

moment kampt de persoon met herinneringsverlies aan de periode voorafgaand aan deze gebeurtenis.

Soms is dit herinneringsverlies progressief achteruitlopend (dat wil zeggen dat men zich van een steeds vroegere periode niets meer herinnert), soms is het stationair. Dit soort herinneringsverlies wordt retrograde amnesie genoemd.

In de eerste acute fase, waarin de patiënt bijna of geheel bewusteloos, lichamelijk ondervoed en uitgedroogd is, spreken we van encephalopathie van Wernicke (een Russische psychiater, die dit toestandsbeeld als eerste uitvoerig beschreef). De patiënt is totaal in de war, vertoont ongecoördineerde bewegingen, kan nauwelijks of niet meer lopen en heeft last van dubbelzien en van oogbol-schokken, doordat er vaatwoeking op de bodem van de hersenstam plaatsvindt. Doordat alle lichamelijke processen ontregeld raken, kan bewustzijnsdaling en coma hierop volgen. Wanneer de patiënt geen vitamine B1 toegediend krijgt, gaat hij dood. Wanneer hier ernstige geheugenstoornissen bijkomen spreekt men van het syndroom van Wernicke-Korsakov. In de praktijk worden deze namen vaak door elkaar gebruikt en wordt over de verzamelnaam syndroom van Korsakov gesproken.

De schattingen van het aantal mensen in Nederland met het syndroom van Korsakov lopen uiteen van 2000 tot 7000. Vroeger dacht men bij de term Korsakov-patiënten veelal aan oudere mannen, nu vallen

steeds meer vrouwen en jongere mensen (de jongst geregistreerde Korsakov-patiënt is 25 jaar) onder deze diagnose. Enerzijds heeft dit mijns inziens te maken met de toename van het alcoholgebruik onder vrouwen en jongere mensen. Anderzijds wordt het nu ook eerder erkend en herkend bij deze groepen. In de laatste 13 jaar is het aantal Korsakov-patiënten in psychiatrische ziekenhuizen vervienvoudigd en in algemene ziekenhuizen verzesvoudigd. **X**

#### ADRESSEN:

- Alcohol Infolijn, telefoon 0900-5002021
- Drank maakt meer kapot dan je lief is, Postbus 500, 3440 AM Woerden.
- Trimbos-instituut  
<http://huiswerk.schofieren.com/werkstukken/view.php3?naam=korsakov.html>  
<http://www.rusinfo.no/icd-10.htm>  
<http://www.hersenletsel.net/overzicht/artikelen/korsakov.htm>  
<http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>  
[http://www.socm.ut.be/ziekenfonds/s\\_magazine/0012/kater.htm](http://www.socm.ut.be/ziekenfonds/s_magazine/0012/kater.htm)  
<http://www.tem.nhl.nl/~stout>

Op de NVOX-website is een bestand te vinden met (scheikundige) proeven waarbij alcohol een rol speelt onder de naam drankproevendocenterversie.



## DIO dagen

Deel 2

### Potloden en bloemetjes

"Welk metaal is lood?" De proef over stofherkenning aan het begin van de derde klas is gezellig. Tegelijkertijd is de proef lastig voor de leerlingen en ook voor mij. Ik zie die metalen ook voor het eerst naast elkaar. Maar lood is net een gemakkelijke, vind ik.

"Ken je de uitdrukking loodzwaar?" probeer ik. Of de leerlingen deze uitdrukking kennen kom ik niet te weten. Ze hebben nu wel door dat er iets is met het gewicht van lood. Zeker een ouderwetse uitdrukking. Aan een andere tafel weten de leerlingen best wat ouderwetse dingen. "Potlood!" roept een leerling enthousiast. Ja inderdaad, vroeger zat er lood in potloden. Bij deze leerling vermoed ik echter dat het vooral om een taalkundige associatie gaat.

