

Efficiëntie en adaptiviteit van strategiegebruik bij elementaire rekensommen bestudeerd via de 'choice/no-choice'-methode

J. Torbeyns, L. Verschaffel en P. Ghesquière

Samenvatting

Dit onderzoek had tot doel de strategieën die kinderen gebruiken om sommen met brug over 10 op te lossen, en de frequentie, efficiëntie en adaptiviteit waarmee ze deze strategieën uitvoeren, in kaart te brengen via de 'choice/no-choice'-methode. Zevenenzeventig kinderen, in drie groepen opgedeeld volgens rekvaardigheidsniveau, losten bij de start van het tweede leerjaar 25 sommen op in drie condities: een vrije-keuzeconditie, waarin ze elke som konden oplossen via de strategie die hen het meest geschikt leek, en twee geen-keuzecondities, waarin ze alle sommen moesten oplossen via respectievelijk de strategie aanvullen-tot-10 en de geheugenstrategie. De resultaten laten zien dat 6-7-jarigen adaptief gebruik maken van diverse strategieën om sommen met brug over 10 op te lossen en dat ze deze strategieën niet even frequent en efficiënt uitvoeren. Verder blijkt dat kinderen van verschillend rekvaardigheidsniveau dezelfde strategieën gebruiken en deze even efficiënt uitvoeren, maar verschillen in de frequentie en adaptiviteit waarmee ze deze strategieën toepassen. Op basis van onze onderzoeksresultaten kunnen ten slotte enkele kanttekeningen worden geplaatst bij de waarde van de 'choice/no-choice'-methode om de adaptiviteit van strategiekeuzen te bepalen.

1 Inleiding

Onderwijs- en ontwikkelingspsychologisch onderzoek naar de cognitieve ontwikkeling van mensen laat er weinig twijfel over bestaan: van jongs af aan wordt flexibel gebruik gemaakt van een ruime diversiteit aan strategieën om cognitieve taken uit te voeren, zoals bijvoorbeeld het oplossen van sommen tot 20 of het lezen van zinnen en tekst (Siegler, 1996). In dit artikel bespreken we de opzet en resultaten van een onderzoek naar de strate-

gieën die kinderen gebruiken om sommen met brug over 10 te beantwoorden. Dit onderzoek is gebaseerd op Siegler's theoretische en methodologische ideeën omtrent (het onderzoek naar) de keuze en ontwikkeling van cognitieve strategieën (voor een kritische bespreking, zie Torbeyns, Verschaffel & Ghesquière, 2001a). Eerst schetsen we het door Siegler aangereikte theoretisch en methodologisch kader en vatten we de resultaten van het daarbij aansluitend onderzoek op het domein van het aanvankelijk rekenen samen. Vervolgens bespreken we de opzet en de resultaten van het eigen onderzoek. We sluiten het geheel af met een samenvatting van de belangrijkste bevindingen en enkele theoretische en methodologische beschouwingen.

2 Theoretisch, methodologisch en empirisch kader

2.1 Siegler's 'model of strategic change'

Volgens Siegler (1996) wordt de cognitieve ontwikkeling van mensen gekenmerkt door variabiliteit in strategiegebruik, waarmee hij bedoelt dat ieder mens op elk moment van zijn of haar ontwikkeling in principe beschikt over meerdere strategieën die alle kunnen worden toegepast om eenzelfde taak uit te voeren. Siegler en Jenkins (1989) maken onderscheid tussen twee soorten strategieën: 'back-up'-strategieën en 'retrieval'. 'Back-up'-strategieën omschrijven zij als tijdsintensieve strategieën, waarvan de duur van uitvoering in sterke mate afhangt van itemspecifieke kenmerken (zo vraagt het meer tijd om $8+5$ tellend (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ... 9, 10, 11, 12, 13) op te lossen dan om $2+3$ met diezelfde telstrategie (1, 2 ... 3, 4, 5) te beantwoorden). 'Retrieval' wordt door Siegler en Jenkins gedefinieerd als het snel ophalen van (quasi-)geautomatiseerde kennis uit het langetermijngeheugen (bijvoorbeeld het antwoord op $8+5$ onmiddellijk geven, omdat

men deze som uit het hoofd kent). Deze laatste strategie neemt in principe minder tijd in beslag dan een 'back-up'-strategie; de uitvoeringsduur van 'retrieval' wordt bovendien in veel mindere mate bepaald door itemspecifieke kenmerken dan die van een 'back-up'-strategie. Hoewel men zich kan afvragen of Siegler's onderscheid tussen 'retrieval' en 'back-up'-strategieën wel perfect samenvalt met het in de Nederlandstalige literatuur vaak gehanteerde onderscheid tussen geheugenstrategieën en procedurele oplossingsstrategieën (zie Torbeyns e.a., 2001a), maken wij in het verdere verloop van dit artikel gemakshalve gebruik van de term procedurele strategieën om te verwijzen naar 'back-up'-strategieën en vertalen we 'retrieval'-strategieën verder als geheugenstrategie.

Lemaire en Siegler (1995) onderscheiden in hun 'model of strategic change' vier parameters om de ontwikkeling van cognitieve strategieën te beschrijven. De eerste parameter betreft het *repertorium* aan beschikbare strategieën en beschrijft welke strategieën het subject gebruikt om een taak uit te voeren. De tweede parameter verwijst naar de relatieve *frequentie* waarmee het subject elk van de voor hem of haar beschikbare strategieën toepast gedurende de taakuitvoering. De accurate en snelheid, of de *efficiëntie* waarmee het subject deze strategieën uitvoert, vormt de derde parameter van het model. De vierde parameter betreft de *adaptiviteit* van strategiekeuze: in hoeverre kiest het subject bij elk item voor de cognitief efficiëntste strategie, dit wil zeggen voor de strategie die het snelst leidt tot een accuraat antwoord op het item? Volgens het model kiest het subject bij de aanvang van het leerproces overwegend voor tijdrovende procedurele strategieën, die hij of zij bovendien op een weinig accurate en weinig flexibele manier uitvoert. Naarmate het leerproces vordert, maakt de lerende steeds meer en steeds adaptiever gebruik van de efficiëntste procedurele strategieën en van de geheugenstrategie.

2.2 De 'choice/no-choice'-methode

Om een accuraat beeld te verwerven van de efficiëntie en adaptiviteit van strategiegebruik, kan men volgens Siegler en Lemaire (1997) het best gebruik maken van de 'choice/

no-choice'-methode. Deze methode komt in essentie neer op het aanbieden van items in twee soorten condities: een vrije-keuzeconditie ('choice'), waarin de subjecten de opdracht krijgen elk item snel en accuraat op te lossen met die strategie die hen het meest geschikt lijkt, en één of meerdere geen-keuzecondities ('no-choice'), waarin de subjecten alle items moeten oplossen met een door de onderzoeker opgelegde strategie. Vergelijking van de informatie over de snelheid en accuratesse van de verschillende strategieën verzameld in de geen-keuzecondities, met de strategiekeuzen die het subject maakt in de vrije-keuzeconditie, maakt het volgens Siegler en Lemaire mogelijk de adaptiviteit van individuele strategiekeuzen nauwkeurig te bepalen. De vraag is immers: kiest het subject in de vrije-keuzeconditie voor die strategie die, volgens de verzamelde gegevens in de geen-keuzeconditie, bij dit subject het snelst leidt tot een accuraat antwoord op het item? De bruikbaarheid van de 'choice/no-choice'-methode werd reeds aangetoond via een aantal studies op het domein van het rekenen, waaraan zowel jonge kinderen (Lemaire & Lecacheur, 2001a) als volwassen personen (Lemaire & Lecacheur, 2001a, 2001b; Siegler & Lemaire, 1997) deelnamen. Daarnaast maakten Lemaire en Lecacheur (in press) gebruik van deze methode om ontwikkelingen in de keuze en toepassing van spellingstrategieën bij kinderen op lagere schoolleeftijd in kaart te brengen.

