

ORD2004 Full Paper

De metacognitieve vaardigheid 'redeneren'

Henk Vos

Afdeling Elektrotechniek, Fac. EWI, Universiteit Twente / Onderwijskundig adviseur.

e-mail adres: H.Vos@el.utwente.nl

Samenvatting

Redeneren is een vaardigheid die cognitieve en metacognitieve aspecten omvat. Om het metacognitieve gedeelte te kunnen bestuderen dienen ze gescheiden te kunnen worden. Inzicht hierin is van belang voor elke vorm van onderwijs waarin redeneren centraal staat, maar ook voor het identificeren en ontwikkelen van metacognitie in het algemeen.

Allereerst is een studie gemaakt van de varianten die in metacognitie kunnen worden onderscheiden en de kenmerken waarmee metacognitie van cognitie kan worden onderscheiden. Drie van de vier varianten spelen een rol bij het onderzoek van redeneren: metacognitieve strategieën (ook wel - acties of vaardigheden genoemd), metacognitieve kennis (veelal onbewust verworven en intuïtief gehanteerd) en metacognitieve taken (ook wel doelen of informatie genoemd).

Er worden redenen aangedragen waarom de waarheidstabellen voor redeneringen uit de theoretische logica als metacognitieve taakinformatie kunnen worden opgevat: na training kunnen zij een metacognitieve strategie opleveren. Toegang verkrijgen tot metacognitie vindt plaats door het vergelijken van cognitieve uitspraken op grond waarvan een waarheidswaarde, dat is metacognitieve kennis, tot stand komt. De keuze van de argumenten in redeneringen volgens deze theoretische strategie wordt gereguleerd door de waarheidstabel. Met deze elementen is een schematisch model van redeneren geconstrueerd dat de taakstructuur van redeneren helder maakt en onderzoek mogelijk maakt.

De metacognitieve strategie van het redeneren zoals die in werkelijkheid optreedt is empirisch onderzocht door eerstejaars studenten een aantal redeneertaken te laten uitvoeren waaruit de metacognitieve elementen zijn af te leiden. De redeneertaken betroffen het bepalen van de juistheid van gegeven conclusies en het geven van argumenten voor die juistheid, zowel in een bekend domein als in een nieuw, complexer domein. Het opnemen van conclusies waarvan niet uit te maken is of ze juist zijn of niet (waarheidswaarde: het is niet te zeggen), introduceerde een extra metacognitief kenniselement dat van belang is voor het bestuderen van teksten.

Het is gebleken dat de metacognitieve strategie zoals die functioneert in het bekende domein verschilt van de theoretische waarheidstabel. De empirische waarheidstabel duidt op een metacognitieve strategie die minder volledig is, maar niet in tegenspraak met de theoretische waarheidstabel. Wanneer de redeneringen in een nieuw, complexer domein worden onderzocht, blijkt echter dat de metacognitieve strategie onvolledig is (sommige onzekere componenten in het redeneren worden over het hoofd gezien) en minder toegankelijk.

Het model van de metacognitieve taakstructuur voor redeneren scheidt de cognitieve en metacognitieve aspecten van het redeneren, maar niet definitief. Het model heeft de opmerkelijke consequentie dat metacognitie in cognitie kan worden omgezet. Dit maakt verder onderzoek - ook in andere domeinen - gewenst.

Henk Vos werkt aan de afdeling Elektrotechniek van de faculteit EWI aan de universiteit Twente. Hij is aan de faculteit Toegepaste Onderwijskunde van de Universiteit Twente gepromoveerd op het onderwerp "Metacognition in Higher Education" (Vos, 2001). Het onderstaande stuk is gebaseerd op de hoofdstukken 2 en 3 van dit proefschrift. Het geeft met name het metacognitieve kader weer van eerder empirisch onderzoek aan redeneren (Vos, 1990).

Metacognitie is een vaag begrip (Garner, 1987), zoiets als het vermogen om te kunnen denken *over* het denken of kennis *over* kennis. Het begrip is enerzijds lastig toegankelijk maar het is anderzijds breed toepasbaar. De betekenis van metacognitie is echter niet duidelijk (verg. Weinert, 1987; Posner, 1989; Forrest-Presley, 1985; Hacker, 1998). Net als denken is het een verschijnsel waaraan verschillende varianten zijn te onderscheiden: concepten en procedures (kennis), acties (vaardigheden), ervaringen en doelen. Het begrip is abstract en algemeen. Het is nodig om doelgericht te kunnen leren. Maar het is zelf lastig te leren of te ontwikkelen.

In tal van domeinen is onderzoek naar hogere vaardigheden zoals redeneren, plannen, begrijpen e.d. gedaan. Hierbij worden veelal vaardigheidsspecifieke of domeinspecifieke termen gebruikt. Daardoor is vaak niet duidelijk of het over metacognitie gaat. Door duidelijk te maken waar de metacognitie in redeneren zit en hoe dit gescheiden kan worden van cognitie kunnen de verschillende verschijningsvormen van metacognitie beter worden vergeleken. Zo wil dit artikel een bijdrage leveren aan het verminderen van de versnippering van onderzoek.

Bij onderzoek naar metacognitie krijgt vaak een enkele variant de nadruk, bijvoorbeeld metacognitieve vaardigheden of strategieën. Aan andere varianten zoals metacognitieve kennis of metacognitieve ervaringen worden zodoende onderbelicht. Aangezien alle metacognitieve varianten onderling sterk gerelateerd zijn kan dit de resultaten beïnvloeden. Door voor redeneren en onderzoek daaraan duidelijk te maken waar de verschillende metacognitieve varianten een rol spelen, wil dit artikel een bijdrage leveren aan de verbetering van onderzoek. De strekking van dit artikel is dat metacognitie vaker een rol speelt dan men denkt, ook in het onderwijs.

Bij studeren is een van de belangrijkste inhoudelijke aspecten de kritische houding ten aanzien van de leerstof. Deze kan zich concentreren rond de vraag: Is wat er staat of wat ik hoor wel gefundeerd? Deze vraag is gerelateerd aan het verschijnsel dat goede studenten beter door hebben wat ze wel en wat ze niet begrijpen dan minder goede (Chi, Feltovich and Glaser, 1981). Dit onderzoek wil een bijdrage leveren aan de vraag welke metacognitieve kennis de studenten kunnen inzetten om uit te maken of iets onderbouwd is en zo nee, hoe dit dan dient te gebeuren.

Het is dus van belang om een samenhangend beeld te geven van alle varianten van metacognitie in een hogere vaardigheid als redeneren. Daarmee wordt duidelijker wat zich in verschillende domeinen en bij verschillende hogere vaardigheden afspeelt, daardoor wordt meer bekend over metacognitie, en kan aanwezige kennis over metacognitie beter worden toegepast voor onderzoek of diagnose van onderwijsproblemen. Mogelijk kan de kennis die er is over het ontwikkelen van metacognitie (bijv. Elshout-Mohr, 1992; Vos, 2001) dan gebruikt worden om het onderwijs te verbeteren. Metacognitie kan een brug vormen tussen leerpsychologische onderzoek en domeinkennis.

Redeneren vindt meestal plaats zonder dat er metacognitie zichtbaar is. Een voorbeeld. Als ergens de zon op is en er geen wolk voor de zon zit dan schijnt de zon daar. (We zien even af van mogelijke lastige situaties zoals op de maan). In dit soort redeneringen speelt kennis over het weer een rol, dat is cognitie. Pas als we even nadenken, weten we dat we hier een conclusie trekken, die gebaseerd is op twee premissen. Dat is kennis *over* het redeneren met zonnenschijn. Deze kennis is metacognitief van aard maar speelt geen bewuste rol in deze redenering.

