

Submicro of macro? Metacognitieve opvattingen van VWO-leerlingen en de wijze waarop zij het vak scheikunde benaderen

Rutger van de Sande¹, Koen Emmen³, Jan de Gruijter³, Geeske van Hoeve-Brouwer¹ en Johan van der Sanden²

¹ Technische Universiteit Eindhoven - TULO

² Technische Universiteit Eindhoven - TULO & Fontys PTH Eindhoven

³ Fontys Lerarenopleiding Tilburg

Samenvatting

In dit artikel wordt verslag gedaan van een exploratief onderzoek naar de relatie tussen metacognitieve opvattingen van leerlingen in 3, 4 en 6 VWO enerzijds en hun oriëntatie ten aanzien van de scheikunde anderzijds. In verband hiermee is een onderscheid gemaakt tussen een macro- en een submicro-oriëntatie. Wat betreft de metacognitieve opvattingen is door middel van vragenlijsten informatie verzameld omtrent de op scheikunde betrekking hebbende leerconcepties, epistemologische opvattingen en doeloriëntaties van de leerlingen. Met behulp van principale componenten analyses is nagegaan hoe deze variabelen onderling samenhangen, waarbij "competentiegerichtheid" als eerste factor naar voren kwam. Kenmerkend voor de huidige scheikundemethoden is dat wordt uitgegaan van het macro-aspect. Het is daarom niet verwonderlijk dat een ruime meerderheid van de leerlingen in de door hen geproduceerde concept maps blijk gaf van een macro-oriëntatie. Op grond van hun scores op de factor "competentiegerichtheid" werden de leerlingen ingedeeld in twee categorieën. Vooral de meer competentiegerichte 6 VWO-leerlingen bleken vaak een submicro-oriëntatie te vertonen. Verondersteld wordt dat meer competentiegerichte leerlingen de neiging hebben 'heen-en-weer te denken' tussen het macro- en het submicro-aspect. Het verdient aanbeveling in het scheikundeonderwijs meer aandacht te schenken aan het leren "heen-en-weer" te denken, omdat deze competentie als essentieel voor de scheikunde kan worden beschouwd.

1. Inleiding

Metacognitieve opvattingen van leerlingen over scheikunde

Naar het leren van begrippen in de natuurwetenschappen in het algemeen en naar het leren van chemische begrippen in het bijzonder, is veel onderzoek gedaan. Onder invloed van het (sociaal-) constructivisme is de essentiële rol die voorkennis hierbij speelt opnieuw in het centrum van de belangstelling komen te staan. Van der Sanden, Terwel en Vosniadou (2001) merken hierover het volgende op: "This revitalized interest can be mainly attributed to the constructivist position that learning should be basically seen as the process of elaborating and restructuring prior knowledge [...]. Not only formal school-based knowledge is considered, but also more tacit types of knowledge, which may express themselves as ideas, beliefs, opinions, images or naive theories are taken into account" (op. cit., p. 121-122). Onder voorkennis wordt door hen dus meer verstaan dan de vakinhoudelijke preconcepties die

leerlingen hebben: ook metacognitieve opvattingen van leerlingen zijn in belangrijke mate bepalend voor de leerstrategieën die zij hanteren en daarmee ook voor de daaruit voortvloeiende leereffecten. Boekaerts en Simons (1995) definiëren metacognitieve opvattingen als "relatief algemene, brede ideeën die mensen hebben over cognities en leren." (p. 85). Toegespitst op scheikunde en scheikundeonderwijs gaat het in dit verband onder meer over ideeën die leerlingen hebben over scheikundige kennis en over het leren van scheikunde. In het bijzonder zijn we geïnteresseerd in de op scheikunde betrekking hebbende epistemologische opvattingen, leerconcepties en doeloriëntaties.

Met epistemologische opvattingen worden de opvattingen van leerlingen over de aard van scheikundige kennis bedoeld. Het betreft dan onder meer opvattingen van leerlingen over de mate waarin scheikundige kennis een coherent geheel vormt en de betekenis van scheikundige kennis voor het dagelijks leven. Schommer (1990) komt op basis van een onderzoek naar opvattingen van studenten over de aard van kennis tot een set van vier factoren. Het meetinstrument dat Schommer gebruikte (de Epistemological Questionnaire; EQ) is door ons in het kader van een eerder uitgevoerd onderzoek zodanig aangepast dat epistemologische opvattingen van leerlingen over scheikunde werden gemeten in plaats van algemene epistemologische opvattingen. (Van de Sande et al., 2001). Daarbij hebben we ook gebruik gemaakt van andere instrumenten die epistemologische opvattingen over scheikunde of over natuurwetenschappen meten. Het betreft de 'Epistemological Beliefs Assessment for Physical Science' (EBAPS; Elby, 2001), de 'Maryland Physics Expectations Survey' (MPEX; Redish, Saul & Steinberg, 1998) en de 'Views About Sciences Survey' (VASS; Halloun & Hestenes, 1998).