2.3 Onderzoek op het domein van het optellen tot 20

Binnen de onderwijs- en ontwikkelingspsychologie is het laatste decennium veel onderzoek verricht naar (ontwikkelingen in) de keuze en toepassing van strategieën op het domein van het optellen tot 20 (Siegler, 1996). Het merendeel van deze studies werd uitgevoerd bij kinderen op lagere schoolleeftijd. Daarnaast brachten enkele onderzoekers het strategiegebruik bij kleuters, jongvolwassenen (met een leeftijd van 18 tot 35 jaar) en ouderen (mensen ouder dan 60 jaar) in kaart. De resultaten van deze studies worden hieronder samengevat.

Om te beginnen maken zowel kinderen als volwassenen gebruik van diverse procedurele

strategieën en van de geheugenstrategie om sommen tot 20 te beantwoorden (Geary & Wiley, 1991; LeFevre, Sadesky & Bisanz, 1996; Siegler, 1987, 1988; Siegler & Jenkins, 1989; Svenson, 1985; Svenson & Sjöberg, 1983). Ter illustratie van deze diversiteit in strategiegebruik verwijzen we naar het onderscheid dat Van Eerde, Van den Berg en Lit (1992) maken tussen drie soorten strategieën om sommen met brug over 10 op te lossen. De eerste soort, de verkorte strategieën, zijn vergelijkbaar met Sieglers geheugenstrategie ('retrieval'): Van Eerde e.a. omschrijven deze soort strategieën als het vlot uit het hoofd beantwoorden van sommen met brug over 10. De tweede en derde soort strategieën uit het schema van Van Eerde e.a., respectievelijk de deels verkorte en de niet verkorte strategieën, vallen beide onder Sieglers procedurele strategieën ('back-up'-strategieën). Tot de deels verkorte strategieën rekenen Van Eerde e.a. vijf verschillende strategieën, waaronder de strategie aanvullen-tot-10. Daarbij vult het subject één van beide termen uit de opgave aan tot 10 en splitst het de andere term in een deel dat het voor het aanvullen heeft gebruikt en een overschot (bijvoorbeeld $6+7=6+4+3=10+3=13$). Een tweede deels verkorte strategie is de strategie afsplitsen: verdubbeling, waarbij het subject gebruik maakt van een voor hem of haar reeds gekende, dichtbij gelegen som met twee identieke termen (dubbel-som; bijvoorbeeld $6+7=6+6+1=12+1=13$). Tellen, raden en zeggen "Ik weet het niet" maken volgens Van Eerde e.a. deel uit van de derde soort strategieën, de niet-verkorte.

De hierboven vermelde studies tonen ook aan dat kinderen noch volwassenen de voor hen beschikbare strategieën even frequent en efficiënt toepassen, en dat de frequentie en efficiëntie van strategiegebruik nauw samenhangen met de leeftijd en de ervaring die men heeft met het oplossen van sommen tot 20 (Geary & Wiley, 1991; LeFevre et al., 1996; Siegler, 1987, 1988; Siegler & Jenkins, 1989; Svenson, 1985; Svenson & Sjöberg, 1983). Zo wordt met toenemende leeftijd en ervaring steeds vaker gebruik gemaakt van de efficiëntste procedurele strategieën en van de geheugenstrategie, terwijl de frequentie van minder efficiënte telstrategieën daalt. Met

toenemende leeftijd en ervaring stijgen ook de accuratesse en snelheid waarmee de verschillende strategieën worden uitgevoerd. De frequentie van strategiegebruik hangt daarnaast nauw samen met de moeilijkheidsgraad van de som: bij eenvoudige sommen verkiezen zowel kinderen als volwassenen de geheugenstrategie boven procedurele strategieën; bij moeilijke sommen is de situatie net omgekeerd (Geary & Wiley, 1991; Siegler, 1987).

Onderzoek naar de ontwikkeling van strategieën bij kinderen met rekenmoeilijkheden (Geary, 1990, 1993; Geary & Brown, 1991; Geary, Brown & Samaranyake, 1991; Jordan & Hanich, 2000; Jordan & Montani, 1997) bracht ten slotte aan het licht dat deze kinderen niet alleen een tragere, maar ook een deels andere ontwikkeling kennen dan kinderen zonder rekenmoeilijkheden. Kinderen met rekenmoeilijkheden hanteren dezelfde strategieën om sommen tot 20 op te lossen als hun leeftijdsgenoten zonder rekenmoeilijkheden, maar verschillen in de frequentie en de accuratesse waarmee zij deze strategieën toepassen. Zo maken kinderen met rekenmoeilijkheden frequenter en minder accuraat gebruik van telstrategieën dan hun normaalvorderende leeftijdsgenoten. Deze verschillen in frequentie en accuratesse van telstrategieën verdwijnen met toenemende leeftijd en ervaring, hetgeen erop wijst dat de rekenvaardigheden van kinderen met rekenmoeilijkheden zich *trager* ontwikkelen dan die van hun leeftijdsgenoten zonder rekenmoeilijkheden. Kinderen met rekenmoeilijkheden maken ook minder vaak en minder accuraat gebruik van de geheugenstrategie dan hun normaalvorderende leeftijdsgenoten. Dit verschil blijft op latere leeftijd bestaan, hetgeen doet vermoeden dat kinderen met rekenmoeilijkheden ook een *wezenlijk andere* ontwikkeling kennen dan kinderen zonder rekenmoeilijkheden. De kinderen met rekenmoeilijkheden uit het onderzoek van Geary (1990) hielden ten slotte, in tegenstelling tot hun normaalvorderende leeftijdsgenootjes, slechts in geringe mate rekening met de moeilijkheidsgraad van de som bij het maken van een strategiekeuze. Geary en Brown (1991) en Geary e.a. (1991) daarentegen, observeerden geen verschillen in de flexibiliteit

van het strategiegebruik van beide groepen leerlingen: zowel de kinderen met als de kinderen zonder rekenmoeilijkheden verkozen vaker eenvoudige sommen op te lossen via de geheugenstrategie, terwijl ze moeilijke sommen vaker tellend oplosten.

Het geheel van deze studies overziend kan worden gezegd dat zij de eerste drie parameters uit Siegler's 'model of strategic change' bevestigen wat het optellen tot 20 betreft. Met betrekking tot de vierde parameter uit het model, namelijk de adaptiviteit van strategiekeuzen, is er echter geen sprake van een sterke consensus in de onderzoeksresultaten. De manier waarop deze laatste parameter tot nog toe werd gedefinieerd en geoperationaliseerd, is ons inziens bovendien vatbaar voor kritiek. Immers, in al deze studies werd een adaptieve strategiekeuze gedefinieerd als kiezen tussen de geheugenstrategie, danwel een procedurele strategie, rekening houdend met de moeilijkheidsgraad van de som. Deze moeilijkheidsgraad werd bepaald op basis van objectief te bepalen of te meten gegevens, zoals de grootte van de termen uit de opgave en de juistheid van het antwoord op de som, verzameld bij een (grote) groep subjecten in enkel een vrije-keuzeconditie. Dit staat naar onze mening ver af van Siegler's oorspronkelijke definitie van een adaptieve strategiekeuze: kiezen voor die strategie die een individu het snelst brengt tot een accuraat antwoord op het item. Rekening houdend met dit tekort in de definitie en operationalisering van adaptiviteit, beoogden wij met ons onderzoek de strategieën die 6-7-jarigen gebruiken bij sommen tot 20 nauwkeurig te beschrijven op de vier parameters uit het 'model of strategic change', met speciale aandacht voor de vierde parameter en gebruik makend van de 'choice/no-choice'-methode.