Om metacognitieve aspecten in het redeneren op te kunnen sporen dienen deze toegankelijk gemaakt te worden voor onderzoek, ze moeten een waarneembare rol spelen in de redeneertaken. Er dienen taken bedacht te worden waarin de proefpersonen uitspraken moeten doen, dus moeten nadenken, *over* hun redeneringen. De metacognitieve aspecten die daaruit naar voren komen, worden geacht niet alleen een rol te spelen in de gegeven taken, maar ook in andere redeneringen, net zoals hardop-denkprotocollen bij probleem oplossen geacht worden informatie te geven over de aanpak van het probleem zonder dat er hardop wordt gedacht.

De wijze waarop metacognitie een rol speelt in het redeneren, kan volledig onbewust zijn, doordat metacognitie spontaan ontwikkeld kan zijn. Het kan immers in het menselijk organisme zijn ingebouwd, of door zogenaamde impliciete leerprocessen tot stand komen. Zulke processen resulteren in onbewuste kennis (tacit knowledge, Reber, 1969; vergelijk onbewust leren, Hartman, Knopman & Nisson, 1989) op het gebied van redeneren. Zulke kennis kan onbewust gebruikt worden (Gleitman, Fridlund, & Resiberg, 1999).

Volgens Reber (1989) kan deze kennis gekarakteriseerd worden als diep, abstract, en representatief voor de inherente structuur in de onderliggende invariantie patronen van de stimulus omgeving. Het

huidige artikel geeft een voorbeeld hiervan voor het redeneren. Zulke kennis, door Lewicki, Czyzewska, and Hoffman (1987) intuïtieve kennis genoemd, en door Broadbent, FitzGerald, en Broadbent (1986) impliciete kennis, is verworven door een impliciet proces. Er wordt dus aangenomen dat onbewust een metacognitieve schema representatie is verworven uit voorafgaande ervaring met redeneren.

Voss en Means (1991) stellen dat het menselijk denken meer op de processen lijkt die in de klassieke retorica aan de orde komen (zie Aristotle, 1960) dan op de processen die door de logica worden gesuggereerd (e.g. Lemmon, 1968; Schoenfeld, 1967). Ze maken een onderscheid tussen formeel redeneren, volgens de regels van de retorica of logica, en informeel redeneren, zoals dit bij het argumenteren wordt gebruikt (zie ook Means and Voss, 1996). Het werkelijk redeneren van de proefpersonen zullen we hier empirisch onderzoeken. Dit kan al dan niet volgens regels verlopen. Formeel redeneren volgens regels zullen we hier een metacognitieve taak of metacognitieve taakinformatie noemen (zie verder).

Een ander probleem is de afhankelijkheid van de inhoud. Voor redeneren is al lang geleden aangetoond dat redeneerprestaties afhankelijk zijn van het domein waarover het gaat (e.g. Wason, 1977, 1983). Het is echter niet duidelijk of deze afhankelijkheid betrekking heeft op de toegang tot het redeneren, of dat de structuur van het redeneren verandert, en of het hier gaat om de hoeveelheid expertise in een domein. Vergelijking tussen de metacognitieve varianten in het redeneren in een bekend resp. een onbekend domein kan een bijdrage leveren aan de vraag hoe metacognitie afhankelijk is van de hoeveelheid expertise in een domein.

Dit artikel wil verduidelijken op welke wijze cognitie en metacognitie bij redeneren hun rol spelen. De onderzoeksvragen hierbij zijn: Welk soort taak geeft naar proces en/ of inhoud, de mogelijkheid om metacognitie in redeneren te bestuderen? Kan er een model gemaakt worden van de redeneertaken waarin cognitie en de verschillende varianten van metacognitie en hun relaties zijn te onderscheiden? Hoe verandert de metacognitie in het redeneren als van een bekend domein naar een nieuw, onbekend domein wordt overgegaan?

Daartoe is allereerst een literatuurstudie uitgevoerd naar de varianten die in metacognitie kunnen worden onderscheiden, en naar de kenmerken waarmee metacognitie van cognitie kan worden onderscheiden. Vervolgens is een analyse van het redeneren als denkhandeling uitgevoerd, naar de metacognitieve varianten erin. Ook is hierbij gezocht naar de rol van de (vak)inhoud en de rol van de klassieke retorica en de moderne logica bij het redeneren. Aan van de resultaten is een selectie uitgevoerd van het type redenering dat zal worden onderzocht. Het gaat in dit onderzoek om het bepalen van de juistheid van een conclusie, waarbij het soms niet uit te maken is of hij juist is of niet. In zulke gevallen is het, om de leerstof te begrijpen, van belang dat men door heeft waardoor het komt, dat het niet uit te maken is of de conclusie juist is, en hoe men er dan wel achter kan komen of die conclusie juist is of niet.

Er is vervolgens een model opgesteld van de redenaartaak die in het onderzoek gebruikt zal worden. Hierna kan empirisch onderzoek plaats vinden om de metacognitieve aspecten in redeneringen aan het licht te brengen. Het gaat er in dit artikel niet om hoe goed de redeneervaardigheden van de proefpersonen zijn, of welke proefpersonen beter redeneren dan anderen, maar om vast te stellen hoe het metacognitieve gedeelte van het redeneren in elkaar steekt, welke rol metacognitieve kennis daar speelt, en dergelijke. Inzicht hierin is van belang voor elke vorm van onderwijs waarin redeneren centraal staat.

Het onderzoek wordt uitgevoerd in een bekend en in een nieuw, relatief onbekend, domein om na te kunnen gaan welke veranderingen er dan optreden in de metacognitieve varianten. De consequenties van de bevindingen zullen bediscussieerd worden evenals mogelijkheden voor voortgezet onderzoek.

Metacognitie

De vaardigheid die nodig is om een tekst te lezen verschilt van de vaardigheid die veel mensen bezitten om hun begrip van een tekst te monitoren. De eerste is cognitief, de tweede metacognitief. De kennis van de wet van Ohm is cognitief, de kennis dat je beter in lezen bent dan in rekenen, metacognitief van aard. Een elektrische schok voelen is een cognitieve ervaring, het gevoel dat je dicht bij de oplossing bent van het probleem waar je aan werkt, is een metacognitieve ervaring.

In de cognitieve wetenschap wordt cognitie vaak zo gedefinieerd dat zij ook van toepassing is op machines die input kunnen verwerken (verg. Posner, 1989). Het gaat hier echter om menselijke cognitie. Cognitie werd door Simon en Kaplan (1989) gedefinieerd als de capaciteit om intelligentie te gebruiken bij het uitvoeren van taken, of kortweg als de capaciteit om cognitieve taken te kunnen uitvoeren. Voor onderzoekers zoals De Groot en Van Peet (1997) is het equivalent met cognitief functioneren en zij rekenen ook het verwerken van emoties en intuïtie er toe. Wellman (1985) omschrijft het als de handeling of het proces van weten, dat bewustzijn en beoordeling omvat, en cognitie kan ook een product van de act zijn. Geen van allen maken echter onderscheid met metacognitie. Het gaat hier over een 'totale' ongedifferentieerde cognitie.

Metacognitie wordt vaak omschreven als cognitie over cognitie. Metacognitie heeft betrekking op het "actief monitoren en daaruit volgend reguleren en orchestreren van cognitieve processen om cognitieve doelen te bereiken" (Flavell, 1976). Monitoren, reguleren en orchestreren kan de vorm aannemen van checken, plannen, selecteren, en afleiden (Brown en Campione, 1977); zelfonderzoek en introspectie (Brown, 1978); interpretatie van de lopende ervaring (Flavell en Wellman, 1977); of eenvoudigweg oordelen over wat een persoon weet of niet weet over hoe een taak uit te voeren (Nelson, 1996; Metcalfe en Shimamura, 1994). Kluwe (1982) benadrukt dat mensen zichzelf kunnen evalueren als bestuurders van hun eigen denken, als zelfregulerend machines.