De noties en ideeën die leerlingen hebben over hoe scheikunde geleerd moet worden, noemen we leerconcepties. Vermunt (1992) rekent leerconcepties (ofwel mentale leermodellen) tot het overkoepelende begrip 'leerstijl' waartoe hij ook motivationele aspecten (leeroriëntaties) rekent. Daarnaast maken habituele cognitieve verwerkingsstrategieën en metacognitieve regulatiestrategieën deel uit van het begrip leerstijl zoals gehanteerd door Vermunt (zie ook Ten Dam, Severiens, & Vermunt, 1999). In een eerder onderzoek is een op de ILS-VO (Inventaris Leerstijlen – Voortgezet Onderwijs) van Vermunt gebaseerd meetinstrument gebruikt om aan het schoolvak scheikunde gerelateerde leerconcepties van leerlingen in de derde klas van het VWO in kaart te brengen (Van de Sande et al., 2001).

Naast het in kaart brengen van de (verschillen in) epistemologische opvattingen en leerconcepties van leerlingen, kunnen de doelen die zij zich met betrekking tot scheikunde stellen, worden bestudeerd om een beeld te krijgen van "what actually goes on in students' minds when they are in learning situations" (Ng & Bereiter, 1991). Ames (1992) onderscheidt twee soorten doelen die leerlingen zich stellen bij het leren. Aan de ene kant zijn dat prestatiedoelen die vooral voortkomen uit extrinsieke motivatie en waarbij de leerling zich richt op het leveren van een waarneembare prestatie (bijvoorbeeld het halen van een voldoende voor een proefwerk of het beter kunnen beantwoorden van vragen dan de andere leerlingen). Anderzijds gaat het om doelen waarbij een leerling erop gericht is zich de leerinhouden eigen te maken. Het construeren van persoonlijke kennis is dan een doel op zich in plaats van een middel om een prestatie te kunnen leveren.

In een eerder door ons uitgevoerd onderzoek werden drie typen doeloriëntaties gevonden bij leerlingen in 3 VWO: taakvermijding, ego-oriëntatie en

taakoriëntatie (Van de Sande et al., 2001). De eerste twee kunnen gerekend worden tot de prestatiedoelen. Typerend voor de laatste doeloriëntatie is dat de leerling primair gericht is op kennisconstructie.

Samenhang tussen metacognitieve opvattingen: competentiegerichtheid

In het eerder genoemde onderzoek naar metacognitieve opvattingen die leerlingen hebben over scheikunde (Van de Sande et al., 2001) is nagegaan welk verband er is tussen leerconcepties, epistemologische opvattingen en doeloriëntaties. Een principale componenten analyse wees uit dat betekenisgerichte leerconcepties gepaard gaan met constructivistische kennisopvattingen en op persoonlijke kennisconstructie gerichte doeloriëntaties. Deze samenhang verwijst naar een competentiegerichte instelling, waarbij de ontwikkeling van de "persoonlijke bekwaamheid tot handelen en leren" (Kessels, 1996; Van der Sanden, 2001) centraal staat. In tabel 1 staan enkele voorbeelden van gebruikte items.

Tabel 1. Voorbeelden van metacognitieve opvattingen van meer competentiegerichte leerlingen.

type metacognitieve opvatting	voorbeelditem
epistemologische opvattingen	<ul style="list-style-type: none"> • Je eigen ervaringen kunnen je soms helpen om scheikunde te begrijpen. • Het is erg gemakkelijk om in te zien wat de verschillende onderwerpen in het scheikundeboek met elkaar te maken hebben.
leerconcepties	<ul style="list-style-type: none"> • Om goed te worden in scheikunde moet je vooral zelf verbanden zoeken in de leerstof. • Om goed te worden in scheikunde moet je vooral uit jezelf proberen om voorbeelden te bedenken bij de leerstof.
doeloriëntaties	<ul style="list-style-type: none"> • Ik voel me als leerling scheikunde heel geslaagd als de scheikundestof me prikkelt om er meer over te weten. • Ik voel me als leerling scheikunde heel geslaagd als ik actief bezig ben met scheikunde.

Om een indicatie te krijgen van de betrouwbaarheid van deze factor is de interne consistentie van de factor bepaald door Cronbachs α voor de desbetreffende items te berekenen ($\alpha = .77$). Met betrekking tot de (inhouds-) validiteit van de gebruikte vragenlijst kan worden gesteld dat deze vermoedelijk vrij hoog is omdat bij het ontwikkelen gebruik is gemaakt van meerdere, veelgebruikte meetinstrumenten.

Drie aspecten van scheikundige kennis: de 'chemistry triangle'

We veronderstellen dat (de eerder genoemde) metacognitieve opvattingen invloed hebben op de manier waarop leerlingen chemische competenties ontwikkelen. Een belangrijke chemische competentie is het vermogen 'heen-en-weer' te denken tussen verschillende aspecten van de chemie. Johnstone (2000) onderscheidt drie aspecten van de chemie. Hij beschrijft deze aspecten aan de hand van wat hij de 'chemistry triangle' noemt. De chemistry triangle verwijst naar de volgende drie aspecten van de chemie:

1. Het "macro"-aspect: het gaat hier om kennis van direct waarneembare verschijnselen;

2. Het “submicro”-aspect¹: het betreft hier kennis van submicroscopische deeltjes (moleculen, atomen, ionen) en
3. Het “representational” aspect: dit betreft kennis van de wijze waarop scheikundige objecten en processen worden weergegeven. Daarbij valt te denken aan representatievormen als symbolen, formules, vergelijkingen en grafieken.