3 Opzet

3.1 Subjecten

Het onderzoek vond plaats in november 2000. Zevenenzeventig leerlingen van het tweede leerjaar gewoon lager onderwijs in Vlaanderen, afkomstig uit drie willekeurig gekozen intacte klassen, namen deel aan het

onderzoek. De onderzoeksgroep bestond uit 41 jongens en 36 meisjes, met een gemiddelde leeftijd van 89 maanden. Rekening houdend met het rapportcijfer voor rekenen op het einde van het eerste leerjaar en de rekenvorderingen gedurende de eerste maanden van het tweede leerjaar, deelden we de kinderen in in drie groepen:

- 1 Sterke leerlingen: de zeven sterkste leerlingen wat betreft algemene rekenvaardigheid uit elke klas ($N = 21$);
- 2 Zwakke leerlingen: de zeven rekenzwakste leerlingen uit elke klas ($N = 21$);
- 3 Middengroep: de overige leerlingen uit elke klas, met een middelmatige algemene rekenvaardigheid ($N = 35$).

Op het ogenblik van de toetsafname was de brug over 10 reeds uitvoerig en systematisch aan bod gekomen in de deelnemende klassen. Bij de behandeling van deze leerstof hadden de leerkrachten - overeenkomstig de in Vlaanderen gangbare praktijk (Feys, 1995) - sterk de nadruk gelegd op de strategie aanvullen-tot-10, verderop naar verwezen als de aanvulstrategie, en ook enige aandacht besteed aan de omkeerregel, terwijl andere handige rekenstrategieën, zoals bijvoorbeeld de strategie afsplitsen: verdubbeling, verderop de strategie-van-de-dubbelen genoemd, weinig of helemaal niet aan bod gekomen waren.

3.2 Materiaal

Voor de start van het onderzoek ontwikkelden we een classificatieschema voor strategieën, voortbouwend op de driedeling van Van Eerde e.a. (1992). In het classificatieschema onderscheidde we drie (ontwikkelings)niveaus in strategiegebruik, namelijk geheugen, rekenen en tellen, overeenstemmend met respectievelijk de verkorte strategieën, de deels verkorte strategieën en de telstrategieën uit het schema van Van Eerde e.a.. Voor niet te identificeren strategieën werd een restcategorie voorzien.

Naast deze drie niveaus onderscheidde we twee vormen van handig strategiegebruik, namelijk de omkeerstrategie, waarbij het kind de opgave herstructureert door de volgorde van de termen om te keren, en de strategie-van-de-dubbelen, die overeenkomt met de strategie afsplitsen: verdubbeling uit het schema van Van Eerde e.a..

De toets bestond uit 25 sommen tot 20: vijf sommen tot 10 (bufferitems) en 20 sommen met brug over 10 (experimentele items). Binnen de experimentele items maakten we een onderscheid tussen vier typen sommen, waarvan telkens vijf items werden aangeboden: (1) G+k-sommen, met een grote eerste en kleine tweede term in de opgave (zoals $8+3=$.), die niet speciaal uitnodigen tot gebruik van een van de onderscheiden handige strategieën, (2) k+G-sommen, met een kleine eerste en grote tweede term in de opgave (zoals $3+8=$.), die sterk appèl doen op de omkeerstrategie, (3) dubbelsommen (zoals $6+6=$.), die kinderen vermoedelijk meer zullen beantwoorden via de geheugenstrategie dan de andere somtypen, en (4) bijna-dubbelsommen (zoals $6+7=$.), die handig op te lossen zijn via de strategie-van-de-dubbelen. De verschillende somtypen werden door elkaar aangeboden.

3.3 Condities

Alle leerlingen losten de sommen op in drie condities. In de eerste conditie, de vrije-keuzeconditie, kregen de kinderen de opdracht de sommen snel en accuraat op te lossen met die strategie die hen daartoe het meest geschikt leek. Na elke som werd gevraagd om verbaal verslag uit te brengen van de gevolgde strategie. De strategie-identificatie gebeurde op basis van observatiegegevens verzameld door de proefleider gedurende de taakuitvoering, aangevuld met de verbale zelfrapporteringsgegevens.

In de tweede conditie, de aanvulconditie, werden de kinderen via zowel de instructie als de presentatiewijze van de sommen (zie verder) verplicht alle sommen op te lossen via de (aangeleerde) strategie aanvullen-tot-10. De kinderen mochten in deze conditie de omkeerregel niet toepassen: ze werden verplicht bij elke som de eerste term uit de opgave aan te vullen tot 10. Gezien het verplicht gebruik van de aanvulstrategie, moesten de kinderen hun strategiegebruik niet verbaal rapporteren. Omdat de aanvulstrategie sommen met brug over 10 veronderstelt, hebben we de bufferitems niet aangeboden in deze conditie.

In de derde conditie, de geheugenconditie, werden de kinderen via zowel de instructie

als de aanbiedingsduur van de sommen verplicht alle sommen uit het hoofd te beantwoorden. Door de maximale oplossingstijd te reduceren tot twee seconden, maakten we het voor de kinderen nagenoeg onmogelijk een andere dan de geheugenstrategie te gebruiken om de sommen in deze laatste conditie op te lossen.¹

3.4 Procedure

De sommen werden in elke conditie individueel en computergestuurd aangeboden. De proefleider presenteerde de sommen één voor één in het midden van een computerscherm. Onmiddellijk nadat het kind het antwoord op de som aan de proefleider had meegedeeld, gaf de proefleider het antwoord van het kind in via het numerieke toetsenbord. De computer registreerde daarbij automatisch het antwoord van het kind op de som en de tijd die het kind nodig had om de som te beantwoorden, verderop de reactietijd genoemd. De sommen werden in elke conditie in dezelfde volgorde aangeboden. In de vrije-keuzeconditie en de geheugenconditie werden de sommen als volgt gepresenteerd: $X+Y=$., in de aanvulconditie als volgt: $X+Y= X+(. +)=$. Voorafgaand aan de toetsafname kreeg elk kind in elke conditie drie oefenitems aangeboden om vertrouwd te raken met de presentatiewijze van de sommen en de toetsprocedure. Alle leerlingen startten met de vrije-keuzeconditie. De helft van de kinderen van elke klas loste de sommen vervolgens op in de aanvulconditie en eindigde met de geheugenconditie. De andere helft van de kinderen doorliep de beide geen-keuzecondities in de omgekeerde volgorde. Voor elk kind waren de opeenvolgende condities minstens één en maximaal twee dagen van elkaar gescheiden.

3.5 Data-analyse

In een eerste stap identificeerden we de strategieën uit de vrije-keuzeconditie op basis van de verzamelde observatie- en zelfrapporteringsgegevens. In een tweede stap classificeerden we de strategieën volgens niveau en handigheid, gebruik makend van het in paragraaf 3.2 beschreven schema. Op basis van deze gegevens werden het repertorium van strategieën (parameter 1) en de frequentie

van strategiegebruik (parameter 2) in de vrije-keuzeconditie beschreven. In een derde stap bepaalden we de accuratesse en snelheid van strategie-uitvoering (parameter 3) in de vrije-keuzeconditie per kind en per som: de accuratesse van strategie-uitvoering werd afgeleid uit de juistheid van het antwoord, de snelheid uit de reactietijd. In een vierde stap bepaalden we de adaptiviteit van strategie-keuzen (parameter 4) in de vrije-keuzeconditie via twee verschillende methoden. In de eerste plaats beschreven we in navolging van Siegler en Lemaire (1997; zie ook Lemaire & Lecacheur, 2001a, 2001b, in press) de adaptiviteit van de strategiekeuzen op groepsniveau door per som de samenhang tussen de accuratesse van strategie-uitvoering in de geen-keuzecondities en de frequentie van strategiegebruik in de vrije-keuzeconditie te berekenen. In de tweede plaats bepaalden we, ter aanvulling van Siegler's en Lemaire's analyses op groepsniveau, de adaptiviteit van de keuzen op individueel niveau door per kind en per som de accuratesse van strategie-uitvoering in de geen-keuzecondities te vergelijken met de strategie die datzelfde kind hanteerde om diezelfde som in de vrije-keuzeconditie te beantwoorden.

