

Kennis over het uitbreiden van kennis: Metacognitieve elementen in het onderwijs.

Henk Vos

Faculteit der Elektrotechniek, Universiteit Twente / Onderwijskundig adviseur.

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

Samenvatting

Nieuwe kennis toevoegen aan bestaande kennis (cognitie) vereist vaardigheden die op een hoger niveau liggen dan de bestaande kennis (metacognitie). In practica komt nieuwe kennis veelal via onderzoek tot stand. Na een meting te hebben gedaan, hoor je studenten vaak vragen: is dit goed, meneer? In het onderhavige practicum moesten de studenten een systematische aanpak leren waarmee o.a. deze vragen werden voorkomen. De kern ervan was dat een uitkomst altijd op twee onafhankelijke manieren, bijvoorbeeld door meten en berekenen, verkregen dienden te worden. Als beide correct gedaan waren dienden de uitkomsten binnen de nauwkeurigheidsgrenzen met elkaar overeen te komen. Dit ondersteunt zelfregulatie. In dit artikel zal aangegeven worden welke metacognitieve elementen in het onderwijs er toe bijdroegen dat 80 % van de studenten deze aanpak ook werkelijk leerden.

Na een inleiding wordt een theoretisch kader geschetst, ontwikkeld via een literatuuronderzoek, waarmee verhelderd werd wat metacognitie feitelijk is. Daarna volgen de resultaten van onderzoek naar toestanden in de ontwikkeling van metacognitie. Vervolgens en naar de elementen in succesvolle instructie gericht op de ontwikkeling van metacognitie. In deze secties worden ontwerpregels geformuleerd voor onderwijs gericht op de ontwikkeling van metacognitie. Tenslotte volgt in de discussie een uniek overzicht van de fundamentele verschillen tussen onderwijs met cognitieve doelen en onderwijs met metacognitieve doelen.

Henk Vos is onlangs aan de faculteit Toegepaste Onderwijskunde van de Universiteit Twente gepromoveerd op het onderwerp "Metacognition in Higher Education" (Vos, 2001). Het onderstaande stuk is vooral gebaseerd op de hoofdstukken 2 en 4 van dit proefschrift. Het is een bewerking van een eerdere toelichting op het proefschrift dat is gepubliceerd door het Onderwijskundig Centrum van de Universiteit Twente (Vos, 2002). Voor verdere referenties wordt verwezen naar het proefschrift.

Het probleem

In het hoger onderwijs is de kennis die verworven moet worden complexer dan in het voorafgaand onderwijs, de leerstof moet zelfstandiger bestudeerd worden en informatie wordt in een hoger tempo aangereikt. Ook zijn de problemen die gesteld worden, minder scherp gedefinieerd en lastiger op te lossen.

Om aan deze situatie het hoofd te bieden, moeten de studenten steeds complexere begrippen, vaardigheden en informatie tegelijkertijd kunnen hanteren. Hun kennis moet beter georganiseerd zijn. Een coherent overzicht over de kennisdomeinen, waarin abstracte begrippen een rol spelen, moet meer aandacht krijgen. Hogere vaardigheden, zoals redeneren met de vakinhoud en het op een systematische manier oplossen van realistische problemen in een vak worden belangrijker.

De vraag is dan: hoe leren studenten beter en sneller abstracte theorie te gebruiken in onderzoek- en ontwerpproblemen? De studenten moeten kennis over hun kennis verkrijgen, ze moeten beter in staat zijn de vaardigheden die ze zoal hebben in te zetten en ze moeten zich meer bewust worden hoe de informatie die ze aangereikt krijgen gestructureerd is. Dit houdt in dat kennis, vaardigheden, en informatie zich op twee niveaus gaan afspeelen.

Om deze niveaus te beschrijven werd allereerst een literatuuronderzoek verricht naar metacognitie. De gedachte hierachter was dat het begrip zelfregulatie enerzijds weliswaar de totale persoon omvat en daardoor ruimer is dan metacognitie, maar anderzijds het begrip metacognitie naast cognitieve zelfregulatie nog drie andere componenten omvat waaronder kennis over kennis en daarmee meer relatie met de vakinhoud heeft. Met het begrip metacognitie wordt cognitie (hier onderverdeeld in conceptuele kennis, vaardigheden en informatie) gestructureerd in twee hiërarchisch verbonden niveaus. Deze niveaus worden aardig geïllustreerd door de zin “Deze zin bevat drie fouten” die je op de twee bedoelde niveaus aan het denken zet.

De twee niveaus: cognitie en metacognitie

Op het lage niveau gaat het om de woorden ‘deze’ en ‘fouten’ die niet correct zijn. Hier gaat het om het begrijpen van de gedrukte tekst zoals die er staat. Op een hoger niveau realiseert men zich dat de genoemde zin niet correct is, want er zijn maar twee fouten te zien. De zin als geheel is dus niet correct: dit is de derde fout. Dit is ook anders te verwoorden, bijvoorbeeld: er zijn in de zin twee fouten te zien, dus er moet staan ‘twee fouten’, dus bevat de zin inderdaad drie fouten. Ook kan de logica te hulp worden geroepen. Hier is het object van het denken de betekenis van de zin. Betekenis toekennen is denken. Het denken zelf is hier dus het object van denkhandelingen. Dit niveau van denken, of van kennis, vaardigheden en informatie, wordt *metacognitief* genoemd. Het is niet uitsluitend voorbehouden aan studenten in het hoger onderwijs, maar in het hoger onderwijs wordt er wel een groter beroep gedaan op metacognitie.