In het scheikundeonderwijs (voor het VWO) wordt zelden expliciet ingegaan op dit onderscheid. Johnstone (2000) stelt dat, hoewel ervaren docenten zonder problemen kunnen ‘heen-en-weer-denken’ tussen de verschillende aspecten, leerlingen daar erg veel moeite mee hebben. Blijkbaar is het vermogen om te gaan met deze drie aspecten een competentie die karakteristiek genoemd kan worden voor het denken en werken in de chemie (en het chemieonderwijs). Hondebrink (1980) zegt daarover: “Wij docenten hebben ons zo veel jaren met de chemie beziggehouden dat wij hier geen moeite mee hebben. Wij kunnen moeiteloos ‘heen-en-weer-denken’ tussen de waarneembare wereld en de deeltjeswereld.”

In het hier beschreven onderzoek zijn we met name geïnteresseerd in de rol van de verschillende aspecten van de chemistry triangle in het chemisch denken van leerlingen. Daarbij beperken we ons tot de eerste twee aspecten van de driehoek (macro en submicro). Volgens Johnstone (1993) hebben leerlingen vanuit hun eigen ervaringen meer kennis van het macro-aspect van de scheikunde. Hij pleit derhalve voor een opbouw van het scheikundeprogramma waarbij primair uit wordt gegaan van het macro-aspect: “Begin where the students are. From an information processing point of view, begin with things that they will perceive as interesting and familiar so that there are already anchorages in their long term memory on which to attach the new knowledge.” (Johnstone, 2000).

De meeste scheikundemethoden voor het voortgezet onderwijs houden in grote lijnen een dergelijke ordening aan. Het zou daarom voor de hand liggen dat leerlingen in hun chemisch denken uitgaan van het macro-aspect bij het leggen van relaties tussen het macro en submicro-aspect. Leerlingen verschillen zoals gezegd echter in de metacognitieve opvattingen die zij hebben over scheikunde en dientengevolge mogelijk in de manier waarop zij denken over de verbanden tussen macro- en submicro-begrippen. Mogelijk hanteert een relatief kleine groep leerlingen daarom het submicro-aspect als uitgangspunt. Dit veronderstelde verschil in het uitgangspunt (macro of submicro) van leerlingen beschrijven we met de termen ‘macro-oriëntatie’ en ‘submicro-oriëntatie’. Deze twee termen definiëren we als volgt:

- macro-oriëntatie: kenmerkend voor leerlingen met een macro-oriëntatie is dat bij het beschrijven van relaties tussen begrippen die betrekking hebben op het submicro-aspect en het macro-aspect van de scheikunde, het macro-aspect als uitgangspunt dient.
- submicro-oriëntatie: kenmerkend voor leerlingen met een submicro-oriëntatie is dat bij het beschrijven van relaties tussen begrippen die betrekking hebben op het submicro-aspect en het macro-aspect van de scheikunde, het submicro-aspect als uitgangspunt dient.

We verwachten dat het merendeel van de leerlingen macro-georiënteerd is. Daarnaast verwachten we echter dat meer competentiegerichte leerlingen relatief vaak submicro-georiënteerd zijn. Dit vanwege hun gerichtheid op diepteverwerking en hun geneigdheid om betekenisvolle relaties te leggen tussen verschillende aspecten (Vermunt, 1992).

Onderzoeksvragen

In dit artikel wordt verslag gedaan van een onderzoek naar het verband tussen metacognitieve opvattingen van leerlingen over scheikunde (met name competentiegerichtheid) enerzijds en de oriëntatie van die leerlingen ten aanzien van het macro- en het submicro-aspect van de scheikunde anderzijds. Voor zover ons bekend, is er nog geen onderzoek gedaan naar de relatie tussen metacognitieve opvattingen van leerlingen over scheikunde en hun submicro- of macro-oriëntatie. Zo'n onderzoek zou echter nuttige informatie kunnen verschaffen over de wijze waarop leerlingen scheikunde leren en de rol van metacognitieve opvattingen daarbij. In dit onderzoek richten we ons op de volgende onderzoeksvragen:

1. Is het met de in dit onderzoek gebruikte methode mogelijk onderscheid te maken tussen leerlingen die een macro- en leerlingen die een submicro-oriëntatie hebben?
2. Is er een verband tussen de oriëntatie van leerlingen (macro of submicro) en hun leerjaar (3, 4 of 6 VWO)?
3. Geven meer competentiegerichte leerlingen in 3, 4 en 6 VWO vaker blijk van een submicro-oriëntatie dan minder competentiegerichte leerlingen?

2. Methode

Procedure

Leerlingen die aan het onderzoek deelnamen, kregen tegen het eind van het schooljaar (maart of april 2002) drie vragenlijsten voorgelegd. Op basis van de ingevulde vragenlijsten werd voor elke leerling met behulp van het statistische softwarepakket SPSS een factorscore berekend voor de factor 'competentiegerichtheid'. (Voor een bespreking van het berekenen van factorscores met SPSS, zie bijvoorbeeld Norusis, 1992, p. 73.)

