaf 1.1) als volgt geherformuleerd:

- 1) *Verschillen leerlingen, die wel of niet flexibel gebruik maken of kunnen maken van vermenigvuldigmodellen en -strategieën in EWRT bij het oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven, van elkaar*
 - a) *met betrekking tot het persoonskenmerk structureringstendentie?*
 - b) *met betrekking tot de cognitieve functies redeneren, transformeren, waarnemen/herkennen van visuele patronen, visuele analyse en synthese en verbale vaardigheid?*

Onder 'reflectie' wordt verstaan het bewust nadenken over eigen denkstrategieën, plannetjes en oplossingsmethoden (In het Panhuis & Wolters, 1986), over de gevolgde aanpak en de kwaliteit van de oplossing (Klep, 1986/1987). (Verg. ook Zak, 1980; Nelissen, 1987.) Meer specifiek heeft reflectie binnen het programma EWRT betrekking op het nadenken over gebruik en keuze van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën bij het representeren en oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven. Het bewust reflecteren binnen het programma ERWT wordt gerealiseerd in een dialoog tussen de leraar en de leerling over het oplossen van tafelopgaven.

Het programma EWRT kan worden beschouwd als een "non-specifieke training" in reflectie bij het oplossen van problemen (vgl. Nelissen, 1987, p. 266-277). In navolging van Nelissen worden twee aspecten van het reflecteren onderzocht bij het oplossen van reken/ wiskunde problemen:

- 1) het kunnen maken van een oplossingsplan, het reflecteren vóóraf,
- 2) het niveau van reflectie (zie ook: Nelissen, 1987, p. 151).

Bij deze vraag naar betere reflectie beperken we ons wel tot het reken/wiskunde domein.

De vraag naar het verbeteren van de reflectie onder invloed van het programma ERWT kan nu worden gespecificeerd in genoemde aspecten van het reflecteren:

- 2) *In hoeverre draagt het programma EWRT er aan bij dat leerlingen bij het oplossen van reken/wiskunde problemen*
 - a) *beter vooraf reflecteren op de oplossings-strategie*
 - b) *op een hoger niveau reflecteren op de gevolgde oplossings-strategie?*

hoofdstuk 2

DE OPZET VAN HET ONDERZOEK

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is beschreven op welke wijze het onderzoek met het programma 'Een Wereld Rond Tafels' is opgezet en uitgevoerd. In paragraaf 2.2. zijn een aantal kenmerken van de onderzoekspopulatie en de 'steekproef' beschreven, alsmede de procedure volgens welke de aan het onderzoek deelnemende leerlingen zijn geselecteerd. In paragraaf 2.3 is de operationalisatie en beïnstrumentering van de variabelen in het onderzoek uitgebreid verantwoord. Paragraaf 2.4 tenslotte schetst de procedure die op de scholen is gevolgd bij de afname van de verschillende tests en toetsen en bij het werken door de experimentele groep met het programma 'Een Wereld Rond Tafels'.

2.2 Samenstelling van de onderzoeksgroep

Het COO-programma 'Een Wereld Rond Tafels' is primair bestemd voor leerlingen van de basisschool die de tafels van vermenigvuldiging moeten leren. Dit heeft met name plaats in groep vier van het basisonderwijs.

Ten behoeve van het onderzoek is uit deze doelgroep een onderzoeksgroep samengesteld, bestaande uit een experimentele groep en een controlegroep.

Bij de samenstelling van de experimentele groep, met een omvang van ongeveer 100 leerlingen, is met een drietal voorwaarden rekening gehouden:

- a) de rekenmethode die op de school in gebruik is,
- b) de beschikbaarheid op school van geschikte computer-apparatuur en
- c) de bereikbaarheid van de school.

Het programma 'Een Wereld Rond Tafels' kan pas zinvol worden ingezet als de leerlingen kennis hebben gemaakt met het begrip 'vermenigvuldigen', aan de hand van contexten en verschillende visualiseringen en als een aantal tafelprodukten zijn gememoriseerd (bijvoorbeeld de tafels van 1 en 2 en delen van de tafels van 5 en 10). Ook het succesvol kunnen omgaan met en reflecteren op rekenstrategieën wordt beïnvloed door het 'reguliere' reken-wiskunde onderwijs, dat naast het programma 'Een Wereld Rond Tafels' wordt gegeven. Realistisch rekenonderwijs sluit het beste aan bij de reken-didactische uitgangspunten van het programma 'Een Wereld Rond Tafels'. Daarom is een selectie gemaakt van basisscholen in de omgeving van Utrecht (vanwege de bereikbaarheid) die één van de drie realistische rekenmethodes in gebruik hebben met het grootste marktaandeel, te weten 'Rekenen en Wiskunde' (uitgegeven door BK-Didact), 'Wereld in Getallen' (uitgegeven door Malmberg) en 'Rekenwerk' (uitgegeven door De Ruiter).

Om vast te kunnen stellen of de geselecteerde basisscholen over een voor het programma 'Een Wereld Rond Tafels' geschikte computer beschikken, werd nagegaan of zij waren ingeschreven voor de scholingscursussen van het Comenius-Print project die door leerkrachten van verschillende Pabo's werden gegeven. Met deze informatie over de in gebruik zijnde methode en over de beschikbare apparatuur kon een lijst worden samengesteld van basisscholen die voldeden aan de gestelde voorwaarden voor deelname aan het onderzoek.

Allereerst zijn basisscholen benaderd die de methode 'Rekenwerk' gebruikten. Twee scholen in Utrecht, met tezamen 34 leerlingen in de vierde groep, zegden toe te willen deelnemen aan het onderzoek. Vervolgens zijn scholen benaderd die de methode 'Rekenen en Wiskunde' werken. Nadat drie scholen (twee in Nieuwegein en één in IJsselstein) die deze methode gebruikten, bereid bleken om deel te nemen aan het onderzoek, hoefden geen andere scholen meer gevraagd te worden. De vijf scholen leverden tezamen iets meer dan de geplande minimum omvang van 100 leerlingen voor de experimentele groep, namelijk 106 leerlingen.

Voor het kunnen beantwoorden van de tweede onderzoeksvraag was een controle-groep noodzakelijk. Deze is samengesteld uit 46 leerlingen van de vierde groep van drie Utrechtse basisscholen, die een realistische rekenmethode gebruikten. Twee scholen (36 leerlingen) volgen de methode 'Rekenwerk' en één school gebruikte de methode 'Rekenen en Wiskunde' (10 leerlingen).

De omvang van de controlegroep (46 leerlingen) is kleiner dan is voorgesteld in het onderzoeksplan. Gezien de grote problemen met de werving van controle-leerlingen (in casu scholen en leraren die bereid waren om, zonder tegenprestatie, aan het onderzoek deel te nemen), die voldeden aan de eerder geformuleerde voorwaarden, is besloten met deze 46 leerlingen te volstaan. Een grotere omvang van de controlegroep levert echter statistisch gezien geen extra bijdrage aan de vergelijkbaarheid van de twee groepen en doet de betrouwbaarheid van de analyses niet toenemen (zie Nijdam & Van Buuren, 1980 p.684).

In totaal hebben daarmee 152 leerlingen uit de vierde groepen van acht basisscholen aan het onderzoek deelgenomen. Op vijf scholen (106 leerlingen) is de experimentele 'treatment': het werken met het COO-programma 'Een Wereld Rond Tafels' gerealiseerd. Deze leerlingen vormden de experimentele groep. De drie overige scholen (46 leerlingen) vormden de controlegroep bij de beantwoording van de tweede onderzoeksvraag.

Uit de geschetste manier waarop de onderzoeksgroep is samengesteld moge duidelijk zijn dat er sprake is van, onvermijdbare, selectie door de onderzoekers en van, eveneens onvermijdbare, zelfselectie door de deelnemende scholen c.q. leraren. De zelfselectie is veroorzaakt door het feit dat het in experimenteel onderwijs-onderzoek als het onderhavige vrijwel onmogelijk is om een aselechte steekproef samen te stellen, vanwege de noodzakelijke bereidheid bij scholen en leraren om deel te willen nemen aan arbeidsintensieve onderzoeksmethoden.

Ondanks deze selectieve samenstelling van de proefgroep zijn er echter geen redenen aanwezig om aan te nemen dat, op het niveau van de leerlingen, de steekproef op

relevante variabelen significant af zou wijken van de onderzoekspopulatie: leerlingen van de vierde groep van de basisschool die rekenonderwijs krijgen met behulp van realistische onderwijsmethodes.

2.3 Operationalisatie en beïnvloeding van de variabelen

2.3.1 *Flexibel gebruik van vermenigvuldigmodellen en -strategieën in 'Een Wereld Rond Tafels' (onderzoeksvraag 1)*

Het flexibel gebruik maken of kunnen maken van vermenigvuldigmodellen en -strategieën, die binnen het programma 'Een Wereld Rond Tafels' beschikbaar zijn bij het oplossen van niet geautomatiseerde tafelopgaven, is op twee manieren gemeten. Spontaan flexibel gebruik is geoperationaliseerd als de mate waarin een leerling spontaan, dat is uit zichzelf, wisselt tussen de beschikbare vermenigvuldigmodellen en -strategieën. Gestuurd flexibel gebruik is gemeten als de mate waarin een leerling flexibel gebruik kan maken van beschikbare vermenigvuldigmodellen en -strategieën, als hij daartoe van buiten af wordt aangezet.

Gegevens over het spontaan flexibel gebruik van modellen en strategieën bij verschillende opgaven en over het spontaan wisselen van model of strategie tijdens het correct oplossen van een opgave zijn verzameld met behulp van een computerregistratie. Alle handelingen van de leerling binnen het programma 'Een Wereld Rond Tafels' met betrekking tot de keuze voor en wisseling tussen modellen en strategieën en de tijd op onderdelen van het oplossingsproces zijn in een 'log-file' opgeslagen (zie bijlage 2.1).

Om tot een score voor spontaan flexibel gebruik te komen zijn deze gegevens bewerkt. Allereerst is voor elke leerling per som vastgesteld, in hoeveel stappen een som werd opgelost en met welke frequentie gewisseld werd van buursom (vermenigvuldigstrategie) en van vermenigvuldigmodel. Alle sommen waarop het antwoord direct is ingevoerd zijn buiten beschouwing gelaten, omdat deze sommen als geautomatiseerde konden worden beschouwd. De overgebleven sommen zijn niet

geautomatiseerd. Dit zijn alle sommen waarbij het antwoord niet direct is ingevoerd, maar waarbij andere 'stappen' (toetsaanslagen) zijn ondernomen vóóordat het juiste antwoord werd of kon worden ingevoerd. Over het totaal van deze niet geautomatiseerde, maar correct opgeloste sommen is nagegaan hoe vaak is gewisseld van buursom en hoe vaak is gewisseld van model. Vervolgens is uitgerekend hoe vaak gemiddeld per som is gewisseld van buursom (strategie) en hoe vaak gemiddeld is gewisseld van model.

Zo ontstonden twee spontane flexibiliteits-scores: een score die de gemiddelde wisseling van strategie aanduidt en een score die de gemiddelde wisseling van model aanduidt. Deze twee scores zijn vervolgens weer gemiddeld tot een score voor spontane flexibiliteit (zie ook hoofdstuk 3, paragraaf 3.3.1).

Gegevens over het gestuurd flexibel gebruik, het flexibel kunnen gebruiken van vermenigvuldigmodellen en -strategieën zijn verkregen door het analyseren van protocollen van een 'systematische samenspraak' (vergelijk Nelissen, 1987; Overtoom-Corsmit, 1991) tussen een proefleider en leerling, die zijn verzameld bij het oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven met behulp van het programma 'Een Wereld Rond Tafels' (de 'computertoets'). Deze opgaven worden, na de fase van 'het overhoren', automatisch door het programma gegenereerd en aangeboden bij het onderdeel 'gericht oefenen'.

De systematische samenspraak was er op gericht de leerling uit te nodigen tot het gebruik van verschillende vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën bij het oplossen van de aangeboden opgaven.

Hierbij werd steeds een standaard procedure gevolgd. Deze zag er als volgt uit:

*[door het programma wordt een som aangeboden]
[als een leerling het antwoord direct weet mag het antwoord ingetoetst worden]*

[weet een leerling het antwoord niet direct dan wordt over de som gesproken:]

Pl.: Wat wil je kiezen om de som op te lossen een BUURSOM of de TELEVISIE?

[als een leerling voor de derde keer achter elkaar hetzelfde kiest, dan de keuze uit laten voeren in verband met het opslaan in de log-file en vervolgens direct de andere laten kiezen]

[bij keuze voor TELEVISIE:]

Pl.: Hoe kun je nu het antwoord vinden?

Wat moet er nog bij om het antwoord te vinden?

Het antwoord zeggen, NIET intikken!

[bij keuze voor BUURSOM:]

Pl.: Welke som uit het rijtje ken je al?

Welke som wil je kiezen?

Buursom oplossen en antwoord buursom intikken.

Pl.: Kun je nu ook deze som oplossen?

Vertel hoe je het uitrekent.

[gebruik van buursom en model uit laten leggen]

Pl.: Het antwoord zeggen, NIET intikken!

Pl.: Kun je het ook met een ander model uitrekenen?

[uitleggen wat een model is als een leerling dit niet weet]

[ander model laten kiezen]

[als een leerling voor de derde keer achter elkaar hetzelfde kiest dan de keuze uit laten voeren in verband met het opslaan in de log-file en vervolgens direct een ander model laten kiezen]

Pl.: Vertel hoe je het uitrekent

[model uit laten leggen]

[ander niveau laten kiezen]

Pl.: Hoe reken je het nu uit?

[uit laten leggen]

Pl.: Tik het antwoord nu maar in.

Op deze wijze werden bij elke leerling individueel ongeveer tien niet-gememoriseerde opgaven besproken, in een sessie die minimaal een half uur duurde.

De protocollen van de systematische samenspraak tussen proefleider en individuele leerlingen, die op audiotape waren vastgelegd, zijn door twee onderzoekers onafhankelijk van elkaar gescoord op het kunnen wisselen van modellen en strategieën na interventie bij verschillende correct opgeloste opgaven en tijdens het correct oplossen van een opgave. De inter-beoordelaars-betrouwbaarheid is, per deelscore (zie verder) berekend als Cohen's Kappa.

De gestuurde flexibilitatsscore is tot stand gekomen door het gemiddelde te nemen van drie deelscores. De eerste deelscore betreft het adequaat gebruik van een vermenigvuldig*strategie* na interventie door de proefleider. Deze interventie bestond uit de opdracht een aangeboden som op te lossen door gebruik te maken van de buursom of de televisie. Adequaaf gebruik is omschreven als het kunnen uitleggen van de relatie tussen de aangeboden som en de gekozen buursom, zonder hulp of met hulp van de proefleider. De adequate uitleg zonder hulp van de proefleider is gewaardeerd met 10 punten, met hulp is gewaardeerd met 5 punten. Géén adequate uitleg leverde 0 punten op. Deze punten zijn gesommeerd en gedeeld door het aantal aangeboden sommen. De betrouwbaarheid van deze scores is Kappa = 0,92 (zie bijlage 2.2).

De tweede deelscore drukt het adequaat gebruik uit van een vermenigvuldig*model* bij een nieuw aangeboden som na interventie door de computer. De interventie door de computer bestond uit het aanbieden van één van de vijf vermenigvuldigmodellen uit het programma 'Een Wereld Rond Tafels'. De leerling werd gevraagd hoe de som opgelost kon worden met behulp van het aangeboden model. Adequaaf gebruik werd omschreven als het juist kunnen uitleggen van het gepresenteerde model bij het correct oplossen van de opgave, waarbij een onderscheid werd gemaakt tussen spontaan juiste uitleg, juiste uitleg met hulp van de proefleider en geen juiste uitleg. Adequaaf gebruik zonder hulp van de proefleider is gewaardeerd met 10 punten, met hulp is gewaardeerd met 5 punten en géén adequaat gebruik leverde 0 punten op.

Deze punten zijn gesommeerd en gedeeld door het aantal aangeboden modellen. De betrouwbaarheid van deze deelscores is $Kappa = 0,88$ (zie bijlage 2.2).

De derde deelscore drukt het adequaat gebruik uit van een *ander* vermenigvuldigmiddel om dezelfde som op te lossen, na interventie door de proefleider. Deze vroeg de leerling om de som die opgelost was met het door de computer aangeboden model nogmaals op te lossen, maar nu met een door de leerling zelf gekozen model. Ook hier werd adequaat gebruik omschreven als het juist kunnen uitleggen van het gekozen model, waarbij weer onderscheid werd gemaakt tussen spontaan juiste uitleg, juiste uitleg met hulp van de proefleider en geen juiste uitleg. De derde deelscore is op dezelfde wijze tot stand gekomen als de tweede deelscore. De betrouwbaarheid van deze derde deelscore is $Kappa = 0,84$ (zie bijlage 2.2).