Een andere observatie. Een vraag uit het boek gaat over het enige metaal dat bij kamertemperatuur vloeibaar is. Welk metaal is dat? "Goud!" roept de grootste mond van de klas. Ik zit er achterin de klas om te lachen. De leerling zelf lacht gelukkig ook als hij begrijpt dat de sieraden van zijn klasgenoten niet vloeibaar zijn. De kwikthermometer is van voor zijn tijd. Het beeld van vloeibaar kwik in een thermometer, dat voor ons heel 'gewoon' is, is dat voor hem zeker niet. Dat maakt deze associatie voor ons toch bijzonder.

Ik vind het interessant te zien wat leerlingen noemen als zij spontaan roepen waar zij aan denken bij een bepaald woord. Ik vind dit vooral leerzaam wanneer leerlingen nog niet zoveel chemische begrippen kennen om te relateren aan dit woord. De woorden die in hen opko-

men zijn dan gerelateerd aan hun eigen ervaringen. Ik kan deze associaties gebruiken om misconcepties uit de weg te ruimen en een link met dagelijkse ervaringen te leggen.

Bij de bijeenkomsten vakdidactiek hebben we een leerzame oefening gedaan. Ter voorbereiding op het onderwerp 'Verbranding' kregen we de opdracht allerlei woorden bestaand uit '(...)brand(...)' op te schrijven. Vervolgens analyseerden we welke woorden niet binnen ons concept 'verbranding' past, zoals bijvoorbeeld 'zonnebrandcrème', of 'opgebrand' in de zin van uitgeput. Dit lijkt mij een nuttige manier om een les over een nieuw onderwerp voor te bereiden. Dat kan ik ook in de klas doen. Een leerling leert veel van een dergelijke oefening bij een nieuw hoofdstuk: hij scherpt zo zijn referentiekader aan.

Terug naar de klas. Elektronenbanen zijn in V6 uitgelegd – en getekend op het bord. T3 reageert daar het uur daarna op met de woorden: "O leuk, mogen wij ook bloemetjes tekenen op het bord?" Het duurt even voor ik zelf ook de link tussen de s- en p-banen en een bloem zie. T3 heeft echter nog nooit van een elektron gehoord, dus aan een uitleg waag ik me niet. Gek is dat, hoezeer ik onbewust gewend ben aan vakjargon. Leg maar eens uit wat ontleedbaar is zonder het woord atoom te gebruiken.

Door Gabby Zegers

Docent in opleiding scheikunde (start september 2003)  
op het Dr. F.H. de Bruijne Lyceum in Utrecht.

MARTIJN VAN AKEN, RUTGER FIESELER,  
ILONA HANGYI, TONKO ROMIJN, JOKE VAN  
TUIJL-FERWERDA EN JAN VAN DRIEL.

ICLON, UNIVERSITEIT LEIDEN.

ROSÁRIA JUSTI

UNIVERSITEIT VAN MINAS GERAIS, BRAZILIË

**De belangstelling voor het gebruik van modellen en modelleeractiviteiten in het natuurwetenschappelijk onderwijs neemt toe. Inzicht in wat modellen zijn en hoe ze worden ontwikkeld wordt gezien als een belangrijke doelstelling in dit onderwijs. Het is dus van belang dat beginnende bètadocenten kennis verwerven over, en ervaringen opdoen met, het onderwijzen van modellen en modelleeractiviteiten. In het afgelopen cursusjaar is in het ICLON een project op dit gebied uitgevoerd waarbij een vijftal beginnende docenten natuur- en scheikundedocenten betrokken waren. Onder leiding van een buitenlandse expert op dit gebied, Rosária Justi, namen zij deel aan enkele bijeenkomsten en voerden zij in hun eigen klassen een actieonderzoek uit. In dit artikel wordt over het project verslag gedaan.**