In het hoger onderwijs wordt van de studenten verwacht dat ze kritisch te werk gaan. Er wordt bijvoorbeeld van ze verwacht dat ze nadenken voordat ze bij een rekenprobleem in een voor de hand liggende betrekking (formule) direct de bekende getallen invullen (substitueren), en gelijk met de getallen gaan rekenen. Er wordt verwacht dat ze, terugredenerend vanuit het gevraagde, een symbolenketen gaan specificeren en met de formules gaan manipuleren totdat ze een bruikbare totaalbetrekking hebben zoals bijv. in de probleemtransformatie bij Mettes en Pilot (1980). (Het Gewenste Handelings Verloop kan hier worden beschouwd als de prototypische beschrijving van een vaardigheid, en de SPA-kaart, die aanwijzingen geeft voor het oplossingsproces volgens een Systematische Probleem Aanpak, kan worden beschouwd als informatie). De betekenissen van de symbolen, dat wil zeggen de aangeduide grootheden, blijven in zo’n totaalbetrekking zichtbaar omdat er nog geen getallen zijn ingevuld en kunnen gebruikt worden ter controle van de zinnigheid van de totaalbetrekking (evaluatie). Ook wordt verwacht dat ze, na het invullen van waarden in de totaalbetrekking en uitrekenen van het gevraagde, controleren of de uitkomst niet onzinnig groot is of nergens op slaat, door deze te vergelijken met een eerder gemaakte schatting (l.c.).

Studenten moeten in het hoger onderwijs leren hoe ze problemen meer systematisch aanpakken. Ze moeten een keus maken uit alternatieve oplossingsroutes en de handigste volgorde van tussenstappen kiezen. Ze moeten standaard oplossingsstappen kennen, maar ook de begin-, tussen- en eindresultaten handig kunnen weergeven. Hiervoor hebben ze de taal en de logica van de vakinhoud nodig, en de

samenhang van de vakinhoudelijke kennis. Een dergelijke aanpak en zulk redeneren zijn weliswaar vaardigheden maar op een hoger niveau dan het cognitieve want het gaat óver vakkennis en óver oplossingsstappen. Net zo is de samenhang van de vakinhoud een soort conceptuele kennis, maar ook weer op een hoger niveau dan het cognitieve want het gaat óver de vakkennis. Dat hogere niveau is ook in informatie terug te vinden.

De informatie die bedoeld is om zo'n aanpak aan te duiden (SPA-kaart en kernbetrekkingen, conceptueel schema, probleemoplosschema, heuristiek, methodiek, raamwerk, of iets dergelijks genoemd), of om een inzicht in de samenhang van de kennis te geven (advance organiser, e.d.) ligt op een hoger niveau dan het cognitieve. Deze metacognitieve informatie vertegenwoordigt de structuur van de betrokken cognitie. Een voorbeeld hiervan is het schema voor het begrip 'vogel' van Smith (1989) dat in Tabel 1 is weergegeven. Dit schema bevat de kenmerken van een vogel in de volgorde van hun waarde bij het diagnosticeren van een dier als vogel. Een voorbeeld is 'de wijze van voortbewegen' met als mogelijke waarden 'hij kan vliegen*', 'lopen' en/of 'zwemmen'. Het sterretje geeft hier aan dat 'vliegen' als het meest karakteristiek voor een vogel wordt opgevat.

Tabel 1.

Conceptueel schema voor het begrip vogel.

rij	kenmerk	relatie tussen kenmerken	mogelijke waarden (* = standaard)
1	type	bovengeslacht	dier
2	afmeting	2-6	klein*, middel, groot
3	voedsel	3-6	insecten*, zaden, vis
4	communicatie	4-6	zingt*, piept
5	leefterrein	5-6	bomen*, bodem, water
6	voortbeweging	6-4, 6-2 6-5, 6-3	vliegt*, loopt, zwemt

NB. De kolom 'relatie' geeft een verband tussen verschillende kenmerken aan.

Zo'n schema geeft informatie over onze kennis, is dus metacognitief van karakter. Het duidt ook aan hoe wij in het algemeen bepalen of een object een vogel is, en kan omgezet worden in een SPA-kaart, een probleemoplosschema, eveneens een voorbeeld van zo'n structuur. Een probleemoplosschema bestaat in het algemeen uit twee delen, namelijk een deel waarin de klassen problemen beschreven worden waarop het van toepassing is (bijv. dieren), en een deel waarin de oplossingsroute wordt beschreven (bijv. kijken of het dier klein is, insecten eet, zingt en in bomen woont, en vliegt). In Tabel 1 gaat het om identificatieproblemen met dieren, bij een SPA-methode gaat het om specificatieproblemen waarop de kernbetrekkingen van toepassing zijn.

Dit hogere niveau wordt met metacognitie aangeduid, omdat het gaat om cognitie over cognitie. Het gaat om informatie over, kennis over en sturen van cognitie. Hierdoor kan cognitie in de traditionele zin gesplitst worden in een gedeelte dat een structurerende, organiserende en sturende functie heeft ten opzichte van het overblijvende, lagere gedeelte. In het algemeen gaat het op dit lagere niveau om het omgaan met symbolen, teksten kunnen samenvatten, berekeningen kunnen uitvoeren, formules in elkaar om kunnen zetten. Het gaat tevens om het omgaan met instrumenten zoals toetsenborden, meetinstrumenten kunnen hanteren, en een meetopstelling bouwen.

Kortom, het gaat op dit niveau om denkhandelingen waarin waarneembare objecten in de realiteit een rol spelen. De handelingen worden ondersteund door waarneming. Het gaat zowel om het hanteren en construeren van materiële objecten als om het verwerken en bewerken van symbolische objecten, dat wil zeggen informatie. Deze informatie omvat niet alleen formules, maar alles wat tot de studenten komt in symbolische vorm: opdrachten, instructiemateriaal, hulp van docenten en medestudenten, enz. Dit niveau van conceptuele kennis, van vaardigheden en informatie noemen we *cognitief*.

Het eerste gedeelte, metacognitie, heeft daarmee een hiërarchische positie ten opzichte van het tweede, dat hier cognitie wordt genoemd. Metacognitie zegt iets over de componenten van cognitie, over de onderlinge samenhang van kenniselementen, vaardigheden, en informatie, en de structuur van die samenhang. Metacognitie heeft als functie om te controleren of oplossingsprocessen in de richting

gaan van het doel en deze zo nodig bij te stellen, om kennisinhouden doelgericht te hanteren en om informatie te voorzien van een hoger niveau. Metacognitie is te vergelijken met het *uitzicht* dat je hebt vanaf een hoog punt op de wegen en paden in de omgeving. Als je zo hoog staat en je kijkt naar beneden, zie je niet alleen alle wegen, maar je ziet ook structuur in die wegen, je ziet hoofdwegen, zijwegen en paadjes. Je moet wel eerst een stuk klimmen om toegang tot die structuur te krijgen.

