

Primingeffecten in het strategiekeuzeproces bij wiskundetaken onderzocht en bekeken vanuit het perspectief van Siegler's theorie van *strategic change*

K. Luwel, J. Torbeyns, V. Schillemans en L. Verschaffel¹

Samenvatting

Deze bijdrage start met een overzicht van de theoretische inzichten van de cognitieve ontwikkelingspsycholoog Robert S. Siegler betreffende de keuze en de ontwikkeling van cognitieve strategieën voor het oplossen van wiskunde-opgaven. We staan vervolgens kort stil bij een van de componenten die onlangs aan Siegler's meest recente model, Strategy Choice And Discovery Simulation (SCADS), zijn toegevoegd, namelijk de zogenaamde primingmodule. Uit deze theoretische component hebben we een concrete hypothese met betrekking tot het optreden van primingeffecten in het strategiekeuzeproces afgeleid en daarna in twee experimenten getest. Beide experimenten bevestigen de hypothese dat de voorafgaande toepassing van een bepaalde strategie een invloed heeft op de daaropvolgende strategiekeuze en bieden als zodanig empirische steun voor het belang van priming-effecten bij het maken van strategiekeuzes bij wiskunde-opgaven. We besluiten met enkele kritische kanttekeningen bij de waarde van het besproken theoretisch kader voor het onderzoek naar strategiekeuze op het domein van het (aanvankelijk) rekenen.

1 Inleiding

Sinds de cognitieve revolutie in de psychologie op het eind van de jaren vijftig en de daarmee gepaard gaande verschuiving van aandacht voor het uitwendig observeerbaar gedrag naar de onderliggende cognitieve processen, heeft de informatieverwerkingsbenadering zowel de theorievorming over als het empirisch onderzoek naar de cognitieve ontwikkeling van mensen in sterke mate beïnvloed (Kail, 1996). In dit kader kan de bijdrage van de cognitieve ontwikkelingspsycholoog R. S. Siegler moeilijk over het hoofd gezien worden. Dit artikel start met een toe-

lichting van Siegler's ideeën over de keuze en ontwikkeling van cognitieve strategieën. Meer bepaald besteden we aandacht aan de *overlapping waves theory* (Siegler, 1996, 2000) en de Strategy Choice And Discovery Simulation (Shrager & Siegler, 1998). Aan dit laatste model werden onlangs een aantal componenten toegevoegd om de strategiekeuze en -ontwikkeling in meer complexe taken dan het eenvoudig optellen te kunnen simuleren. Hierbij zullen we bijzondere aandacht besteden aan een welbepaalde component, namelijk de zogenaamde primingmodule. Vervolgens formuleren we een specifieke hypothese die uit deze primingmodule kan worden afgeleid en beschrijven we twee experimenten waarin we deze hypothese hebben getoetst. We ronden af met enkele kritische bedenkingen bij de waarde van het besproken theoretisch kader voor het onderzoek naar (aanvankelijke) rekenstrategieën.

2 Strategiekeuze en -ontwikkeling: Het kader van R. S. Siegler

2.1 De informatieverwerkingsbenadering als achtergrond

Het actuele onderzoek naar de cognitie en de cognitieve ontwikkeling van mensen wordt sterk beïnvloed door de informatieverwerkingsbenadering (De Corte, Greer, & Verschaffel, 1996; Greeno, Collins, & Resnick, 1996; Greer & Verschaffel, 1990; Kail, 1996; Klahr & MacWhinney, 1998). Een eerste belangrijk kenmerk van deze benadering is de focus op de (ontwikkeling van de) cognitieve structuren en processen die zich in het individu afspelen tussen observeerbare stimuli (input) en reacties (output). De modellen die binnen de informatieverwerkingsbenadering ontwikkeld worden, bestaan uit mentale representaties van informatie en uit processen die opereren op deze representaties. Aldus kunnen (veranderingen in) observeerbare

reacties ten aanzien van specifieke stimuli worden verklaard in termen van (veranderingen in) mentale representaties en processen die deze representaties gebruiken, bewerken en verder ontwikkelen.

Een tweede kenmerk van de informatieverwerkingsbenadering is dat de modellen die worden ontwikkeld binnen dit paradigma over het algemeen betrekking hebben op specifieke taakdomeinen. De veronderstelling is dat uit de synthese van dergelijke microtheorieën algemene principes van menselijke performantie, leren en ontwikkeling zullen voortkomen. Op dit punt onderscheidt deze benadering zich van andere invloedrijke benaderingen, zoals de Piagetiaanse, waarin veel meer aandacht uitgaat naar alomvattende principes die aan de basis liggen van de algemene cognitieve ontwikkeling (Kail, 1996).

Een derde kenmerk van de informatieverwerkingsbenadering betreft het gebruik van de computer bij het modelleren en bestuderen van denkprocessen bij de mens (De Klerk & Verschaffel, 1990). Computersimulaties zorgen niet alleen voor een grotere rigourositeit in de constructie en specificatie van cognitieve modellen. Zij maken het ook mogelijk de geldigheid van de assumpties die aan deze modellen ten grondslag liggen te toetsen, wat bouwstenen kan aanreiken om de voorgestelde modellen te optimaliseren.

Helemaal in de lijn van deze algemene kenmerken van de informatieverwerkingsbenadering, besteedt Siegler (1996, 2000) in zijn theorie over de cognitieve ontwikkeling van mensen aandacht aan de verschillende strategieën die mensen gebruiken bij het oplossen van cognitieve taken, de manier waarop ze kiezen tussen deze strategieën, en de ontwikkelingen die zich kunnen voordoen in beide processen op basis van toenemende leeftijd en/of ervaring met een taak. Siegler en Jenkins (1989) definiëren een strategie op basis van drie kenmerken. Het eerste kenmerk is doelgerichtheid: een strategie wordt steeds gekozen en uitgevoerd met het oog op het bereiken van een vooraf bepaald, duidelijk gedefinieerd doel. Het tweede kenmerk betreft de mogelijkheid tot kiezen uit meerdere mogelijkheden. Een persoon kan steeds kiezen om deze of gene strategie toe te passen om het beoogde doel te bereiken. Het derde

kenmerk verwijst naar de bewustheid waarmee een strategie wordt gekozen en uitgevoerd. Een persoon kan een strategie niet alleen bewust kiezen en/of uitvoeren, maar kan dit ook doen zonder zich daarvan bewust te zijn (zie ook Bjorklund & Harnishfeger, 1990).

Verder maken Siegler en Jenkins (1989) een onderscheid tussen twee soorten strategieën, meer bepaald back-up-strategieën en *retrieval*. Back-up-strategieën worden door hen gedefinieerd als tijdsintensieve, procedurele oplossingsstrategieën, zoals het oplossen van $2 + 7$ door verder te tellen vanaf de eerste term in de opgave ($2 + 7 = (2), 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$). *Retrieval* komt in essentie neer op het snel ophalen van (quasi-)geautomatiseerde kennis uit het langetermijngeheugen, zoals het onmiddellijk beantwoorden van $2 + 7$ omdat men deze som uit het hoofd kent. In dit artikel maken we gebruik van de termen procedurele strategieën en geheugenstrategie om te verwijzen naar respectievelijk back-up-strategieën en *retrieval*.

2.2 Metafoor van de overlapping waves

De veranderingen die plaatsvinden in (de manier waarop mensen kiezen tussen) cognitieve strategieën kunnen volgens Siegler (1996, 2000) best worden beschreven met behulp van de metafoor van de *overlapping waves*. Met deze metafoor verlaat hij het traditionele denken in termen van een fasegewijze cognitieve ontwikkeling, waarbij de ene fase in de tijd volgt op de andere. De cognitieve ontwikkeling verloopt volgens Siegler niet volgens een vast stramien van opeenvolgende fasen, die stuk voor stuk gekenmerkt worden door het gebruik van één welbepaalde strategie. Ze verloopt veeleer gradueel en wordt continu gekenmerkt door een grote variabiliteit in strategiegebruik.