Bij metacognitie gaat het om een vermogen van mensen om hun eigen cognitieve processen waar te nemen en daarin in te grijpen (metacognitieve actie). Kennis over cognitieve processen (metacognitieve kennis) en andere metacognitieve varianten spelen hierbij een rol. De cognitieve processen waar het om gaat onttrekken zich aan elke directe waarneming en zijn dan ook niet te demonstreren (tenzij aan de hand van tussenproducten).

Deze karakteristiek wordt in dit artikel serieus genomen. Hij zal gebruik worden gemaakt om cognitie te onderscheiden van metacognitie: Dat gedeelte van de totale cognitie dat (onwaarneembare) cognitieve processen tot object heeft wordt tot metacognitie gerekend. Het overblijvende deel van de 'totale' cognitie – hier kortweg cognitie genoemd -, omvat daarmee de capaciteiten of handelingen die concrete, waarneembare 'dingen', personen, gebeurtenissen, teksten, symbolen enz. als object hebben. Ook het mentale handelen aan voorstellingen van die dingen of symbolen wordt hier tot cognitie gerekend.

Het berekenen van een grootte met behulp van getallen is dan cognitief, het 'berekenen' van de reactie van de leraar op het gedrag van de leerling door die leerling metacognitief van aard. Als de sturing van de mentale activiteit vanuit het waarnemingsveld plaats vindt, is deze activiteit cognitief van aard. Als de sturing vanuit veronderstelde mentale processen plaats vindt, metacognitief. De grens tussen cognitie en metacognitie wordt hiermee bepaald door de vraag of de objecten van de mentale activiteit kunnen worden waargenomen of afgebeeld, of niet.

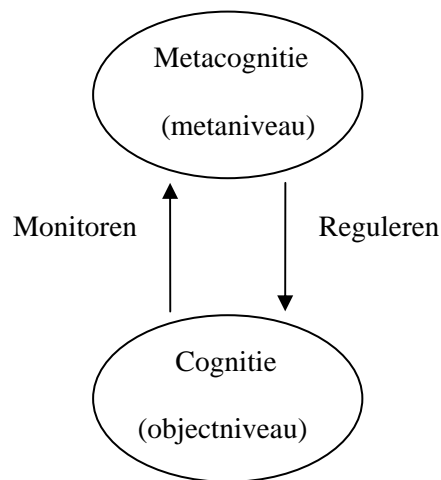
Het koppelen van cognitie aan waarneming en/ of voorstelling komt overeen met de karakteristieken van de eerste vier niveaus van de zes die Van Parreren (1979) heeft ontdekt in het abstraherend handelen. Op de eerste vier niveaus vindt het (mentale) handelen plaats aan concreet materiaal dat zichtbaar is of waar een levende voorstelling van aanwezig is. De hoogste twee niveaus, waar het handelen plaats vindt aan denkbeeldige, door het denken geconstrueerde objecten (zoals de verzameling van alle getallen), kunnen tot de metacognitie gerekend worden. Vos (1987) heeft deze niveaus uitgewerkt voor het natuurkundig begrip druk.

Metacognitie (MC) staat op een hoger niveau dan cognitie. De psychologische functie ervan is het monitoren en reguleren (besturen) van cognitieve taken (zie Figuur 1). Metacognitie is gebaseerd op het vermogen van de mens om het eigen cognitieve functioneren waar te nemen en zich in te leven in dat van andere personen. Metacognitie omvat allerlei verschijnselen: dat je kunt uitmaken wat je wel en wat je niet weet; dat je weet wanneer je in de buurt van je cognitieve doel komt (zoals bijvoorbeeld het kennen van de leerstof); dat je de betekenis van een tekst kunt samenvatten; dat je door hebt dat iets niet klopt; enz.

Metacognitie kent vier varianten (Flavell, 1979; Vos, 2001), die ook nog eens onderling sterk gerelateerd zijn: metacognitieve kennis, strategieën (of acties), taken (of doelen) en ervaringen. Zij worden daarom hier in hun samenhang bestudeerd. Metacognitieve strategieën worden ook vaak metacognitieve vaardigheden genoemd. De vier varianten zullen achtereenvolgens beschreven worden, te beginnen met de laatste.

Metacognitieve ervaringen zijn combinaties van cognitie en affect (Efklides, 2003). Zij hebben de vorm van een gevoel, inschatting of oordeel over iets cognitiefs. Een gevoel voor de moeilijkheid van een taak, een denken dat je iets weet of iemand kent, zijn metacognitieve ervaringen. Deze ervaringen geven een aanzet, een *motivatie*, om taken aan te pakken of juist niet. Zij spelen bijvoorbeeld een rol bij de manier waarop taken door deelnemers aan een onderzoek worden opgevat, aangepakt en uitgevoerd.

Metacognitieve kennis bestaat uit declaratieve en procedurele kennis. Hij is - veelal onbewust verworven - kennis *over* cognitieve persoonsvariabelen of taakvariabelen. Bijvoorbeeld dat een collega beter is in rekenen dan in taal, in tegenstelling tot jijzelf. Hij bestaat vaak uit het *resultaat van het vergelijken* van cognitieve activiteiten, uitgevoerde taken of de capaciteiten van personen. Monitoren van verschillen en overeenkomsten geeft toegang tot metacognitieve kennis, reguleren kan opgevat worden als een toepassing ervan.



Figuur 1. Model van metacognitie.

Volgens Nelson (1996) kan metacognitie gedefinieerd worden als een model van cognitie dat op metaniveau werkt en dat is gerelateerd aan de objectwereld (d.w.z. cognitie) door de monitor- en besturingsfunctie. Hierbij moet bedacht worden dat ook aspecten van metacognitie zelf op het objectniveau kunnen liggen (zie voor modellen hiervan, Vos, 2001).

Metacognitieve strategieën sturen o.a. het managen van uitvoeringsprocessen bij cognitieve taken. Ze leiden tot acties op het metacognitieve niveau. Zij spelen een rol daar waar een *keus* gemaakt kan worden uit verschillende cognitieve mogelijkheden. Anders is er van reguleren immers geen sprake. Zij leiden tot en gebruiken metacognitieve kennis. Wanneer bijvoorbeeld studenten als taak krijgen om verschillende alternatieve berekeningen te vergelijken waarmee hetzelfde resultaat kan worden verkregen, dienen zij een metacognitieve positie in te nemen. Deze kan leiden tot metacognitieve kennis over de verschillende mogelijkheden. Hiermee kan dan in de toekomst een keuze gemaakt worden voor de snelste, nauwkeurigste of betrouwbaarste berekeningswijze. Bij MC strategieën speelt tevens een rol dat *gecheckt* wordt of het cognitieve doel dichterbij komt. Flavell (1979) zegt het zo: Cognitieve strategieën worden ingeschakeld om cognitieve voortgang te *maken*, op metacognitieve strategieën wordt een beroep gedaan om de cognitieve voortgang te *monitoren*.

Een metacognitieve taak is een taak die *over* cognitie gaat, bijvoorbeeld een onderzoek naar de capaciteit van je korte termijn geheugen. Een taak is veelal in woorden en modellen gevat en bestaat voor een groot gedeelte uit tekst. Ook andere informatie die nodig is om de taak uit te voeren speelt vaak een rol. Deze kan ter beschikking zijn gesteld maar moet vaak worden opgezocht. Metacognitieve informatie is hier informatie die een rol speelt bij het reguleren van de uitvoeringsprocessen van een cognitieve taak, bijvoorbeeld een model voor de aanpak van het oplossen van problemen. Deze metacognitieve informatie kan als een metacognitieve taak worden

opgevat. In hoeverre de metacognitieve kennis van een ervaren probleemoplosser hiermee echt overeenkomt, is een vraag voor empirische onderzoek.