2.3.2 *Persoonskenmerken (onderzoeksvraag 1)*

Negatieve faalangst

De versie van de subschaal F- (negatieve faalangst) van de Prestatie-Motivatie Test voor Kinderen (PMT-K), die ontwikkeld is in Nijmegen, bleek uiteindelijk niet geschikt te zijn voor de onderzoekspopulatie. Ten eerste bleek de Nijmeegse versie een aanpassing te zijn van de verouderde PMT-K van Hermans (1968). In 1983 is deze PMT-K volledig herzien waarbij minder geschikte items zijn verwijderd en bij andere items het taalgebruik is aangepast. Een deel van deze verwijderde of aangepaste items maakte nog wel deel uit van de Nijmeegse versie.

Bij het uitproberen van de test bij enkele acht-jarige leerlingen bleek dat sommige woorden niet werden begrepen zodat verschillende items niet beantwoord konden worden. Ook bleek dat deze leerlingen verschillende situaties waaraan in de test wordt gerefereerd helemaal niet herkennen. In overleg met de adviesgroep van het onderzoek is besloten de test niet af te nemen bij de zeven tot acht-jarige leerlingen die in het onderzoek zijn betrokken, omdat de te verzamelen gegevens te onbetrouwbaar zouden zijn en er geen normeringsgegevens voor de betrokken leeftijdsgroep

beschikbaar waren, zodat de interpretatie van de scores vrijwel onmogelijk zou zijn geweest.

Herstructurerings-bekwaamheid (structureringstendentie)

De herstructurerings-bekwaamheid (zie hoofdstuk 1) van de leerlingen is gemeten met behulp van een genormeerde Nederlandse vertaling van de Children's Embedded Figure Test (C-EFT) (Van de Brekel & Van Es, 1989). Deze test is geschikt voor leerlingen in de leeftijd van 5 tot 12 jaar. De betrouwbaarheid (Cronbach's Alpha) van deze versie van de C-EFT is voor de leeftijdsgroep van 7 tot 8 jarigen die in het onderzoek waren betrokken 0,70.

Bij de test zoekt de leerling in een complexe tekening een verborgen figuur (bijvoorbeeld tent of huis). De test bestaat uit een discriminatieserie van acht items, een demonstratieserie van drie items, een oefenserie van drie items en een testserie van 24 items. Voor het oplossen van elk item geldt een tijdslimiet van 60 seconden, waarbinnen een leerling twee kansen krijgt om de juiste oplossing te geven. Hoe hoger de score op de testserie, hoe beter een leerling in staat is tot structurering. Voor de leeftijdsgroep van 7 tot 8-jarigen ligt de mediaan op de score 17. Leerlingen die op de C-EFT hoger scoren dan 17 zijn leerlingen die goed kunnen structureren, leerlingen die lager scoren dan 17 zijn zwakke structureerders.

2.3.3 Cognitieve functies (onderzoeksvraag 1)

De cognitieve functies *redeneren, transformeren, waarnemen/herkennen van visuele patronen, visuele analyse en synthese* zijn gemeten met behulp van de subtests 'Blokpatronen', 'Vouwblaadjes' en 'Natikken' van de Leidse Diagnostische Test, de LDT (Schroots & Van Alphen de Veer, 1976). Deze subtests meten het niveau van een aantal cognitieve functies binnen het visueel-fijnmotorische leerkanaal, uitgedrukt in IQ-equivalenten. De volgende functies worden met de verschillende subtests gemeten:

de subtest 'Blokpatronen':

patroonwaarneming, matching, analyse van een geheel (patroon) in delen (rood- en witgekleurde blokjes), synthese van delen tot een geheel, redeneren (planning, organisatie, begripsvorming) en oog-hand coördinatie.

de subtest 'Vouwblaadjes':

continue aandacht, geheugen voor ruimtelijke transformaties, redeneren en oog-hand coördinatie

de subtest 'Natikken':

continue aandacht, onmiddellijk geheugen voor ruimtelijke sequenties en oog-hand coördinatie.

De ruwe scores op de subtests van de LDT zijn, per test, omgezet in een IQ-equivalent met behulp van normtabellen (LDT-handleiding deel 1, tabel 35 en 36). De som van de drie IQ-equivalenten is omgezet in een IQ-score voor performale vaardigheden, de P-IQ (LDT-handleiding deel 2, tabel 2). Voor de interpretatie van de verschillende IQ-scores is gebruik gemaakt van tabel 1 uit de LDT-handleiding deel 2. De gemiddelde P-IQ is 100 met een standaardafwijking van 10.

De *verbale vaardigheid* van de leerlingen is gemeten met behulp van de subtests 'Woordenschat', 'Woordbetekenis', 'Woordherkenning' en 'Letter-Woordvorming' van de nederlandse bewerking van de PMA 2-4, de test voor Primary Mental Abilities 2-4 (Kema, 1976). De betrouwbaarheid van de subtests voor de vierde groep van het basisonderwijs, uitgedrukt in de KR20, is respectievelijk 0,75; 0,89; 0,69 en 0,87. Via factoranalyse (zie handleiding PMA 2-4, p.86-88) is vastgesteld dat deze vier subtests hoog laden op één factor, die geïnterpreteerd is als verbaal, waarbij is aangetekend dat er hierbij met name sprake is van visuele waarnemingsaspecten, omdat de subtests 'Woordherkenning' en 'Letter-woordvorming' in deze richting wijzen (leesvaardigheid).

De ruwe score van de subtests 'Woordenschat' en 'Letter-woordvorming' zijn omgezet in genormeerde scores met behulp van de normtabellen (zie handleiding

PMA 2-4, bijlage 1, 1e tabel en bijlage 8). De ruwe scores op de subtests 'Woordbetekenis' en 'Woordherkenning' zijn omgezet in gewogen cijfers (zie handleiding PMA 2-4, bijlage 1, 2e tabel). Vervolgens zijn de genormeerde en gewogen scores per subtest omgezet in een 'IQ-score' (zie het PMA 2-4 scoringsformulier). De gemiddelde 'IQ-score' voor elke van de verschillende subtests is 100 met een standaardafwijking van 15. Het gemiddelde van deze vier 'IQ-scores' vormt de score voor de verbale vaardigheid van de leerlingen.

2.3.4 Reflecteren op oplossingsstrategieën (vraag 2)

Het reflectief handelen van de leerling betreft het plannen van een oplossingsstrategie voor problemen, het wijzigen van een oplossingsstrategie en het vergelijken van oplossingsstrategieën met elkaar. Gegevens hierover zijn verzameld met behulp van een reflectietoets, die ten behoeve van het onderzoek is ontwikkeld. Hierbij is de vierde toetsversie voor het meten van reflectie van Nelissen (1987, p. 197 e.v.) gebruikt als model.

Het nieuw ontwikkelde instrument bestaat uit zeven reken/wiskunde problemen, die aansluiten bij de stof die behandeld wordt in de vierde groep van basisscholen die een van de drie voor het onderzoek vereiste realistische methodes gebruiken: 'Rekenen en Wiskunde' (BK-Didact), 'Wereld in Getallen' (Malmberg) of 'Rekenwerk' (De Ruiter). Een eerste versie van de toets is uitgetoetst bij acht leerlingen van de vierde groep van een basisschool. Op basis van de verkregen informatie bleek het noodzakelijk een aantal items bij te stellen.

De zeven reken/wiskunde problemen worden opgelost via een procedure van 'systematische samenspraak' tussen leerling en proefleider. Voorafgaand aan deze samenspraak werd benadrukt dat de leerlingen het probleem niet direct hoefden op te lossen, maar dat ze moesten vertellen hoé ze het wilden oplossen. De zeven problemen zijn alle via verschillende strategieën op te lossen. Voor ieder probleem is een schema opgesteld met regels voor de 'systematische samenspraak'.

De gevolgde procedure is bij alle problemen hetzelfde (zie ook Nelissen, 1987, p.217; Overtoom-Corsmit, 1991, p. 41 e.v.).

De leerling krijgt een reken-wiskunde probleem voorgelegd.

Er zijn nu twee mogelijkheden:

- 1 De eerste mogelijkheid is dat de leerling direct een adequate oplossingsweg vindt, dat wil zeggen een snelle en eenvoudige aanpak, en deze ook op een juiste wijze motiveert. Dit wordt aangeduid met **PR1**: de vraag naar een adequate aanpak is juist beantwoord (P) en er is sprake van reflectie vooraf (R).*
- 2 De tweede mogelijkheid is dat de leerling een aan te vechten oplossingswijze kiest (meestal een telstrategie). De proefleider stelt de leerling dan voor de keuze tussen verschillende oplossingsmethoden.*

Dan volgen weer dezelfde twee genoemde mogelijkheden:

- 2.1 De leerling kiest nu een adequate aanpak en er is sprake van reflectie, omdat de aanpak nu op de juiste manier wordt verantwoord: **PR2**.*
- 2.2 De tweede mogelijkheid is dat de leerling opnieuw een aan te vechten aanpak kiest. De proefleider biedt hulp aan de leerling die vasthoudt aan de aan te vechten aanpak.*

De twee mogelijkheden die zich nu voordoen zijn:

- 2.2.1 Een leerling komt nu tot een adequate aanpak, waarbij geen sprake meer is van reflectie vooraf, omdat het oplossingsplan van de leerling met hulp van de proefleider tot stand is gekomen. Dit wordt aangeduid met **P3**.*
- 2.2.2 Het kan zijn dat de leerling nog steeds kiest voor of vasthoudt aan een aan te vechten (tel)strategie. In het laatste geval biedt de proefleider weer nieuwe hulp.*
 - 2.2.2.1 Als een leerling nu de juiste oplossingsmethode ziet wordt **P4** gescoord.*
 - 2.2.2.2 Als een leerling nog steeds blijft vasthouden aan de inadequate (tel) strategie, dan geeft de proefleider de juiste aanpak.*
 - 2.2.2.2.1 Het is mogelijk dat een leerling daardoor zijn eigen oplossingsaanpak alsnog als minder adequaat beoordeelt (**P5**).*
 - 2.2.2.2.2 Is dit niet het geval dan wordt **P=leeg (0)** gescoord.*

Het scores van de toets vond plaats *tijdens* de afname, omdat de score (PR1 tot P5) het moment-bepaalt waarop het item als afgerond wordt beschouwd. De in het onderzoeksplan voorgestelde procedure waarbij twee beoordelaars de reflectietoets zouden scoren (inter-beoordelaars-betrouwbaarheid) is als volgt benaderd. Getracht is de betrouwbaarheid van de scoring in te schatten door tijdens de try-out twee proefleiders tezamen de afname- en scoringsprocedure te laten uitvoeren en dit aan de hand van audio-opnamen binnen het onderzoeksteam te bespreken. Hierbij bleek in geen enkel geval tussen de twee proefleiders verschil van mening te bestaan over de scoring. Nelissen (1987) rapporteerde bij soortgelijke procedures een inter-beoordelaars-betrouwbaarheid $Kappa > 0,90$.

De scores PR1 en PR2 vormen de operationalisatie van de variabele 'vooraf reflecteren op de oplossings-strategie' (zie vraagstelling 2a).

Het *niveau* van reflectie door de leerling op de voorgestelde of gevolgde oplossings-strategie (vraagstelling 2a) is in dit onderzoek als volgt geoperationaliseerd (van 5 = hoog tot 1 = laag; 0 = geen reflectie):

- 5 het vooraf formuleren en motiveren van een oplossingsstrategie (score PR1)
- 4 het overwegen en kiezen van een alternatieve oplossingsstrategie (score PR2)
- 3 het kiezen en motiveren van een alternatieve oplossingsstrategie, na enige hulp van de proefleider (score P3)
- 2 idem, na uitgebreide hulp (score P4)
- 1 het alsnog beoordelen van de eigen of alternatieve oplossingsstrategie, nadat de proefleider de oplossing of aanpak heeft gegeven (score P5)
- 0 geen reflectie

Deze zes niveaus zijn opgevat als een ordinale schaal. Een leerling met (overwegend) hoge niveau-scores reflecteert beter op een te kiezen oplossingsstrategie, is beter in staat een oplossings-strategie te wijzigen en kan beter oplossings-strategieën met elkaar vergelijken dan leerlingen met (overwegend) lage niveau-scores.

2.4 De procedure van onderzoek

2.4.1 De introductie van en het werken met het programma 'Een Wereld Rond Tafels' op de scholen

Het onderzoek werd uitgevoerd in de tweede helft van het schooljaar 1991 / 1992. Voorafgaand aan het verzamelen van gegevens over het gebruik van rekenstrategieën is er een periode geweest dat de leerlingen konden kennismaken en werken met het programma 'Een Wereld Rond Tafels'.

De eerste kennismaking bestond uit twee klassikale gesprekken onder leiding van een proefleider. In deze gesprekken werden de computer en het programma 'Een Wereld Rond Tafels' verkend. Om optimaliteit en uniformiteit van de instructie zo goed mogelijk te garanderen zijn de vorm en de inhoud van de gesprekken vooraf vastgesteld. Hierbij is gebruik gemaakt van de handleiding bij 'Een Wereld Rond Tafels', pagina 93 en verder (Klep, 1990). Met name werd gesproken over de keuzes die in het programma gemaakt kunnen worden bij het oplossen van een tafelprodukt. Benadrukt werd dat de leerlingen geheel vrij zijn in die keuzes.

De leerlingen werden de eerste keer dat zij zelf met het programma werkten door een proefleider begeleid. Waar bleek dat een leerling nog niet goed met het programma kon omgaan werd extra hulp geboden. Na deze introductie werkten de leerlingen in een periode van ruim twee maanden regelmatig (één of twee keer per week) met het programma 'Een Wereld Rond Tafels'. De didactische keuzes die in het programma ingesteld kunnen worden waren voor alle leerlingen gelijk: 15 minuten per sessie, vijf minuten overhoren, aantal fouten 5, tijdbalk aan, geen antwoord vertraging, gericht oefenen vijf minuten en de beperking van het C-niveau. Bij leerlingen die zenuwachtig werden van de tijdbalk werd deze uitgezet.

De gegevens over de vorderingen van de leerling werden na iedere sessie automatisch in het programma opgeslagen. Tevens was ten behoeve van het onderzoek een speciale versie van het programma 'Een Wereld Rond Tafels' geprogrammeerd. Deze versie genereerde een logfile, waarin per sessie werd geregistreerd welke tafelproducten zijn aangeboden, welke verschillende keuzes de leerling heeft gemaakt tijdens het werken met het programma en de bestede tijd (zie paragraaf 2.3.1).

2.4.2 De organisatie van de toetsafname

In de periode dat de leerlingen met het programma 'Een Wereld Rond Tafels' werkten werden ook verschillende toetsen afgenomen door proefleiders. Deze proefleiders waren vooraf getraind in de te volgen procedures bij de afname van de verschillende toetsen.

Eerst werden klassikaal in één sessie van 45 minuten de vier subtests van de PMA 2-4 afgenomen. Daarna werden de individuele toetsen in een ruimte buiten de klas afgenomen. Begonnen werd met de individuele versie van de C-EFT, die ongeveer een half uur per leerling duurde. De subtests van de LDT zijn afgenomen in twee individuele sessies van gemiddeld ongeveer een half uur. In de eerste sessie werd de subtest 'Vouwblaadjes' afgenomen, in de tweede sessie de subtests 'Natikken' en 'Blokpatronen'.

Na de periode waarin de leerlingen met het programma 'Een Wereld Rond Tafels' werkten, werd individueel de 'computertoets' afgenomen waarmee de 'gestuurde flexibiliteit' van de leerlingen werd gemeten (zie paragraaf 2.3.1). Aan deze toets was een tijdslimiet verbonden van ongeveer een half uur. Tot slot werd op zowel de experimentele scholen als de controlescholen individueel de reflectietoets afgenomen (zie paragraaf 2.3.4).

hoofdstuk 3

DE RELATIE TUSSEN DE MATE VAN FLEXIBILITEIT IN HET GEBRUIK VAN REKENMODELLEN EN -STRATEGIEËN EN KENMERKEN VAN DE LEERLING

3.1 Inleiding

Een van de vragen die door middel van het hier beschreven onderzoek moest worden beantwoord had betrekking op de mogelijke relatie tussen (psychologische) kenmerken van leerlingen en de mate waarin zij, binnen het COO-programma 'Een Wereld Rond Tafels' (EWRT), bij het correct oplossen van tafelopgaven, wisselend gebruik maken of kunnen maken van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën, als de taaksituatie daarom vraagt.