De metafoor van de *overlapping waves* steunt op drie veronderstellingen (Siegler, 1996, 2000). De eerste assumptie is dat ieder mens op elk moment van zijn of haar ontwikkeling beschikt over meerdere strategieën, die alle kunnen worden gebruikt om eenzelfde taak uit te voeren. Deze variabiliteit in strategiegebruik kan worden geobserveerd in verschillende taakdomeinen, zoals rekenen, wetenschappelijk redeneren, lezen, spellen,

enzovoort. Verder is deze variabiliteit in strategiegebruik aanwezig op elke leeftijd, zowel tussen individuen (d.i., verschillende individuen maken gebruik van verschillende strategieën om eenzelfde taak op te lossen) als binnen een individu (d.i., een individu past verschillende strategieën toe om eenzelfde taak op te lossen op verschillende tijdstippen). De tweede veronderstelling houdt in dat de verschillende strategieën met elkaar in competitie zijn gedurende lange tijdperiodes, veeleer dan enkel tijdens korte transitiefasen. Ten derde wordt aangenomen dat toenemende ervaring met een bepaalde taak leidt tot zowel veranderingen in de relatieve frequentie waarmee de verschillende strategieën worden toegepast, als de ontwikkeling van nieuwe strategieën om de taak op te lossen. Deze nieuwe strategieën worden toegevoegd aan het repertoire van al verworven strategieën, veeleer dan ze te vervangen, en toegepast met een gradueel veranderende frequentie.

De metafoor van de *overlapping waves* maakt verder onderscheid tussen vier parameters om leren en cognitieve ontwikkeling te beschrijven (Lemaire & Siegler, 1995). De eerste parameter verwijst naar het repertoire van de verschillende strategieën die worden gebruikt om een taak op te lossen (d.i., welke strategieën worden gebruikt?). De tweede parameter betreft de relatieve frequentie waarmee elk van deze strategieën wordt toegepast tijdens de taakuitvoering. De snelheid en accuratesse, of met andere woorden de efficiëntie waarmee elk van deze strategieën wordt uitgevoerd, vormt de derde parameter. De vierde parameter betreft de mate van adaptiviteit van de strategiekeuze. Siegler (Lemaire & Siegler, 1995) definieert een adaptieve strategiekeuze als kiezen voor die strategie die het snelst leidt tot een accuraat antwoord op een welbepaalde taak. Veranderingen in strategiegebruik kunnen aldus worden beschreven in termen van het verwerven van nieuwe, en het niet meer toepassen van oude, strategieën (parameter 1), veranderingen in de relatieve frequentie waarmee elk van deze strategieën wordt toegepast (parameter 2), ontwikkelingen in de accuratesse en snelheid van strategie-uitvoering (parameter 3), en/of veranderingen in de adaptiviteit van strategie-

keuzen (parameter 4). Volgens dit model maakt de lerende bij de start van het leerproces zeer frequent tot haast exclusief gebruik van primitieve strategieën (zoals tellen), die hij of zij op een weinig efficiënte (d.i., traag en inaccuraat) en weinig adaptieve manier toepast. Met toenemende ervaring maakt de lerende steeds vaker gebruik van de meest efficiënte strategieën (zoals het oplossen van $3 + 4$ op basis van het uit het hoofd gekende antwoord op $3 + 3$; $3 + 4 = 3 + 3 + 1 = 6 + 1 = 7$), die daarenboven steeds efficiënter en adaptiever worden uitgevoerd.

Volgens Siegler (Crowley, Shrager, & Siegler, 1997) zijn deze ontwikkelingen in de aard, frequentie, efficiëntie en adaptiviteit van strategiegebruik het resultaat van veranderingen in de interactie tussen de onderliggende associatieve en metacognitieve kennisstructuren van de persoon. De associatieve kennisstructuren bevatten impliciete, niet-verbaliseerbare, domeinspecifieke kennis die best kan worden beschreven als een set van associaties tussen opgaven, strategieën en antwoorden. De metacognitieve kennisstructuur bestaat uit expliciete, verbaliseerbare kennis van regels, plannen en heuristieken die kunnen worden toegepast om een taak op te lossen. Bij het aanbieden van een opgave coderen zowel de associatieve als de metacognitieve kennisstructuren de opgave, matchen zij beide hun representatie van de opgave met hun respectievelijke kennisbestanden en selecteren zij beide een adequate strategie om de opgave op te lossen. Shrager en Siegler (1998) formaliseerden dit principe van competitieve interactie tussen het associatieve en metacognitieve kennisstelsel in een computersimulatie, namelijk Strategy Choice And Discovery Simulation (SCADS), zoals toegelicht in de volgende paragraaf.

2.3 Strategy Choice And Discovery Simulation

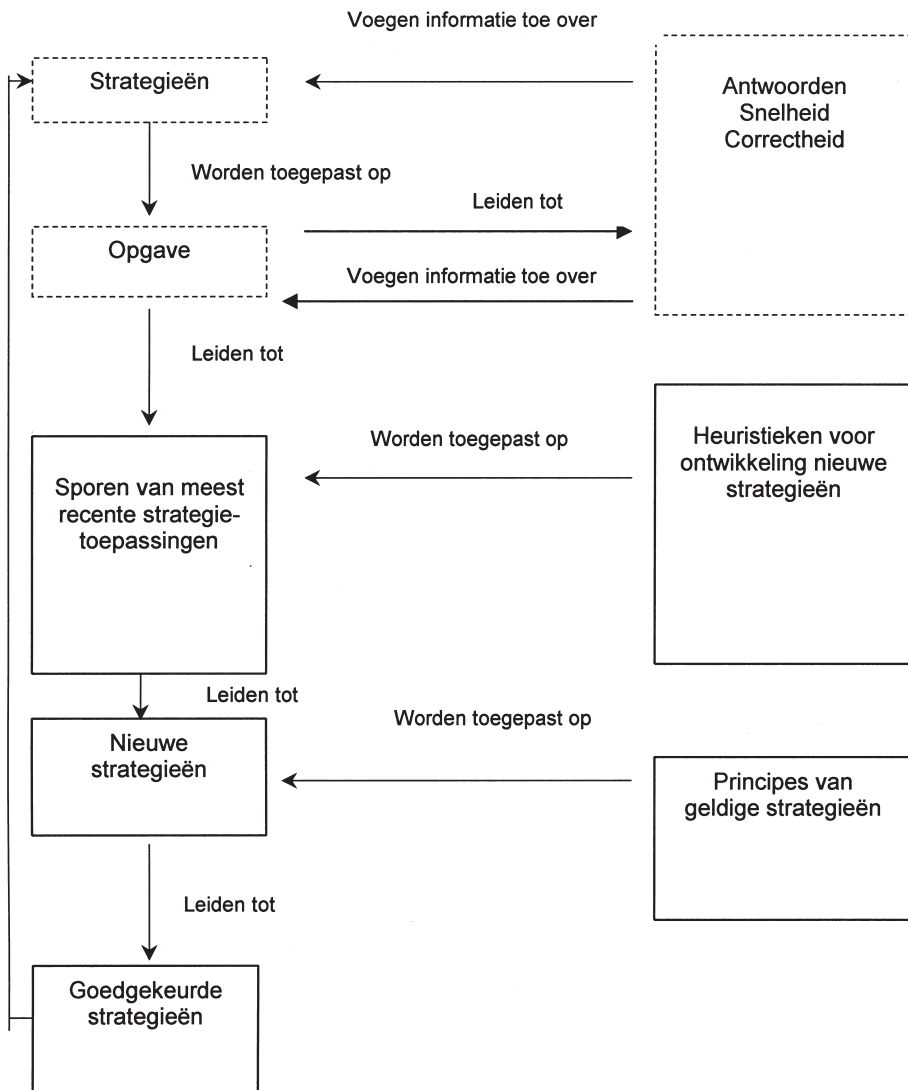
SCADS (Shrager & Siegler, 1998) specificeert de structuren en processen die aan de basis liggen van de keuze tussen en de ontwikkeling van nieuwe strategieën op het domein van het aanvankelijk rekenen. De keuzemechanismen gespecificeerd in SCADS zijn dezelfde als deze van zijn voorgangers, namelijk het *distributions of associations-*

model (Siegler & Shrager, 1984) en het Adaptive Strategy Choice Model (Siegler & Shipley, 1995). Shrager en Siegler (1998) breidden deze keuzemechanismen uit in SCADS met structuren en processen die het de computersimulatie mogelijk maken ook nieuwe strategieën te ontwikkelen. Figuur 1 geeft SCADS schematisch weer.