Ter verheldering van de vier varianten een voorbeeld van Flavell (1979). Stel dat je je voorbereid op een tentamen over een zekere hoeveelheid leerstof. Je probeert bijvoorbeeld uit te vinden of je de stof goed genoeg kent (MC taak: je kennis testen) om het tentamen morgen te halen (het cijfer geeft MC informatie over je kennis), door jezelf vragen te stellen over de stof (MC strategie) en op te merken hoe goed je in staat bent die te beantwoorden (MC ervaring). Je weet dat deze MC taak je tamelijk goed afgaat (MC persoonlijke kennis).

Het rangschikken van informatie onder metacognitie (en ook onder cognitie), vergt enige toelichting. Seel en Winn (1997) wijzen erop dat een individu en een medium waarin tekens zijn gerepresenteerd hun cognitie delen (distributed cognition). Het individu en het medium delen cognitie als ze hun tekens delen. Het idee van gedistribueerde cognitie breidt cognitie uit tot tekens en daarmee tot informatie zoals hier bedoeld. Vanuit sociaal-cultureel gezichtspunt betekent dit dat cognitie zich via tekens (of andere informatie) uitstrekt van het ene individu naar het andere. Diegenen die tot een cultuur behoren, kunnen de tekens (of informatie) begrijpen die betekenis hebben in die cultuur. Tekens en informatie vormen daarmee een deel van de cognitie van die cultuur.

De voorgaande omschrijvingen (voor pogingen tot formele definities, zie Vos, 2001) van cognitie en metacognitie worden nu toegepast op redeneervaardigheden.

Redeneren

Een relevante definitie van redeneren geeft Halpern (1984) die stelde dat redeneren een proces is van afleidingen waarmee een persoon, startend bij gegeven informatie of premissen, een gevolgtrekking maakt die die persoon in staat stelt een conclusie te trekken of nieuwe, afgeleide, informatie te verschaffen die niet gegeven was. Het gaat er hier om hoe zo'n proces verloopt.

Redeertaken kunnen soms met inhoudelijke kennis, soms met kennis *over* het redeneren in meer algemene en abstracte zin worden uitgevoerd. In het gegeven voorbeeld, als we weten dat de eerste premisse niet waar is (de zon is onder), dan is de implicatie niet waar (de zon schijnt niet). Volgens de logica is dit geen geldige redenering (zie verder), maar inhoudelijk is hij wel juist. Verderop zal ook een voorbeeld worden gegeven van een geldige redenering die inhoudelijk gezien onjuist is. De inhoudelijke juistheid en de logische geldigheid van redeneringen zijn dus onafhankelijke dimensies.

Omdat dit van groot belang is zal hier nog iets verder op worden ingegaan, mede om duidelijkheid te verschaffen over wat voor redeneervaardigheden het in deze studie gaat. In veel studies over redeneervaardigheden gaat het erom of proefpersonen in staat zijn geldige redeneringen te houden zoals die in de klassieke logica zijn bestudeerd (Lemmon, 1968; Aristotle, 1960). Bijvoorbeeld als gegeven zijn “Als het regent, dan wordt de straat nat” en “Het regent” dan is een geldige conclusie “De straat wordt nat”. Aan deze redenering zit zowel een logische kant die onafhankelijk is van de inhoud, als een inhoudelijke kant die te maken heeft met de betekenis van de uitspraken.

De logische kant kan geïllustreerd worden aan de hand van de geldige redenering: “Als het regent, dan sneeuwt het”; “Het regent”; Dus “Het sneeuwt”. (In formule: $P \rightarrow Q$; P ; dus Q). Hier zien we dat de geldigheid van een redenering los staat van de empirische inhoud: het doet er niet toe dat als het regent, het zelden sneeuwt. Voor de puur logische redenering maakt het niet uit of het gestelde ‘Als het regent, dan sneeuwt het’ inhoudelijk waar is of niet. Het is een gegeven, en dat is per definitie waar. De geldigheid van een redenering is in de logica onafhankelijk van de inhoud van de redenering.

De logica bepaalt echter wel hoe (met welke gegevens of bewerkingen daarvan) een geldige of ongeldige conclusie kan worden getrokken. Een ongeldige redering zou bijvoorbeeld zijn: “Als het regent, dan sneeuwt het”; “Het regent niet”; Dus “Het sneeuwt niet”. Over het geval dat het niet regent wordt immers niets in het gestelde gezegd. De logica verschaft dus hulpmiddelen die het redeneren reguleren, en ook hulpmiddelen om het redeneren te monitoren (welke redenering is geldig en welke niet). Daarmee is de logica metacognitief van karakter.

De logica houdt zich niet bezig met de vraag of het gestelde waar is of niet (Lemmon, 1968). Of het gestelde waar (of correct) is, wordt door de inhoud ervan bepaald. Er is kennis van het betreffende domein nodig. Om na te gaan of het gestelde inhoudelijk gezien waar is, moet worden nagegaan wat de inhoudelijke relatie is tussen de twee uitspraken in het gestelde. Wat is er aan de hand als het

regent? Is het dan altijd waar dat de straat nat wordt? Nee toch, want de straat kan overdekt zijn. Bij onderzoek van het redeneren dient dus apart aandacht besteed te worden aan de vakinhoudelijke correctheid van het gestelde.

In feite betekent dit dat het gestelde vergeleken wordt met allerlei situaties waarin regen en de straat een rol spelen. Als er een tegenvoorbeeld wordt gevonden, wordt gezegd dat het gestelde niet waar is. Deze uitspraak komt voort uit het vergelijken van de mentale modellen over het gestelde en ander daarmee samenhangende situaties, en vertegenwoordigt kennis over inhoudelijke voorstellingen die boven deze cognitieve modellen uitstijgt. De waarheidswaarden (waar of niet waar) vertegenwoordigen dus metacognitieve kennis. “Waar” is een metacognitief begrip.

Onzes inziens is de inhoud van het gestelde - of een ander gegeven - cognitief van karakter, en de waarheidswaarde daarvan metacognitieve kennis. De vraag is vervolgens met welke hulpmiddelen de logica het redeneren reguleert. Zoals gezegd, voor de logica maakt het niet uit of een gegeven waar is of niet. Voor elke waarheidswaarde van elk gegeven (Beth, 1969) kan de logica aangeven hoe een geldige redenering of uitdrukking kan worden gemaakt (reguleren) of vaststellen of een gegeven uitdrukking geldig is (monitoren). De technieken waarmee dit in de moderne logica gebeurt zijn vastgelegd in waarheidstabellen.

Een waarheidstabel bestrijkt zowel redeneringen waarin het regent als redeneringen waarin het niet regent. Een waarheidstabel gaat zelfs over alle uitdrukkingen van (bijvoorbeeld) de vorm “als P dan Q” waarin P en Q uitspraken zijn. In een waarheidstabel gaat het alleen om de waarheidswaarden, vandaar dat andere symbolen worden gebruikt zoals *A* en *B* die logische variabelen voorstellen (verg. Tabel 1). De waarheidstabel bepaalt voor welke waarheidswaarden van P en Q de uitspraak “als P dan Q” waar is of niet waar is. Dit kan ook zo worden geformuleerd dat de waarheidstabel een structuur in een aantal samenhangende theoretische redeneringen weergeeft. De waarheidstabel is een hulpmiddel om een klasse van geldige redeneringen op te zetten waarin alle waarheidswaarden van alle uitdrukkingen P en Q aan bod komen. Hij reguleert de samenhang van waarheidswaarden in geldige redeneringen en vertegenwoordigt daarmee een metacognitieve strategie.