Vervolgens werden twee groepen leerlingen geselecteerd om deel te nemen aan een vervolgonderzoek. De ene groep bestond uit leerlingen die het hoogst scoorden op de factor 'competentiegerichtheid'. Dit zijn de leerlingen die gericht zijn op onder meer het zoeken naar structuur in de leerinhouden, het leggen van verbanden en het begrijpen van centrale begrippen. De andere groep bestond uit leerlingen die juist het laagst op die factor scoorden. Een tweede criterium bij de selectie van leerlingen was dat van elk leerjaar (zie 'Respondenten') tenminste vijf hoog- en vijf laagscorenden dienden te worden geselecteerd.

Het vervolgonderzoek vond plaats in een klaslokaal op de desbetreffende scholen. Het werd uitgevoerd met groepen van maximaal negen leerlingen tegelijkertijd. De leerlingen werd gevraagd concept maps te construeren aan de hand van de volgende stappen.

1. De leerlingen kregen een korte introductie over het doel van het onderzoek. Daarbij werd hun een voorbeeld getoond van een concept map over een onderwerp uit de biologie.
2. De door de leerlingen te volgen procedure werd met de gehele groep stapsgewijs doorlopen waarna leerlingen de kans kregen vragen te stellen over de procedure.

3. De leerlingen kregen ieder een beschrijving van de te volgen procedure op papier (zie figuur 1) en mochten aansluitend beginnen met het construeren van een concept map.

1. Je krijgt zo meteen een stapel kaartjes waarop scheikundige begrippen staan vermeld. Op twee kaartjes staat niets. (Deze lege kaartjes kun je bij stap 7 eventueel gebruiken.)
2. Maak twee stapeltjes van de kaartjes. Op het linkerstapeltje leg je het kaartje met het begrip 'element' en de kaartjes met de voor jou bekende begrippen. Op het rechterstapeltje leg je kaartjes met voor jou onbekende begrippen en kaartjes met begrippen die volgens jou niets te maken hebben met de andere kaartjes.
3. Leg de kaartjes van het linkerstapeltje op het vel papier dat op je tafel ligt. Verdeel deze kaartjes over het vel papier. Maak een verdeling die voor jou logisch is. Kaartjes die direct met elkaar te maken hebben, horen dicht bij elkaar te liggen, terwijl kaartjes die minder met elkaar te maken hebben juist wat verder van elkaar moeten liggen.
4. Als je tevreden bent met je indeling kun je de kaartjes op het papier vast plakken.
5. Trek lijntjes tussen die kaartjes waarvan jij denkt dat ze met elkaar te maken hebben. Je mag zoveel lijntjes tekenen als je wilt. Schrijf op elk lijntje de relatie tussen de kaartjes die jij met elkaar verbonden hebt. Maak van de lijntjes pijltjes zodat je kunt zien in welke richting je de relatie moet lezen.
6. Controleer of je de kaartjes met de onbekende begrippen van stap 2 (het rechterstapeltje) nu wel aan jouw indeling kunt toevoegen. Als dat inderdaad mogelijk is kun je deze er alsnog bijtekenen.
7. Als er nog begrippen zijn die jij belangrijk vindt dan kun je deze op de blanco-kaartjes schrijven en aan je indeling toevoegen.
8. Onderstreep de begrippen die jij het belangrijkste vindt.

Figuur 1. Samenvatting van de instructies die leerlingen kregen bij het concept map-onderzoek.

Respondenten

Bij het onderzoek zijn 241 leerlingen uit de derde, vierde en zesde klas van het VWO betrokken. Om praktische redenen hebben geen leerlingen uit 5 VWO aan het onderzoek deelgenomen. De deelnemende leerlingen zijn afkomstig van drie verschillende scholen (A, B en C; zie tabel 2). Deze steekproef bestond uit 117 jongens (48.5%) en 124 meisjes (51.5%).

Tabel 2. Verdeling van het aantal deelnemende leerlingen over de scholen en de leerjaren.

		scholen			totaal
		A	B	C	
leerjaar	3 VWO	64	45	39	148
	4 VWO	49	0	18	67
	6 VWO	14	0	12	26
	totaal	127	45	69	241

Van de leerlingen die de vragenlijsten hadden ingevuld, zijn er (zoals hiervoor is uiteengezet) 52 geselecteerd voor het concept map-onderzoek. Zoals is te zien in tabel 3 bestond deze selectie bestond uit 27 jongens (51.9%) en 25 meisjes (48.1%). Vanwege praktische overwegingen werden geen leerlingen van school B geselecteerd.

Tabel 3. Het aantal respondenten bij het concept map-onderzoek per school en leerjaar.

		scholen		totaal
		A	C	
leerjaar	3VWO	12	11	23
	4VWO	12	5	17
	6VWO	7	5	12
	totaal	31	21	52

Identificatie van centrale begrippen in de derde klas VWO

Om in kaart te kunnen brengen van welk aspect leerlingen uit verschillende leerjaren van het VWO uitgaan bij het leggen van relaties tussen begrippen behorende tot het macro- en het submicro-aspect van de scheikunde, diende eerst te worden geïnventariseerd welke begrippen enerzijds centraal staan in het huidige scheikundeprogramma en anderzijds tot de basiskennis van leerlingen in de tweede fase maar vooral van leerlingen in 3 VWO gerekend mogen worden. Deze inventarisatie vond plaats aan de hand van twee veelgebruikte scheikundemethoden voor de derde klas (HAVO en) VWO:

- De vijfde druk van 'Chemie 3 havo/vwo' (Pieren et al., 1995)
- De vierde druk van 'Chemie Overal: scheikunde voor de derde klas havo/vwo 3 HV' (Franken et al., 2000)