Strategiekeuze

De onderbroken kaders in Figuur 1 beschrijven het associatieve kennissysteem van SCADS. Het associatieve kennisbestand van

het model, met informatie over zowel individuele opgaven als de efficiëntie (correctheid en snelheid) van verschillende strategieën, speelt een belangrijke rol in het keuzeproses. De eerste soort van informatie, informatie over individuele oefeningen, bestaat uit associaties tussen opgaven en mogelijke, zowel correcte als incorrecte, antwoorden op deze opgaven (zo kan $3 + 4$ geassocieerd zijn met de antwoorden 1, 6, 7 en 8). De associaties tussen individuele opgaven en mogelijke antwoorden verschillen in sterkte. De associatieve sterkte wordt uitgedrukt in een getal gaande van 0



Figuur 1. Structuren en processen zoals beschreven in 'Strategy Choice And Discovery Simulation' (Shrager & Siegler, 1998, p. 408).

(geen associatie) tot 1 (sterke associatie). De tweede soort van informatie, informatie over strategieën, is verspreid over vier verschillende categorieën. De eerste categorie bevat algemene informatie over de efficiëntie van de verschillende strategieën bij het oplossen van welbepaalde taken (*global data*, bijvoorbeeld gegevens over de snelheid en de accuratesse van verder tellen vanaf de eerste term in de opgave om sommen tot 10 op te lossen). Gegevens over de efficiëntie van deze strategieën bij het oplossen van opgaven met welbepaalde kenmerken (*featural data*; bijvoorbeeld gegevens over de snelheid en accuratesse van verder tellen vanaf de eerste term in de opgave bij het oplossen van sommen met een kleine eerste en een grote tweede term in de opgave, zoals $2 + 7$, waarbij het verder tellen erg moeizaam verloopt en met een hoog foutenrisico behept is) en bij specifieke opgaven (*problem-specific data*; bijvoorbeeld weten dat $3 + 4$ handig op te lossen is als $3 + 3 + 1$), vormen respectievelijk de tweede en de derde categorie. De vierde categorie bevat informatie over de mate van nieuwheid van een strategie (*novelty data*; bijvoorbeeld informatie over hoe vaak men laatst genoemde handige strategie al heeft gebruikt om sommen tot 10 op te lossen).

Telkens SCADS een opgave aangeboden krijgt, activeert het model de beschikbare informatie over de accuratesse en snelheid van de verschillende strategieën. Het model weegt deze data op basis van a) de hoeveelheid informatie die de data weergeven (hoe vaker een strategie werd gebruikt om een welbepaalde opgave op te lossen, hoe meer de itemspecifieke informatie wordt gewogen) en b) de recentheid van de data (hoe recenter de data, hoe zwaarder ze wegen). De gewogen efficiëntiedata en de informatie in verband met de nieuwheid van een strategie vormen de input voor stapsgewijze regressie-analyses die de verwachte efficiëntie van elke strategie voor die opgave berekenen. De strategie met de hoogste verwachte efficiëntie in vergelijking met de verwachte efficiëntie van alle andere strategieën, heeft de grootste kans gekozen te worden door het model.

Strategie-uitvoering

SCADS tracht elke strategie die het kiest uit te voeren. Het model laat bij elke poging in

het werkgeheugen een spoor na met alle operaties en resultaten die deel uitmaken van het oplossingsproces (zie Figuur 1). In geval van keuze voor de geheugenstrategie, bepaalt het model eerst de waarde van het *confidence criterion* (d.i., de minimumsterkte waaraan de associatie tussen de opgave en een mogelijk antwoord op de opgave moet voldoen om opgeroepen te worden via de geheugenstrategie) en van het *search length*-criterium (d.i., het maximum aantal pogingen dat het model wil ondernemen om het antwoord te activeren via de geheugenstrategie; bijvoorbeeld maximum drie pogingen). Vervolgens tracht het model het antwoord op de opgave op te roepen met behulp van de geheugenstrategie, door telkens één associatie te activeren en de sterkte van de geactiveerde associatie te toetsen aan de waarde van het *confidence criterion*. Indien het model er in slaagt om binnen het maximum aantal pogingen zoals vastgelegd in het *search length*-criterium een associatie te activeren met een sterkte die de waarde van het *confidence criterion* overstijgt, wordt het keuzeproces beëindigd en wordt het antwoord uit deze associatie als oplossing gegeven. Slaagt het model hier echter niet in, dan wordt een nieuwe strategie gekozen.

De uitvoering van een procedurele strategie is in SCADS geoperationaliseerd als een modulaire opeenvolging van operatoren die in een voorgeschreven volgorde uitgevoerd worden. De eerste keer dat SCADS een procedurele strategie uitvoert, besteedt het al zijn aandacht aan de supervisie van het uitvoeringsproces. De hoeveelheid aandacht die SCADS besteedt aan deze supervisie wordt bepaald door de sterkte van de associatie tussen de verschillende operatoren die deel uitmaken van de strategie ten opzichte van een grenswaarde die verschilt van trial tot trial. Bij gebrek aan ervaring met een oplossingsstrategie, is de sterkte van de associatie tussen de verschillende operatoren zwak, en besteedt het model al zijn aandacht aan de supervisie van het uitvoeringsproces. Telkens als SCADS deze strategie uitvoert, wordt de associatie tussen de verschillende operatoren echter sterker, wat het model in staat stelt om steeds minder aandacht te besteden aan het uitvoeringsproces.

Het toepassen van de gekozen strategie leidt tot veranderingen in de vier hoger beschreven parameters van strategiegebruik. In de eerste plaats levert het uitvoeringsproces nieuwe informatie op over zowel het antwoord op de opgave als de accuratesse en snelheid van de toegepaste strategie bij het oplossen van de opgave. Deze informatie leidt tot veranderingen in het associatieve kennisbestand van SCADS, wat op zijn beurt de daaropvolgende strategiekeuze beïnvloedt. Aldus zorgt het uitvoeren van de gekozen strategie voor graduele veranderingen in de strategiekeuze en, ten gevolge daarvan, de frequentie van strategiegebruik. In de tweede plaats leidt het uitvoeren van een strategie tot een toename in de accuratesse en snelheid van deze strategie, en een daling van de hoeveelheid aandacht die nodig is om het uitvoeringsproces te bewaken. Frequente ervaring met een strategie resulteert dus in een steeds meer geautomatiseerde uitvoering van deze strategie, waardoor het model aandacht kan besteden aan andere zaken, zoals het ontwikkelen van een nieuwe strategie. Met andere woorden, het toepassen van een strategie resulteert ook in graduele veranderingen in de efficiëntie en het repertoire van strategieën.

Ontwikkeling van nieuwe strategieën

De volle kaders in Figuur 1 beschrijven de structuren die betrokken zijn bij de ontwikkeling van nieuwe strategieën. Het metacognitieve kennisstelsel van SCADS, bestaande uit a) aandachtsreserves, b) heuristieken voor de ontwikkeling van nieuwe strategieën en c) principes van geldige strategieën (zie Figuur 1), speelt een centrale rol bij deze ontwikkeling. Zoals eerder toegelicht, tracht SCADS elke strategie die het kiest uit te voeren. Hoe vaker het model een strategie uitvoert, hoe sterker de associatie tussen de onderliggende operatoren wordt en hoe minder aandacht vereist is om het uitvoeringsproces te superviseren. De aldus vrijgekomen aandachtsreserves zet SCADS in om nieuwe strategieën te ontwikkelen.

SCADS bevat twee heuristieken voor de ontwikkeling van nieuwe strategieën: a) wanneer redundantie aanwezig is in de opeenvolgende operatoren, moet een van de sets van

operatoren die leiden tot deze redundantie verdwijnen; en b) als een strategie accurater en sneller kan worden uitgevoerd indien de operatoren worden toegepast in een bepaalde volgorde, moet er een speciale versie van de strategie worden gecreëerd die steeds deze orde volgt. Deze heuristieken analyseren in het werkgeheugen de sporen van de meest recente strategie-uitvoering, wat resulteert in de ontwikkeling van nieuwe strategieën. SCADS toetst deze strategieën aan de criteria omschreven in de principes van geldige strategieën. Deze principes geven weer aan welke vereisten geldige strategieën in een bepaald taakdomein moeten voldoen (bijvoorbeeld bij een optelstrategie moet zowel de eerste als de tweede term uit de opgave mee opgenomen worden in het oplossingsproces). Als de strategie niet in overeenstemming is met deze vereisten, wordt de strategie verworpen. Als de strategie wel voldoet aan de principes van geldige strategieën, wordt de strategie toegevoegd aan het repertoire van al verworven strategieën. De nieuw ontwikkelde strategie wijzigt aldus het kennisbestand van het model en beïnvloedt aldus de volgende strategiekeuzen.