Het aantal mogelijke waarheidswaarden vergt nog aandacht. In de tweewaardige logica zijn er twee mogelijke waarheidswaarden: iets is waar of niet waar. In de klassieke logica is een derde mogelijkheid uitgesloten want iets kan niet tegelijk waar en onwaar zijn. In de moderne logica is ontdekt dat een derde mogelijkheid wel kan, bijvoorbeeld dat het niet uit te maken is of iets waar of onwaar is. Het kan gewoon zijn dat daarvoor niet voldoende gegevens aanwezig zijn of dat een persoon nog te weinig kennis daarvoor heeft. Als iemand zich bewust is van wat hij wel en niet begrijpt, is dat metacognitieve kennis.

Deze derde waarheidswaarde heeft een praktische toepassing. Als bij het trekken van een conclusie uit gegevens of gestelde het niet is uit te maken of die conclusie waar is, is het van belang er achter te komen waardoor dit komt, en hoe je er wel achter kunt komen of die conclusie waar is of niet. Dit is een belangrijke vaardigheid bij elke studie: Zorgen dat je de tekst begrijpt. Dit element wordt in het onderhavige onderzoek opgenomen om de metacognitieve elementen in de taken te versterken en het praktische belang te vergroten.

Er wordt een driewaardige logica gebruikt (Rescher, 1969), waarin ook de waarheidswaarde ‘het is onzeker’ mogelijk is. Deze derde waarheidswaarde kan geïnterpreteerd worden als ‘het is niet uit te maken’ of ‘het is niet te zeggen’. Bijvoorbeeld, als gegeven is dat het zes uur is, en de vraag is of de zon op is, dan is dat niet te zeggen. Dat hangt immers van het jaargetijde af. Ook hier komt de waarheidswaarde weer tot stand door het vergelijken van een uitspraak (propositie) met het gegeven, beide op cognitief niveau. We kunnen dit ook formuleren als: De uitspraak “Het is overdag” is onzeker en heeft de derde waarheidswaarde.

De waarheidstabel uit de theoretische logica (zie Tabel 1) vormt de informatie, het model, waarmee geleerd kan worden om de taak van het theoretisch redeneren te reguleren. Het gebruik van deze waarheidstabel gaat als volgt. Als premisse 1 waar is (de logische variabele *A* heeft de waarde 1) en premisse 2 is onzeker (de logische variabele *B* heeft de waarde ?) dan kan uit Tabel 1 (zevende redenering) afgeleid worden dat de conclusie de waarheidswaarde ? heeft, dus de conclusie onzeker is. De waarheidstabel geeft weer op welke wijze de waarheidswaarde voor een geldige conclusie wordt bepaald.

Tabel 1

De theoretische redeneringen in een conclusie met drie-waardige logica (waarheidstabel voor een conjunctie)

A	B	Conclusie (A^B)
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0
0	?	0
?	0	0
1	?	?
?	1	?
?	?	?

Noot. Elke rij stelt een geldige theoretische redenering voor. 1 betekent: waar. 0 betekent: onwaar. ? betekent: onzeker. A en B zijn logische variabelen. In vet: de redeneringen die zijn onderzocht.

Met behulp van deze tabel zijn aan 5- en 6-jarigen logische structuren bijgebracht worden die de kinderen in staat stellen tot het vormen van abstracte begrippen (Veklerova, 1980). Waarheidstabellen zijn dus niet alleen van theoretisch informatieve, maar ook van praktische betekenis: mensen kunnen leren redeneren volgens die tabellen. De waarheidstabel kan dus beschouwd worden als metacognitieve informatie over de aanpak van redeneertaken of als een metacognitieve taak. Na training hebben de personen een metacognitieve strategie geleerd voor de uitvoering van redeneertaken. De toegang tot die strategie vindt plaats met behulp van waarheidswaarden van uitspraken.

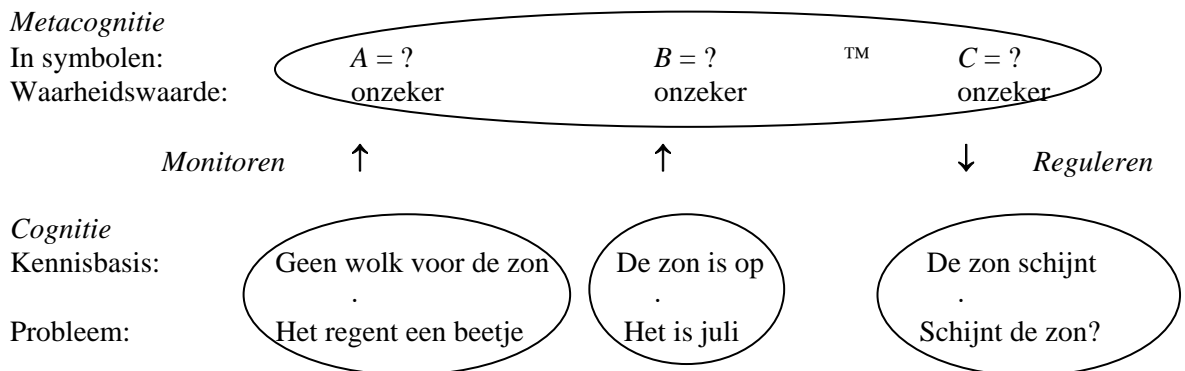
Om op geldige wijze de waarheidswaarden te kunnen bepalen bij concrete redeneringen moet echter wel een zekere inhoudelijke kennisbasis aanwezig zijn. Deze basis is aan te brengen door van tevoren af te spreken welke uitspraak altijd juist en waar wordt geacht, bijv. “de zon schijnt als er geen wolk voor de zon zit en de zon op is” als gestelde. Een voorbeeld van een redeneertaak zoals in dit onderzoek gebruikt, is nu om na te gaan of de volgende bewering juist is: “De zon schijnt want het regent een beetje en het is juli” met als mogelijke antwoorden ‘ja’, ‘nee’, en ‘het is niet te zeggen’. Vervolgens wordt gevraagd de argumenten voor het antwoord te geven.

Stel dat het antwoord is ‘het is niet te zeggen’. Argumenten voor dit antwoord kunnen bijvoorbeeld zijn: “Als het regent hoeft die wolk niet voor de zon te zitten en je weet niet of de zon op is”. Het is duidelijk dat deze proefpersoon de eerste premisse van de bewering koppelt aan de eerste premisse van het gestelde. Zijn eerste argument komt overeen met de conclusie dat het niet zeker is dat er een wolk voor de zon zit. Zijn tweede argument zegt dat het onzeker is of de zon op is (in juli). Zijn redenering is dus blijkbaar dat als twee premissen onzeker zijn, de conclusie ook onzeker is. Dit is een geldige redenering volgens Tabel 1 (negende redenering). Aan het antwoord is niet te zien hoe dit tot stand is gekomen. Uit de argumenten kan men wel afleiden welke waarheidswaarden gebruikt zijn, ook al gebeurt dit niet expliciet of bewust.

In Figuur 2 wordt een schematisch model gepresenteerd dat de volledige structuur van de redeneertaken voor dit geval weergeeft. Het monitoren bestaat hier uit het inhoudelijk vergelijken van twee premissen. Hierdoor worden de waarheidswaarden bepaald. De waarheidswaarden vormen metacognitieve kennis, die in een geldige redenering een conclusie opleveren in overeenstemming met de waarheidstabel. De waarheidswaarde van de conclusie wordt gebruikt om het antwoord op cognitief niveau te genereren. De werkelijke redeneringen van de proefpersonen in de redeneertaken zullen met dit model worden geanalyseerd.

De metacognitieve ervaring die de proefpersonen zullen ondergaan, is die van een gemakkelijke taak: Het antwoord hebben ze al gegeven dus de argumenten moeten ze ook wel kunnen geven. Onduidelijkheden in de taak worden weggenomen doordat het gestelde wordt gegeven. De taken worden verder ingebed in een setting waarin de taken zinvol zijn voor de studenten. Hierdoor worden de proefpersonen gemotiveerd om de taak serieuze aandacht te geven. De drie waarheidswaarden

worden op natuurlijke wijze als mogelijke alternatieve antwoorden aangeboden. Hierdoor worden de proefpersonen naar het metacognitieve domein geleid.