# 'IN HET MODEL KUN JE HET MAKKELIJKER UITBEELDEN DAN HET IN WERKELIJKHEID IS'

## HET GEBRUIK VAN MODELLEN EN MODELLEERACTIVITEITEN BIJ SCHEI- EN NATUURKUNDE

In binnen- en buitenlandse publicaties wordt regelmatig gewezen op het belang van modellen en het 'leren modelleren' in het natuurwetenschappelijk onderwijs (zie bijvoorbeeld Lijnse, 1997 en Gilbert & Boulter, 2000). Ook in NVOX zijn al meerdere artikelen gewijd aan deze thematiek (bijv. Kramers-Pals, 1999; Van Driel, 1999; De Vos & Van der Valk, 2000; Westra et al., 2002). Onlangs nog formuleerde de Commissie Vernieuwing Scheikunde HAVO en VWO (2003) als een van de hoofdfuncties van het scheikundeonderwijs het leren "om te gaan met modellen als representatie van de werkelijkheid" (p. 6). Hodson (1992) onderscheidt drie hoofddoelen voor natuurwetenschappelijk onderwijs, te weten 'learn science', 'learn about science' en 'learn to do science'. Toegepast op modellen zou je kunnen zeggen dat leerlingen inzicht moeten verwerven in belangrijke wetenschappelijke modellen ('learn science'), in wat modellen zijn en hoe ze tot stand komen ('learn about science'), en dat ze vaardigheden moeten ontwikkelen in het omgaan met modellen (modellen ontwerpen, vergelijken, aanpassen, e.d.; 'learn to do science').

Het spreekt voor zich dat docenten over de nodige (vakdidactische) kennis en vaardigheden moeten beschikken om dergelijke doelen te bereiken. Voor beginnende eerstegraads bètadocenten geldt dat ze in hun (universitaire) vooropleiding geleerd hebben om zelf met modellen om te gaan. In hun opleiding tot docent is het vervolgens van belang om aandacht te besteden aan het (leren) onderwijzen van modellen en modelleeractiviteiten. In de eerstegraads lerarenopleiding van de Universiteit Leiden is het afgelopen cursusjaar een project uitgevoerd waarin dit aspect centraal stond. Daarbij is gebruik gemaakt van de expertise van dr. Rosária Justi (Universiteit van Minas Gerais, Brazilië). Zij is op dit onderwerp in Engeland gepromoveerd en heeft hierover veelvuldig gepubliceerd (zie bijvoorbeeld Justi & Gilbert, 2003). Rosária Justi heeft, met steun van NWO, een jaar lang als gastonderzoeker aan de Leidse universiteit gewerkt.

### ORGANISATIE VAN HET PROJECT

Het verrichten van een praktijkonderzoek maakt deel uit van de opleiding tot eerstegraads docent. De keuze van het onderwerp voor dit onderzoek is in principe vrij, met als voorwaarde dat het onderzoek een bijdrage moet leveren aan de professionele ontwikkeling van de docenten-in-opleiding (DiO's). De deelnemers aan de opleidingen voor schei- en natuurkunde en biologie van het ICLON is het afgelopen jaar de mogelijkheid geboden om hun onderzoek te laten begeleiden door Rosária Justi, en te richten op het gebruik van modellen in hun lespraktijk. Een vijftal DiO's, vier chemici en een fysicus, heeft voor dit thema gekozen. Als voorbereiding op het eigen praktijkonderzoek, en tevens als inleiding in de thematiek, verzorgde Rosária Justi een aantal bijeenkomsten voor deze groep. Omdat Rosária de Nederlandse taal niet machtig is, vonden deze bijeenkomsten en alle andere communicatie in het Engels plaats. Allerlei aspecten van het leren en onderwijzen van modellen en modelleren kwamen tijdens de bijeenkomsten aan de orde, onder meer via een aantal opdrachten waarbij modellen uit schoolboeken kritisch werden vergeleken en waarbij de DiO's zelf een model moesten opstellen voor een bekend verschijnsel waarvan de verklaring onbekend was (te weten de werking van een lijmstift). Bij deze activiteit werden de DiO's in de rol van leerlingen geplaatst: zij presenteerden hun model aan elkaar en bespraken de sterke punten en beperkingen van elkaars modellen. Na de bijeenkomsten stelden alle DiO's een plan op voor hun eigen praktijkonderzoek. Het plan betrof zowel het ontwerp van een of enkele lessen waarin 'modellen' centraal zouden staan, als het verzamelen van gegevens om het effect van deze lessen in kaart te brengen (bijv. de antwoorden van leerlingen op bepaalde vragen of opdrachten). Na bespreking van dit plan met Rosária Justi voerden de DiO's hun plan uit. Daarbij maakte ieder een video-opname van een van de voor dit doel ontworpen lessen. Tenslotte schreef ieder een reflectief verslag over het eigen praktijkonderzoek. Het project werd afgesloten met een groepsbespreking van de verslagen en (fragmenten van) de video-opnames.