De (geherformuleerde) onderzoeksvraag luidde als volgt:

Verschillen leerlingen, die wel of niet flexibel gebruik maken of kunnen maken van vermenigvuldigmodellen en -strategieën in EWRT bij het oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven, van elkaar

- a) *met betrekking tot het persoonskenmerk (her)structureringsbekwaamheid (structureringstendentie)?*
- b) *met betrekking tot de cognitieve functies redeneren, transformeren, waarnemen/herkennen van visuele patronen, visuele analyse en synthese en verbale vaardigheid?*

In dit hoofdstuk 3 worden de onderzoeksgegevens gepresenteerd waarmee deze vraag beantwoord kan worden. Nadat in de paragrafen 3.2 en 3.3 de beschrijvende gegevens van de verrichte metingen zijn besproken worden in paragraaf 3.4 en 3.5 de toetsende analyses beschreven, waarmee een antwoord op de onderzoeksvraag

kan worden gegeven. In paragraaf 3.6 tenslotte worden de conclusies samenvattend gepresenteerd.

Een discussie over de gevonden resultaten en de conclusies die daaruit volgen is beschreven in hoofdstuk 5 van dit rapport, mede in samenhang met de discussie over de resultaten en conclusies die betrekking hebben op de tweede onderzoeksvraag (zie hoofdstuk 4).

3.2 Kenmerken van de leerling

Van een aantal leerlingkenmerken is de mogelijke samenhang met het flexibel kunnen omgaan met vermenigvuldig-strategieën en -modellen bij het oplossen van tafelopgaven onderzocht. Het betreft de (her)structureringsbekwaamheid van de leerling, gemeten met de 'Childrens Embedded Figures Test' (*C-EFT*), de verbale vaardigheid, gemeten met vier subtests van de test voor Primary Mental Abilities 2-4 (*PMA*) en het niveau van een aantal cognitieve functies binnen het visueel-fijnmotorisch leerkanaal, gemeten met drie subtests van de Leidse Diagnostische Test en uitgedrukt in de *P-IQ*, een IQ-score voor performale vaardigheden. Met name de LDT-subtest Blokpatronen (*BP*) meet specifiek de cognitieve functies redeneren, transformeren, waarnemen en herkennen van visuele patronen en visuele analyse en synthese en mag als belangrijkste test van het visueel-fijnmotorisch leerkanaal worden beschouwd (Schroots & Van Alphen de Veer, 1976).

Om de samenhang tussen deze kenmerken van leerlingen vast te stellen is de correlatie (Pearson's *r*) berekend tussen de scores op de *C-EFT*, de *PMA*, de *P-IQ* en de *BP*. De gemiddelde scores en de standaarddeviaties van deze variabelen staan in tabel 3.1. De correlaties zijn in tabel 3.2 weergegeven.

Tabel 3.1: Gemiddelden en standaarddeviaties van vier metingen van kenmerken van 106 leerlingen

leerling kenmerk	toets	gemiddelde	standaarddeviatie
herstructureringsbekw	C-EFT	16,53	2,83
verbale vaardigheid	PMA	108,06	7,09
performale vaardigh	P-IQ	111,58	14,65
cognitieve functies	BP	109,71	14,74

Tabel 3.2: Correlatie coëfficiënten (Pearson's r) tussen vier metingen van kenmerken van 106 leerlingen

	C-EFT	PMA	P-IQ	BP
C-EFT		0,2731 p=0,005	0,3913 p=0,000	0,4305 p=0,000
PMA			0,3707 p=0,000	0,4205 p=0,000
P-IQ				0,8387 p=0,000

Alle variabelen bleken onderling significant met elkaar te correleren. De hoge correlatie tussen de P-IQ en de BP kan worden verklaard vanuit het feit dat de BP-score deel uitmaakt van de P-IQ. De subtest Blokpatronen van de LDT bleek voor het overige ook redelijk hoog te correleren met zowel de C-EFT als de PMA. Dit wijst op een niet onaanzienlijke samenhang tussen het niveau van de cognitieve functies redeneren, transformeren, waarnemen van visuele patronen en visuele analyse en synthese enerzijds en herstructureringsbekwaamheid en verbale

vaardigheid anderzijds. Vooral de samenhang tussen de door de BP gemeten cognitieve functies en de herstructureringsbekwaamheid is niet verrassend. Voor een deel meten de BP en de C-EFT ongetwijfeld dezelfde vaardigheden van de leerling.

3.3 Flexibiliteitsscores

Het flexibel gebruik kunnen maken van vermenigvuldigmodellen (de getallenlijn, het strokenmodel, het roostermodel en het groepjesmodel) en vermenigvuldigstrategieën (optellen van onder af en verder of terugrekenen vanaf een bekend produkt: de 'buursom') bij het werken met het computerprogramma 'Een Wereld rond Tafels' is op twee manieren gemeten.

Ten eerste is nagegaan in welke mate een leerling dit uit zichzelf doet: de spontane flexibiliteit.

Voorts is gemeten in welke mate een leerling flexibel gebruik *kan* maken van vermenigvuldigmodellen en -strategieën zonder dat dit spontaan gebeurt: de gestuurde flexibiliteit, flexibiliteit na interventie, op 'uitnodiging' van de leraar (proefleider).

3.3.1 Spontane flexibiliteit

Spontane flexibiliteit is gedefinieerd als de mate waarin een leerling op eigen initiatief gebruik maakt van wisselende vermenigvuldigmodellen en -strategieën bij het correct oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven. Dit is uitgedrukt in een score die de frequentie weergeeft van wisselingen tussen en binnen opgaven van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën (zie hoofdstuk 2, paragraaf 2.3.1).

Het totaal aantal keren dat een leerling tijdens de geregistreerde rekensessies wisselde van vermenigvuldigstrategie is gerelateerd aan het aantal sommen waarbij wisseling van strategie mogelijk was. De frequentie van strategie-wisseling (FSW)

is gedeeld door dit aantal sommen. Zo ontstond de score 'gemiddelde strategie-wisseling' (GSW).

In bijlage 3.1 zijn de frequenties van GSW-scores weergegeven van 105 leerlingen. De gemiddelde GSW-score was 0,26, de standaarddeviatie 0,35. De laagste score was 0. Deze score betekent dat een leerling geen enkele maal van strategie wisselde, ook niet wanneer de som niet direct goed werd opgelost. In totaal bleken 28 leerlingen (27 %) tijdens de geregistreerde rekensessies nooit spontaan van strategie gewisseld te hebben. De hoogste score was 2, een leerling die gemiddeld per som twee keer van strategie wisselde.

De grote frequentie van de GSW-score 0 en de hoge waarden voor scheefheid (skewness = 2,23) en voor welving (kurtosis = 6,23) doen vermoeden dat de GSW-scores niet volgens een normaal-verdeling verdeeld zijn. Om dit te toetsen is de Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit Test uitgevoerd. Hierbij wordt de waargenomen verdeling getoetst aan een normale verdeling met het gemiddelde en de standaarddeviatie van de steekproef. De steekproefverdeling van de GSW-scores bleek significant af te wijken van een normaalverdeling (K-S Z = 2,33; $p < 0,01$). Dit gegeven impliceert dat met de GSW-scores zonder transformatie (naar bijvoorbeeld logaritmische scores) geen lineaire regressiemodellen kunnen worden toegepast. Dergelijke transformaties lijken hier echter nauwelijks geschikt.

Op grond van de GSW-scores zijn de 105 leerlingen verdeeld in drie, in omvang gelijke groepen (33,3% of ± 35 leerlingen per groep):

- 1) leerlingen die nooit of zelden spontaan flexibel gebruik maken van vermenigvuldigstrategieën (GSW-score $< 0,048$)
- 2) leerlingen die in verhouding tot de totale steekproef gemiddeld spontaan flexibel gebruik maken van vermenigvuldigstrategieën (GSW-score $\geq 0,048$ tot $< 0,264$)
- 3) leerlingen die relatief vaak spontaan flexibel gebruik maken van vermenigvuldigstrategieën (GSW-score $\geq 0,264$).

Van deze drie groepen leerlingen is nagegaan of zij gemiddeld van elkaar verschillen wat betreft persoonskenmerken en cognitieve functies (zie paragraaf 3.3 en 3.4).

Het totaal aantal keren dat een leerling van vermenigvuldigmodel wisselde, gedeeld door het aantal sommen waarbij deze wisseling van model mogelijk was, is weergegeven in de score 'gemiddelde model-wisseling' (*GMW*).

In bijlage 3.2 zijn de frequenties van *GMW*-scores opgenomen. De gemiddelde *GMW*-score was 0,58 met een standaarddeviatie van 0,38. 'Slechts' 5 leerlingen bleken nooit spontaan van model gewisseld te hebben (*GMW*-score = 0). De hoogste score was hier 1,73: een leerling die gemiddeld per som spontaan 1,73 maal wisselde van vermenigvuldigmodel.

Hoewel de Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit Test liet zien dat de steekproefverdeling van de *GMW*-scores nauwelijks significant afweek van de normaalverdeling ($K-S Z = 1,40$; $p = 0,04$) is ook hier besloten de leerlingen op grond van hun *GMW*-score in drie in omvang gelijke groepen van ± 35 leerlingen te verdelen:

- 1) leerlingen die relatief weinig spontaan flexibel gebruik maken van vermenigvuldigmodellen (*GMW*-score $< 0,417$)
- 2) leerlingen die in verhouding tot de totale steekproef gemiddeld spontaan flexibel gebruik maken van vermenigvuldigmodellen (*GMW*-score 0,417 tot 0,628)
- 3) leerlingen die relatief vaak spontaan flexibel gebruik maken van vermenigvuldigmodellen (*GMW*-score $> 0,628$).

Ook van deze groepen is nagegaan of deze gemiddeld van elkaar verschillen ten aanzien van persoonskenmerken en cognitieve functies (zie paragraaf 3.3 en 3.4).

Per leerling zijn de *GSW*-score (gemiddelde wisseling van vermenigvuldigstrategie) en de *GMW*-score (gemiddelde wisseling van vermenigvuldigmodel) gesommeerd tot een score voor 'spontane flexibiliteit' (*SF*). De frequenties van deze *SF*-scores zijn opgenomen in bijlage 3.3.

De gemiddelde *SF*-score van de totale groep van 105 leerlingen is 0,84, de standaarddeviatie is 0,55. Vier leerlingen bleken een *SF*-score van 0 te hebben, hetgeen betekent dat deze vier leerlingen tijdens de geregistreerde sessies nooit uit zichzelf wisselden van vermenigvuldigstrategie of vermenigvuldigmodel.

Ook hier bleek de verdeling van de scores significant af te wijken van een normaalverdeling ($K-S Z = 1,76$; $p < 0,01$). De leerlingen zijn daarom op basis van hun SF-score in drie in omvang gelijke groepen verdeeld:

- 1) ± 35 leerlingen die relatief weinig spontane flexibiliteit vertoonden (SF-score $< 0,56$)
 - 2) ± 35 leerlingen die in verhouding tot de totale steekproef een gemiddelde spontane flexibiliteit lieten zien (SF-score $0,56$ tot $0,89$)
 - 3) ± 35 leerlingen die relatief vaak spontaan flexibel waren (SF-score $> 0,89$).
- Nagegaan is of deze drie groepen, die zich onderscheiden met betrekking tot spontane flexibiliteit, ook van elkaar verschillen met betrekking tot gemeten persoonskenmerken en cognitieve functies (zie paragraaf 3.5).

Vanwege de significante samenhang tussen de onderscheiden kenmerken van leerlingen (zie tabel 3.2) is bij het analyseren van de relatie tussen de spontane flexibiliteit en de kenmerken van de leerling gebruik gemaakt van multivariate variantie-analyse (SPSS-PC+, MANOVA), met spontane flexibiliteitscore als onafhankelijke variabele en C-EFT-score, PMA-score, P-IQ en BP-score als afhankelijke variabelen.

3.3.2 *Gestuurde flexibiliteit*

Gestuurde flexibiliteit is omschreven als de mate waarin een leerling flexibel gebruik kan maken van vermenigvuldigstrategieën en vermenigvuldigmodellen bij het correct oplossen van niet gememoriseerde tafelopgaven, op uitnodiging van de leraar (in dit onderzoek de proefleider). De gestuurde flexibiliteits-score is een getal dat de gemiddelde waardering uitdrukt voor de mate waarin een leerling in staat bleek om op adequate wijze, na interventie door de proefleider, gebruik te maken van vermenigvuldigstrategieën en -modellen om een tafelopgave op te lossen. In hoofdstuk 2 is beschreven hoe dit getal tot stand is gekomen. De maximale GF-score is 10, de minimale score is 0.

In bijlage 3.4 zijn de frequenties van de gestuurde flexibiliteits-scores (GF) opgenomen. De gemiddelde GF-score voor de gehele groep van 105 leerlingen was

7,36 met een standaarddeviatie van 1,87. Drie leerlingen behaalden de maximale score van 10. Geen van de leerlingen behaalde de minimale score.

Uit een Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit Test bleek dat de steekproefverdeling van de GF-scores niet significant afweek van een normaalverdeling (K-S $Z = 1,14$; $p = 0,15$), zodat de gestuurde flexibiliteit als variabele in lineaire analysemodellen kon worden betrokken.

De correlatie tussen de scores op de C-EFT, de PMA, de P-IQ en de BP (zie tabel 3.2) is oorzaak van het optreden van (multi-)collineariteit wanneer deze kenmerken van leerlingen als onafhankelijke variabelen in een lineair analysemodel zouden worden opgenomen. Om dit probleem te vermijden is bij het analyseren van de relatie tussen gestuurde flexibiliteit en kenmerken van leerlingen dezelfde procedure toegepast als bij de spontane flexibiliteit.

De leerlingen zijn op basis van hun GF-score in drie in omvang gelijke groepen van ± 35 leerlingen verdeeld:

- 1: leerlingen met een relatief lage gestuurde flexibiliteits-score (GF-score $< 6,7$)
- 2: leerlingen die in verhouding tot de totale steekproef een gemiddelde gestuurde flexibiliteit lieten zien (GF-score 6,7 tot 8,5)
- 3: leerlingen die relatief hoge score voor gestuurde flexibiliteit (GF-score $> 8,5$).

Nagegaan is of deze drie groepen, die zich onderscheiden met betrekking tot gestuurde flexibiliteit, ook van elkaar verschillen met betrekking tot gemeten persoonskenmerken en cognitieve functies.

3.3.3 De samenhang tussen flexibiliteits-scores

Om na te gaan of er een verband is tussen spontane flexibiliteit en gestuurde flexibiliteit is de correlatie berekend tussen de niet-geclassificeerde scores van deze twee variabelen. De correlatiecoëfficiënt Pearson's r is $-0,1594$ ($n = 104$; $p = 0,106$). Er is dus geen lineaire samenhang tussen spontaan flexibel gebruiken van vermenigvuldigstrategieën en -modellen en door de proefleider gestuurd gebruik

ervan. Dit gegeven impliceert dat leerlingen die, na sturing door de proefleider, in staat bleken om flexibel om te gaan met vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën, deze vaardigheid niet per sé ook spontaan gebruikten. Binnen spontane flexibiliteit zijn onderscheiden het wisselen van vermenigvuldigstrategie (GSW) en het wisselen van vermenigvuldigmodel (GMW). Ook hiertussen blijkt er geen correlatie te bestaan (Pearson's $r = 0,1417$; $p = 0,149$). Leerlingen die tijdens het werken met EWRT vaak spontaan wisselden van vermenigvuldigstrategie, wisselen niet ook vaak spontaan van vermenigvuldigmodel en omgekeerd. Waarschijnlijk hebben leerlingen een voorkeur voor het gebruik van of modellen of van strategieën bij het oplossen van niet-geautomatiseerde tafelopgaven.

3.4 (Her)structureringsbekwaamheid en flexibiliteit

Met behulp van de C-EFT is de structureringstendentie of herstructureringsbekwaamheid (zie hoofdstuk 1) van de leerlingen gemeten. De test bestaat uit 24 'goed/fout' items. De score op deze test kan variëren van 0 tot 24. Een hogere score op de C-EFT indiceert het beter in staat zijn tot herstructurering. In bijlage 3.5 zijn de frequenties van scores op de C-EFT weergegeven.

Om de mogelijke relatie te toetsen tussen de mate waarin leerlingen spontaan gebruik maakten van wisselende vermenigvuldigmodellen en -strategieën bij het correct oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven (spontane flexibiliteit) en de herstructureringsbekwaamheid van de leerlingen, is nagegaan of de gemiddelde C-EFT scores van de groepen leerlingen met respectievelijk een lage, gemiddelde en hoge spontane flexibiliteits-score significant van elkaar verschilden.

In tabel 3.3 zijn de gemiddelde C-EFT scores van deze drie groepen opgenomen.