Figuur 2.

De metacognitieve taakstructuur van theoretisch redeneren.

De cursieve woorden maken de vergelijking met Figuur 1 mogelijk. · betekent vergelijken, de pijlen geven de richting van de verwerking aan.

De proefpersonen moeten zich verder laten leiden door hun al dan niet bewuste metacognitie. Ze hebben immers verschillende keuzes. Ze kunnen een of twee argumenten geven. In het geval dat ze een argument geven, hebben ze de keus welke van de twee. De verwoording van hun argument is geheel vrij. De structuur van hun metacognitie wordt daarna afgeleid uit de argumenten, niet uit wat zij zelf kunnen vertellen over die structuur (verg. Stadler, 1989; Hartman, Knopman, en Nissen, 1989).

Onderzoeksmethode

De metacognitieve strategie in deze taakstructuur van redeneren is empirisch onderzocht door 44 eerstejaars studenten vijf redeneertaken te laten uitvoeren. Deze werden afgenomen tijdens een experimenteerpracticum. De taken waren van het volgende type. Gegeven werd dat de volgende bewering niet altijd juist is maar dat we net doen of hij wél juist is: "De zon schijnt als er geen wolk voor de zon zit en de zon op is." Daarna wordt gevraagd of vijf andere beweringen ook juist zijn, bijvoorbeeld: "De zon schijnt want het is acht uur en volgens het KNMI zijn er wolkenvelden." Er is een ruimte waarin het antwoord kan worden ingevuld. Als antwoord kan uit drie mogelijkheden worden gekozen: 'ja', 'nee', en 'is niet te zeggen'.

Door het woordje 'want' dat na die ruimte is vermeld worden de proefpersonen geprikkeld om de argumenten voor hun antwoord te geven waardoor de taak metacognitief wordt. Soortgelijke redeneertaken werden gegeven over de oscilloscoop, een tamelijk ingewikkeld, voor de studenten nieuw instrument. Dit was een nieuw en complex domein waarin de studenten net een inleidend practicum hadden gehad. De laatste redeneertaken werden als een toets op de kennis van de oscilloscoop aangeboden (vergezeld van een aantal praktische opdrachten), de eerste als een vervolgonderzoek dat nodig was om de prestaties op de oscilloscooptaken te kunnen begrijpen.

De antwoorden en de argumenten werden als volgt geanalyseerd. Het aantal argumenten per redeneertaak kon variëren van 0 (geen argument gegeven) tot 2 (beide argumenten genoemd). Uit elk argument werd afgeleid bij welke premisse deze hoorde en welke waarheidswaarde hij vertegenwoordigde. Als het argument niet uit de gegeven premissen was af te leiden, dan werd het argument foutief gerekend. Redeneringen die op grond van de waarheidswaarden in overeenstemming waren met de waarheidstabel, werden correct gerekend. Op grond van foutieve waarheidswaarden kan dan toch een correcte redenering plaats vinden, die - uitgaande van het gegeven, foute, argument - leidt tot een foutief antwoord. Het omgekeerde kan ook voorkomen, namelijk dat een correct antwoord via een onjuiste redenering tot stand komt op basis van een foutief argument. Wanneer een van beide argumenten werd weggelaten, werd de redenering uitsluitend beoordeeld op grond van het

overgebleven argument. Redeneringen die niet in strijd waren met de waarheidstabel werden correct gerekend. De classificatie van de antwoorden, argumenten, redeneringen in correct of foutief werd door drie beoordelaars uitgevoerd. In minder dan 4 % van de gevallen was er verschil van mening over de classificatie.

De frequentieverdelingen van de antwoorden, het aantal argumenten per redenering, de argumenten, en de redeneringen werden geanalyseerd. De frequentieverdeling van de argumentkeuze in correcte redeneringen werd bepaald. Aan de hand van het meest voorkomende aantal en type van argumenten bij correcte redeneringen werd de meest voorkomende metacognitieve strategie bepaald. Tevens werd de consistentie van het aantal argumenten en het type naar waarheidswaarde voor elke proefpersoon en voor de proefpersonen onderling nagegaan. Hieruit werd bepaald hoeveel proefpersonen consistent redeneren volgens de meest voorkomende metacognitieve strategie, en hoeveel op afwijkende wijze. Dit werd zowel voor het weer als de oscilloscoop uitgevoerd om verschillen op te sporen. Voor nadere details wordt verwezen naar Vos (2001).

Resultaten

De verwoording van de argumenten die genoemd worden bij een bepaalde redeneertaak, varieert sterk. Er is dus een grote keus van argumenten waaruit een proefpersoon kan kiezen. In de argumenten wordt vaak expliciet een vergelijking gemaakt tussen de premissen van het gestelde en de gegeven premissen, bijvoorbeeld “het is niet te zeggen of er wolken voor de zon zitten” en “als het acht uur ’s avonds is, is de zon al onder”.

In het geval van het weer, waren 91 % van de antwoorden en 93 % van de redeneringen correct. Als beide premissen onzeker zijn, worden meestal twee correcte argumenten gegeven (zie Tabel 2). In andere gevallen wordt er meestal één argument gegeven, maar in ongeveer 14 % van de redeneringen worden er ook daar twee argumenten genoemd, net als in de theoretische redeneringen het geval is. De correlatie tussen frequentieverdelingen waarbij onware argumenten een rol spelen (de eerste en de vierde rij), is zeer hoog (Pearson correlatie coëfficiënt $r = 1.00$, $p < 0.001$).

Tabel 2.

Frequentie verdeling van argumenten in correcte redeneringen (% afgerond)

Redenering	Weer			Oscilloscoop		
	Correcte argumenten		Foutieve	Correcte argumenten		Foutieve
	1	2		1	2	
? 0→0	83	13	5	83	2	15
1 ?→?	83	15	3	50	0	47
rev? ?→?	22	69	8	64	14	23
1 0→0	83	12	5	33	0	67
? ?→?	26	62	13	45	10	45

De waarheidswaarden van de correcte argumenten die door de meerderheid van de deelnemers bij correcte redeneringen werden genoemd, werden gesorteerd naar het type redenering van de waarheidstabel. In Tabel 3 worden deze meest gebruikte argumenten weergegeven in de vorm van de waarheidswaarden van de bijbehorende logische variabelen. Merk op dat als de conclusie is ‘het is niet te zeggen’ (?) dat dan *beide* onzekere argumenten worden vermeld, terwijl in de andere gevallen slechts een van de argumenten vermeld wordt. Als een van de twee argumenten onwaar is, wordt het andere argument niet genoemd. Als de argumenten waar en onzeker zijn, wordt het argument dat waar is niet genoemd.

Wanneer de gegevens van de individuele proefpersonen worden geanalyseerd, blijkt dat 25 % van hen consistent argumenten geeft volgens Tabel 3. Eén deelnemer gebruikte consequent twee argumenten, net als bij theoretische redeneren. Bij de overige deelnemers was geen consistent patroon te vinden. Bij navragen na het experiment bleek dat de proefpersonen de waarheidstabel voor een conclusie niet kenden, laat staan in een driewaardige logica.

Tabel 3

De metacognitieve strategie voor redeneringen in een bekend domein. Merk op dat deze strategie niet in tegenspraak is met die van Tabel 1.

A	B	Conclusie (A^B)
(1)	0	0
(?)	0	0
(1)	?	?
?	?	?

Noot. Zie de legenda van Tabel 1. Tussen haakjes de argumenten die niet genoemd worden.