4 Resultaten

De resultaten worden weergegeven en besproken in drie delen². In paragraaf 4.1 be-

schrijven we de aard en frequentie van de strategieën die de kinderen gebruikten om sommen met brug over 10 in de vrije-keuzeconditie te beantwoorden. In paragraaf 4.2 staan de accuratesse en snelheid van strategie-uitvoering centraal. In paragraaf 4.3 bespreken we de adaptiviteit van strategiekeuze. Om de frequentie, accuratesse, snelheid en adaptiviteit van strategiegebruik in kaart te brengen, maken we gebruik van hiërarchisch lineaire modellen met twee niveaus: de hierboven genoemde kenmerken van strategiegebruik (niveau 1) zijn genest binnen het subject (niveau 2). De aard, frequentie, accuratesse en snelheid van strategiegebruik worden beschreven op basis van de gegevens uit enkel de vrije-keuzeconditie. De adaptiviteit van strategiekeuzen wordt bepaald op basis van de gegevens uit zowel de vrije-keuze- als de beide geen-keuzecondities. De gerapporteerde resultaten zijn alle statistisch significant op minstens het 5%-niveau.

4.1 Aard en frequentie van strategiegebruik in de vrije-keuzeconditie

In het eerste model voorspelden we de frequentie van strategiegebruik in de vrije-keuzeconditie op basis van de variabelen *niveau* (geheugen, rekenen, tellen), *groep* (sterk, midden, zwak) en *somtype* (G+k, k+G, dubbelsom, bijna-dubbelsom). De variabele *niveau* werd in het model mee opgenomen als 'random coefficient', hetgeen wil zeggen dat de invloed van deze variabele op de fre-

Tabel 1

Relatieve frequentie (in %) van strategiegebruik in de vrije-keuzeconditie per groep en per somtype

	Geheugen	Rekenen	Tellen
		Groep	
Sterk	42.84	56.05	1.11
Midden	31.29	60.29	8.43
Zwak	25.83	37.44	36.73
Alle	33.32	51.26	15.42
		Somtype	
G+k	28.40	55.62	15.98
k+G	24.59	57.88	17.53
Dubbelsom	57.62	30.97	11.41
Bijna-dub.	22.67	60.57	16.76

Noot: G+k: sommen met een grote eerste en kleine tweede term in de opgave, zoals 8 + 3. k+G: sommen met een kleine eerste en grote tweede term in de opgave, zoals 3 + 8. Dubbelsom, zoals 6 + 6. Bijna-dubbelsom, zoals 6 + 7.

quentie van strategiegebruik niet voor alle kinderen even groot is. Tabel 1 geeft per groep en per somtype de relatieve frequentie van geheugen, rekenen en tellen in de vrije-keuzeconditie weer.

Uit Tabel 1 kan worden afgeleid dat de kinderen in de vrije-keuzeconditie gebruik maakten van zowel de geheugenstrategie als rekenen en tellen om de sommen met brug over 10 op te lossen. Zo beantwoordden de kinderen de sommen uit het hoofd via een ruime diversiteit van rekenstrategieën, waaronder de aanvulstrategie, de strategie-van-de-dubbelen, de omkeerstrategie en de één-minder-dan-10-strategie (bijvoorbeeld: $9+3=10+3-1=13-1=12$), en via meerdere telstrategieën, al dan niet ondersteund door de vingers. Deze diversiteit in strategiegebruik werd geobserveerd bij de drie groepen en bij de vier somtypen.

Uit Tabel 1 blijkt ook dat de kinderen de strategieën op de drie niveaus van strategiegebruik niet even frequent toepasten ($F(2, 148) = 48.70, p < .0001$). De kinderen losten de sommen het frequentst op via rekenstrategieën, en in het bijzonder via de aanvulstrategie. Van de twee overige strategieën werd de geheugenstrategie het vaakst gebruikt. We observeerden daarnaast verschillen in de frequentie van de drie soorten strategieën tussen de drie groepen ($F(6, 666) = 8.96, p < .0001$). De sterke leerlingen maakten in de vrije-keu-

zeconditie frequenter gebruik van de geheugenstrategie dan de leerlingen uit de midden-groep en de zwakke leerlingen. De zwakke leerlingen beantwoordden de sommen minder vaak via rekenen en vaker via tellen dan de andere kinderen.

De gegevens in Tabel 1 tonen ten slotte aan dat de frequentie waarmee de kinderen gebruik maakten van geheugen, rekenen en tellen niet gelijk was voor de vier somtypen ($F(9, 666) = 26.92, p < .0001$): dubbelsommen werden vaker via de geheugenstrategie en minder vaak via een rekenstrategie beantwoord dan de overige sommen.

4.2 Accuratesse en snelheid van strategie-uitvoering in de vrije-keuzeconditie

Zoals vermeld onder paragraaf 3.5, bepaalden we de accuratesse en snelheid van strategie-uitvoering in de vrije-keuzeconditie op basis van de score en reactietijd in deze conditie. De accuratesse van strategie-uitvoering werd vervolgens voorspeld op basis van de variabelen *niveau* (geheugen, rekenen, tellen), *groep* (sterk, midden, zwak) en *somtype* (G+k, k+G, dubbelsom, bijna-dubbelsom), met *niveau* en *somtype* als 'random coefficients'. We voorspelden de snelheid van strategie-uitvoering op basis van dezelfde variabelen; ook in dit laatste model werden de variabelen *niveau* en *somtype* mee opgeno-

Tabel 2

Accuratesse (proportie correct) en snelheid (aantal seconden) van strategie-uitvoering in de vrije-keuzeconditie per groep en per somtype

	Geheugen		Rekenen		Tellen	
	Accuratesse	Snelheid	Accuratesse	Snelheid	Accuratesse	Snelheid
Groep						
Sterk	0.99	2.90	0.97	5.85	0.52	10.29
Midden	0.93	2.72	0.94	5.82	0.82	7.94
Zwak	0.83	3.91	0.87	7.84	0.71	11.62
Alle	0.91	3.18	0.93	6.50	0.68	9.95
Somtype						
G+k	0.94	3.27	0.96	5.45	0.91	6.17
k+G	0.92	3.32	0.94	5.46	0.56	6.90
Dubbel	0.90	2.65	0.89	7.52	0.79	11.53
Bijna-dub	0.90	3.46	0.93	7.60	0.47	15.21

Noot. G+k: sommen met een grote eerste en kleine tweede term in de opgave, zoals $8 + 3$. k+G: sommen met een kleine eerste en grote tweede term in de opgave, zoals $3 + 8$. Dubbel: dubbelsom, zoals $6 + 6$. Bijna-dub: bijna-dubbelsom, zoals $6 + 7$.

men als 'random coefficients'. Tabel 2 beschrijft per groep en per somtype de accuratesse en snelheid van strategie-uitvoering in de vrije-keuzeconditie.