Cognitie is in deze metafoor te vergelijken met het vermogen om langs wegen en paden te gaan (dat zijn de acties of vaardigheden), van de ene plek naar de andere (dat zijn de rustpunten in het denken, de begrippen). De wegwijzers kunnen opgevat worden als informatie. Metacognitie is het vermogen om structuren in die wegen te zien, bijvoorbeeld welke keuzes er zijn om van de ene plek naar de andere te komen, welke wegen snel en gemakkelijk gaan. Ook de toegangen tot die structuren spelen een rol, zoals de op- en afritten naar de snelwegen. Metacognitief inzicht is een goed hulpmiddel om na te gaan of je goed gaat en op de meest handige manier. Voor de toegang tot die structuren en het verwerven van dit hulpmiddel is het nodig om meer te doen (klimmen) dan er eigenlijk nodig is (wandelen). Het is echter niet absoluut noodzakelijk om te klimmen.

Om de metafoor nog even te volgen: Je kunt ook veel reizen in de omgeving, tot je alle paden en wegen kent, dan ontdek je de hoofdwegen ook wel. Dat kan echter lang duren en het is niet gegarandeerd dat je alle paadjes en de hoofdwegen ontdekt. Een ander alternatief kan zijn om een goede kaart te kopen van de omgeving waarop bijvoorbeeld de hoofdwegen in rode, dikke lijnen staan aangegeven en de paden in zwarte, dunne lijnen. In dit geval moet je wel leren om een kaart te lezen. En er moet een kaart gemaakt worden, liefst een goede, door experts, want dan staan alle wegen er op. Kortom, er zijn drie manieren om toegang te krijgen tot de metacognitieve structuur. De eerste (zelf klimmen) kost inspanning die normaliter overbodig lijkt. De tweede (gewoon gaan wandelen) duurt lang en kan onvolledig zijn. De derde (wandelen met een kaart) vergt het ontwikkelen van extra vaardigheden (kaartlezen) en vereist een goede kaart die soms lastig te vinden is.

Wat levert het onderscheid tussen cognitie en metacognitie op?

De bedoeling is dat het hier gepresenteerde kader samenhangend weergeeft wat er zich op het hogere niveau afspeelt en hoe dit bij kan dragen aan de innovatie van het hoger onderwijs. Dit kader zal veelomvattend, complex en abstract zijn, omdat het om cognitie over cognitie in het algemeen gaat. Het moet een beschrijving en interpretatie mogelijk maken van succesvolle onderwijsvernieuwingen die gericht zijn op het hogere niveau en ook een samenhangende reeks van ontwerpaanwijzingen voor verdere onderwijsinnovaties opleveren. Daartoe werden de volgende vragen geformuleerd.

De vragen

In het proefschrift werden drie vragen beantwoord. De eerste vraag ging in feite om de mogelijke toestanden van ontwikkeling van metacognitie (Vos, 2001, chapter 3). Deze vraag werd aangepakt door te onderzoeken wat de karakteristieke structuren van redeneren op een bekend terrein (of vak) zijn die zich hebben ontwikkelt, en wat daarvan overbleef bij de overgang naar een onbekend terrein, bijvoorbeeld een nieuw vak (transfer). Het ging hier in feite om een onderzoek naar toestanden van ontwikkeling van metacognitie. Hieruit werden aanwijzingen verwacht om de gewenste wijze van redeneren (en metacognitieve vaardigheden in het algemeen) te kunnen versterken.

De tweede vraag was hoe de ontwikkeling van metacognitie verloopt in echt onderwijs waarin die ontwikkeling gestimuleerd wordt (Vos, 2001, chapter 4). Dit werd onderzocht in een practicum waar studenten via opdrachten, informatie en aanwijzingen een metacognitieve structuur in de aanpak van practicumopdrachten verwierven. Mede vanwege een theoretische onderbouwing verwachtten we een aantal samenhangende ontwerperegels voor onderwijsverbetering te vinden die gericht zijn op de ontwikkeling van metacognitie.

De derde vraag was wat de structuur is van de te ontwikkelen metacognitie in een vak (Vos, 2001, chapter 5). Hiertoe werd onderzoek gedaan naar de structuur die experts in de vakinhoud zien. Hieruit verwachtten we gegevens over de te onderwijzen structuur van de vakinhoud. Aan de laatste vraag wordt in dit artikel verder geen aandacht geschonken.

Voordat de vragen beantwoord konden worden, werd eerst een theoretisch kader ontwikkeld via een literatuuronderzoek waarmee verhelderd werd wat metacognitie feitelijk is (Vos, 2001, chapter 2).

In het volgende wordt allereerst dit theoretische kader geschetst, waarvan hiervoor in de inleiding al enigszins gebruik is gemaakt. Daarna volgen een samenvatting van de gevonden toestanden in de ontwikkeling van metacognitie en van de feitelijke ontwikkeling van metacognitie door instructie. Tenslotte volgt in de discussie een overzicht van de fundamentele verschillen tussen onderwijs met cognitieve doelen en onderwijs met metacognitieve doelen.

Metacognitie, het hogere niveau

Ongeveer 30 jaar geleden ontstond de eerste notie van metacognitie aan de hand van onderzoek van het geheugen (metamemory, Flavell, 1971). Een paar jaar later werd de term metacognitie gebruikt in onderzoek van Wellman, Flavell, Brown, en anderen. Metacognitie werd opgevat als het actief monitoren en daarop gebaseerd sturen (regelen) van cognitieve processen om cognitieve doelen te bereiken. Metacognitie was zo iets als het coördineren van cognitieve processen voor een maximaal effect (orchestration). Sindsdien is veel onderzoek gedaan naar metacognitie in allerlei vormen en in allerlei kennisdomeinen. In metacognitie worden door Flavell (1979) vier varianten onderscheiden, namelijk kennis; strategieën of acties, op te vatten als metacognitieve vaardigheden; taken of doelen, op te vatten als metacognitieve informatie; en ervaringen.