In het geval van de oscilloscoop waren 49 % van de antwoorden fout, en 51 % van de redeneringen. Het aantal correcte antwoorden was significant groter dan op grond van het toeval mogelijk ($p < 0.001$). In het geval van foutieve redeneringen verschilde de verhouding van het aantal goede en foutieve antwoorden niet significant van 1 op 2, wat in overeenstemming is met een toevalsverdeling van de antwoorden ($\chi^2(1, N=158) = 0.5$). Ongeveer 1/3 van de correcte antwoorden is gebaseerd op foute redeneringen, en ongeveer 1/3 van de foutieve antwoorden zijn gebaseerd op correcte redeneringen.

In het geval van de oscilloscoop worden in overigens correcte redeneringen zelden twee argumenten gegeven (zie Tabel 2). Bij de redeneringen met twee onzekere premissen werd nu eens het ene, dan het andere als argument gegeven. De meerderheidsstrategie die kon worden geconstrueerd was niet eenduidig (zie Tabel 4). Ook werden geen deelnemers gevonden die een op enigerlei wijze consistente argumentatie gaven.

Tabel 4

De metacognitieve strategie voor redeneringen in een nieuw domein. Merk op dat in de laatste redenering een van beide argument niet wordt gebruikt maar welk van de twee varieert.

A	B	Conclusie (A^B)
(1)	0	0
(?)	0	0
(1)	?	?
(? of ?)	?	?

Noot. Zie de legenda van Tabel 1. Tussen haakjes argumenten die niet genoemd worden.

Vergelijking van de twee gevallen (weer tegenover oscilloscoop) levert op dat voor correcte redeneringen met onzekere premissen (rijen drie en vijf in Tabel 2) het verschil in frequentieverdeling significant is met eenzijdige overschrijdingskansen van 0.01 resp. 0.001. Dit verschil komt ook in de Tabellen 3 en 4 tot uiting.

Discussie en conclusie

Het geven van argumenten voor de juistheid van een gegeven conclusie is in feite een terugredeneren vanuit de getrokken conclusie tot de wijze waarop deze tot stand kwam. Bij het geven van argumenten voor hun conclusie blijken de proefpersonen – in het bekende domein - een duidelijke metacognitieve strategie te hanteren die gebaseerd is op de waarheid van de premissen. Ze maken daarbij gebruik van de drie waarheidswaarden die voor het antwoord mogelijk waren. Deze strategie wordt door 25 % van de proefpersonen consequent gehanteerd. De overige proefpersonen (op een na) redeneren in de meeste gevallen in overeenstemming met deze strategie, maar niet in alle vijf hun redeneringen.

Deze strategie verschilt duidelijk van de theoretische waarheidstabel doordat in sommige redeneringen een van de twee argumenten overbodig wordt geacht. Als een van de twee argumenten onwaar is, wordt het andere niet vermeld: Het doet blijkbaar niet terzake. Ook het ware argument dat samengaat met een onzeker argument, spreekt blijkbaar vanzelf. In het geval van een onzeker antwoord op basis van twee onzekere premissen, worden echter *beide* als argument gegeven, zoals volgens de theoretische waarheidstabel zou moeten: Blijkbaar vind men het dan wel relevant om twee argumenten te noemen. Dat is terecht, want om uit te kunnen maken of de zon nu schijnt of niet, moeten beide voorwaarden nagegaan worden.

De conclusie is dat de proefpersonen in meerderheid een metacognitieve strategie hanteren en metacognitieve kennis gebruiken die onbewust is en overeenkomt met Tabel 3. Deze is empirische gevonden en kan dus een empirische waarheidstabel voor redeneren worden genoemd. Hij is minder volledig dan maar niet in tegenspraak met de theoretische.

Er is één proefpersoon gevonden die consequent de theoretische strategie met twee argumenten hanteert. Andere proefpersonen geven – op inconsequente wijze – eveneens regelmatig twee argumenten, ook in gevallen waarin de meerderheid slechts één argument geeft. Hieruit blijkt dat de theoretische waarheidstabel een andere strategie in het redeneren vormt, en niet alleen van theoretisch belang is. Hij wordt blijkbaar meestal niet vanzelf geleerd, maar is wel te trainen, zoals in de onderwijspraktijk gebleken is (Veklerova, 1980).

Wanneer de redeneringen in een nieuw, complexer domein worden onderzocht, neemt het percentage correcte redeneringen – inclusief die welke gebaseerd zijn op foutieve argumenten - sterk af. Hieruit blijkt dat de toegang tot de metacognitieve strategie is verminderd, hoewel metacognitieve kennis nog wel aanwezig is: er wordt nog steeds gebruik gemaakt van waarheidswaarden om correcte argumenten te geven. Er is geen eenduidige meerderheidsstrategie te vinden, en ook geen strategie die consequent door meerder studenten wordt gebruikt. De gebruikte metacognitieve strategie is niet alleen niet eenduidig, maar ook onvolledig: in redeneringen met twee onzekere premissen wordt een daarvan in de meeste gevallen niet genoemd als argument. De structuur van de redeneringen, dus de metacognitieve strategie, is veranderd.

Bij incorrecte redeneringen blijkt het redeneren volledig in de war te zijn: het aantal correcte antwoorden komt hier overeen met wat volgens het toeval het geval zou zijn. Dit komt overeen met de constatering van docenten dat studenten niet kunnen redeneren in een nieuw domein. Verder komt naar voren wat elke leraar weet: Goede antwoorden kunnen door foute redeneringen tot stand komen, en foute via goede redeneringen. Een reden om altijd de afleidingen na te gaan.

De conclusie van dit onderzoek is dat waarheidswaarden als metacognitieve kennis gebruikt worden bij het redeneren, en dat de gebruikte metacognitieve strategie een vereenvoudiging van de theoretische waarheidstabel is – althans bij redeneringen in een bekend domein -.

In een nieuw, complex domein laat zowel de toegang tot als de structuur van de metacognitieve strategie het afweten. Met name wordt in het geval van meerdere onzekere argumenten, een daarvan over het hoofd gezien. De verklaring hiervoor kan zijn dat in het nieuwe domein het vasthouden van de vier premissen, de drie betrokken waarheidswaarden en de conclusie, een te groot beroep doet op het korte termijn geheugen omdat de premissen zelf ook complex zijn. Het gevolg hiervan kan zijn dat het verwerven van nieuwe kennis hapert: elementen in de kennis die nog onzeker zijn en verheldering behoeven, worden veronachtzaamd.

Het is gebleken dat een gedeelte van de proefpersonen nog steeds logisch kan redeneren in een nieuw domein – hoewel soms met foutieve argumenten door een gebrek aan domeinkennis - , maar dat een ander gedeelte van de proefpersonen onlogische uitspraken gaat doen. Door proefpersonen in groepjes te laten werken en veel met elkaar te laten praten, zoals bijvoorbeeld tijdens een practicum gebeurd, zal niet alleen discussie over de correctheid van argumenten maar ook over de logische en inhoudelijke geldigheid van redeneringen plaats kunnen vinden. Een noodzakelijke voorwaarde hiervoor is dat goede studenten – met een sterkere metacognitie - en zwakke studenten gekoppeld worden.

Onze voorspelling is dat naarmate de vergelijking tussen de premissen vlotter verloopt en meer geautomatiseerd is, dus naarmate de proefpersonen meer domeinervaring hebben (wat niet hetzelfde is als domeinkennis), de proefpersonen beter in staat zijn geweest om de logica van het nieuwe vakgebied ‘vanzelf’ te ontdekken. Hierbij is de vraag of de ontwikkeling van de metacognitie voor

verschillende populaties van proefpersonen even snel en even ver gaat. Nader onderzoek zou dit kunnen uitwijzen.

De consequenties voor de ontwikkeling van metacognitie door onderwijs zullen we hier alleen bespreken voor het geval van het redeneren. De ontwikkeling van het metacognitieve deel van het redeneren die vanzelf gaat, zoals die voor het weer, kost veel tijd. Een snellere manier is om opgaven te bedenken waardoor de studenten gedwongen worden een metacognitief standpunt in te nemen, zoals redeneringen die logisch gezien correct zijn maar inhoudelijk niet. Voor andere mogelijkheden om de metacognitie sneller te ontwikkelen, zie Vos (2001, Ch. 3 en 4).