Uit Tabel 2 blijkt dat de kinderen de drie soorten strategieën niet even accuraat uitvoerden ($F(2, 93) = 10.70, p < .0001$). De kinderen losten de sommen minder accuraat op via tellen dan via de geheugenstrategie - die door de kinderen zeer accuraat werd uitgevoerd in deze conditie - en rekenen. We observeerden geen verschillen in de accuratesse van strategie-uitvoering tussen de drie groepen ($F(4, 1101) = 1.57, p = .1806$), maar wel tussen de vier somtypen ($F(6, 1101) = 2.53, p = 0.0197$). De kinderen voerden de rekenstrategieën accurater uit bij G+k-sommen dan bij dubbelsommen en maakten minder telfouten bij G+k-sommen dan bij k+G-sommen en bijna-dubbelsommen. Er werden ten slotte minder telfouten gemaakt bij dubbelsommen dan bij bijna-dubbelsommen.

Uit Tabel 2 kan ook worden afgeleid dat de kinderen de verschillende strategieën niet even snel uitvoerden ($F(2, 93) = 51.85, p < .0001$). De kinderen voerden de Geheugenstrategie het snelst en tellen het traagst uit. Er waren geen verschillen in de snelheid van strategie-uitvoering tussen de drie groepen ($F(4, 1098) = 1.09, p = .3587$), maar wel tussen de vier somtypen ($F(6, 1098) = 6.14, p < .0001$). De kinderen rekenden en telden sneller bij G+k- en k+G-sommen dan bij dubbelsommen en bijna-dubbelsommen.

4.3 Adaptiviteit van strategiekeuzen in de vrije-keuzeconditie

De onder paragraaf 3.1 gerapporteerde verschillen in de frequentie van strategiegebruik tussen de onderscheiden somtypen vormen een eerste algemene aanwijzing voor de adaptiviteit van de strategiekeuzen in de vrije-keuzeconditie. De kinderen losten de dubbelsommen, die over het algemeen sneller uit het hoofd gekend zijn dan sommen met twee verschillende termen in de opgave, in de vrije-keuzeconditie inderdaad frequenter op via de geheugenstrategie en minder frequent via een rekenstrategie dan de drie overige somtypen, hetgeen erop wijst dat zij in hun strategiekeuze adequaat rekening hielden met de aard van de opgave.

Voortbouwend op Siegler's definitie van een adaptieve strategiekeuze als kiezen voor die strategie die het snelst leidt tot een accuraat antwoord op het item, probeerden we vervolgens de adaptiviteit van de strategiekeuzen in de vrije-keuzeconditie meer nauwkeurig te bepalen op basis van zowel de accuratesse als de snelheid waarmee de kinderen de aanvul- en de geheugenstrategie uitvoerden om sommen met brug over 10 te beantwoorden in de respectievelijke geen-keuzecondities. Aangezien de kinderen alle sommen in de aanvulconditie *trager* beantwoordden dan in de vrije-keuzeconditie - zelfs de sommen die ze in de vrije-keuzeconditie eveneens spontaan via de aanvulstrategie hadden opgelost -, was het echter niet mogelijk de verzamelde snelheidsgegevens mee op te nemen in onze operationalisering van adaptiviteit. We formuleerden dan ook het volgende algemene criterium om te beoordelen of een strategiekeuze al dan niet adaptief was: een kind maakt een adaptieve keuze indien het in de vrije-keuzeconditie verkiest de som op te lossen via een strategie op minstens het hoogste niveau van verkorting waarmee het deze som kan oplossen blijken zijn of haar score in de geen-keuzecondities. Bijvoorbeeld: een kind dat 8+5 accuraat uit het hoofd kan beantwoorden in de geheugenconditie, maakt een adaptieve keuze indien het in de vrije-keuzeconditie 8+5 oplost via de geheugenstrategie. Indien ditzelfde kind 8+5 in de vrije-keuzeconditie beantwoordt via rekenen of tellen, wordt zijn of haar keuze als niet-adaptief gescoord.

Vertrekkend van dit criterium, bepaalden we in een eerste stap de adaptiviteit van de strategiekeuzen op groepsniveau. Daartoe berekenden we per som de samenhang tussen enerzijds de relatieve frequentie waarmee de sterke leerlingen, de leerlingen uit de middengroep en de zwakke leerlingen gebruik maakten van geheugen, rekenen en tellen om de som op te lossen in de vrije-keuzeconditie, en de accuratesse waarmee zij deze som beantwoordden in de beide geen-keuzecondities anderzijds. Het hierboven geformuleerde criterium werd in deze analyse op de volgende manier geconcretiseerd: de sterke leerlingen, de leerlingen uit de middengroep en de zwakke leerlingen maken een

adaptieve keuze indien er sprake is van:

- 1 een positieve samenhang tussen de relatieve frequentie waarmee zij een som beantwoorden via de geheugenstrategie in de vrije-keuzeconditie en de accuratesse waarmee zij deze som beantwoorden in de geheugenconditie;
- 2 een positieve samenhang tussen de relatieve frequentie waarmee zij een som beantwoorden via geheugen of rekenen in de vrije-keuzeconditie en de accuratesse waarmee zij deze som beantwoorden in de aanvulconditie;
- 3 een negatieve samenhang tussen de relatieve frequentie waarmee zij een som beantwoorden via rekenen in de vrije-keuzeconditie en de accuratesse waarmee zij deze som beantwoorden in de geheugenconditie;
- 4 een negatieve samenhang tussen de relatieve frequentie waarmee zij een som beantwoorden via tellen in de vrije-keuzeconditie en de accuratesse waarmee zij deze som beantwoorden in de geheugenconditie;
- 5 een negatieve samenhang tussen de relatieve frequentie waarmee zij een som beantwoorden via tellen in de vrije-keuzeconditie en de accuratesse waarmee zij deze som beantwoorden in de aanvulconditie.

Deze analyse bracht aan het licht dat de kinderen uit de drie groepen bij het kiezen van een strategie adequaat rekening hielden met de accuratesse waarmee ze de som uit het hoofd konden beantwoorden in de geheugenconditie. Zo observeerden we een sterk positieve samenhang tussen de accuratesse van antwoorden in de geheugenconditie en de frequentie van geheugen in de vrije-keuzeconditie: hoe beter de sterke leerlingen, de leerlingen uit de middengroep en de zwakke leerlingen een som uit het hoofd kenden, hoe frequenter ze in de vrije-keuzeconditie kozen voor de geheugenstrategie om deze som te beantwoorden ($r_{\text{sterk}} = 0.73$, $p = .0002$; $r_{\text{midden}} = 0.88$, $p < .0001$; $r_{\text{zwak}} = 0.75$, $p = .0001$). Evenzo observeerden we een negatief verband tussen de accuratesse van de geheugenstrategie in de geheugenconditie en de frequentie van rekenen in de vrije-keuzeconditie: hoe beter de sterke leerlingen, de

leerlingen uit de middengroep en de zwakke leerlingen een som uit het hoofd kenden, hoe minder vaak ze in de vrije-keuzeconditie kozen voor rekenen ($r_{\text{sterk}} = -0.73$, $p = .0003$; $r_{\text{midden}} = -0.86$, $p < .0001$; $r_{\text{zwak}} = -0.72$, $p = .0003$). We observeerden ook een negatief verband tussen de accuratesse van geheugen in de geheugenconditie en de frequentie van tellen in de vrije-keuzeconditie bij de zwakke leerlingen ($r = -0.51$, $p = .0208$) en de leerlingen uit de middengroep ($r = -0.61$, $p = .0040$). Deze laatsten hielden in hun strategiekeuze ook rekening met de accuratesse van de aanvulstrategie: hoe beter de leerlingen uit de middengroep een som konden oplossen via deze laatste strategie, blijktens hun score in de aanvulconditie, hoe meer ze in de vrije-keuzeconditie kozen voor geheugen of rekenen ($r = 0.51$, $p = .0204$) en hoe minder voor tellen ($r = -0.51$, $p = .0204$). We observeerden geen groepsverschillen in de sterkte van de samenhang tussen de accuratesse van geheugen in de geheugenconditie en de frequentie van strategiegebruik in de vrije-keuzeconditie.