## DE VIJF DEELPROJECTEN

De enige natuurkundedocent in de projectgroep, *Martijn van Aken*, richtte zijn project op het verbeteren van het begrip van zijn havo-4 leerlingen van nucleaire kettingreacties. Voor dit doel selecteerde en ontwierp hij vier verschillende modellen: behalve het model uit zijn schoolboek, bood hij een visueel model aan (de muizenval, zie figuur 1) en twee analogie-modellen (een waarbij een kettingreactie werd vergeleken met de verspreiding van 'spam' via e-mail en een waarbij een vergelijking gemaakt werd met omvallende dominostenen). Nadat hij een aantal wezenlijke aspecten van het kettingreactieproces in de klas had besproken, liet hij de leerlingen voor ieder van de vier modellen aangeven welke van deze aspecten wel en niet duidelijk in het model naar voren kwamen. Ook liet hij de leerlingen ingaan op aspecten van het model die het begrip kunnen bemoeilijken en liet hij ze nadenken over manieren om het model aan te passen, zodanig dat dit het begrip zou bevorderen. Ten slotte liet hij de leerlingen een favoriet model aanwijzen. Leerlingen schreven hun ideeën eerst voor zichzelf op, waarna ze in de klas werden besproken. *Martijn* was aangenam verrast over de inzet en belangstelling van zijn leerlingen bij deze aanpak. Ofschoon de alternatieve modellen veel tekortkomingen vertoonden ten opzichte van het schoolboekmodel, bleek de analyse en de bespreken van al deze modellen een zeer effectieve manier om het inzicht van leerlingen in nucleaire kettingreacties te bevorderen. Tenslotte kreeg *Martijn* dankzij deze aanpak meer inzicht in de denkbeelden van zijn leerlingen, waarbij onder meer bleek dat sommige leerlingen meer in hun mars hadden dan hij had verwacht.

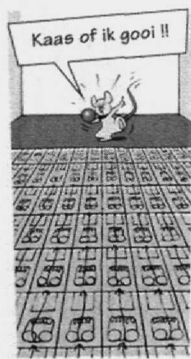


Fig. 1: Muizenvalmodel uit project *Martijn van Aken*

In zijn project ging *Rutger Fieseler* in op het gebruik van modellen in 3-vwo om daarmee het kloppend maken van reactievergelijkingen te vergemakkelijken. Hij liet leerlingen in koppels werken met bouwdozen met driedimensionale molecuulmodellen. Terwijl leerlingen hiermee bezig waren, liep hij rond en stelde voortdurend vragen om de leerlingen verder te helpen, maar tegelijkertijd om zelf inzicht te krijgen in hun denkbeelden en redeneringen. Voorafgaand aan en na afloop van deze activiteit liet hij leerlingen individueel een 'concept-map' maken van begrippen zoals 'molecuulformule', 'index' en 'coëfficiënt'. Bovendien liet hij de leerlingen een toets maken. Bij de analyse van de concept-maps ging *Rutger* na in hoeverre de leerlingen correcte en verkeerde verbindingen maakten tussen de begrippen. Het viel hem nogal tegen dat ook na afloop veel misconcepties voorkwamen (bijv. 'een atoom bestaat uit moleculen'). Ook bij de slottoets maakten leerlingen nogal fundamentele fouten, zoals het samenstellen van exotische moleculen, waarin alle voorkomende atomen aan elkaar gekoppeld waren. Het werken met de molecuulbouwdozen had hij echter als eye-opener ervaren. Door intensief met de koppels in discussie te gaan, had hij veel beter inzicht gekregen in de manieren waarop leerlingen feitelijk te werk gaan bij het kloppend maken van reactievergelijkingen. Leerlingen gaven aan dat ze het werken met de bouwdozen prettig vonden omdat ze zich hiermee veel beter konden voorstellen wat ze aan het doen waren. Bovendien waardeerden ze het directe en intensieve contact met hun docent tijdens deze aanpak. Op grond hiervan concludeerde *Rutger* dat hij in de toekomst bij het kloppend maken van reactievergelijkingen wil beginnen met de molecuulbouwdozen, om pas daarna met uitleg te komen. De concept-maps wil hij dan vervolgens laten maken om begrip en onbegrip te diagnosticeren.

