

De zwevende piramide

Vernieuwing van het introductieblok van de lerarenopleiding voor bètastudenten

Marcel Kamp & Michiel Vogelesang, Radboud Docenten Academie (beiden nu gepensioneerd)¹

Samenvatting

Er is de laatste jaren veel aandacht voor de kloof tussen het onderwijsveld en onderwijs-onderzoek. Die kloof is al in de lerarenopleiding te voelen. In dit artikel beschrijven we eerst hoe nogal wat bètastudenten moeite hebben met de wijze van denken in de eerstegraads lerarenopleiding. Deze denkwijze staat vaak dichter bij sociale wetenschap dan bij natuurwetenschap omdat onderwijzen ten laatste berust op kennis over hoe leerlingen natuurwetenschappen kunnen leren. We besteden aandacht aan hoe de opleiders zelf deze kloof tussen natuurwetenschappen en gedragswetenschappen ervaren en - idealiter - overbruggen. Daarna bespreken we hoe studenten van de lerarenopleiding dit kunnen doen. Het leerproces van studenten houdt zich in het ideale geval bezig met begrip proberen op te brengen voor de denkwijze van leerlingen. Ook heeft het betrekking op de ervaring dat gedragswetenschappen zoals onderwijskunde, psychologie en pedagogie hen in dit verband zinvolle kennis bieden. Om de bètastudenten te helpen zich deze denkwijze eigen te maken gebruiken we in onze opleiding een 'advance organizer' (De kennispiramide en de zwevende piramide) in combinatie met een startopdracht. De advance organizer vat enkele hoofdzaken over het leren van natuurwetenschappen samen en geeft houvast in het denken over veel voorkomende leerproblemen van leerlingen met deze vakken; ze is gebaseerd op onderzoek naar het leren (van natuurwetenschappen). De startopdracht omvat het ontwerp, de uitvoering en de evaluatie van een miniles die beoogt leerlingen samenhangende kennis bij te brengen die goed verankerd is met eigen ervaringen. We beschrijven ten slotte een aantal lessen die studenten ontwierpen en geven een inschatting van het leerresultaat op het niveau van de student van de lerarenopleiding.

Inleiding

Veel studenten van de lerarenopleiding natuurkunde, scheikunde en biologie² van de Radboud Universiteit Nijmegen kregen de afgelopen jaren op de eerste dag van hun opleiding dit citaat voor hun neus: *"Später hat es mich interessiert zu analysieren, wo das Hindernis lag, das mich von der Chemie fernhielt. Es hat etwas mit der weiten Kluft zwischen wahrgenommener Wirklichkeit und Symbol zu tun. Das Wasser, das ich trinke oder in dem ich bade, und das Symbol H₂O schienen mir keine direkte Beziehung zu haben; sie sind durch einen langen Weg der Analyse verbunden, der ohne Erfahrungen über viel andere Substanzen und Symbole ungangbar ist."*

(Later vond ik het interessant te analyseren waar de hindernis lag die me weghield van scheikunde. Het heeft te maken met de grote kloof tussen de waargenomen werkelijkheid en symbolen.

¹ Beide auteurs zijn verbonden geweest aan de Radboud Docenten Academie (de lerarenopleiding van de Radboud Universiteit Nijmegen, toen Instituut voor Leraar en School geheten), resp. als vakdidacticus biologie en vakdidacticus scheikunde. Ze zijn nu met pensioen. We hebben voor de levendigheid van het verhaal ervoor gekozen toch in de tegenwoordige tijd te schrijven.

² Wiskunde deed alleen in het begin mee aan dit deel van het programma. We gebruiken soms toch de aanduiding 'bèta', maar dan doelen we niet op wiskunde.

Het water dat ik drink of waarin ik baad en het symbool H_2O schenen voor mij geen directe relatie te hebben; ze zijn door een lange analyseweg verbonden die zonder ervaringen met een reeks andere substanties en symbolen niet te volgen is.)

De studenten konden zelden aangeven van wat voor soort persoon dit citaat is, laat staan van wie. Ze waren heel verbaasd te horen dat deze uitlatingen, waaruit zo'n moeite spreekt met scheikunde, afkomstig is van een natuurkundige wiens werk trouwens ook voor de scheikunde van veel belang is geweest: de Nobelprijswinnaar Max Born (Born, 1964). Het kostte hen vervolgens geen moeite om ook voor zichzelf vergelijkbare probleemgebieden in een of meer bètavakken aan te geven.

Ons artikel gaat in de kern om de problemen die leerlingen kunnen hebben met natuurwetenschappelijke vakken en over hoe eerstegraads bètaleraren met deze problemen om leren gaan door naar zichzelf te kijken en open te communiceren met leerlingen. Daarbij moeten ze gebruik maken van kennis uit de gedragswetenschappen; voor hen vreemde wetenschappen waar ze soms weerstand tegen hebben. We zetten ons verhaal ten behoeve van de duidelijkheid nogal absoluut neer. We gaan daarbij niet voorbij aan het gegeven dat er ook een aantal studenten is dat niet past in het beeld dat we schetsen en dat zich dus zonder veel moeite kennis over de gedragswetenschappen eigen maakt.

Spreken over en met de lerende mens

Studenten aan de lerarenopleiding moeten omschakelen naar denken en handelen als onderwijzende in hun bètavak.