*SCADS**

Siegler en Araya (2005) hebben de structuren en processen die ten grondslag liggen aan de keuze en uitvoering van strategieën in SCADS recent uitgebreid met zes mechanismen. Ze hebben dit onder meer gedaan om de ontdekking en de keuze van de zogenaamde *shortcut*-strategie bij inversieproblemen beter te kunnen simuleren. Inversieproblemen zijn problemen waarbij eenzelfde waarde eerst dient te worden opgeteld en vervolgens te worden afgetrokken van een welbepaald getal of vice versa (d.i., $a + b - b = ?$ of $a - b + b = ?$). Dergelijke opgaven kunnen opgelost worden door ofwel een procedurele strategie toe te passen waarbij men b respectievelijk optelt bij en aftrekt van a ofwel door een zogenaamde *shortcut*-strategie te gebruiken waarbij men eenvoudigweg de waarde van a als uitkomst opgeeft. De toepassing van deze laatste strategie veronderstelt wel dat de oplosser inziet dat het optellen en aftrekken van eenzelfde getal bij een ander getal de waarde van dat laatste getal intact laat (Baroody, Torbeyns, &

Verschaffel, 2009; Siegler & Stern, 1998).

De zes mechanismen die Siegler en Araya (2005) aan het oorspronkelijke SCADS-model toevoegden om ook (de ontwikkeling van) het strategiegebruik bij dergelijke complexere inversieproblemen adequaat te kunnen modelleren, zijn a) gecontroleerde aandacht (*controlled attention*; d.i., de vaardigheid om de focus van aandacht vlot te wisselen van het ene punt naar het andere), b) onderbreking van strategieën (*interruption of procedures*; d.i., het overschakelen van de ene strategie op de andere tijdens het beantwoorden van een welbepaalde oefening), c) verbalisering (*verbalization*; d.i., de vaardigheid om een strategie verbaal te beschrijven), d) priming (d.i., de invloed van de strategie die werd toegepast om de voorgaande opgave te beantwoorden op het strategiekeuzeproces bij een volgende oefening)², e) vergeten (*forgetting*; d.i., het vervagen van de verschillen in efficiëntie van de beschikbare strategieën bij herhaald aanbod van een taak), en f) selectie van dynamische kenmerken (*dynamic feature selection*; d.i., de selectie van taakkenmerken die relevant zijn voor het kiezen en uitvoeren van strategieën).

3 Priming van strategieën

Zoals eerder vermeld, hebben wij ons toegepitst op de priming component in SCADS*. Siegler en Araya (2005) beschrijven de werking van dit mechanisme nogal vaag en bovendien is deze beschrijving – net zoals de andere toegevoegde mechanismen – sterk toegepitst op het oplossen van inversieproblemen. De basisfunctie van dit mechanisme bestaat erin om, na succesvolle toepassing van een strategie op een bepaalde opgave, de associatiesterkte van deze strategie tijdelijk te vergroten zodat de kans groter wordt dat men op korte termijn opnieuw voor deze strategie zal opteren bij opgaven met gelijkaardige probleemkenmerken. Algemeener gesteld, dit mechanisme maakt het mogelijk om de invloed van een recent opgeloste opgave mee op te nemen in het modelleren van het strategiekeuzeproces.

Hoewel SCADS* in staat is gebleken om de ontwikkeling van de *shortcut*-strategie en het strategiekeuzeproces bij het oplossen van

inversieproblemen adequaat te simuleren – wat het belang van deze priming component als zodanig bevestigt – (Siegler & Araya, 2005), is er voor zover wij weten nog geen directe empirische evidentie voorhanden voor het effect van priming op het strategiekeuzeproces. In wat volgt zullen wij twee nauw verwante experimenten bespreken die het voorkomen van dergelijke primingeffecten onderzocht hebben op het strategiegebruik bij het bepalen van hoeveelheden in een roosterstructuur. Vooraleer dieper in te gaan op beide experimenten, geven we een korte algemene beschrijving van de gebruikte taak, het gehanteerde paradigma en de onderliggende hypothesen.

4 Algemene beschrijving van taak, paradigma en hypothesen

De taak die we in de huidige studie gebruikten, bestaat uit het bepalen van verschillende aantallen gekleurde blokjes die in rechthoekig 5 x 10-rooster worden aangeboden. Eerdere studies (zie onder meer Luwel, Verschaffel, Onghena, & De Corte, 2003a) hebben aangetoond dat men ruwweg gebruik maakt van twee belangrijke strategieën om deze taak op te lossen. De keuze voor een van deze strategieën is onder meer afhankelijk van de verhouding tussen het aantal gekleurde blokjes en het aantal lege vakjes in het rooster. Wanneer er weinig gekleurde blokjes en veel lege vakjes zijn, dan doet men een beroep op de optelstrategie, waarbij men het totaal aantal gekleurde blokjes in het rooster opdeelt in een aantal groepen, het aantal blokjes in elke groep bepaalt en deze aantallen vervolgens optelt. Zijn er veel gekleurde blokjes en weinig lege vakjes in het rooster, dan kan men gebruik maken van de aftrekstrategie. Hierbij bepaalt men eerst het aantal lege vakjes en dit aantal wordt vervolgens afgetrokken van het totaal aantal vakjes in het rooster.

In de huidige studie maakten we een onderscheid tussen twee soorten items: priming-items en testitems. Primingitems ontlocken, omwille van hun extreem kleine of grote aantal gekleurde blokjes in verhouding tot het totaal aantal vakjes, in zeer sterke mate een

van beide voornoemde strategieën, terwijl dit voor de testitems niet het geval is. Om een mogelijk primingeffect als gevolg van het toepassen van een eerdere strategie op de actuele strategiekeuze te onderzoeken, construeerden we itemsequenties die telkens bestonden uit een reeks primingitems die allemaal dezelfde strategie ontlokten, gevolgd door een testitem. Uitgaande van de in SCADS* vervatte hypothese dat men strategiekeuzen kan primen, voorspelden we dat men na een reeks primingitems die sterk de aftrekstrategie uitlokken (d.i., aftrekprimes), op het daaropvolgend testitem significant meer voor deze strategie zou kiezen dan wanneer hetzelfde item zou worden voorafgegaan door een reeks primingitems die sterk de optelstrategie ontlokken (d.i., optelprimes), en vice versa. Verder voorspelden we dat de grootte van dit effect afhankelijk zou zijn van de locatie van het testitem in het geteste getallenbereik. Meer bepaald verwachtten we dat het effect het grootst zou zijn bij de items die zich in het midden van het hoeveelheidsbereik bevinden en geleidelijk zou verkleinen naar de beide uiteinden van het bereik. De reden hiervoor is dat de items in het midden ongeveer even sterk geassocieerd zijn met beide strategieën, terwijl de associatiesterkte met een van beide strategieën toeneemt naarmate men zich meer naar de uiteinden van het hoeveelheidsbereik begeeft (d.i., hoe kleiner of groter het aantal blokjes, hoe sterker dit aantal geassocieerd is met de optel- respectievelijk de aftrekstrategie; Luwel, Verschaffel, Onghena, & De Corte, 2003b).

In een eerste experiment wilden we binnen het hoeveelheidsbereik van 1-50 in een 5 x 10-rooster het gebied afbakenen waarin het veronderstelde primingeffect zich voordeed. In Experiment 2 werd dit effect nader bestudeerd door verder in te zoomen op het bereik waarin het zich effectief voordeed in Experiment 1.

aan de K.U. Leuven (28 vrouwen en 3 mannen). Hun gemiddelde leeftijd bedroeg 20,3 jaar (bereik: 17 tot 48 jaar).

Materiaal

Het experiment werd afgenomen met behulp van een PC. De stimuli waren rechthoekige roosters die bestonden uit vijf rijen met elk tien vakjes. Elk rooster bestond aldus uit 50 vakjes van 1 x 1 cm. Deze roosters verschenen op een zwarte achtergrond en waren omgeven door een dikke rode lijn. Elk vakje was ofwel gevuld met een groen blokje of bleef leeg en had dus dezelfde kleur als de achtergrond. De groene blokjes werden willekeurig in het rooster geplaatst.