*Ilona Hangyi* heeft leerlingen (4-vwo) concrete modellen laten bouwen en presenteren in het kader van een 'modellen workshop'. De modellen hadden betrekking op onderwerpen die al eerder in de lessen behandeld waren, zoals atomen en moleculen, het begrip chemische reactie en faseovergangen. Haar project was gericht op de vraag

wat haar leerlingen door deze aanpak zouden leren over de aard en het gebruik van modellen. Bij de start van het project heeft ze leerlingen een reeks vragen laten bespreken, zoals 'wat is abstract?' en 'in hoeverre zijn modellen abstract?'. De instructie voor de groepsopdracht, 'bouw een concreet model', omvatte onder meer de richtlijn dat het om een concreet, driedimensionaal model moest gaan, dat 'in een schoenendoos moet passen'. De leerlingen moesten bovendien een toelichting bij hun model schrijven over de sterke en zwakke kanten van hun model en de relatie van dit model met het verschijnsel dat ermee verduidelijkt zou moeten worden. Tijdens de afsluitende workshop presenteerden leerlingen hun eigen model en bespraken daarnaast de modellen van enkele andere groepen aan de hand van een reeks vragen die door *Ilona* bij ieder model waren geformuleerd. Een voorbeeld van een product is te zien in figuur 2. Bij de analyse

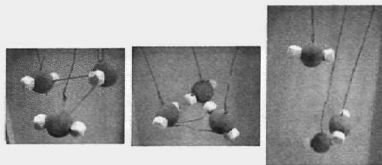


Fig. 2: Modellen van leerlingen uit project *Ilona Hangyi*

van de leerling-antwoorden, hun producten en de toelichtingen hierbij, merkte *Ilona* op dat een aantal aspecten van modellen goed begrepen was. Met name

bleken leerlingen het nut van modellen te koppelen aan de mogelijkheid tot visualisering. Ook zagen de meeste leerlingen in dat een model slechts een deel van de werkelijkheid kan weergeven en dat modellen soms verkeerd begrepen kunnen worden. Het belang van modellen bij het uitleggen van complexe verschijnselen of processen was bij de meeste leerlingen doorgedrongen. Bovendien waren veel leerlingen enthousiast over het bouwen van modellen ('veel leuker dan vragen uit het boek maken'). Tegelijkertijd concludeerde *Ilona* dat het begrip dat leerlingen van modellen hebben nog wel beperkt is. De meeste leerlingen laten niet zien dat zij begrippen dat modellen aangepast kunnen en moeten worden om nieuwe bevindingen, nieuwe eigenschappen te visualiseren en/of uit te leggen. Het doen van voorspellingen over nieuwe bevindingen of eigenschappen aan de hand van een bestaand model is dan ook een kenmerk die voor de leerlingen niet meteen voor de hand ligt. De rol van modellen bij het verklaren van experimentele gegevens is in dit project nog niet goed uit de verf gekomen. Dit ziet *Ilona* als een onderwerp voor een volgend project.