Tabel 3.3: *Gemiddelde C-EFT scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende spontane flexibiliteits-scores*

groep	n	gemiddelde C-EFT	standaarddeviatie
lage spontane flexibiliteits-score	35	16,63	2,67
gemiddelde spontane flexibiliteits-score	35	16,17	3,00
hoge spontane flexibiliteits-score	35	16,80	2,90
totaal	105	16,53	2,85

Uit de multivariate variantie-analyse (zie paragraaf 3.3.1 van dit hoofdstuk) bleek dat de gemiddelde C-EFT scores van de groepen leerlingen met gemiddeld verschillende spontane flexibiliteits-scores niet van elkaar verschilden ($F = 0,341$; $p = 0,712$; zie bijlage 3.8).

Vervolgens is afzonderlijk nagegaan of er een relatie is tussen het spontaan wisselen van strategieën dan wel het spontaan wisselen van modellen en de (her)structureringsbekwaamheid van de leerlingen. Getoetst is of de gemiddelde C-EFT scores van leerlingen die (relatief) vaak, gemiddeld of weinig gebruik maken van wisselende vermenigvuldigmodellen significant van elkaar verschillen. Ditzelfde is gedaan voor leerlingen die (relatief) vaak, gemiddeld of weinig gebruik maken van wisselende vermenigvuldigstrategieën.

In de tabellen 3.4 en 3.5 zijn de gemiddelde C-EFT scores met standaarddeviaties van de onderscheiden groepen leerlingen opgenomen.

Tabel 3.4: *Gemiddelde C-EFT scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende scores voor spontane wisseling van model*

groep	n	gemiddelde C-EFT	standaarddeviatie
lage spontane modelwisseling	36	16,42	3,01
gemiddelde spontane modelwisseling	34	16,18	2,42
hoge spontane modelwisseling	35	17,00	3,07
totaal	105	16,53	2,85

Tabel 3.5: *Gemiddelde C-EFT scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende scores voor spontane wisseling van strategie*

groep	n	gemiddelde C-EFT	standaarddeviatie
lage spontane strategie-wisseling	35	17,09	3,18
gemiddelde spontane strategie-wisseling	35	15,97	2,51
hoge spontane strategie-wisseling	35	16,54	2,77
totaal	105	16,53	2,85

Ook hier zijn, met behulp van multivariate variantie-analyse, geen significante verschillen gevonden tussen de C-EFT scores van de groepen leerlingen met verschillende mate van spontane wisseling van model ($F = 0,719$; $p = 0,490$) of strategie ($F = 1,239$; $p = 0,294$) (zie bijlage 3.9).

Er is dus geen verband gevonden tussen de herstructureringsbekwaamheid van de leerling en de mate waarin deze, binnen het computerprogramma 'Een Wereld Rond

Tafels', spontaan flexibel gebruik maakt van verschillende vermenigvuldigstrategieën en -modellen bij het oplossen van niet gememoriseerde tafelopgaven.

Anders is het met de relatie tussen gestuurde flexibiliteit en de herstructureeringsbekwaamheid van de leerlingen. Tabel 3.6 geeft de gemiddelde C-EFT scores weer van de drie groepen leerlingen met verschillende gestuurde flexibiliteits-scores.

Tabel 3.6: Gemiddelde C-EFT scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende gestuurde flexibiliteits-scores

groep	n	gemiddelde C-EFT	standaarddeviatie
lage gestuurde flexibiliteits-score	37	15,65	2,54
gemiddelde gestuurde flexibiliteits-score	32	16,88	2,65
hoge gestuurde flexibiliteits-score	36	17,14	3,15
totaal	105	16,53	2,85

De gemiddelde C-EFT scores van de drie groepen leerlingen met verschillende gestuurde flexibiliteits-score bleken in de univariate F-toets significant van elkaar te verschillen ($F = 3,17$; $p < 0,05$; zie bijlage 3.8). Leerlingen met verschillende gestuurde flexibiliteit verschilden significant van elkaar ten aanzien van de gemiddelde (her)structureeringsbekwaamheid.

Hierbij gaat een relatief lage gestuurde flexibiliteit in het adequaat gebruiken van verschillende vermenigvuldigstrategieën en -modellen bij het oplossen van niet gememoriseerde tafelopgaven samen met een relatief geringe herstructureeringsbekwaamheid. Een relatief hoge gestuurde flexibiliteit gaat gemiddeld samen met een relatief grote (her)structureerings-bekwaamheid van de leerling.

3.5 Cognitieve functies en flexibiliteit

3.5.1 Verbale vaardigheid en flexibiliteit

De verbale vaardigheid van de leerlingen is gemeten met behulp van vier subtests van de test voor Primary Mental Abilities 2-4 (PMA) en uitgedrukt in een gemiddelde IQ-score, met een populatiegemiddelde van 100 en een populatiestandaarddeviatie van 15. In bijlage 3.6 zijn de frequenties van PMA-scores opgenomen.

Nagegaan is of de gemiddelde PMA-scores van groepen leerlingen, die zich onderscheiden met betrekking tot spontane flexibiliteit in het gebruiken van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën bij het oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven, van elkaar verschillen.

In de tabellen 3.7 tot en met 3.9 zijn de gemiddelde PMA-scores van de onderscheiden groepen leerlingen weergegeven.

Tabel 3.7: Gemiddelde PMA-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende spontane flexibiliteits-scores

groep	n	gemiddelde PMA	standaarddeviatie
lage spontane flexibiliteits-score	35	107,80	7,14
gemiddelde spontane flexibiliteits-score	35	108,52	7,72
hoge spontane flexibiliteits-score	35	108,04	6,54
totaal	105	108,12	7,09

Tabel 3.8: *Gemiddelde PMA-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende scores voor spontane wisseling van model*

groep	n	gemiddelde PMA	standaarddeviatie
lage spontane modelwisseling	36	108,83	6,82
gemiddelde spontane modelwisseling	34	106,40	7,86
hoge spontane modelwisseling	35	109,07	6,43
totaal	105	108,12	7,09

Tabel 3.9: *Gemiddelde PMA-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende scores voor spontane wisseling van strategie*

groep	n	gemiddelde PMA	standaarddeviatie
lage spontane strategie-wisseling	35	108,65	8,11
gemiddelde spontane strategie-wisseling	35	108,14	6,40
hoge spontane strategie-wisseling	35	107,57	6,81
totaal	105	108,12	7,09

Bij een multivariate variantie-analyse bleken in geen van de drie gevallen de gemiddelde PMA-scores van de onderscheiden groepen leerlingen significant van elkaar te verschillen (zie bijlage 3.8 en 3.9).

Dit bleek ook het geval te zijn bij de groepen leerlingen met een lage, gemiddelde of hoge gestuurde flexibiliteits-score. In tabel 3.10 zijn de gemiddelde PMA-scores van deze onderscheiden groepen weergegeven.

Tabel 3.10: Gemiddelde PMA-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende gestuurde flexibiliteits-scores

groep	n	gemiddelde PMA	standaard-deviatie
lage gestuurde flexibiliteits-score	37	106,37	6,90
gemiddelde gestuurde flexibiliteits-score	32	108,29	7,05
hoge gestuurde flexibiliteits-score	36	109,63	7,22
totaal	105	108,07	7,12

Multivariate variantie-analyse toonde aan dat er geen (significante) verschillen zijn tussen de gemiddelde PMA-scores van deze drie groepen leerlingen ($F = 1,519$; $p = 0,224$; zie bijlage 3.8).

Er is daarmee geen enkel verband gevonden tussen de mate waarin een leerling binnen het computerprogramma 'Een Wereld Rond Tafels' spontaan of gestuurd flexibel gebruik maakt van verschillende vermenigvuldigstrategieën en -modellen bij het oplossen van niet gememoriseerde tafelopgaven en de verbale vaardigheid van de leerling.

3.5.2 Performale vaardigheden en flexibiliteit

De performale vaardigheden van de leerling hebben betrekking op een aantal cognitieve functies binnen het visueel-fijnmotorisch leerkanaal (zie hoofdstuk 1). Het betreft met name cognitieve functies als redeneren, transformeren, waarnemen en herkennen van visuele patronen, visuele analyse en synthese. Deze functies zijn gemeten met drie subtests van de Leidse Diagnostische Test. De performale vaardigheid van de leerling is uitgedrukt in een IQ-score: de *P-IQ*.

Een van de drie subtests, 'Blokpatronen', meet specifiek de cognitieve functies redeneren, patroonwaarneming, matching en deel-geheel analyse en synthese. De score op deze subtest (*BP-score*) kan op zich als een valide operationalisatie van deze specifieke performale vaardigheden worden geschouwd.

De frequenties van scores op de P-IQ en op de BP zijn weergegeven in bijlage 3.7.

Nagegaan is of er verschil is tussen de gemiddelde P-IQ-scores en tussen de gemiddelde BP-scores van groepen leerlingen, die zich onderscheiden met betrekking tot de mate van spontane flexibiliteit bij het oplossen van niet-geautomatiseerde tafelopgaven. In tabel 3.11 zijn deze gemiddelde P-IQ scores en BP-scores weergegeven.

Tabel 3.11: Gemiddelde P-IQ scores, BP-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende spontane flexibiliteits-scores

groep	n	gem P-IQ	SD P-IQ	gem BP	SD BP
lage spontane flexibiliteits-score	35	113,34	11,73	112,00	14,00
gemiddelde spontane flexibiliteitsscore	35	112,34	17,48	108,09	16,98
hoge spontane flexibiliteits-score	35	109,17	14,45	108,97	13,35
totaal	105	116,62	14,71	109,69	14,81

Uit een multivariate variantie-analyse is gebleken dat deze gemiddelde P-IQ scores ($F = 0,940$; $p = 0,394$) en BP-scores ($F = 0,916$; $p = 0,403$) niet significant van elkaar verschillen (zie bijlage 3.8).

Vervolgens is ook nagegaan of de gemiddelde P-IQ scores of BP-scores verschillen van groepen leerlingen die zich onderscheiden in de mate waarin zij spontaan flexibel wisselen van strategie of van model. In de tabellen 3.12 en 3.13 zijn deze gemiddelde scores van onderscheiden groepen leerlingen opgenomen.

Tabel 3.12: Gemiddelde P-IQ scores, BP-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende scores voor spontane wisseling van model

groep	n	gem P-IQ	SD P-IQ	gem BP	SD BP
lage spontane modelwisseling	36	112,53	13,61	110,39	14,68
gemiddelde spontane modelwisseling	34	112,59	15,00	109,50	15,75
hoge spontane modelwisseling	35	109,74	15,74	109,14	14,40
totaal	105	111,62	14,71	109,69	14,81

Tabel 3.13: Gemiddelde P-IQ scores, BP-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende scores voor spontane wisseling van strategie

groep	n	gem P-IQ	SD P-IQ	gem BP	SD BP
lage spontane strategie-wisseling	35	112,94	12,10	111,00	12,87
gemiddelde spontane strategiewisseling	35	112,83	15,83	109,54	17,08
hoge spontane strategie-wisseling	35	109,09	15,95	108,51	14,50
totaal	105	111,62	14,71	109,69	14,81

Ook nu bleken de gemiddelde P-IQ scores en BP-scores van de onderscheiden groepen leerlingen niet significant van elkaar te verschillen (zie bijlage 3.9).

Geconcludeerd mag worden dat er geen verband is gevonden tussen de spontane flexibiliteit in strategie- en modelgebruik bij de leerlingen en hun performale vaardigheden. Verschillen in het niveau van cognitieve functies als redeneren, transformeren, waarnemen en herkennen van visuele patronen en visuele analyse en syn-

these lijken daarmee geen relatie te hebben met de mate waarin leerlingen spontaan flexibel omgaan met vermenigvuldigstrategieën en vermenigvuldigmodellen binnen het programma "Een Wereld Rond Tafels".

Uit een toetsing van verschillen tussen de gemiddelde P-IQ scores en BP scores van drie groepen leerlingen die van elkaar verschillen voor wat betreft de mate waarin zijn gestuurd flexibel omgaan met strategieën en modellen met behulp van univariate F-tests is gebleken dat zowel de P-IQ scores als de BP-scores van deze drie groepen significant van elkaar verschillen ($F = 5,638$; $p < 0,01$; respectievelijk $F = 3,856$; $p = 0,025$). In tabel 3.14 zijn de gemiddelde P-IQ en BP scores van deze groepen opgenomen.

Tabel 3.14: Gemiddelde P-IQ scores, BP-scores en standaarddeviaties van drie groepen leerlingen met verschillende gestuurde flexibiliteits-scores

groep	n	gem P-IQ	SD P-IQ	gem BP	SD BP
lage gestuurde flexibiliteits-score	37	106,49	13,82	105,41	15,51
gemidd. gestuurde flexibiliteits-score	32	110,72	12,61	109,19	12,47
hoge gestuurde flexibiliteits-score	36	117,78	15,40	114,64	14,90
totaal	105	111,65	14,70	109,72	14,81

Het blijkt dat een (relatief) lage gestuurde flexibiliteits-score samengaat met een (relatief) lage P-IQ score en met een (relatief) lage BP score. En een (relatief) hoge gestuurde flexibiliteits-score blijkt samen te gaan met een (relatief) hoge P-IQ score en met een (relatief) hoge BP score.

Geconcludeerd mag worden dat, naarmate de performale vaardigheden van de leerling verder ontwikkeld zijn, de leerling meer flexibel om kan gaan met vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën binnen 'Een Wereld Rond

Tafels', als deze leerling daartoe expliciet wordt uitgenodigd (gestuurde flexibiliteit).

3.6 Samenvatting van de conclusies

Als we de uitkomsten van de verschillende data-analyses op een rijtje zetten dan worden een aantal zaken duidelijk.

Op de eerste plaats is geen enkele samenhang gevonden tussen gemeten (psychologische) kenmerken van leerlingen en de mate waarin zij, binnen het COO-programma 'Een Wereld Rond Tafels', *spontaan flexibel* gebruik maakten van verschillende vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën, als zij niet-gememoriseerde tafelopgaven ter oplossing krijgen aangeboden. Noch de gemiddelde (her)structureringsbekwaamheid, noch de gemiddelde verbale vaardigheid, noch de gemiddelde performale vaardigheden verschilden significant tussen groepen leerlingen die (relatief) weinig, middelmatig of vaak spontaan van strategie of van model wisselden.

Op de tweede plaats is er ook geen enkel verband gevonden tussen de verbale vaardigheid van de leerling en de mate waarin deze *spontaan of gestuurd flexibel* gebruik maakte van verschillende vermenigvuldigstrategieën en -modellen bij het correct oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven en .

Bij een multivariate variantie-analyse is gebleken dat in geen enkel geval de gemiddelde PMA-scores van groepen leerlingen, die van elkaar waren onderscheiden in de mate waarin zij, spontaan of gestuurd, flexibel van strategie of model wisselden, significant van elkaar verschilden.

Op de derde plaats is gebleken dat er wel een samenhang is tussen bepaalde (psychologische) kenmerken van leerlingen en de mate waarin zij flexibel gebruik kunnen maken van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën bij het correct oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven (*gestuurde flexibiliteit*). Leerlingen met verschillende gestuurde flexibiliteit verschilden significant van elkaar ten aanzien van de gemiddelde (her)structureringsbekwaamheid. Leerlingen

met een relatief grotere (her)structureringsbekwaamheid bleken beter in staat te zijn tot flexibiliteit in het adequaat gebruiken van verschillende vermenigvuldigstrategieën en -modellen dan leerlingen met een relatief lagere (her)structureringsbekwaamheid.

Ook het niveau van de performale vaardigheden, uitgedrukt in de P-IQ en in de score op de subtest 'Blokpatronen', bleek samen te hangen met de gestuurde flexibiliteit van de leerling. Verschillen in het niveau van cognitieve functies als redeneren, transformeren, waarnemen en herkennen van visuele patronen en visuele analyse en synthese lijken daarmee een relatie te hebben met de mate waarin leerlingen flexibel kunnen omgaan met vermenigvuldigstrategieën en vermenigvuldigmodellen binnen het programma 'Een Wereld Rond Tafels'.

Daarbij is gebleken dat een leerling meer flexibel om kan gaan met vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën binnen 'Een Wereld Rond Tafels' als deze daartoe expliciet wordt uitgenodigd (gestuurde flexibiliteit), indien bepaalde cognitieve functies beter (verder) ontwikkeld zijn.

In hoofdstuk 5 zullen deze conclusies, in samenhang met de conclusies betreffende het reflecteren door de leerlingen op oplossingsstrategieën, nader worden bediscussieerd.

hoofdstuk 4

REFLECTEREN OP EIGEN LEER- OF OPLOSSINGS-STRATEGIEËN

4.1 Inleiding

In de literatuur wordt het begrip 'reflectie' wel omschreven als het bewust nadenken over eigen denkstrategieën, plannetjes en oplossingsmethoden, over de gevolgde aanpak en de kwaliteit van de oplossing (In het Panhuis & Wolters, 1986; Klep, 1986/1987; vergelijk ook Zak, 1980; Nelissen, 1987; zie hoofdstuk 1 van dit rapport).