Metacognitieve kennis omvat persoonlijke kennis over jezelf, bijvoorbeeld dat jij denkt dat je dingen beter leert door te luisteren dan door te lezen. Maar ook interpersoonlijke kennis zoals de overtuiging dat je collegae beter zijn in redeneertaken dan jijzelf. En algemene kennis zoals het inzicht dat wat iemand zich nu gemakkelijk kan herinneren, die persoon later kan vergeten, en omgekeerd, wat iemand nu vergeten is, kan die persoon zich later opeens herinneren. We zullen ons hier beperken tot de laatste categorie, de algemene vorm, en die als volgt uitbreiden. Metacognitieve kennis omvat ook kennis over de organisatiestructuur van begrippen, probleemoplos-vaardigheden en informatie, net zoals het uitzicht van boven de structuur van het wegen- en kruispunten stelsel blootlegt.

Metacognitieve vaardigheden sturen de oplossingsprocessen door het monitoren (waarnemen en evalueren) en sturen (bijstellen, stoppen) daarvan. Monitoren van de voortgang van een proces en sturen op het verschil tussen feitelijke en gewenste uitkomst samen vormen een regulatieproces. Het werken vanuit het gevraagde in oplossingsprocedures is typisch een metacognitieve vaardigheid omdat een check op de voortgang in de richting van het doel is ingebouwd. Het uitvoeren van een plan zonder ingebouwde check hoeft echter geen metacognitie te bevatten. Zelfregulatie van de cognitie is eveneens een typische metacognitieve vaardigheid.

Metacognitieve informatie is bijvoorbeeld de informatie dat bepaalde informatie belangrijk is, of juist niet. Ook de zogenaamde structureerders van tekst (zoals hoewel, ofschoon, ten eerste e.d.) en kopjes boven paragrafen vormen metacognitieve informatie.

Metacognitieve ervaringen zijn ervaringen zoals het gevoel dat je iets weet maar er niet op kan komen (feeling of knowing), het gevoel dat je dicht bij de oplossing bent zonder te weten hoe je verder moet, het gevoel dat je iets wat je aan het leren bent, beheerst (judgement of learning), e.d. Een cognitieve ervaring is het krijgen van een elektrische schok, een metacognitieve ervaring dat je dat bij een volgende keer denkt te kunnen voorkomen.

Deze vier varianten hangen sterk samen en beïnvloeden elkaar onderling. Dat wil zeggen dat metacognitie ook over zichzelf kan gaan, zichzelf kan waarnemen en beïnvloeden, en dus recursief is.

Op basis van literatuuranalyses worden hiërarchische modellen van metacognitie voorgesteld (Vos, 2001. Zie ook appendix A). Deze representeren het hiërarchische karakter van metacognitie ten opzicht van cognitie, en leiden tot het onderscheid van een metacognitieve *structuur* en de *toegang* daartoe. Deze eenvoudige modellen leveren *strategische principes* op voor het ontwerpen van onderwijs gericht op de ontwikkeling van metacognitie:

Ontwerpregels: strategische ontwerpprincipes.

- Vestig de aandacht op karakteristieke trekken van metacognitie; bijvoorbeeld door een advance organizer en een SPA als metacognitieve informatie te verstrekken (zie bijvoorbeeld Appendices A.5 en B in Vos, 2001).
- Maak de toegang tot metacognitie gemakkelijk; bijvoorbeeld door de metacognitieve aanwijzingen aan te reiken in de termen van een voor de studenten bekend cognitief domein (zie Appendix A.5 in Vos, 2001).

- Dwing studenten uit te stijgen boven het cognitieve niveau; bijvoorbeeld door het aanbieden van contradicties in de opdrachten en de leerstof, door het vergelijken van verschillende vaardigheden of het checken van de voortgang van hun activiteiten (Hoe weet ik dat ik het doel nader? Hoe kan ik checken of ik geen fouten maak? Hoe kan ik checken of de uitkomst acceptabel is?).
- Koppel metacognitieve elementen aan elkaar; bijvoorbeeld door van elk van de vier varianten elementen in het onderwijs op te nemen (zie verder).

Met name het introduceren van meerdere varianten van metacognitie tegelijk vergt toelichting. Metacognitieve kennis kan immers gaan over cognitieve kennis, maar ook over cognitieve vaardigheden of informatie. Wanneer metacognitie wordt opgevat als cognitie over cognitie, leidt dat, met de drie varianten van cognitie en vier varianten van metacognitie tot een matrix van twaalf mogelijke combinaties. In Tabel 2 wordt van elk van de combinaties een voorbeeld gegeven dat gebruikt kan worden in het onderwijs. Hierbij dient bedacht te worden dat leren, reflecteren, e.d. metacognitieve vaardigheden zijn die op elk van de varianten van cognitie zijn toe te passen en dus niet in een van de vakjes thuishoren, maar over de hele betreffende regel. Anderzijds valt het maken van een plan of volgen van een strategie op cognitief niveau als het gaat om het selecteren van stappen, maar op een metacognitief niveau als er een check op de voortgang in de richting van het doel is ingebouwd.

Tabel 2. Hulpmiddelen om ontwikkeling van metacognitie te bevorderen.

In elke cel staan voorbeelden van metacognitieve (MC) varianten die kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van metacognitie. Ze zijn geordend naar de cognitie-varianten kennis, vaardigheden en informatie waar ze betrekking op hebben.