Hoewel deze twee methoden van elkaar verschillen in didactische opbouw van de leerinhouden, worden in beide methoden veelal dezelfde begrippen behandeld. Beide lesmethoden zijn dan ook (direct of indirect) voortgekomen uit het "Leerplan scheikunde voor 3-vwo" (Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde, 1977). Opvallend is echter dat op enkele punten verschillende betekenissen aan een gehanteerd begrip worden toegekend of dat een begrip in één van de twee methoden veel minder nadruk krijgt. Een voorbeeld van het eerstgenoemde verschil is de definitie die in de methoden wordt gegeven van 'element'. In 'Chemie Overal' wordt dit als volgt omschreven: "Een andere naam voor een niet-ontleedbare stof is element." (p. 52). Deze betekenis van 'element' heeft betrekking op het macroaspect van de chemistry triangle. In 'Chemie' is daarentegen het volgende te vinden: "[...] atoomsoorten, ook wel *elementen* genoemd." (p. 113). In deze formulering heeft de betekenis van 'element' betrekking op het submicro-aspect. Een voorbeeld van het laatstgenoemde verschil is de plaats van het begrip 'verbinding'. Dit begrip wordt weliswaar in beide methoden gebruikt maar in 'Chemie overal' wordt het geïntroduceerd als synoniem voor het begrip 'ontleedbare stof' wanneer dat laatste begrip wordt geïntroduceerd (p. 53). In 'Chemie' daarentegen is het begrip 'verbinding' niet opgenomen in het register en wordt het slechts één maal tussen haakjes genoemd in een schema: "ontleedbare stoffen (= verbindingen)" achteraan in de methode (p. 214).

Bij de selectie van centrale begrippen stelden we de eis dat deze al in 3 VWO aan bod dienden te komen. Allereerst zijn alle begrippen die in beide lesmethoden worden gebruikt, geselecteerd. Vervolgens hebben we hieruit een selectie gemaakt van dertien begrippen, die door ons als centraal worden beschouwd voor het VWO-scheikundecurriculum. Deze selectie leverde de

volgende begrippen: 'atoom', 'element', 'materie', 'mengsel', 'molecuul', 'niet-ontleedbare stof', 'ontleedbare stof', 'periodiek systeem', 'reactie' (in de betekenis van 'chemische reactie'), 'stof', 'symbool', 'verbinding' en 'zuivere stof'. Dit is de set begrippen zoals gebruikt in het concept map-onderzoek.

De geselecteerde begrippen kunnen worden geclassificeerd aan de hand van de genoemde 'chemistry triangle' van Johnstone (2000) zoals weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. Geselecteerde centrale begrippen uit de schoolscheikunde ingedeeld aan de hand van de 'chemistry triangle' (Johnstone, 2000).

macro	submicro	representational
materie	atoom	symbool
mengsel	molecuul	
niet-ontleedbare stof		
ontleedbare stof		
stof		
verbinding		
zuivere stof		
----- element -----		
----- reactie -----		

In deze tabel zijn de begrippen 'element' en 'reactie' op een bijzondere manier opgenomen omdat zij op meerdere plaatsen in de 'chemistry triangle' kunnen worden geplaatst. 'Element' is namelijk een begrip dat, zoals hierboven al gezegd, zowel op het submicro- als op het macro-aspect betrekking heeft (in de vorm van respectievelijk atoomsoort en niet-ontleedbare stof). De verschillende betekenissen die aan 'element' worden toegeschreven leidden overigens ruim twintig jaar geleden al tot discussie in het blad Faraday (Umans, 1980; Hondebrink, 1980; Verhagen & Slits, 1981). Daarbij werd uitgegaan van een beschrijving van de geschiedenis van het element door Hooykaas (1981; herdruk van een artikel uit 1948) in datzelfde tijdschrift.

Voor 'reactie' geldt dat dit voor alle drie de aspecten van de driehoek een betekenis heeft (het verdwijnen van beginstoffen en ontstaan van reactieproducten; het herschikken van atomen; de pijl in reactieschema's).

Dataverwerking

Elk van de 52 concept maps is door drie beoordelaars (twee onderzoekers op het terrein van de Bètadidactiek en één scheikundedocent) geclassificeerd als één van de volgende vier typen:

1. Concept maps waaruit een macro-oriëntatie van de leerling spreekt.
2. Concept maps waaruit een submicro-oriëntatie van de leerling spreekt.
3. Concept maps waaruit zowel een macro- als een submicro-oriëntatie van de leerling spreekt.
4. Concept maps die niet zijn in te delen in één van de eerste drie categorieën.

Bij het beoordelen van de concept maps, is gekeken naar de door de leerling gelegde relaties tussen submicro- en macro-begrippen. Vervolgens werd de richting van de relatie (van macro naar submicro of andersom) bepaald aan de hand van de omschrijving van die relatie die door de leerling is gegeven. Voorbeelden van gelegde relaties die wijzen op een submicro-oriëntatie zijn: "Moleculen vormen ontleedbare stoffen" (respondent 27) en "Als moleculen

met elkaar reageren, kan je een mengsel krijgen" (respondent 51). Voorbeelden relaties die wijzen op een macro-oriëntatie zijn: "Een voorwerp is van een bepaald soort stof. Deze stof bestaat uit moleculen" (respondent 9) en "Materie bestaat uit (meerdere) moleculen" (respondent 30).