Zoals eerder vermeld, werkten we met twee soorten items: primingitems en testitems. Er waren twee soorten primingitems, namelijk optelprimes of aantallen die zeer sterk de optelstrategie uitlokten (d.i., 1-10) en aftrekprimes of aantallen die in sterke mate de aftrekstrategie ontlokten (d.i., 40-49). De testitems bestonden uit vijf aantallen die op regelmatige intervallen uit het getallenbereik tussen de extreme items waren geselecteerd (d.i. 13, 19, 25, 31, en 37). Vervolgens creëerden we itemsequenties die telkens bestonden uit een reeks van vijf of zes primingitems van dezelfde soort, gevolgd door een testitem³. Een voorbeeld van een sequentie met optelprimes is: 8-5-3-7-4-9-**25** en van een sequentie met aftrekprimes is: 42-41-40-48-45-**19**. In totaal kregen de proefpersonen 30 (2 primetypes x 5 testitems x 3 aanbiedingen) sequenties aangeboden, wat resulteerde in een totaal van 195 trials per proefpersoon.

Procedure

De proefpersonen werden individueel getest. Bij aanvang kregen ze de instructie om het aantal groene blokjes in elk rooster zo snel en accuraat mogelijk te bepalen door enkel gebruik te maken van de optel- of de aftrekstrategie. Bovendien werd hen gevraagd om op het scherm steeds aan te wijzen welke elementen ze aan het tellen waren. Dit moest de proefleidster in staat stellen om af te leiden met behulp van welke strategie iedere opgave opgelost werd (d.i., als ze de groene blokjes aanduiden, maakten ze gebruik van de optelstrategie; wezen ze de lege vakjes aan, dan

5 Experiment 1

5.1 Methode

Deelnemers

De deelnemers aan dit experiment waren 31 studenten in Pedagogische Wetenschappen

deden ze een beroep op de aftrekstrategie). Elke opgave startte met een fixatieteken in het midden van het scherm dat na 750 ms vervangen werd door een stimulus die pas verdween wanneer de proefpersonen het aantal gekleurde blokjes in het rooster bepaald hadden. Bij elke opgave registreerde de computer het antwoord en de gebruikte strategie. Voorafgaand aan de eigenlijke opgaven, kregen de proefpersonen vijf oefenopgaven aangeboden om te wennen aan de taak en de gevulde procedure.

5.2 Resultaten

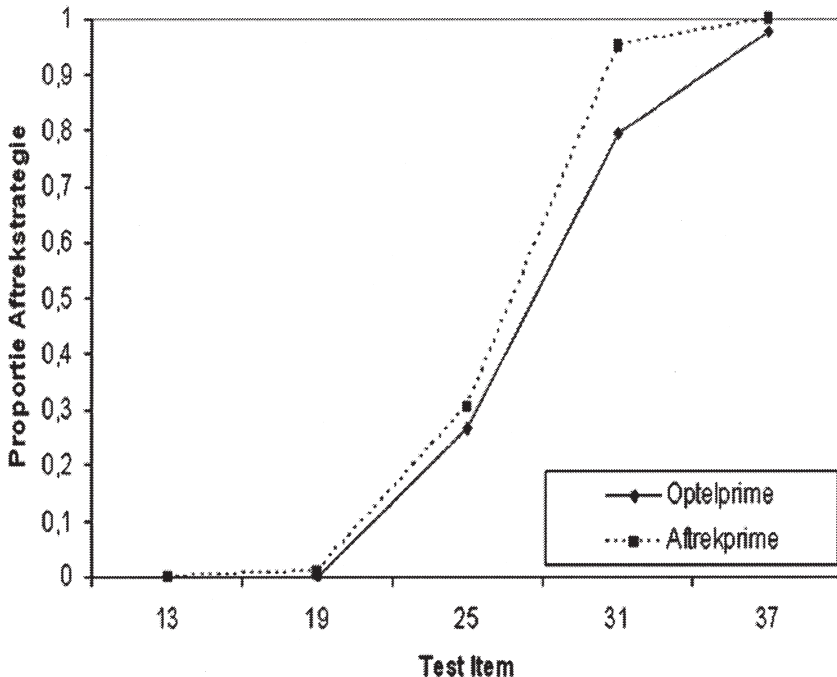
Voorafgaand aan de analyses voerden we een manipulatiecheck uit om ons ervan te vergewissen dat de primingitems daadwerkelijk de veronderstelde strategie hadden uitgelokt. Voor zowel de optel- als de aftrekprimes bleek dit slechts bij 3 op 2.557 beurten niet het geval te zijn. Met andere woorden, de primingitems lokten in 99,88% van de gevallen de verwachte strategie uit. Enkel de test-items werden in de analyses betrokken.

Een 5 (aantal: 13, 19, 25, 31, 37) x 2 (prime: optel vs. aftrek) variantie-analyse met

herhaalde metingen werd uitgevoerd op de proportie gebruik van de aftrekstrategie. Deze analyse toonde vooreerst een significant hoofdeffect van aantal ($F(4, 120) = 448,09, p < 0,001$, partiële $\eta^2 = 0,94$), dat aangaf dat het gebruik van de aftrekstrategie toeneemt in functie van het aantal blokjes. We observeerden eveneens een significant hoofdeffect van primetype ($F(1, 30) = 5,68, p = 0,02$, partiële $\eta^2 = 0,16$). Zoals verwacht, werd de aftrekstrategie meer toegepast na een reeks aftrekprimes ($M = 0,45$) dan na een reeks optelprimes ($M = 0,41$). Tot slot observeerden we ook nog een significant interactie-effect tussen aantal en primetype ($F(4, 120) = 2,59, p = 0,04$, partiële $\eta^2 = 0,08$; zie Figuur 2). Een a-posteriori Tukey test gaf aan dat het effect van de primingitems zich enkel voordeed bij items met 31 gekleurde blokjes ($d = 0,16, p < 0,01$).

5.3 Discussie

Dit experiment toont aan dat de strategiekeuze (mede) afhangt van het herhaaldelijk gebruik van een bepaalde strategie op de



Figuur 2. Proportie aftrekstrategie in functie van het aantal blokjes (13, 19, 25, 31 of 37) in het testitem na aanbieding van een reeks optel- of aftrekprimes in Experiment 1.

voorafgaande (extreme) items. Dit effect blijkt zich evenwel enkel voor te doen binnen een beperkt bereik (in dit geval enkel bij het aantal 31). Op het eerste zicht lijkt het enigszins vreemd om dit effect te observeren bij 31 en niet bij 25, d.i. het exacte middenpunt van het bereik. Dit kan echter verklaard worden doordat de aftrekstrategie uitvoeriger en complexer is dan de optelstrategie; ze omvat steeds een bijkomende stap, namelijk het aftrekken van het aantal lege vakjes van het totale aantal vakjes in het rooster (Verschaffel, De Corte, Lamote, & Dhert, 1998). Hierdoor zijn de aantallen rond het midden van het getallenbereik allicht nog iets meer geassocieerd met de optel- dan met de aftrekstrategie en werd de grootste invloed van het voorafgaande strategiegebruik aangetroffen bij een aantal dat iets groter is dan het aantal dat precies in het midden van het bereik is gelegen. Het feit dat het primingeffect zich niet voordoet bij de overige testitems is hoogstwaarschijnlijk een gevolg van het feit dat ook bij deze items de associatie met een van beide strategieën al te sterk is.

6 Experiment 2

Gegeven het relatief beperkte bereik van aantallen waarin de strategiekeuzen van de proefpersonen beïnvloed kunnen worden door hun strategiegebruik op de voorgaande trials, wensten we de resultaten van Experiment 1 te repliceren binnen een kleiner zorgvuldig gekozen bereik. Meer specifiek richtten we ons hierbij op het bereik rond het aantal waarbij we in Experiment 1 het grootste primingeffect gevonden hadden, nl. de aantallen 31 ± 3 .

6.1 Methode

Deelnemers

De deelnemers aan dit experiment waren 24 studenten in Pedagogische Wetenschappen aan de K.U. Leuven (22 vrouwen en 2 mannen), waarvan niemand aan het eerste experiment had deelgenomen. Hun gemiddelde leeftijd bedroeg 19,5 jaar (bereik van 17 tot 25 jaar).