Metacognitieve variant	Cognitie		
	Kennis (stationair, persoonlijk)	Vaardigheden (dynamisch, persoonlijk)	Informatie (statisch, openbaar)
MC informatie (statisch, openbaar)	Advance organizer. Samenvatting. Kernbetrekkingen. Een conceptmap.	Demonstratie van een vaardigheid. Scaffolding. Toepassingsvoorwaarden. Beperkingen van het geheugen. SPA-methode. Een 'leeg' schema.	Een cijfer, beoordeling, of feedback op een werkstuk.
MC vaardigheden (dynamisch, persoonlijk)	Een logboek bijhouden. Koppelen van practicum en theorie. Discussiëren en redeneren over de leerstof.	Verschillende methodes vergelijken om iets te meten. Discussiëren over hoe je iets moet doen.	Benodigde informatie zelf verzamelen. Een lege meettabel klaarmaken. Elkaar vragen stellen (reciprocal teaching)
MC ervaringen (affectief, persoonlijk)	Een cognitief conflict ervaren (tussen waarneming en voorstelling, vorm en betekenis, tussen twee opvattingen, enz.). Denken dat je iets wel/ niet weet.	Een teleurstellend laag cijfer voor een logboek ontvangen. Je rangorde zien in de prestaties van de klas.	De moeilijkheidsgraad van opdrachten ervaren. Het gevoel dat je iets hebt aan feedback (just in time feedback). Boosting (zie verder).
MC kennis (stationair, algemeen/ intra-/ inter- persoonlijk)	Weten wat voor soort leerstof lastig is om te begrijpen.	Weten (uit ervaring) wat er mis kan gaan. Weten wanneer je welke leerstof moet bestuderen.	Weten waar expliciete schemata, frames, enz. goed voor zijn.

Metacognitieve schemata zoals Tabel 1 geven de metacognitieve structuur van cognitieve elementen weer, maar bevatten die cognitieve elementen zelf ook nog. Een analyse van dergelijke schemata leidt tot een model van *schemata* voor metacognitieve strategische kennis waaruit die cognitieve elementen grotendeels verwijderd zijn. Daarmee worden die schemata onafhankelijk van de vakinhoud. Een voorbeeld van zo'n 'leeg' schema is dat van Tabel 3, die uit Tabel 1 geïnduceerd kan worden. Hierin moeten nog dingen ingevuld worden. Zulke schemata geven alleen de structuur van bepaalde metacognitieve kennis weer. Het opstellen van zo'n schema voor een specifiek begrip is dus een metacognitieve activiteit. Hetzelfde geldt voor het van tevoren opstellen van lege tabellen voor meetwaarden en de analyse van die meetwaarden. Andere voorbeelden zijn het leren gebruiken van een waarheidstabel (waarin waarheidswaarden ingevuld moeten worden) en een wiskundige formule

(waarin kwantitatieve waarden ingevuld moeten worden). Met deze interpretatie wordt duidelijk waarom theoretische logica en wiskunde zo lastig zijn te begrijpen: ze zijn metacognitief van karakter!

Tabel 3.

Leeg schema voor een begrip dat een object weergeeft. De stippen geven plaatsen aan waar iets ingevuld moet worden. Het aantal kenmerken N dient eveneens gespecificeerd te worden.

	kenmerk	relatie tussen kenmerken	mogelijke waarden (* = standaard)
1	type	bovengeslacht	elk object
2
3
....			
N

Een andere beperking voor het menselijk begrijpen vloeit voort uit de metacognitieve kennis over de capaciteit van het werkgeheugen. Deze capaciteit bedraagt ten hoogste ongeveer zeven 'brokken' (chunks, Miller, 1956). Aangezien ons werkgeheugen beperkt is, geeft dit ook beperkingen aan voor het leren van metacognitie. De competitie tussen cognitie en metacognitie over de ruimte in het werkgeheugen leidt tot de *taktische ontwerpprincipes* dat het verstandig is:

Ontwerpregels: taktische ontwerpprincipes

- Zorg dat de hele leerstof in het werkgeheugen past, bijvoorbeeld door de cognitieve leerstof samen te vatten in ongeveer zeven basisbegrippen, van hieruit een advance organizer te construeren en aan te bieden aan de studenten; Zie bijvoorbeeld appendix A.5 in Vos, 2001).
- Scheidt het leren van cognitie van dat van metacognitie; bijvoorbeeld door de structuur van een SPA methode te leren kennen in een bekend cognitief domein,
- Scheid het leren van de structuur van metacognitie van het leren van de toegang tot die structuur; bijvoorbeeld door (de structuur van) een SPA-methode te leren in een bekend cognitief domein en deze te leren gebruiken (de toegang te leren) in een nieuw cognitief domein.

Deze theoretische basis gaf voldoende aanknopingspunten om de vragen in het onderzoek te kunnen specificeren en beantwoorden.

Toestanden in de ontwikkeling van metacognitie

Om de eerste vraag, over de mogelijke toestanden in de ontwikkeling van metacognitie, te beantwoorden kregen eerstejaars studenten Elektrotechniek opgaven over het weer (bekende vakinhoud) en de werking van de oscilloscoop (minder bekende vakinhoud). De structuur van het redeneren en het hanteren van onzekere factoren daarin werden onderzocht. Bij het weer gebruikte bijna 75% van de studenten een 'verborgen' redeneerstructuur. Hier waren meer antwoorden correct dan op grond van toeval mogelijk was, maar de redeneerpatronen waren onderling niet consistent. Meestal waren ze wel in overeenstemming met een 'empirische' structuur die door 25% consequent werd gehanteerd. Een 'theoretische' structuur die in overeenstemming was met de theoretische waarheidstabel, werd door 2 % gebruikt. De empirische structuur is minder volledig dan de theoretische structuur maar daarmee niet in strijd, en dus wel efficiënter. De studenten waren meestal in staat meerdere onzekere factoren tegelijk correct te hanteren als dat nodig was.

Bij de oscilloscoop werden veel minder correcte redeneringen en alleen een verborgen structuur aangetroffen. De studenten waren niet in staat meer dan één onzekere factor te hanteren.

Geconcludeerd wordt dat bij de overgang naar een nieuw kennisdomein zowel de structuur van het redeneren verandert als de toegang ertoe minder wordt. Met name de vaardigheid in het hanteren van onzekere aspecten vermindert.

De implicaties voor de verwerving van metacognitieve (redeneer)vaardigheden zijn de volgende *ontwerpregels* en hun concrete operationele vorm:

Operationele ontwerpregels: verbetering van de structuur van een aanwezige metacognitieve domeinstrategie.