In 34 van de 52 gevallen werden de concept maps door alle drie de beoordelaars in dezelfde categorie geplaatst. In 17 gevallen waren twee van de drie beoordelaars het eens en werd de door hen gekozen categorie aangehouden. In één geval gaven de drie beoordelaars ieder een andere categorie aan. Deze concept map is aanvullend door twee andere beoordelaars bekeken en op basis daarvan ingedeeld in de vierde categorie.

3. Resultaten

Is het met de in dit onderzoek gebruikte methode mogelijk onderscheid te maken tussen leerlingen die een macro- en leerlingen die een submicro-oriëntatie hebben?

Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat het mogelijk is om leerlingen op basis van de door hen geconstrueerde concept maps te typeren als macro- of submicro-georiënteerd. Het blijkt dat een ruime meerderheid van de leerlingen macro-georiënteerd is (tabel 5). Dertien leerlingen vertonen echter een submicro-oriëntatie (al dan niet in combinatie met een macro-oriëntatie).

Tabel 5. Frequentieverdeling van de verschillende oriëntaties.

categorie	frequentie	percentage
macro-oriëntatie	36	69%
submicro-oriëntatie	3	6%
macro- & submicro-oriëntatie	10	19%
overige	3	6%
totaal	52	100%

Is er een verband tussen de oriëntatie van leerlingen (macro of submicro) en hun leerjaar (3, 4 of 6 VWO)?

Uitsplitsing van de in tabel 5 weergegeven frequentieverdeling naar de bij het concept map-onderzoek betrokken leerjaren (3, 4 en 6VWO) levert de volgende kruistabel op (tabel 6):

Tabel 6. Oriëntaties van leerlingen per leerjaar.

		oriëntatie			totaal
		macro	submicro (evt. met macro)	overige	
leerjaar	3	18 78.3%	4 17.3%	1 4.3%	23 100.0%
	4	11 64.7%	4 23.5%	2 11.8%	17 100.0%
	6	7 58.3%	5 41.7%	0 0%	12 100.0%
totaal		36 69.2%	13 25.0%	3 5.8%	52 100.0%

In deze tabel zijn de leerlingen met een submicro-oriëntatie en de leerlingen met zowel een submicro- als een macro-oriëntatie als één groep weergegeven. Het percentage leerlingen met een submicro-oriëntatie neemt bij deze

steekproef toe naarmate het leerjaar hoger is. Voor alle leerjaren geldt echter wel dat een meerderheid van de betrokken leerlingen een macro-oriëntatie heeft.

Is er een verband tussen de competentiegerichtheid van leerlingen in 3, 4 en 6 VWO en het hebben van een submicro- of een macro-oriëntatie?

Uit tabel 7 is af te leiden dat er bij de betrokken meer competentiegerichte leerlingen vaker sprake is van een submicro-oriëntatie dan bij de minder competentiegerichte leerlingen (Pearson $\chi^2 = 4.381$; $p = .036$).

Het uitsplitsen van tabel 7 naar leerjaar heeft tot gevolg dat er 12 subgroepen van leerlingen ontstaan. Dit betekent dat het aantal leerlingen per subgroep erg klein wordt. Toch kan gesteld worden dat de betrokken meer competentiegerichte 6 VWO'ers vaker dan de minder competentiegerichte 6 VWO'ers blijken te geven van een submicro-oriëntatie (Fishers Exact Test; $p = .048$).

Tabel 7. Macro- of submicro-oriëntatie en competentiegerichtheid.

	oriëntatie		totaal
	macro	submicro (evt. met macro)	
meer competentiegericht	14 60.9%	9 39.1%	23 100.0%
minder competentiegericht	21 87.5%	3 12.5%	24 100.0%
totaal	35 74.5%	12 25.5%	47 100.0%

4. Discussie

Uit de hiervoor gepresenteerde resultaten komt naar voren dat een kwart van de leerlingen die aan het onderzoek deelnamen, het submicro-aspect (mede) als uitgangspunt gebruikt bij de constructie van de concept maps. Het merendeel van de leerlingen gaat dus uit van het macro-aspect. Verder geven de betrokken meer competentiegerichte 6 VWO-leerlingen relatief vaak blijken van een submicro-oriëntatie. Voor de leerlingen uit 3 en 4 VWO geldt dit niet. Daarbij dient nogmaals te worden opgemerkt dat de uiteindelijke subgroepen dermate klein waren dat hieruit geen verregaande conclusies kunnen worden getrokken. Om beter generaliseerbare resultaten te kunnen verkrijgen, is het nodig het onderzoek te herhalen met een grotere steekproef.