In een tweede stap bepaalden we de adaptiviteit van de strategiekeuzen op individueel niveau door per kind en per som de strategiekeuzen in de vrije-keuzeconditie te vergelijken met de accuratesse waarmee hij of zij de aanvul- en de geheugenstrategie uitvoerde in de respectievelijke geen-keuzecondities. Bij het bepalen of een strategiekeuze al dan niet adaptief was, concretiseerden we het eerder geformuleerde criterium als volgt: het kind maakt in de vrije-keuzeconditie een adaptieve keuze indien het:

- 1 kiest voor geheugen bij een som die hij of zij in de geheugenconditie reeds accuraat kan beantwoorden via deze strategie;
- 2 kiest voor de aanvulstrategie bij een som die hij of zij in de geheugenconditie nog niet correct kan beantwoorden via de geheugenstrategie, maar in de aanvulconditie wel via de aanvulstrategie; indien het kind bij zulke sommen in de vrije-keuzeconditie kiest voor een andere rekenstrategie (bijvoorbeeld de strategie-van-de-dubbelen) of de geheugenstrategie, wordt ook deze keuze als adaptief beoordeeld, voorzover ze leidde tot een correct antwoord;

- 3 kiest voor een telstrategie bij een som die hij of zij in de geen-keuzecondities nog niet correct kan beantwoorden via geheugen noch via aanvullen; indien het kind in de vrije-keuzeconditie bij zulke sommen kiest voor een strategie op het niveau van rekenen of geheugen, wordt ook deze keuze als adaptief beoordeeld, indien ze resulteerde in een correct antwoord.

Deze operationalisering van het begrip adaptiviteit bracht in de eerste plaats aan het licht dat de kinderen in de vrije-keuzeconditie meer adaptieve dan niet-adaptieve strategieën maakten ($M = 77.90$ en $M = 22.10$; $F(1, 2852) = 1343.27, p < .0001$). Ten tweede waren er duidelijke verschillen in de adaptiviteit van keuze tussen leerlingen met een verschillende rekenvaardigheid ($F(4, 2852) = 24.06, p < .0001$): de sterke leerlingen maakten meer adaptieve strategieën dan de leerlingen uit de middengroep ($M = 87.48$ en $M = 78.43$), die op hun beurt vaker adaptief kozen dan de zwakke leerlingen ($M = 67.80$). De leerlingen uit de zwakste groep kozen bij sommen die ze reeds accuraat konden oplossen via de aanvulstrategie, toch nog regelmatig voor tellen.

Ten slotte maakten de kinderen niet bij alle sommen even adaptieve strategieën ($F(38, 2852) = 1.37, p = .0651$; randsignificant): $8+4$ en $9+5$ werden globaal gezien het minst adaptief beantwoord ($M = 66.67$ en $M = 67.06$), $5+6$ het meest ($M = 88.89$).

Samenvattend kan worden gezegd dat zowel de analyses op groepsniveau als de analyses op individueel niveau evidentie bieden voor de adaptiviteit van de strategieën in de vrije-keuzeconditie: de leerlingen hielden - ongeacht hun algemene rekenvaardigheid - adequaat rekening met de accuratesse van de aanvul- en (vooral) de geheugenstrategie. Desondanks maakten niet alle kinderen even adaptieve keuzen: de fijnmazige vergelijkingen op individueel niveau brachten aan het licht dat kinderen met een algemeen sterkere rekenvaardigheid meer adaptieve strategieën maakten dan kinderen met een algemeen zwakkere rekenvaardigheid. Dit in tegenstelling tot de analyses op groepsniveau, die geen verschillen in adaptiviteit aan het licht brachten tussen kinderen van de drie niveaus van algemene

rekenvaardigheid. Deze tegenstrijdige onderzoekresultaten kunnen wellicht verklaard worden vanuit de operationalisering van het adaptiviteitscriterium in beide analyses. Daar waar we in de analyses op individueel niveau niet alleen rekening hielden met de accuratesse van taakuitvoering in de geen-keuzecondities, maar ook met de accuratesse van taakuitvoering in de vrije-keuzeconditie (zie punt 2 en 3 uit de beschrijving van het criterium), werd in de analyses op groepsniveau de accuratesse van taakuitvoering in de vrije-keuzeconditie buiten beschouwing gelaten. Dit laatste leidde vooral bij leerlingen met een zwakkere rekenvaardigheid tot verschillen tussen beide analyses wat betreft het beoordelen van een strategieënkeuze als al dan niet adaptief, hetgeen de groepsverschillen bij de analyses op groepsniveau kleiner en bij de analyses op individueel niveau groter maakte (voor een meer gedetailleerde bespreking, zie Torbeyns e.a., 2001b).

5 Besluit

Deze studie had tot doel de strategieën die 6-7-jarigen gebruiken om sommen met brug over 10 op te lossen, nauwkeurig te beschrijven op de vier parameters uit Siegler's 'model of strategic change'. Onze onderzoekresultaten stemmen overeen met de resultaten van eerder uitgevoerde studies op het domein van het rekenen, waarin evidentie werd gevonden voor de geldigheid van Siegler's ideeën over ontwikkelingen in de variabiliteit, frequentie en efficiëntie van strategieën bij sommen tot 20. Daarnaast verschaffen ze ons dieper inzicht in de adaptiviteit waarmee kinderen kiezen tussen verschillende strategieën, en in de waarde van de 'choice/no-choice'-methode om de adaptiviteit van deze keuzen te bepalen.

In lijn met de resultaten van eerder uitgevoerde studies op het domein van het optellen tot 20, maakten de kinderen die deelnamen aan ons onderzoek gebruik van een ruime diversiteit van strategieën. Hoewel in het rekenonderwijs dat deze kinderen tot dan toe gevolgd hadden het vlot kunnen toepassen van de aanvulstrategie centraal stond, hanteerden de kinderen al vaak de geheugenstrategie en nog diverse telstrategieën om de

sommen te beantwoorden. Wat de rekenstrategieën betreft, troffen we naast de (aangeleerde) aanvulstrategie ook de strategie-van-de-dubbelen, de omkeerstrategie en de één-minder-dan-10-strategie aan. We vonden geen verschillen in de aard van de gebruikte strategieën tussen kinderen met een verschillende rekenvaardigheid (parameter 1 uit het 'model of strategic change').

Eveneens in overeenstemming met de resultaten van andere onderzoekers, pasten de kinderen de verschillende strategieën niet even frequent toe (parameter 2). Zoals te verwachten viel op basis van het gevolgde rekenonderwijs, hadden zij voorkeur voor de aanvulstrategie. De sommen werden daarnaast relatief vaak beantwoord via de geheugenstrategie, die de kinderen duidelijk verkozen boven tellen. De frequentie van strategiegebruik hing nauw samen met de rekenvaardigheid van de kinderen: leerlingen met een sterkere rekenvaardigheid maakten frequenter gebruik van de geheugenstrategie en van rekenen dan leerlingen met een zwakkere rekenvaardigheid, die vaker telden.