- Maak een verborgen structuur meer consistent; bijvoorbeeld door de studenten met elkaar te laten discussiëren over hoe ze tot hun antwoorden komen.
- Maak een empirische structuur meer expliciet; bijvoorbeeld door de studenten in grotere of kleinere groepen te laten formuleren volgens welke systematiek ze tot hun antwoord komen;
- Benadruk de theoretische structuur door het gebruik van theoretische hulpmiddelen; bijvoorbeeld door het gebruik van waarheidswaarden en de waarheidstabel te demonstreren om tot een antwoord te komen; door het gebruik van variabelen en formules om realistische problemen op te lossen.
- Demonstreer in een nieuw domein de wijze van redeneren (en rekenen) met de vakinhoud. Dit is in hoor- en werkcolleges gebruikelijk, en wordt niet apart in het proefschrift genoemd.

De ontwikkeling van metacognitie in onderwijs

De voorgaande resultaten worden vervolgens gebruikt om metacognitieve aspecten in practicumonderwijs op te sporen en de ontwikkeling bij studenten te bestuderen (een aantal van deze aspecten zijn al als voorbeeld opgenomen in tabel 2). Het onderzochte practicum was grondig herzien wat geleid had tot een stabiele verbetering van de slaagpercentages. In dit succesvolle practicumonderwijs leerden de studenten om systematisch te experimenteren en hun meetresultaten zelf te controleren. De volgende *implementaties* van de ontwerpprincipes en regels werden gevonden:

Operationele ontwerpregels: implementatie van alle metacognitieve varianten in een nieuw domein.

- De *strategievariant* vorm geven door een expliciet geformuleerde strategie voor experimenteel onderzoek, waarin opgenomen was de eis om zelf de benodigde informatie te vergaren. De voornaamste karakteristiek van die strategie is de eis dat theoretische kennis (vaak in de vorm van berekeningen die uitkomsten voorspellen) en kennis uit waarnemingen (vaak in de vorm van meetresultaten) moeten kloppen binnen de nauwkeurigheidsgrenzen. Deze eis reguleert de handelingen van de student. De structuur van deze metacognitieve strategie werd geïntroduceerd in het eerste, bekende subdomein, waar de toegang gemakkelijk was. Vervolgens werd die toegang geoefend in een tweede, nieuw domein, en tenslotte werd de beheersing getoetst door toepassing in een nieuw, derde domein.
- De metacognitieve *taakvariant* kan de eisen omvatten om de procedures (het 'kookboek') zelf samen te stellen en de invloed van het meetinstrument op de meetresultaten te overwegen.
- De metacognitieve *kennisvariant* implementeren via de structuur van de kennis (coherentie), de relaties tussen woorden, formules en schema's (opgevat als verschillende representaties van hetzelfde begrip), en het verschil tussen waarneming en mentale voorstelling (zie voor voorbeelden Vos, 2001, hoofdstuk 4). Tevens in de eis om individueel een logboek te schrijven.
- Om metacognitieve *ervaringen* te stimuleren bevatten sommige taken contradicties in kennis, vergelijking van methoden en open opdrachten, en werken de studenten in paren.

In dit onderwijs werden alle vier de metacognitieve varianten toegepast. Hierdoor mag worden aangenomen dat ze aan elkaar werden gekoppeld en elkaars invloed versterkten. De volgorde van de taken werd op MC niveau gekenmerkt door:

Operationele ontwerpregels: instructiestrategie voor metacognitieve doelen

- Vermindering van aanwijzingen over de metacognitieve strategie na het eerste subdomein (fading)
- In het begin een hoger niveau van taken qua complexiteit dan het vereiste eindniveau in het derde subdomein (boosting)
- Feedback geven op het verslag op een moment dat de student die kan gebruiken voor het schrijven van zijn volgende verslag (just in time feedback)
- Toekennen van cijfers vanaf het begin, dus vanaf het verslag over het eerste subdomein (early goal setting).
- Dubbele sequentiëring, namelijk op cognitief en metacognitief niveau, wordt bereikt door de taken in elk subdomein te ordenen naar toenemende cognitieve complexiteit.

Een overzicht van deze elementen in het practicumonderwijs wordt gegeven in Tabel 4. Deze voorbeelden zijn niet uitputtend en ook niet voorschrijvend. Ze geven een idee hoe verschillende metacognitieve varianten gekoppeld kunnen worden in onderwijs.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat studenten niet alleen moeite hebben met het begrijpen van nieuwe cognitieve vakinhoud, maak ook moeilijkheden ondervinden doordat ze de structuur van de noodzakelijke metacognitie en de toegang daartoe nog moeten ontwikkelen. Dit kan ook gemakkelijk tot overbelasting leiden van het korte-termijn geheugen. In het systeem van dubbele sequentiëring werd gevonden dat de prestaties van matige studenten in de ontwikkeling van hun metacognitie dichter bij die van goede studenten komen. De effecten die Biemans (1989) vond (Discrepantie tussen de verworven metacognitieve kennis en het daadwerkelijk succesvol toepassen van die kennis. Het geleerde niet toepassen wanneer de leerlingen geconfronteerd werden met nieuwe leerstof) bleken in het practicumonderwijs niet op te treden.

Tabel 4.

Voorbeelden van metacognitieve varianten, het bijbehorende instructiemateriaal en de instructieprocedures. Het vak (practicum) bestaat uit drie delen: een bekend sub-domein en twee nieuwe sub-domeinen.