Het project van *Joke van Tuijl-Ferwerda* vertoonde enkele overeenkomsten met het project van *Ilona*. Ook zij heeft leerlingen in groepsverband concrete driedimensionale modellen laten bouwen en presenteren. Inhoudelijk ging het bij haar project niet alleen om het bevorderen van het begrip van modellen in algemene zin, maar ook om de vraag of leerlingen via deze aanpak beter inzicht zouden krijgen in een erkend lastig onderwerp uit de 3-vwo-stof, namelijk het onderscheid tussen scheiden en ontleden. Voor dit doel ontwierp zij een studietoek 'Modellenbouw'. Haar aanpak begon met een klassengesprek over modellen: aan de hand van concrete voorbeelden en non-voorbeelden werd besproken wat een natuurwetenschappelijk model is, waarvoor zulke modellen gebruikt worden, enzovoort. In een volgende les vulden leerlingen een vragenlijstje over scheiden en ontleden in en bespraken hun antwoorden. Aansluitend gingen leerlingen in groepsverband brainstormen over een mogelijk model over scheiden en ontleden. Vervolgens werkten de leerlingen hun modellen concreet uit. In een afsluitende les presenteerde iedere groep het gemaakte model waarbij ze expliciet moesten aangeven op welke punten het model overeenkomt met het betreffende verschijnsel, en op welke punten dit juist niet het geval is (zie figuur 3). Ten slotte liet *Joke* de leerlingen een stelling bespreken over modellen in het algemeen ('Modellen moeten altijd op de werkelijkheid lijken') en liet zij hen een evaluatieformulier invullen. Op grond van de analyse van de verzamelde gegevens (de leerlingantwoorden, producten, lesobservaties) concludeerde *Joke* dat het onderscheid tussen scheiden en ontleden voor de meeste leerlingen een stuk duidelijker was geworden. Bovendien was haar opgefallen dat de leerlingen wat genuanceerder over modellen waren gaan denken. Terwijl

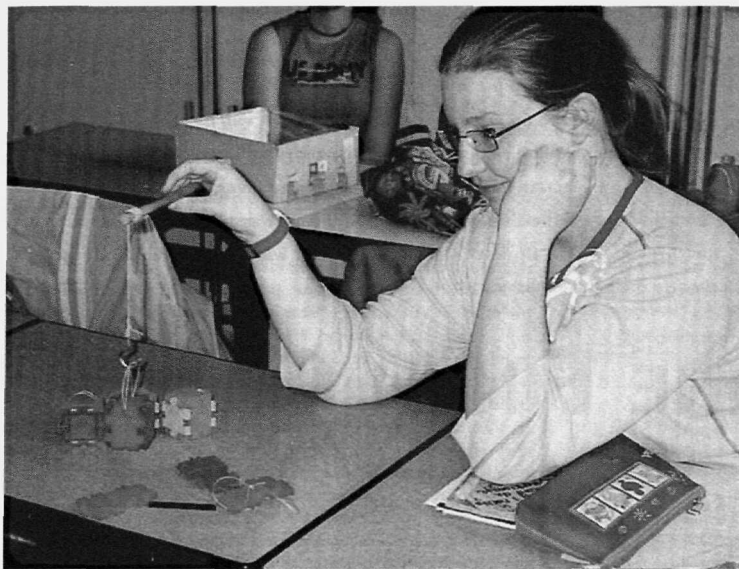


Fig. 3: Presentatie van modellen tijdens het project Joke van Tuijl-Ferwerda

de meeste leerlingen aanvankelijk een model zagen als een (vereenvoudigde) kopie van de werkelijkheid, hadden zij na afloop het inzicht dat een model wel op de werkelijkheid betrekking heeft, maar er niet persé op hoeft te lijken. Joke stelt dan ook dat ze deze aanpak in de toekomst vaker wil toepassen.