De kinderen voerden de strategieën ook niet even snel en even accuraat uit (parameter 3). De geheugenstrategie werd het snelst - en ook zeer accuraat - uitgevoerd in de vrije-keuzeconditie, en de uitvoering van rekenstrategieën verliep in deze laatste conditie sneller en accurater dan tellen. In tegenstelling tot Geary (1990, 1993; Geary & Brown, 1991; Geary et al., 1991), observeerden we geen verschillen in de efficiëntie waarmee kinderen met een verschillende rekenvaardigheid de strategieën uitvoerden in de vrije-keuzeconditie. Mogelijk heeft dit te maken met het feit dat de groep van rekenzwakke kinderen in de studies van Geary bestond uit leerlingen die problemen hadden met de ontwikkeling van zowel lees- als rekenvaardigheden en omwille van deze laatste problemen dagelijks remediërende rekenhulp ontvingen buiten de context van de klas, terwijl het in onze studie ging om de zwakste leerlingen uit de klas enkel wat betreft algemene rekenvaardigheid, die bovendien (nog) geen speciale rekenhulp genoten. In dit verband verwijzen we naar het werk van Jordan (Jordan & Hanich, 2000; Jordan & Montani, 1997), die vaststelde dat kinderen met enkel reken-

problemen even accuraat gebruik maakten van de geheugenstrategie en tellen als hun normaalvorderende leeftijdsgenootjes, terwijl kinderen met zowel reken- als leesproblemen beduidend minder accuraat te werk gingen dan zowel de eersten als de laatsten. Al deze informatie over de accuratesse en snelheid van strategie-uitvoering in de vrije-keuzeconditie dient echter met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd. Zoals eerder opgemerkt en uitvoerig toegelicht in Siegler en Lemaire (1997), valt het immers niet uit te sluiten dat de gegevens over de efficiëntie van een strategie, zoals verzameld in de vrije-keuzeconditie, enigszins vertekend zijn als gevolg van selectiviteit in het gebruik ervan: zo zal een strategie die overwegend wordt toegepast bij de eenvoudigste items of door de meest vaardige personen, c.q. de geheugenstrategie, sneller en accurater lijken dan een strategie die hoofdzakelijk wordt gebruikt bij de moeilijkste items of door de minst vaardige personen, c.q. rekenen en tellen.

De resultaten van onze studie tonen vervolgens aan dat kinderen na één jaar formeel rekenonderwijs in staat zijn tot flexibel en adaptief strategiegebruik (parameter 4). Een eerste indicatie - die in de voorgaande studies overigens als enige bron van evidentie naar voren is gehaald - vormen de verschillen in frequentie waarmee de kinderen gebruik maakten van geheugen, rekenen en tellen om de diverse somtypen in de vrije-keuzeconditie te beantwoorden: de kinderen kozen het meest voor de geheugenstrategie bij dubbelsommen, die over het algemeen sneller gememoriseerd worden dan sommen met twee verschillende termen in de opgave (Ashcraft, 1987; Baroody, 1987; Fuson, 1992). Ook de sterke positieve correlaties tussen de accuratesse waarmee de kinderen de geheugenstrategie uitvoerden in de geheugenconditie en de frequentie van geheugen, rekenen en tellen in de vrije-keuzeconditie bevestigen de adaptiviteitshypothese. Hoe beter de kinderen, ongeacht hun algemene rekenvaardigheid, een som vlot en accuraat uit het hoofd konden beantwoorden in de geheugenconditie, hoe frequenter ze deze som in de vrije-keuzeconditie oplosten via de geheugenstrategie en hoe minder via rekenen of tellen. Het

nauwgezet vergelijken van de strategiekeuzen van elk kind in de vrije-keuzeconditie met de accuratesse van de geheugen- en aanvulstrategie om de som te beantwoorden in de geen-keuzecondities, bracht ten slotte aan het licht dat de kinderen meer adaptieve dan niet-adaptieve keuzen maakten, en dat leerlingen met een sterkere rekenvaardigheid vaker adaptief te werk gingen dan leerlingen met een zwakkere rekenvaardigheid. Terwijl de eersten de sommen die ze correct konden beantwoorden via de geheugen- of aanvulstrategie, in de vrije-keuzeconditie frequent oplosten met de respectievelijke strategieën, kozen de laatsten in zulke situaties toch nog regelmatig voor tellen.

Op basis van de resultaten van deze studie kunnen ten slotte enkele kritische kanttekeningen worden geplaatst bij de 'choice/no-choice'-methode (zie ook Torbeyns e.a., 2001a). Deze methode maakte het mogelijk voor elk individu afzonderlijk betrouwbare en valide informatie te verzamelen over de accuratesse van de aanvul- en de geheugenstrategie om sommen met brug over 10 te beantwoorden. Deze informatie stelde ons in staat om niet alleen - in navolging van Siegler en Lemaire (1997; zie ook Lemaire & Lecacheur, 2001a, 2001b, in press) - de adaptiviteit van strategiekeuzen van de kinderen op groepsniveau in kaart te brengen, maar ook - complementair ten aanzien van deze analyses op groepsniveau - de adaptiviteit van strategiekeuzen op individueel niveau te bepalen. Als gevolg van twee praktische problemen was het echter niet mogelijk de adaptiviteit van individuele strategiekeuzen volledig in kaart te brengen. In de eerste plaats hebben we enkel betrouwbare en valide informatie kunnen verzamelen over de accuratesse waarmee de kinderen de aanvulstrategie uitvoerden, en niet over de snelheid waarmee dit gebeurde. De instructie tot aanvullen in de aanvulconditie leidde namelijk tot een sterke vertraging van de taakuitvoering: ook de sommen die de kinderen in de vrije-keuzeconditie spontaan hadden opgelost door de eerste term uit de opgave aan te vullen tot 10, werden immers beduidend minder snel beantwoord in de aanvulconditie dan in de vrije-keuzeconditie. Om deze vaststelling te verklaren, doen we een beroep op het onderscheid dat onder anderen Feys (1995) maakt tussen

het memoriseren en automatiseren van sommen. Memoriseren wordt door Feys gedefinieerd als het vlot en snel ophalen van een rekenfeit uit het langetermijngeheugen. Bij automatiseren gaat het, aldus Feys, om het op een verkorte en nog nauwelijks bewuste wijze uitvoeren van een ingeslepen vaste rekenprocedure, zoals de aanvulstrategie. In de vrije-keuzeconditie konden de kinderen die de aanvulstrategie al vlot beheersten, deze strategie op een snelle en geautomatiseerde wijze toepassen, terwijl de instructie en de presentatiewijze van de sommen in de aanvulconditie deze leerlingen in zekere zin verplichtten om dit automatisme te doorbreken en op een meer bewuste, en daardoor ook tragere, manier gebruik te maken van de aanvulstrategie. Daardoor hebben we bij het bepalen van de adaptiviteit van de individuele strategiekeuzen geen gebruik kunnen maken van de gegevens over de snelheid van de aanvulstrategie, hetgeen hoe dan ook tot een minder adequate bepaling van de adaptiviteitsparameter heeft geleid. In de tweede plaats was het praktisch gezien niet haalbaar om voor elke strategie die in de vrije-keuzeconditie gebruikt werd een geen-keuzeconditie in te lassen. Dit zou niet alleen geleid hebben tot een erg tijdrovend, maar ook een onhaalbaar onderzoeksdesign. Het zou bovendien allesbehalve eenvoudig geweest zijn voor elke gebruikte strategie uit de vrije-keuzeconditie een passende aanbestedingswijze en instructie te vinden die garandeert dat de kinderen in de overeenkomstige geen-keuzeconditie alle sommen via de bedoelde strategie (proberen) op te lossen, hetgeen volgens Siegler en Lemaire (1997) een noodzakelijke voorwaarde is voor het accuraat gebruik van de 'choice/no-choice'-methode. Een belangrijke taak voor toekomstig onderzoek is dan ook om het ideaal van de 'choice/no-choice'-methode te verzoenen met de genoemde praktische moeilijkheden, om zo dieper inzicht te verwerven in het fascinerend probleem van de adaptiviteit van het strategiegebruik bij aanvankelijke reken taken, maar ook bij andere taken waar kinderen, en mensen in het algemeen, mee worden geconfronteerd.