Metacogn. varianten	Instructievariabelen (cognitieve interacties)	Instructiemateriaal (instructiecomponenten)	Instructieprocedures (verwerkingsrelaties)
Strategie, actie (vakinhoud)	Strategie voor experimenteren	Strategisch raamwerk (informatie)	Leesopdracht + aanwijzingen; Fading over de delen
	Vergelijken van resultaten Vergelijken van methoden	Vergelijkende opdrachten Open opdrachten	Beoordeling v.d. evaluatie Beoordeling v.d. evaluatie
Taak, doel	Zelf de informatie zoeken	Informatiebronnen	Fading van verwijzingen over de delen; Informatie scheiden van opdrachten en verspreiden
	Een kookboek construeren De invloed van het meetinstrument overwegen	Huiswerk + studentenpaar Huiswerk + andere student	Samenwerking in paar Discussie in het paar
Kennis	Overzicht, samenhang	Advance organizer	Leesopdracht
	Interpersoonlijke kennis	Andere studenten	Discussie, hulp
Ervaringen	Relaties schema - circuit	Contradicties in de opdrachten	Discussie in het paar
	Relaties signaal - oscilloscoopbeeld	Contradicties in de opdrachten	Discussie in het paar
	Vergelijking prestatie en eisen	Cijfer voor het logboek	Productevaluatie
	Vergelijking proces en resultaat	Feedback op het logboek	Procesevaluatie
	Lastigheid van taken	Open opdrachten	Boosting over de delen
Strategie (instructie)	Informatie verwerken (C)	Huiswerk opdrachten	Toename in complexiteit binnen de delen.
	Nieuwe kennis verwerven (C)	Vorbereidende opdrachten	Opdrachten bouwen op elkaar verder
	Methoden vergelijken (MC)	Vergelijkende opdrachten	
	Bepaal de relatie tussen ... ; Bepaal of ... (MC)	Open opdrachten	

Discussie

In dit proefschrift wordt het begrip metacognitie en wat daarover bekend is uit (leer)psychologisch onderzoek veralgemeniseerd en toegepast op de praktijk van het hoger onderwijs. Metacognitie en

cognitie dienen te worden onderscheiden en op hun eigen wijze worden onderwezen. De verschillen worden in Tabel 5 geïllustreerd. In deze tabel staan een aantal functies van onderwijs die als instructiestrategie kunnen worden onderscheiden en toegepast. Aangezien deze functies zowel door de docent (in geleide instructie) als door de student (in zelfinstructie) kunnen worden vervuld - behalve oriënteren en oefenen wat altijd door de student moet gebeuren -, wordt vaak gesproken van onderwijsleerfuncties.

Tabel 5. Fundamentele verschillen tussen onderwijs in cognitie en metacognitie

De eerste kolom omvat een aantal functies die als instructiestrategie in het onderwijs kunnen worden onderscheiden, de tweede de implementatie daarvan voor onderwijs gericht op cognitieve doelen, de derde voor onderwijs gericht op metacognitieve doelen.

<i>Functies</i>	<i>Cognitieve doelen</i>	<i>Metacognitieve doelen</i>
Motiveren	Inzicht in de zin & het nut van kennis, vaardigheden en informatie verschaffen	De wil ontwikkelen tot oplossing van cognitieve conflicten
Doelen stellen	Expliciete (heldere) eindtermen	Impliciete (open) eindtermen
Oriënteren op metacognitie	Metacognitieve aanwijzingen voortdurend en langdurig herhalen	Metacognitieve aanwijzingen snel verminderen (fading)
Moeilijkheidsgraad doseren	Toenemende complexiteit	In het begin moeilijker opgaven dan de eindtermen vereisen (boosting)
Oprachten formuleren	Procedure voorschrijven	Procedure zelf laten samenstellen
Hulp verschaffen	Just-in-time informatie	Just-in-time feedback
Oriënteren	Docent: Demonstreren Student: Bestuderen wat opgedragen is	Docent: Scaffolding Student: Bestuderen wat nodig is
Oefenen	Student: Doen wat vereist is	Student: Kiezen wat het beste is
Vaardigheid verwerven	Individueel oefenen	Gezamenlijk oefenen
Rapporteren	Gezamenlijk formuleren	Individueel beschrijven
Evalueren	Afvinken of het gedaan is (cognitieve strategie, plan)	Checken of het de goede richting opgaat (metacognitieve strategie, check-punten)
Beoordelen	De beheersing aan het eind (in het laatste sub-domein)	De ontwikkeling van de beheersing (in opeenvolgende sub-domeinen)

In sommige vormen van onderwijs komen metacognitieve doelen meer aan de orde dan in andere. Als voorbeeld waar dit het geval is mag het profielwerkstuk in het VWO genoemd worden. Afschaffen van het profielwerkstuk zou dan ook niet bevorderlijk zijn voor de ontwikkeling van metacognitieve vaardigheden, en daarmee voor de voorbereiding op het vervolg onderwijs.

Het (hoger) onderwijs zet zich in voor de verwerving van cognitie en metacognitie. Om praktische oplossingen voor de praktijkproblemen die dit oplevert te vinden, is een goede theorie onontbeerlijk. Hopelijk draagt dit artikel hiertoe bij door de structuur die het geeft aan cognitie: een niveauverschil tussen cognitie die rechtstreeks verbonden is aan waarneming van objecten en symbolen (infocognitie) en metacognitie, die over deze cognitie gaat. Deze vormen van cognitie staan onderling in een hiërarchische relatie, kennen elk hun varianten en dienen op verschillende manieren te worden onderwezen.

Literatuur

- Biemans, H.J.A. (1989). Effecten van een metacognitief trainingsprogramma. *Tijdschrift voor Onderwijsresearch* 14(5), pp. 286-296.
- Flavell, J.H. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of? *Human Development*, 14, 272-278.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Mettes, C.T.C.W., & Pilot, A. (1980). *Over het leren oplossen van natuurwetenschappelijke problemen*. Proefschrift, niet gepubliceerd. University of Twente, Enschede.

- Miller, G.A. (1956). The magic number seven plus or minus two: Some limits on our automatization of cognitive skills. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Vos, H. (2001). *Metacognition in higher education*. Enschede: Twente University Press. Een pdf file van dit proefschrift met navigatie paneel is te vinden op het WEB, URL adres: <http://www.ub.utwente.nl/webdocs/to/1/t0000011.pdf> . (bestellen: zie de link op blz. 1 van de file).
- Vos, H. (2002). Metacognitie en cognitie in het Hoger Onderwijs. Enschede: Universiteit Twente, DINKEL-instituut, Onderwijskundig Centrum, OC-doc 02-01.
- Smith, E.E. (1989). Concepts and induction. M.I. Posner (Ed.): *Foundations of Cognitive Science*, Ch. 13, p. 501. Cambridge, MA: Bradford/ MIT Press.