Materiaal

De stimuli waren dezelfde als in Experiment 1. Enkel de geselecteerde aantallen voor de testitems en primingitems verschilden ten opzichte van Experiment 1. De testitems omvatten nu alle aantallen vanaf 28 tot en met 34. De optelprimes bestonden uit de aantallen van 5 tot 14, terwijl de aftrekprimes de aantallen 36 tot 45 omvatten. Door de meest extreme primes (d.i., respectievelijk 1 tot 4 en 46 tot 49) achterwege te laten, sloten we uit dat de proefpersonen sommige opgaven zouden kunnen oplossen door het aantal gekleurde blokjes of lege vakjes te bepalen door *subitizing* in plaats van ze daadwerkelijk te tellen. Net als in Experiment 1, creëerden we itemreeksen die bestonden uit vijf of zes primes van het zelfde type gevolgd door een testitem (bijv. 13-8-5-10-7-**31**-39-43-37-41-45-38-**28**). In totaal kreeg elke proefpersoon 56 (2 primetypes x 7 testitems x 4 aanbiedingen) dergelijke sequenties aangeboden, wat neerkomt op een totaal van 364 opgaven per proefpersoon.

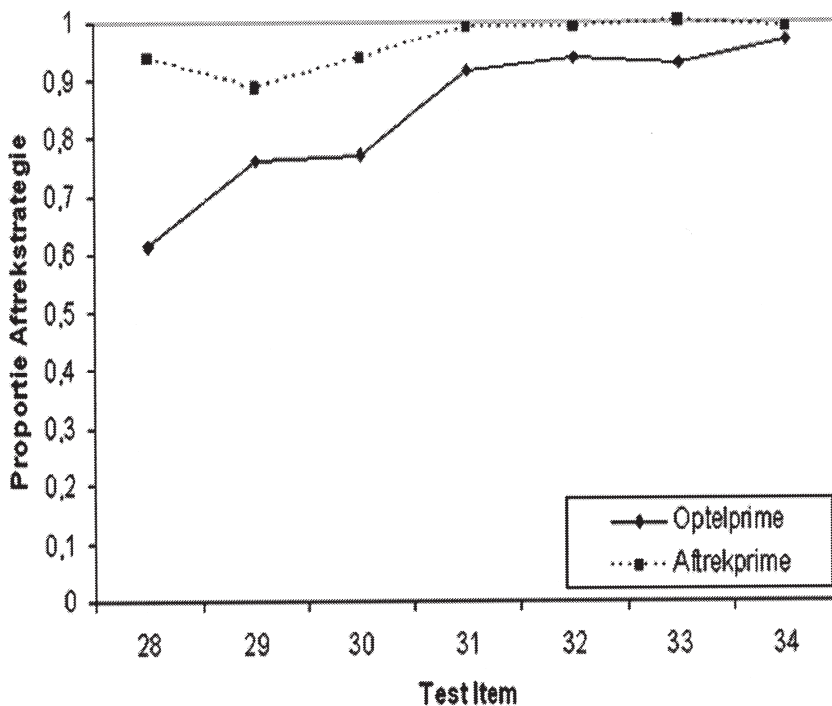
Procedure

De procedure was exact dezelfde als in Experiment 1.

6.2 Resultaten

Net zoals in Experiment 1, voerden we eerst een manipulatiecheck uit om ons ervan te vergewissen dat de primingitems daadwerkelijk de veronderstelde strategie hadden uitgelokt. Voor de optelprimes bleek dit bij 4 op 3.696 beurten niet het geval te zijn, terwijl dit bij de aftrekprimes bij 3 op 3.696 beurten niet het geval was. Met andere woorden, net zoals bij Experiment 1, lokten de primingitems in 99,92% van de gevallen de verwachte strategie uit. Enkel de testitems werden in de analyses opgenomen.

Een 7 (aantal: 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34) x 2 (prime: optel vs. aftrek) variantie-analyse met herhaalde metingen werd uitgevoerd op de proportie gebruik van de aftrekstrategie. Deze analyse resulteerde vooreerst in een significant hoofdeffect van aantal ($F(6, 138) = 18,21, p < 0,001$, partiële $\eta^2 = 0,44$), waarbij het gebruik van de aftrekstrategie toeneemt in functie van het aantal blokjes. We vonden verder een significant hoofdeffect van de aard



Figuur 3. Proportie aftrekstrategie in functie van het aantal blokjes (28, 29, 30, 31, 32, 33 of 34) in het testitem na aanbieding van een reeks optel- of aftrekprimes in Experiment 2.

van de prime ($F(1, 23) = 16,32, p < 0,001$, partiële $\eta^2 = 0,42$). Opnieuw werd de aftrekstrategie significant meer toegepast na een reeks aftrekprimes ($M = 0,96$) dan na een reeks optelprimes ($M = 0,84$). Tot slot observeerden we ook een significant interactie-effect tussen het aantal blokjes en de aard van de voorgaande primes ($F(6, 138) = 7,15, p < 0,001$, partiële $\eta^2 = 0,24$; zie Figuur 3). Een a-posteriori Tukey test wees uit dat er enkel een significant verschil was in de proportie gebruik van de aftrekstrategie voor de aantallen 28 ($d = 0,32, p < 0,001$), 29 ($d = 0,13, p = 0,06$) en 30 ($d = 0,16, p < 0,001$).

6.3 Discussie

Net zoals in Experiment 1, vonden we dat het voorgaand herhaaldelijk gebruik van een strategie een invloed heeft op het daaropvolgende strategiegebruik. Dit primingeffect bleef echter opnieuw beperkt tot een relatief klein bereik van aantallen, namelijk de aantallen tussen 28 en 30. Enigszins verrassend is de vaststelling dat, waar in Experiment 1 het effect zich net het sterkst voordeed bij 31, we in

Experiment 2 geen effect vonden bij 31. Dit verschil tussen beide experimenten is mogelijk toe te schrijven aan de grote individuele variatie in associatiesterkte tussen de twee bovenvermelde strategieën en de verschillende aantallen. Voorgaande studies hebben al aangetoond dat het item waarop de associatiesterkte tussen beide strategieën ongeveer even groot is, sterk kan verschillen van individu tot individu (zie o.a. Verschaffel e.a., 1998). Gegeven dat de grootste invloed van het voorgaande strategiegebruik in Experiment 2 aangetroffen werd bij het eerste aantal van het geteste bereik (28), valt het overigens niet uit te sluiten dat er ook een significante invloed was geweest op de aantallen die nu net buiten het geteste bereik vielen, zoals bijv. de aantallen 25, 26 en 27.

7 Algemeen besluit en discussie

De twee hoger besproken experimenten tonen aan dat primingeffecten een invloed kunnen hebben op het strategiekeuzeproces.

De resultaten suggereren echter dat deze effecten beperkt blijven tot een relatief klein bereik en meer specifiek tot die opgaven die in min of meer gelijke mate geassocieerd zijn met beide gebruikte strategieën. Zodra een opgave sterk geassocieerd is met een welbepaalde strategie, heeft priming blijkbaar geen invloed meer. Hoewel Siegler de invloed van de voorafgaande toepassing van een bepaalde strategie op de daaropvolgende strategiekeuze recent heeft erkend door in de laatste versie van zijn computermodel SCADS* een primingcomponent op te nemen en daarmee de keuze en de ontwikkeling van strategieën bij het oplossen van inversieproblemen succesvol heeft weten te simuleren (Siegler & Araya, 2005), leveren onze experimenten voor zover wij weten de eerste rechtstreekse empirische evidentie op voor het nut van een dergelijke primingcomponent bij het modeleren van het strategiekeuzeproces.

Strikt genomen zou men kunnen stellen dat de huidige studie enkel het effect van verschillende types van priming onderzoekt (nl. priming van de optel- vs. de aftrekstrategie) en niet het effect van priming op zich. Anders gezegd, we hebben weliswaar aangetoond dat, afhankelijk van de aard van de primes (optel vs. aftrek), de strategiekeuzen anders beïnvloed worden, maar op basis van onze experimenten kunnen we nog niets zeggen over de grootte van het primingeffect. Daartoe zou men een extra controleconditie moeten invoeren waarin de testitems aangeboden worden zonder een voorafgaande reeks van optel- of aftrekprimes. Dit zou kunnen door een bereik af te bakenen dat alle mogelijke testitems omvat (bijv. van 11 tot 39 in het geval van Experiment 1) en waarbij men vervolgens alle items uit dit bereik herhaaldelijk willkeurig aanbiedt. Door de strategiekeuze op de testitems in deze controleconditie vervolgens te vergelijken met deze na een sequentie optel- of aftrekprimes wordt het mogelijk om de omvang van het primingeffect vast te stellen.