Reactie, element en 'heen-en-weer denken'

Zoals gezegd, was het noodzakelijk om voorafgaand aan de dataverzameling, vast te stellen welke begrippen centraal staan in het huidige VWO-scheikundecurriculum. Bij het selecteren van begrippen en het plaatsen van die begrippen in de chemistry triangle viel op dat de begrippen 'reactie' en 'element' moeilijk te plaatsen zijn omdat zij op meer dan één aspect daarvan betrekking hebben. 'Reactie' heeft binnen alledrie aspecten van de driehoek betekenis en 'element' heeft door de jaren heen verschillende betekenissen gekregen die afwisselend betrekking hebben op het submicro- en het macro-aspect van de chemistry triangle (zie bijvoorbeeld Hooykaas, 1981). Ervan uitgaande dat het vermogen vanuit de verschillende perspectieven (behorende bij de aspecten van de chemistry triangle) naar scheikundige vraagstukken te kijken een centrale chemische competentie is, kan gesteld worden dat juist

deze kernbegrippen een centrale plaats in het scheikundeprogramma zouden moeten hebben. Voor beide begrippen geldt immers dat zij in het scheikundeonderwijs kunnen worden gebruikt om leerlingen een begin te laten maken met het 'heen-en-weer denken' door hen deze begrippen vanuit de verschillende perspectieven te laten ervaren. Daarbij vragen we ons verder af in hoeverre het expliciet aanbieden van de chemistry triangle als leidraad in het scheikundeprogramma, leerlingen zou kunnen helpen om scheikunde te leren.

Over het gebruik van de chemistry triangle

De chemistry triangle biedt een bruikbaar kader waarbinnen een vakstructuur van (het schoolvak) scheikunde beschreven kan worden. Daarbij dient echter te worden opgemerkt dat in de huidige discussie over de vernieuwing van het scheikunde curriculum in Nederland scheikunde breder wordt opgevat dan met de chemistry triangle beschreven wordt. Evenals Johnstone worden bijvoorbeeld de alledaagse ervaringen van leerlingen met scheikundige verschijnselen veelal als het aangewezen startpunt van scheikundeonderwijs beschouwd (zie voor voorbeelden van thema's Bulte et al., 2002). In de Nederlandse situatie wordt echter in het algemeen onderscheid gemaakt tussen een wetenschappelijke context (waartoe het macro-aspect van de scheikunde behoort) en een maatschappelijke of alledaagse context (vgl. Van Aalsvoort, 2000).

Dat begrippen die tot het macro-aspect van de scheikunde gerekend worden, niet noodzakelijk betekenis hebben in een alledaagse context, kan worden verduidelijkt aan de hand van het begrip 'stof'. Het verschil tussen een mengsel en een zuivere stof is voor niet-chemici niet een onderscheid dat zij vanuit hun eigen ervaringen kunnen maken. In 'Chemie' wordt in paragraaf 1.3 "Zuivere stoffen" dan ook onder meer gesteld: "Het onderscheid tussen een mengsel en een zuivere stof is soms wel, maar lang niet altijd te zien. (Pieren et al., 1995, p. 24). In 'Chemie Overal' staat hierover: "Zuivere stoffen bestaan eigenlijk alleen maar op papier." (Franken et al., 2000, p. 76).

Metacognitieve opvattingen, kennis en vaardigheden

Met de invoering van de Tweede Fase en het Studiehuis in de bovenbouw van het HAVO en het VWO is de aandacht voor het leren van vaardigheden sterk toegenomen. Dat blijkt uit het beroep dat wordt gedaan op de vaardigheden van leerlingen bij het maken van praktische opdrachten en het profielwerkstuk. De mate waarin leerlingen vaardigheden kunnen verwerven en aanwenden (binnen het schoolvak scheikunde), is echter afhankelijk van de onderliggende kennis van deze leerlingen. Uit een onderzoek van Francisco et al. (2002) naar de rol die de kennis van leerlingen speelt bij het oplossen van complexe scheikundeopgaven, blijkt: "Conceptual understanding appears to be a factor in the performance of students on assessments when complex, multistep algorithmic questions are asked in the assessment." Juist de verwevenheid van kennis en vaardigheden kan als kenmerkend worden beschouwd voor het vermogen om competent te handelen in relevante situaties. We tekenen hierbij verder aan dat er van betekenis- en competentiegerichte metacognitieve opvattingen van leerlingen een belangrijke sturende invloed uitgaat op de leeractiviteiten die zij ontplooien en de competenties die zij ontwikkelen. Een onderzoek naar metacognitieve opvattingen van leerlingen en hun scheikundige kennis enerzijds en de probleemoplossingvaardigheden en geprefereer-

de leeractiviteiten van die leerlingen met betrekking tot scheikunde anderzijds, zou een logisch vervolg vormen op het hier beschreven onderzoek.

Correspondentie over dit artikel aan Rutger van de Sande. TULO, Technische Universiteit Eindhoven. Postbus 516, 5600 MB Eindhoven. Email: r.a.w.v.d.sande@tue.nl.

Noten

1. In plaats van 'submicro' wordt ook wel 'micro' gebruikt. In dit artikel kiezen we echter voor het eerstgenoemde begrip omdat 'micro', hoewel vaak gebruikt, verwarrend zou kunnen werken. In de openingsrede van het seminar "Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education" problematiseert Lijnse (1990) het gebruik van de term 'microscopic' in die titel: "as one of the participants pointed out to us, shouldn't we have said sub-microscopic particles, or do we really mean microscopic, e.g. at the cell level? From the point of view of learning this difference is certainly not of minor importance." (p. 6)

English Summary

Submicro or macro? Students' metacognitive beliefs and their orientation towards chemistry

This paper deals with the relation between certain metacognitive beliefs students in upper secondary education hold (characterized as 'competence orientation'), and their orientation regarding the macro and submicro aspects of chemistry. More competence-oriented students predominantly have metacognitive beliefs about chemistry, which reflect meaning oriented learning conceptions, constructive knowledge conceptions, and personal knowledge building oriented goal orientations. An important constituent of chemical competence is the ability to alternate between the macro and the submicro aspects of chemistry. In this study, we examined how students link concepts from the macro and submicro aspect together. The more competence-oriented students who had received several years of chemistry education, appeared to have a submicro orientation significantly more often than less competence-oriented students. This probably reflects their search for meaningful understanding of chemical concepts as a basis for the development of personal chemical competence. It is advised to pay more attention to the development of students' metacognitive beliefs in chemistry education, because these beliefs influence the way students approach the subject and develop competencies.