Appendix A

Modellen van metacognitie en cognitie.

In Vos (2001) wordt verdedigd dat begrippen in het algemeen een samenspel van drie 'gezichtspunten' of representaties zijn, namelijk een verzameling voorbeelden, een definitie en een prototype. In de tekst van het artikel en in Vos, 2001 worden voorbeelden van metacognitie gegeven. Hierna volgen mogelijke definities en prototypes (de laatste in de vorm van modellen).

In het algemeen wordt cognitie gedefinieerd als het kennen als proces of actie (weten, kunnen, informeren) of als het vermogen om intelligentie en informatie te gebruiken bij taken. Soms duidt het aan het cognitief functioneren in zijn algemeenheid, inclusief cognitieve gevoelsmatige ervaringen. Metacognitie wordt aangeduid als cognitie over cognitie, of denken over denken. Metacognitie gaat over het kennen: het kennen van je eigen kennis, het kennen van jezelf en het kennen van anderen.

Hier worden twee niveaus in cognitie onderscheiden. We zullen beginnen met een mogelijke definitie van cognitie op het lage niveau (infocognitie).

Definitie van cognitie

Cognitie omvat

- (a) de tekens, objecten, en verschijnselen in de wereld,
- (b) de mentale voorstellingen daarvan, en
- (c) de kennis van (a) en (b) en operaties daarop, inclusief mentale operaties.

De tekens omvatten alle symbolen, de formulering van cognitieve taken, doelen, en andere informatie. De kennis van tekens omvat de betekenis van het teken. Operaties op tekens zonder verwijzing naar hun betekenis vallen onder cognitie. Zo is bijvoorbeeld het lezen en begrijpen van een tekst cognitie, maar het 'de betekenis aanzetten' van Garner (1987, p. 121) metacognitie.

Modellen van metacognitie

Een corresponderende definitie van metacognitie, die kan helpen om metacognitie en cognitie te onderscheiden, is de volgende.

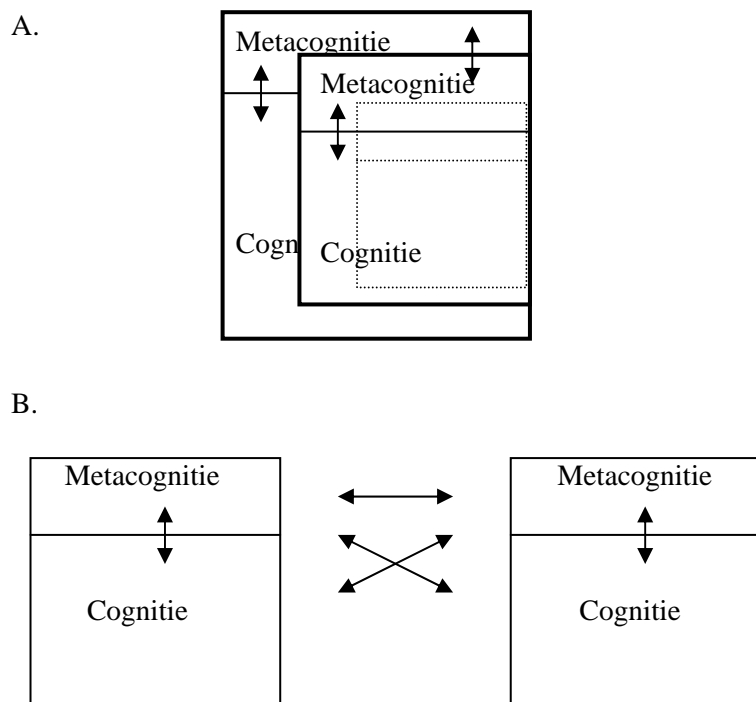
Metacognitie omvat

- (A) de tekens die kennis en operaties (c) uit de cognitie aanduiden,
- (B) de mentale voorstellingen van die tekens (naast de aangeduide cognitieve objecten (a)), en
- (C) de kennis van (A), (B) en (C), de operaties daarop en de ervaringen daarmee, die leiden tot sturing van (c).

Dit houdt in dat als tekens verwerkt worden zonder enige verwijzing naar hun betekenis, er een cognitieve operatie plaats vindt. In een metacognitieve operatie vindt een reflectie plaats op de betekenis van de tekens en worden de betekenis en de operatie op elkaar betrokken.

De belangrijkste trekken van het vermogen van metacognitie zijn dat het zowel cognitie als zichzelf kan regelen (control), dat wil zeggen observeren (monitoring) en bijstellen of sturen (regulation). Metacognitie heeft een hiërarchische positie ten opzichte van cognitie. Hij heeft vier varianten (kennis, doelen of taken, strategieën of acties, en ervaringen) die elkaar wederzijds beïnvloeden. Deze overwegingen leiden tot twee alternatieve modellen van metacognitie die beide verschillen van eerdere modellen door hun reflectieve karakter (zie Figuur 1). De interacties in dit model zijn tweezijdig, observeren in de ene richting en sturen in de andere richting.

Het eerste model is recursief, omdat metacognitie hier zichzelf stuurt zodanig dat dit model een aantal malen herhaald kan worden. Dit model lijkt op een systeem dat een onderdeel van zichzelf vormt. Het tweede model is reflectief omdat metacognitie hier een spiegelbeeld van zichzelf stuurt. Het laatste model lijkt op de scheiding van de hersenen in twee helften. Het zou interessant zijn de fysiologische basis van beide modellen na te gaan.



Figuur 1. Twee modellen van metacognitie. De dubbel gepunt pijlen representeren een sturing: een punt voor regeling (van metacognitie af wijzend) en een voor observatie (naar metacognitie toe wijzend). Figuur A stelt een recursief model voor: het buitenste model kan zich in onze voorstelling herhalen als het binnenste model, enzovoort. Figuur B stelt een reflectief model voor: metacognitie kan een spiegelbeeld van zichzelf sturen.