Tonko Romijn, ten slotte, ging in zijn project vooral in op het begrip dat 2-vwo-leerlingen hebben van modellen en modelleren. Hij koppelde dit aan het onderwerp 'faseovergangen' uit het programma voor natuur- en scheikunde. Net als Joke introduceerde hij zijn project met een les waarin voorbeelden van modellen werden besproken om zo in te kunnen gaan op de vraag wat een (wetenschappelijk) model is en hoe het ontwikkeld wordt. Vervolgens liet hij de leerlingen (individueel) een aantal vragen over modellen beantwoorden, als inleiding op een opdracht waarbij zij een moleculair model voor faseovergangen moesten maken. Deze modellen werden in een volgende les besproken. Tenslotte moesten de leerlingen een aantal vragen over hun model schriftelijk beantwoorden. In dit project maakten de leerlingen voornamelijk tweedimensionale modellen (tekeningen), waarbij Tonko verrast was over hun inzet en enthousiasme enerzijds en over de originaliteit van de leerlingmodellen anderzijds. Zo presenteerden leerlingen onder meer banaan- en lepelvormige molecuulmodellen om hiermee de verschillen tussen de vaste, vloeibare en gasfase te verduidelijken. Op de inhoudelijke kwaliteit van hun modellen was echter wel het nodige aan te merken. Voor Tonko was het project een eye-opener, omdat hij zich niet eerder had gerealiseerd dat leerlingen zulke verschillende en afwijkende ideeën over de lesstof kunnen hebben. Zo is volgens veel van zijn leerlingen een model altijd kleiner dan de werkelijkheid die het representeert. Tonko stelt dat het project nu min of meer ad hoc in zijn normale lessenplanning was ingebouwd, maar dat hij in de toekomst op meer systematische aandacht wil besteden aan de thematiek van modellen en modelleren.

## TOT SLOT

Als begeleiders van dit project kijken Rosária Justi en Jan van Driel tevreden terug op het verloop van het project. Met name de combinatie van de groepsactiviteiten met de individuele praktijkonderzoeken heeft naar ons idee goed gefunctioneerd. De voorafgaande bijeenkomsten hebben duidelijk een stimulerende invloed gehad op de deelprojecten van de deelnemende DiO's. Ieder van deze projecten heeft, ondanks evidente tekortkomingen en beperkingen in termen

van tijd en middelen, een bijdrage geleverd aan het (vakdidactisch) leerproces van de betreffende DiO en bij ieder van hen geleid tot concrete ideeën voor toekomstig onderwijs.

De deelnemers aan het project hebben alle vijf een (Engelstalig!) verslag geschreven over hun eigen praktijkonderzoek. Rosária Justi en Jan van Driel werken momenteel aan de wetenschappelijke rapportage over het project. Geïnteresseerde lezers kunnen verslagen en/of papers opvragen bij Jan van Driel (email: driel@iclon.leidenuniv.nl). **X**

## NOOT

Het project dat hier is beschreven is mogelijk gemaakt dankzij financiële steun van NWO (dossiernummer B70-324) en de Braziliaanse instantie CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

## REFERENTIES

Commissie Vernieuwing Scheikunde HAVO en VWO (2003). *Chemie tussen context en concept*. Enschede: SLO.

- Driel, J.H. van (1999). Modellen en modelleren als rode draad in het natuurwetenschappelijk onderwijs. *NVOX*, 24, 7, 357-359.
- Gilbert, J.K., & Boulter, C.J. (2000). *Developing models in science education*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14, 5, 541-562.
- Justi, R., & Gilbert, J.K. (2003). Models and modelling in chemical education. In J.K. Gilbert et al. (Eds.), *Chemical Education: Towards research-based practice* (pp. 47-68). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Kramers-Pals, H. (1999). Modellen en modelleren in het natuurwetenschappelijk onderwijs. *NVOX*, 24, 2, 51-54.
- Lijnse, P.L. (1997). Vakdidactiek: het vergeten fundament van het studiehuis? *Tijdschrift voor Didactiek der beta-wetenschappen*, 14, 72-91.
- Vos, W. de, & Valk, T. van der (2000). Modellen in wetenschap, modellen in onderwijs. *NVOX*, 25, 7, 335-338.
- Westra, R., Savelsbergh, E., Kortland, K., Prins, G., & Mooldijk, A. (2002). Leren door zelf modelleren: Constructief en uitdagend onderwijs. *NVOX*, 27, 7, 331-335.