Literatuur

- Ames, C.A. (1992). Motivation: What teachers need to know. *Teachers college record*, 91, 409-421
- Boekaerts, M. & Simons, P. R. J. (1995). *Leren en instructie: Psychologie van de leerling en het leerproces*. Assen: Van Gorcum.
- Bulte, A.M.W., Klaassen, K., Westbroek, H. B., Stolk, M. J., Prins, G. T., Genseberger, R., De Jong, O., & Pilot, A. (2002). *Modules for a new chemistry curriculum, research on a meaningful relation between contexts and concepts*. Paper presented at the International Symposium on Context-Based Science Curricula, Kiel, Germany.
- Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde (1977). *Leerplan scheikunde voor 3-vwo: Advies aan de minister van onderwijs en wetenschappen*. Den Haag: Staatsuitgeverij.

- Elby, A. (2001) Helping physics students learn about learning. *American Journal of Physics (Physics Education Research Supplement)*, 69, S54-64.
- Francisco, J. S., Nakhleh, M. B., Nurrenbern, S. C., & Miller, M. L. (2002). Assessing student understanding of general chemistry with concept mapping. *Journal of Chemical Education*, 79, 248-257.
- Franken, P. W., Kabel-Van den Brand, M. A. W., Korver, & E. J. Reiding (2000). *Chemie overal: scheikunde voor de derde klas havo/vwo 3 HV, vierde druk*. Houten: Educatieve Partners Nederland.
- Halloun, I. & Hestenes, D. (1998). Interpreting VASS Dimensions and Profiles. *Science and Education*, 7, 553-577.
- Hondebrink, J. G. (1980). Voorzichtig met elementen. *Faraday*, 50, 88-90.
- Hooikaas, R. (1981). De wet van elementenbehoud. *Faraday*, 50, 189-195.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry – logical or psychological?. *Chemistry education: research and practice in Europe*, 1, 9-15. Retrieved February 15, 2003, http://www.uoi.gr/cerp/2000_January/pdf/056johnstonef.pdf.
- Kessels, J.W.M. (1996). *Het corporate curriculum*. Inaugurele rede. Rijksuniversiteit Leiden.
- Lijnse, P. L. (1990). Macro-micro: What to discuss? In: P. L. Lijnse, P. Licht, W. De Vos, & A.J. Waarlo (Eds.): *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-β Press.
- National Research Council (2000) *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington: National Academy Press.
- Ng, E. & Bereiter, C. (1991). Three levels of goal orientation in learning. *The journal of the learning sciences*, 1, 243-271.
- Norusis, M. J. (1992). *SPSS for Windows Professional Statistics Release 5*. Chicago: SPSS Inc.
- Pieren, L., Scheffers-Sap, M., Scholte, H., Vroemen, E., & Davids, W. (1995). *Chemie 3 havo/vwo, vijfde druk*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Redish, E. F., Saul, J. M., & Steinberg, R. N. (1998). Student expectations in introductory physics. *American Journal of Physics*, 66, 212-224.
- Schommer, M. (1990). The effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82, 498-504.
- Ten Dam, G., Severiens, S., & Vermunt, J. (1999). Inleiding op het thema leerconcepties. *Tijdschrift voor onderwijsresearch*, 24, 3-7.
- Umans, A. J. H. (1980). De begrippen element en enkelvoudige stof. *Faraday*, 49, 202-208.
- Van Aalsvoort, J. (2000). Wat er niet inzit, kan er ook niet uit komen: Waarom problemen in het scheikunde-onderwijs niet opgelost worden. *NVOX*, 4, 185-190.
- Van de Sande, R. A. W., Van der Sanden, J. M. M., Van Hoeve-Brouwer, G. M., & Pilot, A. (2001). *Competence development in upper secondary chemistry education*. Poster session presented at the 9th biennial conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Fribourg, Switzerland.

- Van der Sanden, J.M.M., Terwel, J., & Vosniadou, S. (2000). New Learning in Science and Technology. In: P.R.J. Simons, J.L. van der Linden & T.M. Duffy. (Eds.). *New Learning* (pp. 119-140). Dordrecht: Kluwer.
- Van der Sanden, J.M.M. (2001). Opleiden vanuit een constructivistisch perspectief. In J. Kessels, & R. Poell (Red.), *Human Resource Development. Organiseren van het leren* (pp. 53-66). Alphen a/d Rijn: Samsom.
- Vermunt, J. D. H. M. (1992). *Leerstijlen en het sturen van leerprocessen in het hoger onderwijs: Naar procesgerichte instructie en zelfstandig denken*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.