In de huidige studie hebben we getracht om de strategiekeuze te beïnvloeden door de proefpersonen een welbepaalde strategie vijf tot zes keer na elkaar te laten toepassen vooraleer we hen een strategiekeuze lieten maken op een zgn. neutraal item. De vraag is of een

dergelijk primingeffect ook al optreedt bij een kleiner aantal (uitgelokte?) strategieherhalingen of, sterker nog, al na eenmalige toepassing van een strategie. In een lopende vervolgstudie trachten we die vraag te beantwoorden.

Nu we hebben aangetoond dat het mogelijk is om de strategiekeuze bij rekenaars van volwassenen te primen, rijst de vraag of dit effect ook optreedt bij kinderen. Het is goed mogelijk dat kinderen een verhoogde vatbaarheid voor dergelijke priming effecten vertonen omdat zij, in vergelijking met volwassenen, doorgaans minder sterke associaties hebben tussen specifieke opgaven en een bepaalde strategie en dus het aantal opgaven waarbij primingeffecten hen parten kunnen spelen groter is (Siegler, 1996). Daarenboven zijn de metacognitieve kennis en vaardigheden van kinderen doorgaans minder sterk ontwikkeld dan deze van volwassenen wat zou kunnen impliceren dat zij dergelijke (onbewuste) primingeffecten ook moeilijker kunnen onderdrukken dan volwassenen (Harnishfeger & Bjorklund, 1994). Indien deze veronderstelling correct is, dan zouden bepaalde, op het eerste zicht, 'inadaptieve' strategiekeuzes van kinderen heel anders geïnterpreteerd kunnen worden. Het zou immers goed mogelijk kunnen zijn dat dergelijke inadaptiviteit niet zozeer veroorzaakt wordt door een ondoordachte strategiekeuze, maar eerder doordat een strategie die op een vorige opgave erg geschikt was maar op de huidige opgave minder geschikt is, tengevolge van priming toch opnieuw wordt geselecteerd. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of deze veronderstelling klopt.

We eindigen deze bijdrage met enkele meer algemene beschouwingen over de betekenis van het werk van de informatieverwerkingspsycholoog Siegler voor het onderzoek van de ontwikkeling van (de keuze en toepassing van) cognitieve strategieën bij rekenaars.

Het werk van Siegler heeft dit onderzoek op onmiskenbare wijze beïnvloed. Zo vestigde hij niet alleen de aandacht op het feit dat mensen verschillende strategieën hanteren om een zelfde taak op te lossen en dat deze strategieën een gradueel ontwikkelingsverloop kennen in termen van aard, frequentie,

efficiëntie en adaptiviteit; hij heeft zijn visie op de mechanismen die ten grondslag liggen aan de keuze- en uitvoeringsprocessen bovendien vertaald in een reeks opeenvolgende computermodellen die de toets van de empirie hebben doorstaan en op hun beurt verder onderzoek naar het thema sterk hebben geïnitieerd. De twee experimenten die we in dit artikel besproken hebben illustreren dat bepaalde mechanismen uit het model uitnodigen tot het genereren en toetsen van nieuwe hypothesen betreffende de keuze en de ontwikkeling van strategieën, wat op zijn beurt weer kan leiden tot een verdere verfijning en optimalisering van dit model. Aan de andere kant heeft de bespreking van Siegler's denkkader en van de exemplarische experimenten ook een aantal tekorten en eenzijdigheden van dit theoretisch kader en het daarbij aansluitend onderzoeksparadigma blootgelegd.

Een eerste kritische kanttekening is dat in Siegler's model de rol van conceptuele kennis in de keuze en ontwikkeling van strategieën onderbelicht blijft. Studies op het domein van onder andere het rekenen (Baroody & Dowker, 2003; Baroody e.a., 2009; Bisanz & LeFevre, 1990) tonen aan dat de ontwikkeling van expertise in dit domein steunt op de verwerving en integratie van drie soorten kennis, namelijk a) procedurele kennis, d.i., kennis betreffende het uitvoeren van procedurele oplossingsstrategieën; b) feitenkennis, d.i., gememoriseerde kennis van rekenfeiten; en c) conceptuele kennis, d.i. kennis van de principes die ten grondslag liggen aan het gebruik van (handige) strategieën zoals het inversieprincipe dat ten grondslag ligt aan de *shortcut*-strategie bij opgaven zoals $8 + 7 - 7 = ?$ of het principe van de complementariteit tussen optelling en aftrekking dat aan de basis ligt van de handige aftrekstrategie bij het bepalen van (grote) aantallen. Cognitieve ontwikkeling kan dus niet worden gereduceerd tot het verwerven van procedurele kennis en feitenkennis; de ontwikkeling van conceptuele kennis en de integratie van de drie verschillende soorten kennis tot een helder en duidelijk kennisbestand zijn tevens belangrijke fundamenten voor cognitieve groei. Hoewel Siegler in zijn theorie enige aandacht besteedt aan de invloed van het conceptuele kennisbestand (cf. de *goal sketch filters*) op

de ontwikkeling van procedurele kennis en feitenkennis, is de beschrijving van de inhoud en functie daarvan in zijn model alsnog ontoereikend.

Een tweede kritische kanttekening betreft de operationalisering van de metacognitieve structuren en processen die ten grondslag liggen aan de keuze en ontwikkeling van strategieën in SCADS(*). In tegenstelling tot louter associatieve (Thorndike, 1922) en metacognitieve (Flavell & Wellman, 1977) theorieën, beklemtoont Siegler het belang van beide soorten kennis: de competitieve interactie tussen het associatieve en het metacognitieve kennissysteem maakt het mogelijk adaptief te kiezen tussen verschillende strategieën en nieuwe strategieën te ontwikkelen. De metacognitieve structuren en processen die deel uitmaken van deze interactie zijn echter slechts in beperkte mate geoperationaliseerd in SCADS(*). Zo speelt het associatieve (en niet *de interactie tussen* het associatieve en het metacognitieve) kennisbestand reeds vanaf de start van het leerproces een centrale rol bij de keuze van strategieën, en is het niet duidelijk op welke wijze het metacognitieve kennissysteem het uitvoeringsproces superviseert. Bovendien blijft het model vaag over de mate waarin individuen zich bewust zijn van hun strategiekeuzeproces en van de invloed van verschillende soorten factoren daarop, terwijl dit vanuit wetenschappelijk en onderwijspraktisch oogpunt een belangrijke kwestie is. Zoals eerder reeds vermeld is het bijvoorbeeld goed mogelijk dat, omwille van verschillen in metacognitieve kennis en vaardigheden, kinderen en volwassenen anders reageren op de hierboven beschreven primingeffecten.

Een derde punt van kritiek verwijst naar Siegler's eenzijdige aandacht voor de invloed die puur cognitieve factoren uitoefenen op de keuze en ontwikkeling van een strategie. Recent onderzoek, onder andere op het domein van het rekenen, toont aan dat ook kenmerken van het onderwijs en van de ruimere sociaalculturele context (Nunes, Schliemann, & Carraher, 1993; Yackel & Cobb, 1996) een belangrijke invloed kunnen uitoefenen op de keuze en ontwikkeling van strategieën. Hoewel deze evidentie vooralsnog beperkt is, lijkt een verdere uitwerking en verfijning van

de impact van instructie en van sociale en culturele factoren in Siegler's model noodzakelijk. In dit verband wijzen we er op dat het strategiekeuzeproces zich bijvoorbeeld wellicht anders zal voltrekken bij een leerling die wiskundeonderwijs heeft gevolgd dat zich in de eerste plaats richt op het verwerven van 'routine expertise' in het oplossen van bepaalde soorten opgaven door middel van aangereikte bijpassende oplossingswijzen dan bij een leerling die in de wiskundelessen permanent gestimuleerd en geholpen wordt om zelf een 'adaptieve expertise' te verwerven in het verstandig kiezen van een passende strategie. Evenzo zal het kiezen en hanteren van rekenstrategieën allicht anders verlopen wanneer de experimentele setting – nadrukkelijk of impliciet – (louter) de klemtoon legt op het foutloos en snel kunnen oplossen van een som (zoals in vrijwel alle studies omtrent strategiegebruik bij rekentaken die tot nog toe binnen het informatieverwerkingsparadigma zijn verricht) dan wanneer (ook) andere kwaliteiten van de oplossing, zoals de elegantie of originaliteit van de gehanteerde strategie gewaardeerd worden (Ellis, 1997; Verschaffel, Luwel, Torbeyns, & Van Dooren, 2009).