In relatie tot het programma 'Een Wereld Rond Tafels' heeft reflectie meer specifiek betrekking op het nadenken over het gebruik en de keuze van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën, bij het representeren en oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven. Het bewust reflecteren binnen het programma 'Een Wereld Rond Tafels' wordt gerealiseerd in een dialoog tussen de leraar en de leerling over het oplossen van tafelopgaven. Het programma EWRT kan daarmee worden beschouwd als een *non-specifieke training* in reflectie bij het oplossen van problemen (vergelijk Nelissen, 1987, p. 266-277).

In navolging van Nelissen zijn twee aspecten van het reflecteren onderscheiden bij het oplossen van reken / wiskunde problemen: (1) het kunnen maken van een oplossingsplan, het reflecteren vóóraf, en (2) het niveau van reflectie: productief (is hoog niveau) of reproductief (is laag niveau) (zie ook Nelissen, 1987, p. 151). In het onderzoek is nagegaan of en in hoeverre het reflecteren van leerlingen bij het oplossen van (reken / wiskunde) problemen wordt beïnvloed door het werken met het programma 'Een Wereld Rond Tafels'.

De onderzoeksvraag die met dit onderzoek getracht is te beantwoorden luidde:

In hoeverre draagt het programma 'Een Wereld Rond Tafels' er aan bij, dat leerlingen bij het oplossen van reken / wiskunde problemen

- a) beter vooraf reflecteren op de oplossings-strategie?*
- b) op een hoger niveau reflecteren op de oplossings-strategie?*

Om deze vraag te beantwoorden zijn twee groepen leerlingen vergeleken. De ene groep bestond uit leerlingen die geruime tijd hadden gewerkt met het programma 'Een Wereld Rond Tafels' bij het leren van tafelopgaven, als aanvulling op het 'normale' rekenonderwijs. De andere groep bestond uit leerlingen die niet met dit programma hadden gewerkt. Beide groepen leerlingen kregen zeven reken / wiskunde problemen voorgelegd (zie hoofdstuk 2, paragraaf 2.3.4). Via een procedure van 'systematische samenspraak' is de reflectie vooraf en het niveau van reflectie bij (het oplossen van) deze problemen geregistreerd.

4.2 Reflectie vooraf

Het reflecteren vooraf is geoperationaliseerd als het vooraf formuleren en motiveren van een oplossingsstrategie (score PR1) of het overwegen dan wel kiezen van een alternatieve oplossingsstrategie (score PR2) (zie paragraaf 2.3.4). Als een reken / wiskunde probleem in de systematische samenspraak is gescoord als PR1 of PR2, dan heeft bij dit probleem reflectie vooraf plaatsgehad.

Tabel 4.1: Percentages leerlingen met reflectie vooraf bij de verschillende reken / wiskunde problemen

leerlinggroep	n	reken / wiskunde probleem						
		1	2	3	4	5	6	7
experimenteel	103	14,6%	5,8%	42,7%	15,5%	12,6%	7,8%	34,0%
controle	46	17,4%	17,4%	19,6%	19,6%	6,5%	8,7%	41,3%
Chi ²		0,195		7,438	0,370			0,738
significantie		n.s.	>0,03 ¹	>0,01	n.s.	n.s. ¹	n.s. ¹	n.s.

¹ De significantie van het verschil tussen de frequenties van reflectie vooraf bij de experimentele groep en de controlegroep is bij deze problemen bepaald met behulp van de Fisher's Exact Test, dit in verband met het voorkomen van cellen met een verwachte frequentie < 5.

In tabel 4.1 is opgenomen hoeveel procent van de experimentele groep, de leerlingen die gewerkt hadden met het programma 'Een Wereld Rond Tafels', en van de controlegroep, de leerlingen die niet met dit programma hadden gewerkt, vooraf reflecteren bij elk van de zeven reken/ wiskunde problemen. Ook is het resultaat opgenomen van de toetsing van verschillen tussen de frequenties van reflectie vooraf bij deze twee groepen leerlingen (experimenteel en controle). Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van de Chi², in sommige gevallen met behulp van Fisher's Exact Test (zie ook bijlage 4.1).

Slechts bij twee van de zeven aangeboden reken/ wiskunde problemen is een significant verschil gevonden tussen de frequentie van reflectie vooraf bij de experimentele groep en de controlegroep. Bij probleem 2 is de frequentie van reflectie vooraf bij de controlegroep groter dan bij de experimentele groep. Bij probleem 3 is dat omgekeerd: de frequentie van reflectie vooraf is hier bij de experimentele groep groter dan bij de controlegroep. Bij de vijf andere problemen is er geen verschil tussen beide groepen gevonden.

Geconcludeerd mag worden dat er in dit onderzoek geen gegevens zijn gevonden die erop wijzen dat het programma 'Een Wereld Rond Tafels' er aan zou bijdragen dat leerlingen beter vooraf gaan reflecteren op de oplossings-strategie bij het oplossen van reken / wiskunde problemen.

4.3 Het niveau van reflectie

Het *niveau* van reflectie door de leerling op de voorgestelde of gevolgde oplossings-strategie (het tweede deel van de vraagstelling, zie paragraaf 4.1) was als volgt geoperationaliseerd (van 5 = hoog tot 1 = laag; 0 = geen reflectie; vergelijk hoofdstuk 2, paragraaf 2.3.4):

- 5 vooraf formuleren en motiveren van een oplossingsstrategie (score PR1)
- 4 overwegen en kiezen van een alternatieve oplossingsstrategie (score PR2)
- 3 het kiezen en motiveren van een alternatieve oplossingsstrategie, na enige hulp van de proefleider (score P3)
- 2 idem, na uitgebreide hulp (score P4)
- 1 het alsnog beoordelen van de eigen of alternatieve oplossingsstrategie, nadat de proefleider de oplossing of aanpak heeft gegeven (score P5)
- 0 geen reflectie

In de tabellen 4.2 tot en met 4.8 zijn de relatieve frequenties weergegeven van de reflectie-niveau scores van de experimentele groep en van de controlegroep bij elk van de zeven reken / wiskunde problemen.

Tabel 4.2: Relatieve frequenties van de reflectie-niveau scores bij reken / wiskunde probleem 1

groep	reflectie-niveau score					
	0	1	2	3	4	5
experimenteel n = 103	1 %	48 %	30 %	7 %	11 %	4 %
controle n = 46	0 %	37 %	26 %	20 %	13 %	4 %

Een toetsing van de verschillen in frequentieverdeling over de scores van de experimentele groep en de controlegroep wijst uit dat deze statistisch niet van elkaar verschillen ($\text{Chi}^2 = 6,43$; $\text{df} = 5$; $p = 0,27$).

Tabel 4.3: Relatieve frequenties van de reflectie-niveau scores bij reken / wiskunde probleem 2

groep	reflectie-niveau score					
	0	1	2	3	4	5
experimenteel n = 103	1 %	53 %	27 %	13 %	4 %	2 %
controle n = 46	2 %	50 %	17 %	13 %	11 %	7 %

Ook deze frequentieverdelingen verschillen niet significant tussen de experimentele groep en de controlegroep ($\text{Chi}^2 = 6,24$; $\text{df} = 5$; $p = 0,28$).

Tabel 4.4: Relatieve frequenties van de reflectie-niveau scores bij reken / wiskunde probleem 3

groep	reflectie-niveau score					
	0	1	2	3	4	5
experimenteel n = 103	18 %	7 %	12 %	20 %	29 %	14 %
controle n = 46	33 %	24 %	15 %	9 %	11 %	9 %

Hier verschillen de verdelingen van de frequenties over de scores van de experimentele groep en de controlegroep significant van elkaar ($\text{Chi}^2 = 18,65$; $\text{df} = 5$; $p < 0,01$). De experimentele groep scoort veel vaker hoog dan de controlegroep en (vanzelfsprekend) veel minder vaak laag dan de controlegroep.

Het reflectieniveau van de experimentele groep is daarmee, bij dit reken/ wiskunde probleem, significant hoger dan het reflectieniveau van de controlegroep

Tabel 4.5: Relatieve frequenties van de reflectie-niveau scores bij reken / wiskunde probleem 4

groep	reflectie-niveau score					
	0	1	2	3	4	5
experimenteel n = 103	5 %	59 %	13 %	8 %	12 %	4 %
controle n = 46	13 %	37 %	15 %	15 %	13 %	7 %

Bij dit probleem verschillen de frequentieverdelingen van de reflectie-niveau scores van de experimentele groep en de controlegroep niet significant van elkaar ($\text{Chi}^2 = 8,34$; $\text{df} = 5$; $p = 0,14$).

Tabel 4.6: Relatieve frequenties van de reflectie-niveau scores bij reken / wiskunde probleem 5

groep	reflectie-niveau score					
	0	1	2	3	4	5
experimenteel n = 103	2 %	65 %	6 %	15 %	8 %	5 %
controle n = 46	7 %	65 %	11 %	11 %	0 %	7 %

Er is opnieuw geen significant verschil tussen beide groepen ($\text{Chi}^2 = 7,14$; $\text{df} = 5$; $p = 0,21$).

Tabel 4.7: Relatieve frequenties van de reflectie-niveau scores bij reken / wiskunde probleem 6

groep	reflectie-niveau score					
	0	1	2	3	4	5
experimenteel n = 103	5 %	60 %	18 %	9 %	4 %	4 %
controle n = 46	0 %	57 %	17 %	17 %	9 %	0 %

Ook hier zijn er geen significante verschillen ($\text{Chi}^2 = 7,57$; $\text{df} = 5$; $p = 0,18$).

Tabel 4.8: Relatieve frequenties van de reflectie-niveau scores bij reken / wiskunde probleem 7

groep	reflectie-niveau score					
	0	1	2	3	4	5
experimenteel n = 103	1 %	10 %	20 %	35 %	27 %	7 %
controle n = 46	4 %	15 %	7 %	33 %	17 %	24 %

Bij dit reken/ wiskunde probleem blijken de frequentieverdelingen over de reflectie-niveau scores van de experimentele groep en de controlegroep significant te verschillen ($\chi^2 = 15,47$; $df = 5$; $p < 0,01$). Een visuele inspectie van de frequentieverdelingen laat zien dat de controlegroep hier veel vaker de reflectie-niveau score 5 haalt, terwijl de experimentele groep veel vaker 2, en wat vaker 4 scoort. Bij dit probleem is het niveau van reflectie van de controlegroep significant hoger dan dat van de experimentele groep.

In tabel 4.9 zijn de mediaan en de gemiddelde score en standaarddeviatie van de reflectie-niveau scores van de experimentele groep en de controlegroep bij de zeven reken / wiskunde problemen weergegeven.

Tabel 4.9: Mediaan, gemiddelde en standaard-deviatie van niveau van reflectie bij zeven reken / wiskunde problemen

groep	n	probleem 1			probleem 2			probleem 3		
		med	gem	sd	med	gem	sd	med	gem	sd
exp.	103	2,0	1,90	1,17	1,0	1,71	0,98	3,0	2,76	1,69
contr.	46	2,0	2,22	1,21	1,0	2,00	1,33	1,0	1,67	1,67
totaal	149		2,00	1,19		1,80	1,10		2,42	1,75

Tabel 4.9 (vervolg): Mediaan, gemiddelde en standaard-deviatie van niveau van reflectie bij zeven reken /wiskunde problemen

groep	n	probleem 4			probleem 5			probleem 6		
		med	gem	sd	med	gem	sd	med	gem	sd
exp.	103	1,0	1,74	1,28	1,0	1,76	1,25	1,0	1,58	1,11
contr.	46	1,5	1,98	1,48	1,0	1,52	1,19	1,0	1,78	1,03
totaal	149		1,81	1,34		1,68	1,24		1,64	1,08

Tabel 4.9 (vervolg): *Mediaan, gemiddelde en standaard-deviatie van niveau van reflectie bij zeven reken /wiskunde problemen*

groep	n	probleem 7		
		med	gem	sd
exp.	103	3,0	2,98	1,11
contr.	46	3,0	3,15	1,49
totaal	149		3,03	1,24

Met de Mann-Whitney toets is nagegaan of de twee onafhankelijke steekproeven (de experimentele groep en de controlegroep) uit populaties met hetzelfde gemiddelde komen (nulhypothese). Als deze nulhypothese wordt verworpen dan verschillen de gemiddelde reflectie-niveau scores van de experimentele groep en de controlegroep significant van elkaar.

Alleen bij reken / wiskunde probleem 3 blijken de gemiddelde reflectie-niveau scores van beide groepen significant van elkaar te verschillen ($U = 1562$; p (two-tailed) $< 0,01$). Het gemiddelde reflectie niveau van de experimentele groep is bij dit probleem significant hoger dan van de controlegroep. Bij de overige zes reken / wiskunde problemen is er geen (significant) verschil tussen de experimentele groep en de controlegroep gevonden. Dit gegeven is conform de eerdere toetsing van verschillen in frequentieverdelingen bij probleem 3 (zie tabel 4.4).

Het eerder gevonden verschil in verdeling van frequentie van reflectie-niveau scores bij probleem 7 is niet teruggevonden bij de Mann-Whitney toetsing van de gemiddelde reflectie-niveau scores van dit probleem.

De gevonden verschillen geven onvoldoende grond voor de conclusie dat het programma 'Een Wereld Rond Tafels' er aan bij zou dragen dat leerlingen die met dit programma werken aan het oplossen van niet-geautomatiseerde tafelopgaven, bij het

oplossen van (andere) reken / wiskunde problemen op een hoger niveau reflecteren op de oplossings-strategie.

4.4 Samenvattende conclusies

Met het in dit vierde hoofdstuk beschreven deel van het onderzoek moest worden beantwoord, in hoeverre het programma 'Een Wereld Rond Tafels' er aan bijdraagt dat leerlingen, die met dit programma hebben gewerkt, bij het oplossen van reken / wiskunde problemen beter vooraf reflecteren op de oplossings-strategie en op een hoger niveau reflecteren op de oplossings-strategie, dan leerlingen die niet met dit programma hebben gewerkt.

Het is gebleken dat zowel de experimentele groep als de controlegroep gemiddeld slechts bij ongeveer 19% van de op te lossen reken / wiskunde problemen vooraf reflecteerden op de oplossings-strategie. Er zijn onvoldoende eenduidige gegevens gevonden die zouden wijzen op verschillen hierin tussen leerlingen die wel en die niet met het programma 'Een Wereld rond Tafels' hadden gewerkt.

Ook is duidelijk geworden dat over het algemeen het niveau van reflectie bij het oplossen van de reken / wiskunde problemen niet erg hoog was. De gemiddelde reflectie-niveau score schommelde bij de zeven voorgelegde problemen rond de 2 (minimum score is 0, maximum score is 5). Dat wil zeggen dat, gemiddeld, leerlingen alleen overgingen tot het kiezen en motiveren van een alternatieve oplossingsstrategie na uitgebreide aanwijzingen en hulp van de proefleider hierbij. Ook hier zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen leerlingen die wel en die niet met het programma 'Een Wereld rond Tafels' hadden gewerkt.

Op grond van de gegevens die met dit onderzoek zijn verkregen kan niet worden geconcludeerd dat het programma 'Een Wereld rond Tafels' op enigerlei wijze zou bijdragen aan reflectie, het nadenken door leerlingen over het gebruik en de keuze van oplossingsstrategieën bij het oplossen van reken /wiskunde problemen.

hoofdstuk 5

DE RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK: SAMENVATTING EN DISCUSSIE

5.1 Inleiding

Het programma voor computer ondersteund rekenonderwijs "Een Wereld Rond Tafels" is door de SLO ontwikkeld om het inzichtelijk leren van de tafels van vermenigvuldiging in het rekenonderwijs te bevorderen. Het programma heeft tot doel bij de leerling de kennis van het vermenigvuldigen te vergroten, sneller correcte antwoorden op tafelopgaven te leren geven en de leerlingen op een meer flexibele wijze vermenigvuldigstrategieën te leren. Hiervoor wordt in het programma een combinatie van overhoren en van oefenen met behulp van door de leerling zelf te kiezen vermenigvuldigstrategieën en -modellen aangeboden.

Een vermenigvuldigstrategie is een manier om vanuit een bekend tafelproduct ($5 \times 7 = 35$) de oplossing van een niet-geautomatiseerde tafelopgave af te leiden ($6 \times 7 = ??$). Voorbeelden hiervan zijn herhaald optellen, omkeren, een erbij eerste getal, enzovoort (zie hoofdstuk 1, paragraaf 1.2). Vermenigvuldigmodellen zijn visuele representaties van de tafelopgave (getallenlijn, groepjesmodel, enzovoort, zie paragraaf 1.2).