Noten

- 1 De maximale oplossingsstijd werd in de geheugenconditie gereduceerd tot twee seconden op basis van de resultaten van onze pilotstudy en de onderzoeksliteratuur omtrent het thema. Bij een aanbiedingsduur tot twee en een halve seconde, losten de kinderen uit de pilotstudy (leerlingen uit het tweede en derde leerjaar lager onderwijs) nog niet gekende sommen regelmatig op door snel te rekenen of te tellen. Hoewel dit bij een oplossingsstijd van maximum twee seconden nog steeds niet helemaal uit te sluiten viel, achtten we het op basis van de literatuur (Baroody, 1999; Siegler, 1996) niet verantwoord de maximaal toegestane oplossingsstijd nog verder in te korten.
- 2 We beperken ons in dit artikel tot de resultaten met betrekking tot het niveau van strategiegebruik (geheugen, rekenen en tellen). Voor een meer gedetailleerde bespreking van deze resultaten en van de handigheid van strategiegebruik, verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar Torbeys e.a. (2001b).

Literatuur

- Ashcraft, M.H. (1987). Children's knowledge of simple arithmetic: A developmental model and simulation. In J. Bisanz, C.J. Brainerd, & R. Kail (Eds.), *Formal models in developmental psychology. Progress in cognitive development research* (pp. 302-338). New York: Springer-Verlag.
- Baroody, A.J. (1987). *Children's mathematical thinking: A developmental framework for preschool, primary, and special education teachers*. New York: Teachers College Press.
- Baroody, A.J. (1999). The roles of estimation and the commutativity principle in the development of third graders' mental multiplication. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 157-193.
- Feys, R. (1995). Optellen, aftrekken en splitsen tot 20. In L. Verschaffel, & E. De Corte (Red.), *Naar een nieuwe reken/wiskundedidactiek voor de basisschool en de basiseducatie. Deel 2: Het fundament van gecijferdheid gelegd* (pp. 51-93). Brussel: Studiecentrum voor Open Hoger Onderwijs (StOHO).
- Fuson, K.C. (1992). Research on whole number addition and subtraction. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of*

- Teachers of Mathematics* (pp. 243-275). New York: MacMillan.
- Geary, D.C. (1990). A componential analysis of an early learning deficit in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 363-383.
- Geary, D.C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345-362.
- Geary, D.C., & Brown, S.C. (1991). Cognitive addition: Strategy choice and speed-of-processing differences in gifted, normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, 27, 398-406.
- Geary, D.C., Brown, S.C., & Samaranayake, V.A. (1991). Cognitive addition: A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, 27, 787-797.
- Geary, D.C., & Wiley, J.G. (1991). Cognitive addition: Strategy choice and speed-of-processing differences in young and elderly adults. *Psychology and Aging*, 6, 474-483.
- Jordan, N.C., & Hanich, L.B. (2000). Mathematical thinking in second-grade children with different forms of LD. *Journal of Learning Disabilities*, 33, 567-578.
- Jordan, N.C., & Montani, T.O. (1997). Cognitive arithmetic and problem solving: A comparison of children with specific and general mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 624-634, 684.
- LeFevre, J.A., Sadesky, G.S., & Bisanz, J. (1996). Selection of procedures in mental addition: Reassessing the problem size effect in adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 216-230.
- Lemaire, P., & Lecacheur, M. (2001a). *Children age-related differences in computational estimation strategy use and execution*. Paper presented at the 9th Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction. Symposium: Strategy changes and strategy choices in children's and adults' mathematical thinking.
- Lemaire, P., & Lecacheur, M. (2001b). Older and younger adults' strategy use and execution in currency conversion tasks: Insights from French Franc to Euro and Euro to French Franc conversions. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 7, 195-206.
- Lemaire, P., & Lecacheur, M. (in press). Applying the choice/no-choice methodology: The case of

children's strategy use in spelling. *Developmental Science*.

- Lemaire, P., & Siegler, R.S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 83-97.
- Siegler, R.S. (1987). The perils of averaging data over strategies: An example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116, 250-264.
- Siegler, R.S. (1988). Individual differences in strategy choices: Good students, not-so-good students and perfectionists. *Child Development*, 59, 833-851.
- Siegler, R.S. (1996). *Emerging minds*. New York: Oxford University Press.
- Siegler, R.S., & Jenkins, E.A. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Siegler, R.S., & Lemaire, P. (1997). Older and younger adults' strategy choices in multiplication: Testing predictions of ASCM using the choice/no-choice method. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126, 71-92.
- Svenson, O. (1985). Memory retrieval of answers of simple additions as reflected in response latencies. *Acta Psychologica*, 59, 285-304.
- Svenson, O., & Sjöberg, K. (1983). Evolution of cognitive processes for solving simple additions during the first three school years. *Scandinavian Journal of Psychology*, 24, 117-124.
- Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2001a). Strategieontwikkeling en strategiekeuze bij cognitieve taken. Een kritische analyse van Siegler's theorie van 'strategic change'. *Pedagogisch Tijdschrift*, 26, 113-142.
- Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2001b). *De brug over 10: resultaten van een exploratief onderzoek naar de keuze en toepassing van cognitieve strategieën door 6-7-jarigen* (Intern Rapport). Leuven: Katholieke Universiteit Leuven, Centrum voor Instructiepsychologie en -Technologie.
- Van Eerde, D., Berg, W. van den, & Lit, S. (1992). *Kwantiwijzer voor leerkrachten. Werkboek 4: overbruggen van 10 (optellen)*. Tilburg: Zwijssen.

Auteurs

Joke Torbeyns is als aspirant van het F.W.O. - Vlaanderen verbonden aan het Centrum voor Instructiepsychologie en -Technologie van de Katholieke Universiteit Leuven

Lieven Verschaffel is als gewoon hoogleraar verbonden aan het Centrum voor Instructiepsychologie en -Technologie van de Katholieke Universiteit Leuven

Pol Ghesquière is als hoofddocent verbonden aan de Afdeling Orthopedagogiek van de Katholieke Universiteit Leuven

Correspondentieadres: Centrum voor Instructiepsychologie en -Technologie, K.U. Leuven, Vesaliusstraat 2, B-3000 Leuven, België, e-mail: joke.torbeyns@ped.kuleuven.ac.be

Abstract

Efficiency and adaptiveness of strategies for simple additions, studied by means of the 'choice/no-choice'-method

This study investigated the variability, frequency, efficiency, and adaptiveness of young children's strategy use in the domain of simple addition by means of the choice/no-choice method. Seventy-seven beginning second-graders, divided in three groups according to general mathematical ability, solved a series of 25 simple additions in three conditions. In the first condition, children could solve each problem by using their preferential strategy. In the second and third condition, children were experimentally forced to solve all problems with one particular strategy, respectively adding-up-to-10 and retrieval. The results demonstrate that second-graders in general choose adaptively between multiple strategies when solving simple additions, and that they use these strategies neither equally frequently nor equally efficiently. Furthermore, our results indicate that children with different mathematical ability use the same strategies to solve these problems, and execute them equally efficiently, but differ in the frequency and adaptiveness with which they apply the strategies. Finally, this study documents the value of the choice/no-choice method to estimate the adaptive nature of young children's strategy use.