Dat de bovengenoemde beperkingen en eenzijdigheden opgaan voor Siegler's SCADS(*)-model, betekent evenwel niet dat Siegler blind is voor de rol van conceptuele kennis, metacognitie en ruimere socioculturele setting in de ontwikkeling en keuze van rekenstrategieën bij kinderen. Integendeel, op elk van deze elementen is hij in zijn theoretische reflecties en/of empirische onderzoeken ook dieper ingegaan (zie o.a. Crowley e.a., 1997, Crowley & Siegler, 1993; Rittle-Johnson & Siegler, 2001), zonder dat dit evenwel (al) geleid heeft tot een verdere uitbreiding of verfijning van zijn SCADS(*)-model.

Noten

- 1 Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van de Geconcerteerde Onderzoeksactie GOA 2006/01 "Developing adaptive expertise in mathematics education" van het Onderzoeksfonds van de Katholieke Universiteit Leuven en van het project G.0377.06N "Strategiewisselkost bij elementaire rekentaken"

van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek-Vlaanderen.

- 2 In de strikte betekenis van het woord verwijst priming naar het fenomeen waarbij een eerdere blootstelling aan een bepaalde stimulus een invloed zal hebben op de wijze waarop men zal reageren op een volgende hiermee gerelateerde stimulus (Corsini, 1999).
- 3 Het aantal primingitems werd gevarieerd tussen vijf en zes om het typische patroon in een sequentie enigszins te verbergen.

Literatuur

- Baroody, A. J., & Dowker, A. (2003). *The development of arithmetic concepts and skills: Constructing adaptive expertise*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Baroody, A. J., Torbeyns, J., & Verschaffel, L. (2009). Young Children's Understanding and Application of Subtraction-Related Principles: Introduction. *Mathematical Thinking and Learning, 11*, 2-9.
- Bisanz, J., & LeFevre, J-A (1990). Strategic and nonstrategic processing in the development of mathematical cognition. In D.F. Bjorklund (Ed.), *Children's strategies. Contemporary views of cognitive development* (pp. 213-244). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bjorklund, D. F., & Harnishfeger, K. K. (1990). Children's strategies: Their definition and origins. In D.F. Bjorklund (Ed.), *Children's strategies: Contemporary views of cognitive development* (pp. 309-323). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Corsini, R. J. (1999). *The dictionary of psychology*. New York: Brunner and Mazel
- Crowley, K., Shrager, J., & Siegler, R. S. (1997). Strategy discovery as a competitive negotiation between metacognitive and associative mechanisms. *Developmental Review, 17*, 462-489.
- Crowley, K., & Siegler, R. S. (1993). Flexible strategy use in young children's tic-tac-toe. *Cognitive Science, 17*, 531-561.
- De Corte, E., Greer, B., & Verschaffel, L. (1996). Mathematics teaching and learning. In D. C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 491-549). New York: MacMillan.
- De Klerk, L., & Verschaffel, L. (1990). De compu-

- ter als simulator en tutor van onderwijsleerprocessen. *Pedagogisch Tijdschrift*, 15, 303-312.
- Ellis, S. (1997). Strategy choice in sociocultural context. *Developmental Review*, 17, 490-524.
- Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. In R.V. Kail & J.W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (pp. 3-33). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Greeno, J., Collins, A. M., & Resnick, L. (1996). Cognition and learning. In D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 15-46). New York: MacMillan.
- Greer, B., & Verschaffel, L. (1990). Introduction to the special issue on mathematics education as a proving-ground for information-processing theories. *International Journal of Educational Research*, 14, 3-12.
- Harnishfeger, K. K., & Bjorklund, D. F. (1994). A developmental perspective on individual differences in inhibition. *Learning and Individual Differences*, 6, 331-335.
- Kail, R. (1996). Information-processing theories of human development. In E. De Corte & F.E. Weinert (Eds.), *International encyclopedia of developmental and instructional psychology* (pp. 92-97). Oxford, Verenigd Koninkrijk: Pergamon Press.
- Klahr, D., & MacWhinney, B. (1998). Information processing. In D. Kuhn, & R.S. Siegler (Vol. Eds.), & W. Damon (Series Ed.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception, and language* (5th ed., pp. 631-678). New York: Wiley.
- 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.
- Luwel, K., Verschaffel, L., Onghena, P., & De Corte, E. (2003a). Strategic aspects of numerosity judgment: The effect of task characteristics. *Experimental Psychology*, 50, 63-75.
- Luwel, K., Verschaffel, L., Onghena, P., & De Corte, E. (2003b). Analyzing the adaptiveness of strategy choices using the choice/no-choice method: The case of numerosity judgment. *European Journal of Cognitive Psychology*, 15, 511-537.
- Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher, D. W. (1993). *Street mathematics and school mathematics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rittle-Johnson, B., & Siegler, R.S. (2001). Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative procedure. *Journal of Educational Psychology*, 93, 346-362.
- Shrager, J., & Siegler, R. S. (1998). SCADS: A model of children's strategy choices and strategy discoveries. *Psychological Science*, 9, 405-410.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds*. New York: Oxford University Press.
- Siegler, R. S. (2000). The rebirth of children's learning. *Child Development*, 71, 26-35.
- Siegler, R. S., & Araya, R. (2005). A computational model of conscious and unconscious strategy discovery. In R.V. Kail (Ed.), *Advances in child development and behavior, Volume 33* (pp. 1-42). New York: Academic Press.
- Siegler, R. S., & Jenkins, E. A. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R. S., & Shipley, C. (1995). Variation, selection and cognitive change. In T. Simon & G. Halford (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modelling* (pp. 31-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R. S., & Shrager, J. (1984). Strategy choices in addition and subtraction: How do children know what to do? In C. Sophian (Ed.), *Origins of cognitive skills* (pp. 229-293). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R. S., & Stern, E. (1998). Conscious and unconscious strategy discoveries: A microgenetic analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 377-397.
- Thorndike, E. L. (1922). *The psychology of arithmetic*. New York: MacMillan.
- Verschaffel, L., De Corte, E., Lamote, C., & Dhert, N. (1998). The acquisition and use of an adaptive strategy for estimating numerosity. *European Journal of Psychology of Education*, 13, 347-370.
- Verschaffel, L., Luwel, K., Torbeyns, J., & Van Dooren, W. (2009). Conceptualizing, investigating, and enhancing adaptive expertise in elementary mathematics education. *European Journal of Psychology of Education*, 24, 335-359.
- Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27, 458-477.

Auteurs

Koen Luwel is postdoctoraal onderzoeker aan het Centrum voor Instructiepsychologie en -technologie van de K.U. Leuven. **Joke Torbeyns**, **Viki Schillemans** en **Lieven Verschaffel** zijn werkzaam bij hetzelfde centrum.

Correspondentieadres: Koen Luwel, Centrum voor Instructiepsychologie en -Technologie, Katholieke Universiteit Leuven, Vesaliusstraat 2, B-3000 Leuven. Email: koen.luwel@ped.kuleuven.be.

Abstract

Priming effects on the process of strategy selection in mathematics tasks: An investigation and interpretation from the perspective of Siegler's theory of strategic change

This contribution starts with an overview of the theoretical insights of the cognitive developmental psychologist R. S. Siegler regarding the choice and the development of cognitive strategies for solving mathematics problems. We continue by focusing on one of the components that have recently been added to Siegler's latest model (the Strategy Choice And Discovery Simulation), namely the priming component. Starting from this theoretical component, we have tested a concrete hypothesis with respect to the occurrence of priming effects on people's strategy choices in two experiments. These experiments confirm this hypothesis and provide as such empirical support for the importance of priming effects on the process of strategy selection. We conclude with a number of critical comments regarding the value of the discussed framework for studying the development of the choice and use of cognitive strategies in the domain of mathematics.