Het onderzoek waarover in dit rapport verslag is gedaan was bedoeld om na te gaan of bij de verdere ontwikkeling van dit COO-programma en bij nieuw te ontwikkelen COO-programma's (beter) rekening zou kunnen worden gehouden met psychologische kenmerken van individuele leerlingen, door in dergelijke programma's opties in te bouwen die aansluiten bij relevante leerlingkenmerken.

Bovendien wilde de SLO weten of leerlingen, die gebruik maken van een COO-programma als 'Een Wereld rond Tafels', meer bewust gaan nadenken over eigen denkstrategieën en probleemoplossings-methoden, dat wil zeggen over de gevolgde

aanpak en over de kwaliteit van de oplossing van problemen binnen het reken / wiskunde domein.

Het onderzoek was uitdrukkelijk *niet* bedoeld om na te gaan of de doelstellingen van het programma 'Een Wereld rond Tafels', namelijk het bevorderen van het inzichtelijk leren van tafelopgaven, daadwerkelijk worden bereikt als leerlingen met dit programma werken. Het hier beschreven onderzoek doet dus *geen* uitspraken over directe leereffecten van het programma.

In het vervolg van dit hoofdstuk worden de uitkomsten van het onderzoek samenvattend beschreven en besproken, onder meer in het kader van de theoretische overwegingen die aan de keuze van variabelen (leerlingkenmerken) ten grondslag lagen (vergelijk hiervoor hoofdstuk 1).

5.2 Kenmerken van leerlingen en flexibel gebruik van vermenigvuldigmodellen en -strategieën

5.2.1 Herstructureringsbekwaamheid

Een van de aspecten van de cognitieve taak bij het werken met het programma 'Een Wereld rond Tafels' is flexibiliteit in het omgaan met getallen en bewerkingen en flexibiliteit in het gebruik van vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën. Dit taakaspect heeft betrekking op flexibiliteit in het denken en is tegengesteld aan het gefixeerd zijn op één oplossingsstrategie, representatiemodel of vermenigvuldigstrategie.

Deze flexibiliteit in het denken is in verband gebracht met de *herstructureringsbekwaamheid* van de leerling. Goede structureerders zijn minder tot fixatie geneigd dan zwakke structureerders. Zwakke structureerders lijkt het te ontbreken aan de vaardigheid zich te concentreren op analogieën en op het overdragen van oplossingsmethoden (vergelijk hoofdstuk 1).

Op basis van deze theoretische inzichten mocht worden verwacht dat leerlingen met een geringere herstructureringsbekwaamheid, bij het werken met het programma 'Een Wereld rond Tafels' minder flexibel zouden zijn in het gebruik van vermenigvuldig-

modellen en -strategieën dan leerlingen met een grotere herstructurerings-bekwaamheid. Goede structureerders kunnen hun eigen voorkennis gebruiken om een situatie te analyseren en laten zich minder leiden door niet-relevante stimuluskenmerken.

Er is geen verband gevonden tussen de herstructurerings-bekwaamheid van de leerling en de mate waarin deze *spontaan flexibel* gebruik maakt van verschillende vermenigvuldigstrategieën en -modellen bij het oplossen van niet gememoriseerde tafelopgaven. Onder spontaan flexibel gebruik is verstaan de mate waarin een leerling tijdens het werken met het programma EWRT uit zichzelf wisselt tussen de beschikbare vermenigvuldigmodellen en vermenigvuldigstrategieën, als hij tafelopgaven moet oplossen waarvan hij het antwoord niet (direct) kent.

Er was geen verschil in herstructurerings-bekwaamheid tussen groepen leerlingen met gemiddeld relatief hoge, gemiddelde en lage spontane flexibiliteits-scores. Dit gold zowel voor de spontane wisseling van model als ook voor de spontane wisseling van strategie. In het algemeen bleek te gelden dat leerlingen bij het werken met het programma 'Een Wereld rond Tafels' slechts weinig spontaan wisselen van vermenigvuldigstrategie of vermenigvuldigmodel.

Er is wel een verband gevonden tussen de herstructurerings-bekwaamheid van drie groepen leerlingen met relatief hoge, gemiddelde en lage *gestuurde flexibiliteits*-scores. Daartoe uitgenodigd door de leraar (proefleider) bleken leerlingen met een (relatief) geringe herstructurerings-bekwaamheid bij het oplossen van niet gememoriseerde tafelopgaven minder goed in staat te zijn tot adequaat flexibel gebruiken van verschillende vermenigvuldigstrategieën en -modellen, dan leerlingen met een (relatief) grote herstructurerings-bekwaamheid.

De conclusie is gerechtvaardigd dat de herstructurerings-bekwaamheid van de leerling als persoonskenmerk van invloed is op de mate waarin deze met succes kan werken met het programma 'Een Wereld rond Tafels', waarbij onder meer het doel is de leerlingen op een meer flexibele wijze vermenigvuldig-strategieën aan te leren. Voorwaarde hierbij lijkt wel te zijn dat de leerling gestuurd wordt in het gebruiken van de in het programma beschikbare vermenigvuldig-modellen en -strategieën. De

herstructurerings-bekwaamheid lijkt geen verband te houden met het spontaan flexibel gebruiken van vermenigvuldig-modellen en -strategieën. Een dergelijk verband is althans niet gevonden.

Hierbij is het wel van belang op te merken dat de drie groepen leerlingen die zijn onderscheiden naar (relatief) lage, gemiddelde en hoge spontane flexibiliteits-scores, absoluut gezien alle drie bij het oplossen van een niet-gememoriseerde tafelopgave gemiddeld minder dan 1 maal spontaan wisselden van vermenigvuldig-model of -strategie (zie hoofdstuk 3, paragraaf 3.3.1). Mogelijk is de mate van spontane flexibiliteit, meer absoluut gezien, van alle drie onderscheiden groepen als laag te kwalificeren en onderscheiden de drie groepen zich wellicht feitelijk nauwelijks met betrekking tot de spontane flexibiliteit.

5.2.2 *Het niveau van cognitieve functies*

Naast cognitieve flexibiliteit omvat de cognitieve taak bij het werken met het programma ook een aantal andere aspecten. Genoemd zijn het vooruitdenken op wat er mogelijk zal gaan gebeuren bij het kiezen van bepaalde opties binnen het programma en het herkennen en gebruiken van de gemeenschappelijke structuur van vermenigvuldigmodellen. Deze taakaspecten verwijzen naar de cognitieve functies: *redeneren*, *transformeren* van getalsmatige representatie naar visuele representatie, *waarnemen / herkennen van visuele patronen* en *visuele analyse / synthese* (vergelijk hoofdstuk 1). Deze cognitieve functies redeneren, transformeren, waarnemen/herkennen van visuele patronen, visuele analyse en synthese, ook wel aangeduid als *performale vaardigheden*, zijn gemeten met behulp van de subtests Blokpatronen, Vouwblaadjes en Natikken van de Leidse Diagnostische Test en uitgedrukt in één score (P-IQ).

Op grond van de veronderstelde relatie tussen aspecten van de cognitieve taak bij het oplossen van niet-gememoriseerde tafelopgaven binnen het programma 'Een Wereld rond Tafels' en het niveau van relevante cognitieve functies mag worden verondersteld, dat leerlingen met een hoger niveau van deze cognitieve functies beter in staat zijn tot flexibel gedrag bij het werken met 'Een Wereld rond Tafels'.

Deze verwachting is door het onderzoek gedeeltelijk bevestigd, maar opnieuw voor zover het de gestuurde flexibiliteit betreft. Gebleken is dat naarmate de cognitieve functies redeneren, transformeren, waarnemen / herkennen van visuele patronen en visuele analyse en synthese bij de leerling verder ontwikkeld zijn, deze meer flexibel om *kan* gaan met vermenigvuldig-modellen en vermenigvuldig-strategieën binnen 'Een Wereld Rond Tafels', mits deze leerling daartoe expliciet wordt uitgenodigd (gestuurde flexibiliteit).

Voor wat betreft de spontane flexibiliteit is er geen verband gevonden met de performale vaardigheden van de leerlingen. Verschillen in het niveau van cognitieve functies als redeneren, transformeren, waarnemen en herkennen van visuele patronen en visuele analyse en synthese lijken daarmee geen relatie te hebben met de mate waarin leerlingen spontaan flexibel omgaan met vermenigvuldigstrategieën en vermenigvuldigmodellen binnen het programma "Een Wereld Rond Tafels'. Opnieuw moet hierbij echter in beschouwing worden genomen, dat - mogelijk - de mate van spontane flexibiliteit, meer absoluut gezien, van alle drie onderscheiden groepen laag is en de drie groepen leerlingen met een verschillend niveau van performale vaardigheden zich wellicht feitelijk nauwelijks onderscheiden met betrekking tot de spontane flexibiliteit.

Met betrekking tot de flexibiliteit in het gebruik van vermenigvuldigmodellen en -strategieën binnen EWRT, is in dit onderzoek gebleken, dat leerlingen deze flexibiliteit nauwelijks spontaan vertonen, maar in een aantal gevallen wel als zij daartoe worden uitgenodigd door de proefleider. Wellicht verdient het daarom aanbeveling in het programma een moment van sturing van wisseling van strategie en model in te bouwen. Als bijvoorbeeld een leerling na x pogingen om de tafelopgave op te lossen niet slaagt kan de suggestie worden gegeven: kijk eens naar de buursommen, kijk eens naar ... deze buursom, gebruik eens een ander vermenigvuldigmodel, kijk eens naar ... dit vermenigvuldigmodel...

5.3 Het bevorderen van reflectie bij het oplossen van reken/ wiskundeproblemen

'Het leereffect van probleemoplossend leren schuilt niet ... alleen in het vinden van een oplossing voor een vraagstukje, maar vooral ook in de reflectie op de gevolgde aanpak en de kwaliteit van de oplossing. Reflecteren op rekenstrategieën is een belangrijke activiteit bij het flexibel leren rekenen.' (Klep, 1986/1987, p. 121).

De vraag of het werken met het programma 'Een Wereld Rond Tafels' het reflecteren van leerlingen op de eigen rekenaanpak, op de oplossingsstrategie, bevordert kan echter niet positief worden beantwoord.

In het onderzoek zijn geen gegevens zijn gevonden die erop wijzen dat het programma 'Een Wereld Rond Tafels' er aan zou bijdragen dat leerlingen beter vooraf gaan reflecteren op de oplossingsstrategie bij het oplossen van reken / wiskunde problemen, of dat deze leerlingen op een hoger niveau zouden gaan reflecteren op de gevolgde aanpak.

Zowel de experimentele groep als de controlegroep bleken gemiddeld slechts bij ongeveer 19% van de op te lossen reken / wiskunde problemen vooraf te reflecteren op de oplossingsstrategie.

Ook bleek dat over het algemeen het niveau van reflectie bij het oplossen van de reken / wiskunde problemen niet erg hoog was. Gemiddeld gingen leerlingen alleen over tot het kiezen en motiveren van een alternatieve oplossingsstrategie na uitgebreide aanwijzingen en hulp van de proefleider hierbij. Hierbij zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen leerlingen die wel en die niet met het programma 'Een Wereld rond Tafels' hadden gewerkt.

Op grond van de gegevens die met dit onderzoek zijn verkregen kan niet worden geconcludeerd dat het programma 'Een Wereld rond Tafels' op enigerlei wijze zou bijdragen aan reflectie, het nadenken door leerlingen over het gebruik en de keuze van oplossingsstrategieën bij het oplossen van reken / wiskunde problemen.

Het gegeven dat leerlingen in het algemeen weinig reflectief gedrag bleken te vertonen bij het oplossen van reken/ wiskunde problemen geeft stof tot nadenken over een van de uitgangspunten van het programma 'Een Wereld Rond Tafels': het ontbreken van

(inhoudelijke of procedurele) feedback bij foutieve antwoorden tijdens het gerichte en vrije oefendeel. De stelling van de ontwikkelaars van EWRT is, dat de 'computer' niet op fouten moet reageren en er niet op in moet gaan, omdat de leerling op een fout zelf verder moet, door te reflecteren op zijn strategie (vgl o.m. Klep, 1989). Tijdens het onderzoek bleek echter, zowel uit de logfiles die door de computer werden geproduceerd als uit niet-systematische observaties, dat leerlingen bij fouten eenvoudigweg dezelfde 'oplossings activiteiten' meerdere malen herhaalden of tot een trial-and error strategie overgingen, door (schijnbaar) niet-systematisch steeds nieuwe getallen in te tikken.

Wellicht dat het geven van gerichte feedback na een analyse van de foutieve oplossing, mogelijk in dialoogvorm, juist een bijdrage kan leveren aan het reflecteren op de gehanteerde oplossingsstrategie door de leerling.

5.4 Tenslotte

Als we het onderzoek samenvatten in zijn essentie naar de relatie tussen taakstructuurkenmerken (verschillende rekenstrategieën en -modellen) en individuele kenmerken van de leerlingen, blijkt dat de leerlingen die hoger scoren op structure-ringstendentie en performale intelligentie flexibeler kunnen omgaan met het kiezen uit de verschillende rekenstrategieën en -modellen, indien zij daartoe door de proefleider worden uitgenodigd in een systematische samenspraak. In alle andere gevallen vindt weinig of geen wisseling van strategie of representatiemodel plaats. De consequenties hiervan voor de verdere ontwikkeling van het programma zouden de volgende kunnen zijn.

Uit een analyse van de werking van feedback geeft Mory (1993) aan dat informatieve feedback bijna altijd beter werkt dan geen feedback. Wel is hierbij van belang om de mate van detaillering en het moment van feedback te differentiëren in verband met taakstructuur- en leerlingkenmerken.

Als taakstructuurkenmerken zijn in EWRT te onderscheiden de representatievorm (modellen genoemd) en de moeilijkheid van een probleem. Het idee bij het werken met grafische representaties is dat deze zich makkelijker laten manipuleren dan

symbolische representaties en te beschouwen zijn als 'cognitive tools' (cognitief gereedschap, Van Parreren en Vygotsky) die door manipulatie tot een interne representatie leiden waarop betekenisvolle mentale operaties zijn uit te voeren.

In een citaat van Kaput (1986): "...new uses of information technology can profoundly influence the acquisition and application of higher order thinking skills in or near the domain of mathematics. It concentrates on aspects of mathematics that relate to its representational function based on the beliefs that: (1) mathematics itself, as a tool of thought and communication, is essentially representational in nature, and (2) information technology will have its greatest impact in transforming the meaning of what it means to learn and use mathematics by providing access to new forms of representation as well as providing simultaneous access to multiple, linked representations."

De mogelijkheid om multiple representaties bij het leren te gebruiken blijkt uit dit onderzoek echter niet zonder enige sturing voor te komen. Het advies op grond van deze bevindingen is: (1) geef voor de leerlingen die hoger scoren op structurerings-tendencie en performante intelligentie de feedback meer in de vorm van hints; zij kunnen op grond van meer impliciete sturing flexibeler met de variatie in strategieën en modellen omgaan, (2) bouw voor de leerlingen die lager scoren op beide persoonskenmerken een meer gerichte vorm van sturing in om te wisselen van strategie of representatievorm (model).

Deze sturing kan mogelijk bovendien rekening houden met de moeilijkheid van het probleem. In een onderzoek van Bezouw en Hoogendijk (1987) bleek dat er een significant interactie effect is tussen een drill-and-practice programma (van de universiteit Leiden) dat gebaseerd is op herhalen en het PION-programma (ontwikkeld aan de vakgroep onderwijskunde van de UU) dat vooral op de buursom-strategie is gebaseerd. De leerlingen presteerden significant beter op de natoets bij het PION-programma bij de moeilijkere tafelopgaven. Bij de moeilijkere opgaven loonde de strategie-aanpak kennelijk wel.

Voor wat betreft de leerlingkenmerken die in dit onderzoek relevant bleken voor het flexibel om kunnen gaan met de rekenaanpak, zou het wenselijk zijn een toets voor de computer te ontwikkelen die als een voortoets (instaptoets) bij het programma

gebruikt kan worden. Op deze wijze kan het programma zich aanpassen aan het niveau van de structureringsstendie en de performale intelligentie van de leerling. Uitbreiding van het programma met een diagnostische component en met de mogelijkheid gedifferentieerde feedback en sturing te geven zal naar onze mening het programma waardevoller maken voor het onderwijs.