Onze aanbeveling is om in onderzoek naar redeneervaardigheden de variabele domeinkennis op te nemen. Niet alleen omdat deze de redeneervaardigheid beïnvloedt, maar ook omdat geldige redeneringen door hun inhoud onjuist kunnen zijn, of omgekeerd, dat ongeldige redeneringen door hun inhoud correct kunnen zijn.

Het bovenstaande onderzoek verbindt metacognitie met waarheidswaarden en formele operaties daarop zoals door de waarheidstabel weergegeven. De toegang tot de metacognitie verloopt via het bepalen van een waarheidswaarde. De metacognitieve strategie kan voorgesteld worden door een (theoretische of empirische) waarheidstabel die de keuze van de conclusie op basis van de waarheidswaarden stuurt.

Echter, indien de student de formele operaties met een waarheidstabel afzonderlijk heeft getraind, kan niet langer worden volgehouden dat deze onder metacognitie vallen. Er zijn dan immers symbolen geleerd voor waarheidswaarden, en operaties op die symbolen. Operaties op waarneembare symbolen zijn cognitieve activiteiten. Het trainen van een strategie met behulp van een waarheidstabel leidt er dus toe dat een in wezen metacognitieve kan worden omgezet in een cognitieve activiteit. Wat van het metacognitieve overblijft is vaststellen van de waarheidswaarden, dat is het modelleren van de uitkomst van een vergelijking in het cognitieve gebied (in de vorm van tekens die de waarheidswaarden weergeven). Dit kan opgevat worden als de toegang tot het 'metacognitieve' domein. Het verder formeel opereren op die tekens is een operatie die in het cognitieve domein wordt uitgevoerd. De uitkomst daarvan is een waarheidswaarde voor de conclusie. De interpretatie daarvan (de betekenis achterhalen!) is weer een metacognitieve operatie.

Door gebruik te maken van tekens kan het gebruik van metacognitieve strategieën omgezet worden in cognitieve operaties op die tekens. Het vermoeden bestaat dat dit ook in andere domeinen plaats vindt. We denken hier aan het werken met (getal)waarden, variabelen en de operaties daarop zoals in de wiskunde en de natuurwetenschappen gebruikelijk is. Dat verloopt volgens hetzelfde beeld, wat zou inhouden dat ook deze operaties afwisselend metacognitief en cognitief van aard zijn. Het niet onderkennen van de metacognitieve strategische oorsprong van sommige vaak voorkomende cognitieve operaties kan de oorzaak zijn van een aantal problemen in het onderwijs zoals de moeite die het kost om inzicht en begrip te ontwikkelen. Nader onderzoek is hier op zijn plaats.

Referenties

- Aristotle. (1960). *Rhetoric* (Cooper, Trans.). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Beth, E.W. (1969). *Moderne logica*. Assen: Van Gorcum.
- Brown, A.L., & Campione, J.C. (1977). Training strategic study time apportionment in educable retarded children. *Intelligence*, 1, 94-107.
- Brown, A.L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology (Vol.1)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5(2), 121-152.
- De Groot, A.D., & Peet, A.A.J. van (1997). De potentieeltheorie van intelligentie van A.D. de Groot. In W. Tomic & H.T. van der Molen (Eds.), *Intelligentie en sociale competentie*. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Efklides, A. (2003). *Metacognition and effect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process?* Keynote address, 10th EARLI conference, University of Padua, Italy.

- Elshout-Mohr, M. (1992). Metacognitie van lerenden in onderwijsleerprocessen. *Tijdschrift voor Onderwijs Research*, 17, 273-289.
- Flavell, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L.B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*, pp. 231-235. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- 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: Lawrence Erlbaum Associates.
- Forrest-Pressley, D.L., MacKinnon, G.E., & Waller, T.G. (Eds.) (1985). *Metacognition, Cognition, and Human Performance: Vol. 1. Theoretical Perspectives, Vol. 2: Instructional Practice*. New York: Academic Press.
- Garner, R. (1987). *Metacognition and Reading Comprehension*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Gleitman, H., Fridlund, A.J., & Resiberg, D. (1999). *Psychology* (fifth ed.). New York: Norton.
- Hacker, D.J., Dunlosky, J., & Graesser, A.C. (Eds.) (1998). *Metacognition in Educational Theory and Practice*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halpern, D.F. (1984). *Thought and Knowledge*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hartman, M., Knopman, D.S., & Nisson, M.J. (1989). Implicit learning of new verbal associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1070-1069.
- Kluwe, R.H. (1982). Cognitive knowledge and executive control: Metacognition. In D.R. Griffin (Ed.), *Animal mind- human mind* (pp. 201-224). New York: Springer-Verlag.
- Lemmon, E.J. (1968). *Moderne logica*. Utrecht: het Spectrum.
- Lewicki, P., Czyzewska, M., & Hoffman, H. (1987). Unconscious acquisition of complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 523-530.
- Means, M.L., & Voss, J.F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14(2), 139-178.
- Metcalf, J., & Shimamura, A. (Eds.) (1994). *On knowing what we know: Review of metacognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nelson, T.O. (1996). Consciousness and metacognition. *American Psychologist*, 51, 102-116.
- Posner, M.I. (Ed.) (1989). *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge, MA: Bradford/ MIT Press.
- Reber, A.S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 219.
- Rescher, N. (1969). *Many-valued Logic*. New York: McGraw-Hill.
- Schoenfeld, J.R. (1967). *Mathematical Logic*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Seel, N.M., & Winn, W.D. (1997). Research on media and learning: distributed cognition and semiotics. In R.D. Tennyson, F. Schott, N.M. Seel & S. Dijkstra (Eds.), *Instructional Design: International Perspectives. Vol. 1: Theory, Research, and Models*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Simon, H.A., & Kaplan, C.A. (1989). In M.I. Posner (Ed.), *Foundations of Cognitive Science* (chap. 1). Cambridge, MA: Bradford/MIT Press.
- Stadler, M.A. (1989). On learning complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1061-1069.
- Van Parreren, C.F. (1979). Niveaus in de ontwikkeling van het abstraheren. In: J. de Wit e.a. (red.), *Psychologen over het kind*, deel 6. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Veklerova, H.M. (1980). Vorming van logische structuren bij vijf- en zesjarigen (proefschrift). In C.F. van Parreren and J.A.M. Carpay (Eds.), *Sovjetpsychologen over onderwijs en cognitieve ontwikkeling* (2nd ed., pp. 60-68). Groningen, Wolters-Noordhoff.
- Vos, H. (1987). Abstractieniveau's in de ontwikkeling van het natuurkundig begrip 'druk' *Pedagogische Studiën*, 64, 285-294.
- Vos, H. (2001). *Metacognition in higher education*. Enschede: Twente University Press. URL-adres: <http://www.ub.utwente.nl/webdocs/to/1/t0000011.pdf>.
- Voss, J.F., & Means, M.L. (1991). Learning to reason via instruction in argumentation. *Learning and Instruction*, 1, 337-350.
- Wason, P.C. (1977). Self-contradictions. In P.N. Johnson-Laird and P.C. Wason (Eds.), *Thinking* :

- Readings in cognitive science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wason, P.C. (1983). Realism and rationality in the selection task. In J.St.B.T. Evans (Ed.), *Thinking and reasoning: Psychological approaches*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Weinert, F.E., & Kluwe, R.H. (1987). *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wellman, H. (1985). The Origins of Metacognition. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & T.G. Waller (Eds.), *Metacognition, Cognition, and Human Performance: Vol. 1. Theoretical Perspectives*, chap. 1. New York: Academic Press.