LITERATUUR

- Bezouw, J. van en Hoogendijk, K. (1987), Het PION-programma bekeken en vergeleken met een drill-and--practice programma. In: M. Beishuizen en D. de Jong (red.) *Rekenonderwijs en computer*. Lisse: Swets & Zeitlinger b.v., p. 35-48.
- Heege, H. ter (1985), *Tafels leren*. Enschede: SLO.
- Hermans, H. J. M. (1968), *Handleiding bij de Prestatie-Motivatie Test voor Kinderen PMT-K*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Hermans, H. J. M. (1971), *Prestatiemotief en faalangst in gezin en onderwijs*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Hermans, H. J. M. , Th. C. M. Bergen & R. W. Eijssen (1980), *Van faalangst tot verantwoordelijkheid*. 5e druk. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Hettema, P. J. (1966), *Stijlkenmerken in de waarneming*. Nijmegen: Swets & Zeitlinger.
- In het Panhuis, J. A. M. & M. A. D. Wolters (1986), LOGO, hoezo LOGO; LOGO en de ontwikkeling van metacognitieve vaardigheden van leerlingen op een LOM-school. In: P. W. Verhagen & B. J. Wielinga, *Bijdragen aan de onderwijsresearch 4. Media in het Onderwijs*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Kaput, James J. (1986), *Information Technology and Mathematics: Opening New Representational Windows*. Educational Technology Center, Cambridge, MA.: ETC-86-3
- Kema, G. N. (1976), *Handleiding bij de Nederlandse bewerking van de PMA 2-4*. Derde herziene uitgave. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Kok, W. A. M. & G. M. T. Poorthuis (1988), *Didactische werkvormen in computer ondersteund rekenonderwijs*. Rapport nummer 88. 03. Utrecht: ISOR.

- Kok, W. en G. Poorthuis (1990), The effects of different teaching strategies in three CAI programs. In: J. M. Pieters, P. R. J. Simons en L. de Leeuw (Ed.) *Research on computer-based instruction*. Amsterdam/Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Klep, J. (1984/1985), Voorwerk voor een computerprogramma; tafels leren en computers. *Willem Bartjens*, 4, 1, p. 30-40.
- Klep, J. (1986/1987), Reflecteren op rekenstrategieën. *Willem Bartjens*, 6, 3, p. 121-127.
- Klep, J. (1989), 'Didactische Systemanalyse', een symposium over coursewareontwikkeling. In: J. Klep en P. Kommers, *Courseware en leerplanontwikkeling Didactische systeemanalyse*. Enschede: SLO.
- Klep, J. (1990), *Een wereld rond tafels: handleiding bij de versie 2. 01*. M. m. v. L. Gilissen. Zeist: NIB.
- Klep, J. (1992). Learning Elementary Mathematics: A Discussion of Microworlds. In: P.A.M. Kommers , D.H. Jonassen en J.T. Mayes, *Cognitive Tools for Learning*. NATO ASI Series, Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 81. Berlin, ect.: Springer Verlag.
- Leeuw, L. de (1979), *Leren probleemoplossen; onderzoek naar de effecten van het aanleren van algoritmische en heuristische oplossingsmethoden mede in verband met persoonskenmerken*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Leeuw, L. de & J. A. Feij (1981), Veldafhankelijkheid-veldonafhankelijkheid. Een relevant persoonskenmerk in onderwijs-leersituaties? *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, 36, p. 327-340.
- Leeuw, L. de, H. van Daalen & J. J. Beishuizen (1987), 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 (Ed.), *Learning and Instruction*. Oxford/Leuven: Pergamon Press/Leuven University Press.
- Mory, E.H. (1993), The Use of Informational Feedback in Instruction: Implications for Future Research. *Educational Technology Research & Development*, 40, 3, p. 5-20.

- Muylwijk, B. van & G. C. van der Veer (z. j.), *Enkele onderwijskundige aspecten van de mens-machine interface.*
- Nelissen, J. M. C. (1987), *Kinderen leren wiskunde.* Academisch proefschrift. Gorinchem: De Ruiter.
- Overtoom-Corsmit, R. (1991), *Informatieverwerking door hoogbegaafde leerlingen.* Academisch proefschrift. De Lier: Academisch Boeken Centrum ABC.
- Pennings, A. (1975), Beïnvloeding van de structureringstendentie. *Pedagogische Studiën*, 52, p. 56-68.
- Schroots, J. J. F. & R. J. van Alphen de Veer (1976), *LDT, Leidse Diagnostische Test.* Deel 1, handleiding. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Span, P. (1973), *De structureringstendentie als cognitieve-stijlaspect.* Academisch proefschrift. Utrecht: RUU.
- Visser, R. S. H. , J. C. van Vliet-Mulder, A. Evers en J. ter Laak (1982), *Documentatie van tests en testresearch in Nederland.* Amsterdam: Nederlands Instituut voor Psychologen.
- Welters, H. (1984), De behoefte aan hulp tijdens het probleemoplossen. In: A. Dirkwager, S. D. Fokkema, G. C. van der Veer en J. J. Beishuizen (red.), *Leren met computers in het onderwijs.* Den Haag: SVO.
- Vrij, Tj., Kanselaar, G. en Streefland, L. Computerondersteund onderwijs bij het basisvermenigvuldigen. *Pedagogische Studiën*, 1987, 64, 11,437-448
- Zak, A. Z. (1980), Een experimenteel onderzoek naar reflectie bij jongere basisschoolleerlingen. *Pedagogische Studiën*, 57, p.358-365.

bijlage 2.1

STRUCTUUR EN VOORBEELD VAN 'LOG-FILE' BIJ 'EEN WERELD ROND TAFELS'

Gegevens die worden bijgehouden

kolom	omschrijving	betekenis
1	datum	dd/mm/jjjj
2	tijd	hh:mm:ss
3	leerlingnummer	recordnummer
4	leerlingnaam	50 posities
5	oefenstatus	1=fouten oefenen 2=gericht oefenen 3=vrij oefenen 9=einde
6	som operand 1	[1-10]
7	som operand 2	[1-10]
8	som antwoord	[1-100]
9	buursom status	0=uit; 1=aan
10	buursom operand 1	[1-10]
11	buursom operand 2	[1-10]
12	buursom antwoord	[1-100]
13	tussensom status	0=uit; 1=aan
14	tussensom operand 1	[1-10]
15	tussensom antwoord	[1-999]
16	kursor status (invoer)	0=som 1=buursom 2=tussensom
17	model	1=formule 2=getallenlijn 3=stroken 4=rooster 5=verzameling
18	televisie	0=uit; 1=aan
19	niveau	1=totaal 2=operand 2 3=eenheden

bijlage 2.1

INTER-BEOORDELAARS-BETROUWBAARHEID
GESTUURDE FLEXIBILITEITS-SCORES

Adequaat gebruik vermenigvuldigstrategie

Count		BEOORDELAAR_2			Row Total
		1	2	3	
BEOORDELAAR_1	1	163	2	2	167 56.6
	2	1	60	6	67 22.7
	3		3	58	61 20.7
Column Total		164 55.6	65 22.0	66 22.4	295 100.0

Statistic	Value	ASE1	Val/ASE0	Approximate Significance
Kappa	0.91942	0.02071	21.65189	

Adequat gebruik vermenigvuldigmodel

Count		BEOORDELAAR_2			Row Total
		1	2	3	
BEOORDELAAR_1	1	433	9	3	445 66.5
	2	9	170	6	185 27.7
	3	3	8	28	39 5.8
Column Total		445 66.5	187 28.0	37 5.5	669 100.0

Statistic	Value	ASE1	Val/ASE0	Approximate Significance
Kappa	0.88093	0.01830	26.79741	

Adequat gebruik ander vermenigvuldigmodel

Count		BEOORDELAAR_2			Row Total
		1	2	3	
BEOORDELAAR_1	1	422	5	8	435 71.5
	2	7	121	11	139 22.9
	3	6	5	23	34 5.6
Column Total		435 71.5	131 21.5	42 6.9	608 100.0

Statistic	Value	ASE1	Val/ASE0	Approximate Significance
Kappa	0.84120	0.02262	25.08098	

bijlage 3.1

FREQUENTIE VAN SCORES 'GEMIDDELDE STRATEGIE-
WISSELING'

Value	Freq	Percent	Cum Percent	Value	Freq	Percent	Cum Percent
0,0000	28	26,7	26,7	0,2456	1	1,0	65,7
0,0200	1	1,0	27,6	0,2623	1	1,0	66,7
0,0215	1	1,0	28,6	0,2647	1	1,0	67,6
0,0217	1	1,0	29,5	0,2736	1	1,0	68,6
0,0323	1	1,0	30,5	0,2807	1	1,0	69,5
0,0385	1	1,0	31,4	0,2857	1	1,0	70,5
0,0455	1	1,0	32,4	0,2903	1	1,0	71,4
0,0465	1	1,0	33,3	0,3158	1	1,0	72,4
0,0500	1	1,0	34,3	0,3256	1	1,0	73,3
0,0597	1	1,0	35,2	0,3333	2	1,9	75,2
0,0667	2	1,9	37,1	0,3500	1	1,0	76,2
0,0723	1	1,0	38,1	0,3571	1	1,0	77,1
0,0759	1	1,0	39,0	0,3797	1	1,0	78,1
0,0833	1	1,0	40,0	0,4130	1	1,0	79,0
0,0909	1	1,0	41,0	0,4848	1	1,0	80,0
0,0930	1	1,0	41,9	0,4898	1	1,0	81,0
0,0971	1	1,0	42,9	0,5000	1	1,0	81,9
0,0984	1	1,0	43,8	0,5116	1	1,0	82,9
0,1053	1	1,0	44,8	0,5333	1	1,0	83,8
0,1111	1	1,0	45,7	0,5641	1	1,0	84,8
0,1149	1	1,0	46,7	0,5957	1	1,0	85,7
0,1250	1	1,0	47,6	0,6000	1	1,0	86,7
0,1304	1	1,0	48,6	0,6087	1	1,0	87,6
0,1379	1	1,0	49,5	0,6154	1	1,0	88,6
0,1429	2	1,9	51,4	0,6667	1	1,0	89,5
0,1449	1	1,0	52,4	0,7273	2	1,9	91,4
0,1667	1	1,0	53,3	0,8036	1	1,0	92,4
0,1707	1	1,0	54,3	0,8529	1	1,0	93,3
0,1818	4	3,8	58,1	0,8923	1	1,0	94,3
0,1852	1	1,0	59,0	0,9474	1	1,0	95,2
0,1975	1	1,0	60,0	1,1273	1	1,0	96,2
0,2000	1	1,0	61,0	1,2432	1	1,0	97,1
0,2222	2	1,9	62,9	1,2500	1	1,0	98,1
0,2308	1	1,0	63,8	1,3333	1	1,0	99,0
0,2326	1	1,0	64,8	2,0000	1	1,0	100,0
				Total	105	100,0	100,0

bijlage 3.2

FREQUENTIE VAN SCORES 'GEMIDDELDE MODEL-
WISSELING'

Value	Freq	Percent	Cum Percent	Value	Freq	Percent	Cum Percent
0,0000	5	4,8	4,8	0,5397	1	1,0	54,3
0,0625	1	1,0	5,7	0,5455	1	1,0	55,2
0,0789	1	1,0	6,7	0,5641	1	1,0	56,2
0,1000	1	1,0	7,6	0,5663	1	1,0	57,1
0,1165	1	1,0	8,6	0,5682	1	1,0	58,1
0,1628	1	1,0	9,5	0,5714	1	1,0	59,0
0,2206	1	1,0	10,5	0,5732	1	1,0	60,0
0,2222	1	1,0	11,4	0,5758	1	1,0	61,0
0,2283	1	1,0	12,4	0,5849	1	1,0	61,9
0,2388	1	1,0	13,3	0,5946	1	1,0	62,9
0,2459	1	1,0	14,3	0,6000	2	1,9	64,8
0,2500	3	2,9	17,1	0,6061	1	1,0	65,7
0,2558	1	1,0	18,1	0,6250	1	1,0	66,7
0,2667	2	1,9	20,0	0,6316	1	1,0	67,6
0,2879	1	1,0	21,0	0,6329	1	1,0	68,6
0,3019	1	1,0	21,9	0,6429	1	1,0	69,5
0,3043	1	1,0	22,9	0,6471	1	1,0	70,5
0,3137	1	1,0	23,8	0,6512	1	1,0	71,4
0,3333	1	1,0	24,8	0,6923	1	1,0	72,4
0,3387	1	1,0	25,7	0,6977	1	1,0	73,3
0,3409	1	1,0	26,7	0,7000	1	1,0	74,3
0,3548	1	1,0	27,6	0,7018	1	1,0	75,2
0,3678	1	1,0	28,6	0,7143	1	1,0	76,2
0,3750	1	1,0	29,5	0,7215	1	1,0	77,1
0,3951	1	1,0	30,5	0,7407	1	1,0	78,1
0,4000	2	1,9	32,4	0,7660	1	1,0	79,0
0,4167	2	1,9	34,3	0,7742	1	1,0	80,0
0,4186	1	1,0	35,2	0,8043	1	1,0	81,0
0,4242	1	1,0	36,2	0,8636	1	1,0	81,9
0,4262	1	1,0	37,1	0,8864	2	1,9	83,8
0,4400	1	1,0	38,1	0,9091	1	1,0	84,8
0,4545	1	1,0	39,0	0,9118	1	1,0	85,7
0,4565	1	1,0	40,0	0,9302	1	1,0	86,7
0,4667	1	1,0	41,0	0,9333	1	1,0	87,6
0,4731	1	1,0	41,9	0,9500	1	1,0	88,6
0,4750	1	1,0	42,9	0,9583	1	1,0	89,5
0,4783	1	1,0	43,8	1,0000	2	1,9	91,4
0,4923	1	1,0	44,8	1,2500	1	1,0	92,4
0,5000	1	1,0	45,7	1,2857	1	1,0	93,3
0,5088	1	1,0	46,7	1,3448	1	1,0	94,3
0,5102	1	1,0	47,6	1,5000	1	1,0	95,2
0,5122	1	1,0	48,6	1,5556	1	1,0	96,2
0,5143	1	1,0	49,5	1,5577	1	1,0	97,1
0,5161	1	1,0	50,5	1,6250	1	1,0	98,1
0,5263	1	1,0	51,4	1,6957	1	1,0	99,0
0,5362	1	1,0	52,4	1,7308	1	1,0	100,0
0,5385	1	1,0	53,3				
				Total	105	100,0	100,0

bijlage 3.3

FREQUENTIE VAN SCORES 'SPONTANE FLEXIBILITEIT'

Value	Freq	Percent	Cum Percent	Value	Freq	Percent	Cum Percent
0,00	4	3,8	3,8	0,71	1	1,0	51,4
0,19	1	1,0	4,8	0,73	1	1,0	52,4
0,21	1	1,0	5,7	0,74	1	1,0	53,3
0,21	1	1,0	6,7	0,74	1	1,0	54,3
0,25	1	1,0	7,6	0,74	2	1,9	56,2
0,27	1	1,0	8,6	0,75	1	1,0	57,1
0,27	1	1,0	9,5	0,76	1	1,0	58,1
0,30	1	1,0	10,5	0,77	1	1,0	59,0
0,30	1	1,0	11,4	0,77	1	1,0	60,0
0,31	1	1,0	12,4	0,77	1	1,0	61,0
0,33	1	1,0	13,3	0,79	1	1,0	61,9
0,33	1	1,0	14,3	0,80	1	1,0	62,9
0,34	1	1,0	15,2	0,80	1	1,0	63,8
0,35	1	1,0	16,2	0,81	1	1,0	64,8
0,37	1	1,0	17,1	0,89	1	1,0	65,7
0,39	1	1,0	18,1	0,89	1	1,0	66,7
0,39	1	1,0	19,0	0,93	1	1,0	67,6
0,40	1	1,0	20,0	0,93	1	1,0	68,6
0,42	1	1,0	21,0	0,93	1	1,0	69,5
0,44	1	1,0	21,9	0,98	1	1,0	70,5
0,45	1	1,0	22,9	1,00	2	1,9	72,4
0,47	1	1,0	23,8	1,09	2	1,9	74,3
0,48	1	1,0	24,8	1,10	1	1,0	75,2
0,49	1	1,0	25,7	1,13	1	1,0	76,2
0,49	1	1,0	26,7	1,13	1	1,0	77,1
0,50	2	1,9	28,6	1,18	1	1,0	78,1
0,51	1	1,0	29,5	1,23	1	1,0	79,0
0,53	1	1,0	30,5	1,25	1	1,0	80,0
0,53	1	1,0	31,4	1,30	1	1,0	81,0
0,53	1	1,0	32,4	1,36	1	1,0	81,9
0,56	1	1,0	33,3	1,38	1	1,0	82,9
0,57	1	1,0	34,3	1,46	1	1,0	83,8
0,58	1	1,0	35,2	1,47	1	1,0	84,8
0,58	1	1,0	36,2	1,48	1	1,0	85,7
0,59	1	1,0	37,1	1,50	2	1,9	87,6
0,59	1	1,0	38,1	1,52	1	1,0	88,6
0,60	1	1,0	39,0	1,53	1	1,0	89,5
0,63	1	1,0	40,0	1,59	1	1,0	90,5
0,64	1	1,0	41,0	1,61	1	1,0	91,4
0,64	1	1,0	41,9	1,63	1	1,0	92,4
0,65	1	1,0	42,9	1,64	1	1,0	93,3
0,67	2	1,9	44,8	1,76	1	1,0	94,3
0,68	1	1,0	45,7	1,77	1	1,0	95,2
0,69	1	1,0	46,7	1,84	1	1,0	96,2
0,69	1	1,0	47,6	2,17	1	1,0	97,1
0,70	1	1,0	48,6	2,30	1	1,0	98,1
0,71	1	1,0	49,5	2,60	1	1,0	99,0
0,71	1	1,0	50,5	2,89	1	1,0	100,0
				Total	105	100,0	100,0

bijlage 3.4

FREQUENTIE VAN SCORES 'GESTUURDE FLEXIBILITEIT'

Value	Freq	Percent	Cum Percent	Value	Freq	Percent	Cum Percent
1,3	1	1,0	1,0	7,1	1	1,0	43,8
3,0	1	1,0	1,9	7,2	2	1,9	45,7
3,3	1	1,0	2,9	7,3	1	1,0	46,7
3,7	1	1,0	3,8	7,4	1	1,0	47,6
3,8	2	1,9	5,7	7,5	2	1,9	49,5
3,9	1	1,0	6,7	7,7	1	1,0	50,5
4,0	2	1,9	8,6	7,8	3	2,9	53,3
4,8	2	1,9	10,5	7,9	1	1,0	54,3
4,9	1	1,0	11,4	8,0	1	1,0	55,2
5,0	1	1,0	12,4	8,1	2	1,9	57,1
5,2	1	1,0	13,3	8,2	1	1,0	58,1
5,3	1	1,0	14,3	8,3	4	3,8	61,9
5,4	1	1,0	15,2	8,4	2	1,9	63,8
5,5	1	1,0	16,2	8,5	2	1,9	65,7
5,6	1	1,0	17,1	8,6	5	4,8	70,5
5,7	4	3,8	21,0	8,7	5	4,8	75,2
5,8	1	1,0	21,9	8,8	3	2,9	78,1
5,9	1	1,0	22,9	9,0	2	1,9	80,0
6,0	2	1,9	24,8	9,1	1	1,0	81,0
6,3	2	1,9	26,7	9,2	1	1,0	81,9
6,4	2	1,9	28,6	9,3	3	2,9	84,8
6,5	1	1,0	29,5	9,4	4	3,8	88,6
6,6	1	1,0	30,5	9,5	1	1,0	89,5
6,7	5	4,8	35,2	9,7	4	3,8	93,3
6,8	2	1,9	37,1	9,8	4	3,8	97,1
6,9	4	3,8	41,0	10,0	3	2,9	100,0
7,0	2	1,9	42,9				
				Total	105	100,0	100,0

bijlage 3.5

FREQUENTIE VAN SCORES OP DE C-EFT
(HERSTRUCTURERINGSBEKWAAMHEID)

Value	Frequency	Percent	Percent	Cum
9	1	.9	.9	
11	2	1.9	2.8	
12	5	4.7	7.5	
13	6	5.7	13.2	
14	10	9.4	22.6	
15	17	16.0	38.7	
16	12	11.3	50.0	
17	17	16.0	66.0	
18	10	9.4	75.5	
19	10	9.4	84.9	
20	8	7.5	92.5	
21	2	1.9	94.3	
22	4	3.8	98.1	
23	1	.9	99.1	
24	1	.9	100.0	
Total	105	100.0		
Mean	16.528	Std dev	2.832	

bijlage 3.6

FREQUENTIE VAN SCORES OP DE PMA
(VERBALE VAARDIGHEID)

Value	Freq	Percent	Cum Percent				
90.00	1	.9	.9	107.75	3	2.8	44.3
90.25	1	.9	1.9	108.00	3	2.8	47.2
91.00	1	.9	2.8	108.50	2	1.9	49.1
91.50	1	.9	3.8	109.00	1	.9	50.0
92.00	1	.9	4.7	109.25	3	2.8	52.8
94.75	1	.9	5.7	109.50	1	.9	53.8
95.50	2	1.9	7.5	109.75	5	4.7	58.5
98.75	1	.9	8.5	110.00	1	.9	59.4
99.50	2	1.9	10.4	110.50	1	.9	60.4
99.75	1	.9	11.3	110.75	3	2.8	63.2
100.50	2	1.9	13.2	111.25	3	2.8	66.0
100.75	1	.9	14.2	111.50	3	2.8	68.9
101.00	1	.9	15.1	112.50	3	2.8	71.7
101.25	1	.9	16.0	113.25	5	4.7	76.4
101.50	3	2.8	18.9	113.50	3	2.8	79.2
101.75	1	.9	19.8	114.00	1	.9	80.2
102.25	1	.9	20.8	114.25	4	3.8	84.0
102.50	4	3.8	24.5	114.50	1	.9	84.9
103.00	2	1.9	26.4	115.25	2	1.9	86.8
103.25	2	1.9	28.3	116.00	3	2.8	89.6
104.00	1	.9	29.2	116.75	1	.9	90.6
104.50	1	.9	30.2	117.00	2	1.9	92.5
105.00	1	.9	31.1	117.25	1	.9	93.4
105.75	1	.9	32.1	118.25	1	.9	94.3
106.00	3	2.8	34.9	119.00	1	.9	95.3
106.25	2	1.9	36.8	119.75	1	.9	96.2
106.50	1	.9	37.7	120.00	1	.9	97.2
106.75	2	1.9	39.6	120.75	2	1.9	99.1
107.00	2	1.9	41.5	121.75	1	.9	100.0
				Total	106	100.0	
Mean		108.052	Std dev				7.089

bijlage 3.7

FREQUENTIE VAN P-IQ SCORES en BP SCORES
(PERFORMALE VAARDIGHEDEN)

P-IQ							
Value	Fréquency	Percent	Cum Percen				
75	1	.9	.9	111	2	1.9	49.1
78	1	.9	1.9	112	4	3.8	52.8
83	1	.9	2.8	113	3	2.8	55.7
85	1	.9	3.8	115	1	.9	56.6
86	1	.9	4.7	116	2	1.9	58.5
88	2	1.9	6.6	117	4	3.8	62.3
89	2	1.9	8.5	118	3	2.8	65.1
90	2	1.9	10.4	119	4	3.8	68.9
91	1	.9	11.3	120	2	1.9	70.8
93	1	.9	12.3	121	3	2.8	73.6
94	1	.9	13.2	122	4	3.8	77.4
96	2	1.9	15.1	124	5	4.7	82.1
97	4	3.8	18.9	125	1	.9	83.0
99	2	1.9	20.8	126	1	.9	84.0
100	1	.9	21.7	127	2	1.9	85.8
101	3	2.8	24.5	129	1	.9	86.8
102	3	2.8	27.4	130	4	3.8	90.6
104	5	4.7	32.1	132	1	.9	91.5
105	4	3.8	35.8	133	1	.9	92.5
106	1	.9	36.8	134	2	1.9	94.3
107	1	.9	37.7	136	4	3.8	98.1
108	3	2.8	40.6	137	1	.9	99.1
109	5	4.7	45.3	146	1	.9	100.0
110	2	1.9	47.2				
				Total	-----	-----	
					106	100.0	
Mean	111.575	Std dev	14.647				

BP

Value	Frequency	Percent	Cum Percen
74	1	.9	.9
81	2	1.9	2.8
84	1	.9	3.8
86	7	6.6	10.4
89	3	2.8	13.2
92	4	3.8	17.0
96	5	4.7	21.7
99	2	1.9	23.6
100	8	7.5	31.1
102	1	.9	32.1
104	6	5.7	37.7
108	11	10.4	48.1
112	6	5.7	53.8
114	3	2.8	56.6
116	17	16.0	72.6
122	11	10.4	83.0
124	1	.9	84.0
129	12	11.3	95.3
136	5	4.7	100.0
Total	----- 106	----- 100.0	
Mean	109.708	Std dev	14.742

bijlage 3.8

MULTIVARIATE VARIANTIE-ANALYSES FLEXIBILITEIT EN LEERLINGKENMERKEN

MANOVA CEFT PMA PIQ BP

BY Spontane flexibiliteit(1,3) Gestuurde flexibiliteit(1,3).

EFFECT .. Spontane flexibiliteit BY Gestuurde flexibiliteit

Multivariate Tests of Significance (S = 4, M = -1/2, N = 45)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.10547	.64317	16.00	380.00	.848
Hotellings	.11070	.62616	16.00	362.00	.863
Wilks	.89760	.63376	16.00	281.70	.856
Roys	.06134				

Univariate F-tests with (4,95) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig.of F
CEFT	14.61534	772.87727	3.65383	8.13555	.44912	.773
PMA	258.93759	4782.24782	64.73440	50.33945	1.28596	.281
PIQ	179.36175	19552.1280	44.84044	205.81187	.21787	.928
BP	46.51905	20733.8939	11.62976	218.25152	.05329	.995

EFFECT .. Gestuurde flexibiliteit

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 45)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.13484	1.68090	8.00	186.00	.105
Hotellings	.15179	1.72663	8.00	182.00	.095
Wilks	.86679	1.70418	8.00	184.00	.100
Roys	.12136				

Univariate F-tests with (2,95) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig.of F
CEFT	51.51930	772.87727	25.75965	8.13555	3.16631	.047
PMA	153.00763	4782.24782	76.50381	50.33945	1.51976	.224
PIQ	2320.72765	19552.1280	1160.36383	205.81187	5.63798	.005
BP	1683.20685	20733.8939	841.60343	218.25152	3.85612	.025

EFFECT .. Spontane flexibiliteit

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 45)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.07686	.92919	8.00	186.00	.494
Hotellings	.08033	.91380	8.00	182.00	.506
Wilks	.92444	.92152	8.00	184.00	.500
Roys	.05183				

Univariate F-tests with (2,95) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig.of F
CEFT	5.54738	772.87727	2.77369	8.13555	.34093	.712
PMA	7.68484	4782.24782	3.84242	50.33945	.07633	.927
PIQ	386.93091	19552.1280	193.46545	205.81187	.94001	.394
BP	400.03821	20733.8939	200.01911	218.25152	.91646	.403

EFFECT .. CONSTANT

Multivariate Tests of Significance (S = 1, M = 1 , N = 45)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.99618	6003.73243	4.00	92.00	.000
Hotellings	261.03184	6003.73243	4.00	92.00	.000
Wilks	.00382	6003.73243	4.00	92.00	.000
Roys	.99618				

Univariate F-tests with (1,95) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig.of F
CEFT	27943.8919	772.87727	27943.8919	8.13555	3434.7881	.000
PMA	1185226.62	4782.24782	1185226.62	50.33945	23544.6871	.000
PIQ	1266051.48	19552.1280	1266051.48	205.81187	6151.4987	.000
BP	1219801.20	20733.8939	1219801.20	218.25152	5588.9701	.000

bijlage 3.9

MULTIVARIATE VARIANTIE-ANALYSE ASPECTEN VAN SPONTANE FLEXIBILITEIT EN LEERLINGKENMERKEN

MANOVA CEFT PMA PIQ BP
 BY Gemiddelde wisseling van strategie(1,3)
 Gemiddelde wisseling van model(1,3)

EFFECT .. Gemiddelde wisseling van strategie
BY Gemiddelde wisseling van model

Multivariate Tests of Significance (S = 4, M = -1/2, N = 45 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.13480	.83698	16.00	384.00	.643
Hotellings	.14868	.85026	16.00	366.00	.628
Wilks	.86807	.84358	16.00	284.76	.635
Roys	.10888				

Univariate F-tests with (4,96) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CEFT	27.93497	781.42727	6.98374	8.13987	.85797	.492
PMA	114.93241	4934.13750	28.73310	51.39727	.55904	.693
PIQ	772.63828	21254.9039	193.15957	221.40525	.87243	.483
BP	78.95918	22603.6896	19.73980	235.45510	.08384	.987

EFFECT .. Gemiddelde wisseling van model

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 45 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.07093	.86408	8.00	188.00	.548
Hotellings	.07484	.86068	8.00	184.00	.551
Wilks	.92974	.86246	8.00	186.00	.549
Roys	.05963				

Univariate F-tests with (2,96) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CEFT	11.70693	781.42727	5.85347	8.13987	.71911	.490
PMA	173.78483	4934.13750	86.89241	51.39727	1.69060	.190
PIQ	109.51949	21254.9039	54.75974	221.40525	.24733	.781
BP	16.70153	22603.6896	8.35077	235.45510	.03547	.965

EFFECT .. Gemiddelde wisseling van strategie

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 45 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.04812	.57933	8.00	188.00	.794
Hotellings	.04952	.56944	8.00	184.00	.802
Wilks	.95236	.57440	8.00	186.00	.798
Roys	.03397				

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CEFT	20.17231	781.42727	10.08615	8.13987	1.23911	.294
PMA	22.65613	4934.13750	11.32806	51.39727	.22040	.803
PIQ	233.00191	21254.9039	116.50095	221.40525	.52619	.593
BP	88.70017	22603.6896	44.35009	235.45510	.18836	.829

EFFECT .. CONSTANT

Multivariate Tests of Significance (S = 1, M = 1, N = 45 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.99609	5919.63719	4.00	93.00	.000
Hotellings	254.60805	5919.63719	4.00	93.00	.000
Wilks	.00391	5919.63719	4.00	93.00	.000
Roys	.99609				

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CEFT	28316.0019	781.42727	28316.0019	8.13987	3478.680	.000
PMA	1203458.16	4934.13750	1203458.16	51.39727	23414.82	.000
PIQ	1287939.76	21254.9039	1287939.76	221.40525	5817.114	.000
BP	1240266.07	22603.6896	1240266.07	235.45510	5267.526	.000

bijlage 4.1

TOETSING VAN VERSCHILLEN IN FREQUENTIE VAN REFLECTIE VOORAF TUSSEN EXPERIMENTELE EN CONTROLEGROEP

Reken/wiskunde probleem 1

gevonden freq verwachte freq	geen reflectie vooraf	wel reflectie vooraf	rij totaal
experimentele groep	88 87,1	15 15,9	103 69,1 %
controlegroep	38 38,9	8 7,1	46 30,9 %
kolom totaal	126 84,6 %	23 15,4%	149 100 %

Pearson Chi² waarde df significantie
0,195 1 0,66

Reken/wiskunde probleem 2

gevonden freq verwachte freq	geen reflectie vooraf	wel reflectie vooraf	rij totaal
experimentele groep	97 93,3	6 9,7	103 69,1 %
controlegroep	38 41,7	8 4,3	46 30,9 %
kolom totaal	135 90,6 %	14 9,4 %	149 100 %

	waarde	df	significantie
Pearson Chi ²	4,997	1	0,03
Fisher's Exact Test			
One-tail			0,03
Two-tail			0,03

Reken/wiskunde probleem 3

gevonden freq verwachte freq	geen reflectie vooraf	wel reflectie vooraf	rij totaal
experimentele groep	59 66,4	44 36,6	103 69,1 %
controlegroep	37 29,6	9 16,4	46 30,9 %
kolom totaal	96 64,4 %	53 35,6 %	149 100 %

	waarde	df	significantie
Pearson Chi ²	7,438	1	0,01

Reken/wiskunde probleem 4

	gevonden freq verwachte freq	geen reflectie vooraf	wel reflectie vooraf	rij totaal
experimentele groep		87 85,7	16 17,3	103 69,1 %
controlegroep		37 38,3	9 7,7	46 30,9 %
kolom totaal		124 83,2 %	25 16,8 %	149 100 %

waarde df significantie
 Pearson Chi² 0,370 1 0,54

Reken/wiskunde probleem 5

	gevonden freq verwachte freq	geen reflectie vooraf	wel reflectie vooraf	rij totaal
experimentele groep		90 91,9	13 11,1	103 69,1 %
controlegroep		43 41,1	3 4,9	46 30,9 %
kolom totaal		133 89,3 %	16 10,7 %	149 100 %

waarde df significantie
 Pearson Chi² 1,234 1 0,27
 Fisher's Exact Test
 One-tail 0,21
 Two-tail 0,39

Reken/wiskunde probleem 6

gevonden freq verwachte freq	geen reflectie vooraf	wel reflectie vooraf	rij totaal
experimentele groep	95 94,7	8 8,3	103 69,1 %
controlegroep	42 42,3	4 3,7	46 30,9 %
kolom totaal	137 91,9 %	12 8,1 %	149 100 %

	waarde	df	significantie
Pearson Chi ²	0,037	1	0,85
Fisher's Exact Test			
One-tail			0,54
Two-tail			1,00

Reken/wiskunde probleem 7

gevonden freq verwachte freq	geen reflectie vooraf	wel reflectie vooraf	rij totaal
experimentele groep	68 65,7	35 37,3	103 69,1 %
controlegroep	27 29,3	19 16,7	46 30,9 %
kolom totaal	95 63,8 %	54 36,2 %	149 100 %

	waarde	df	significantie
Pearson Chi ²	0,738	1	0,39