Bètastudenten die de universitaire lerarenopleiding binnenkomen hebben een vakwetenschappelijke opleiding bijna of volledig afgerond. Met die achtergrond zijn ze gewend te denken en handelen als bioloog, schei-, natuur- of wiskundige. In hun vakwetenschappelijke opleiding stonden zijzelf - als persoon - zelden of nooit centraal. In de lerarenopleiding merken ze echter dat deze opleiding juist gericht is op hun persoonlijkheid. Voor veel studenten is dat een schok: ze krijgen feedback op eigenschappen die ze als privé ervaren, ze moeten teksten schrijven waarin algemene en sociaal wenselijke uitspraken niet van belang zijn en 'ik' juist niet vermeden

mag worden. Ze moeten bij zichzelf te rade gaan en zich bijvoorbeeld verdiepen in de vraag waarom ze ooit hun bètavakstudie hebben gekozen of waarom ze geschikt zouden zijn voor het leraarschap. Vervolgens moeten ze zich ook nog verdiepen in andere mensen, met name leerlingen, omdat van hen wordt verwacht dat ze zich inleven in leerlingen en dat ze begrijpen hoe leerlingen dit bètavak leren. Een vak dat veel leerlingen als moeilijk ervaren. Voor bètastudenten vormt de confrontatie met inzichten uit de sociale wetenschappen vaak een tweede schok. Ze zijn moeilijk ervan te overtuigen dat deze inzichten uit een type wetenschap dat hen vreemd is voor hen relevant zijn. Wanneer ze later in de opleiding de opdracht krijgen om een praktijkonderzoek te verrichten, vertonen sommigen zelfs heftige weerstand. Ze zeggen dan: "Dit is toch geen onderzoek."

Onze ervaring is dus dat bètastudenten zich nogal eens moeizaam verhouden tot de aspecten van het beroep leraar die met gedragswetenschappen te maken hebben. (Onze ervaring met studenten van andere vakken is zoveel geringer dan die met bètastudenten, dat we ons niet wagen aan een vergelijking.) Dat is niet zo vreemd, ze hebben - uit wat voor motivatie dan ook - in eerste instantie gekozen voor een universitaire opleiding die niet de mens als onderwerp

heeft. De lerarenopleiding heeft dat nadrukkelijk wel. Nu deze studenten leraar willen worden, moeten ze zich voegen naar de inhoud van de opleiding, die met recht en reden deze aandacht voor gedragswetenschappen vraagt (Aksela, 2010). Was eerst hun vanzelfsprekende achtergrond hun vertrouwde bètavak, nu moeten zij een nieuw vak, dan wel professie, leren: namelijk het onderwijzen van dit bètavak, en dat moet daarvoor worden aangevuld met vakdidactische en onderwijskundige noties en wel op zo'n manier dat hieruit door hen een samenhangend geheel kan worden gevormd. In de lerarenopleiding moeten zij omschakelen naar denken en handelen als onderwijzende in hun bètavak, zodat ook het woord "vak" mee moet in de omschakeling. De studenten komen de opleiding binnen met als vak het beoefenen van een levende natuurwetenschap die gericht is op het genereren van kennis. Als ze de lerarenopleiding verlaten, zal de betekenis ervan uitgebreid, of misschien zelfs verschoven zijn. Naast het genereren van kennis maakt nu het leren en toepassen van kennis een integraal onderdeel uit van hun nieuwe professionele vak: het gaat niet meer alleen om natuurkunde, scheikunde of biologie, maar het onderwijzen van deze bètavakken. Niet elke student maakt deze omschakeling even gemakkelijk.

In dit artikel stellen we de vraag hoe de opleiding die omschakeling kan stimuleren. We richten ons daarbij vrijwel volledig op de eerste fase van de opleiding. Beginonderwijs is immers voor leerlingen of studenten vaak moeilijk, omdat ze de inhoud en de grenzen van het voor hen nieuwe vak niet kennen en de daarbij horende taal nog moeten leren. We houden in ons artikel tevens de focus op de problemen die samenhangen met het leren van het vak, - wat overigens niet betekent dat we alleen over vakdidactiek willen spreken.

Het probleem zit ook bij en tussen de opleiders

Bijzonder aan het geschetste probleem is dat de opleiders zelf ook in staat moeten zijn geweest om die omschakeling te maken, dat wil zeggen dat ze zich open hebben moeten stellen voor - en moeten leren in een nieuw vak(gebied). Ze kennen dan het probleem uit eigen ervaring en hebben geleerd er mee om te gaan. En dat kan in twee richtingen: vanuit natuurwetenschappen naar gedragswetenschappen (vakdidactici) of andersom (gedragswetenschappers).

Vakdidactici hebben de omschakeling van natuurwetenschappen naar gedragswetenschappen moeten maken tijdens hun eigen lerarenopleiding, in hun loopbaan als leraar en/of (zoals de schrijvers van dit artikel) tijdens een promotie over een didactisch onderwerp; ze hebben ermee moeten leren ermee omgaan toen ze opleider werden. Ze hebben een andere taal moeten leren spreken, namelijk die van de gedragswetenschapper. Dat kan betekenen dat ze voor studenten niet meer op het eerste gezicht herkenbaar zijn als natuurwetenschapper; het komt dan voor dat studenten de vraag stellen welk vak de vakdidacticus gestudeerd heeft. Dat deze vakdidactici de omschakeling hebben gemaakt, heeft dus ook een lastige kant: er kan een kloof in verstaanbaarheid zijn ontstaan met studenten. Deze opleiders moeten zich er voortdurend bewust van zijn dat ze soms in een voor de studenten 'vreemde taal' spreken die vooral erg vaag klinkt, omdat de studenten de taal die hoort bij het nieuw aan te leren vak van het onderwijzen van een bètavak nog niet voldoende hebben leren spreken en verstaan. Dat lukt niet elke natuurwetenschappelijke opleider even goed, want sommigen hebben weinig feeling met de gedragswetenschappen.

Opleiders met een gedragswetenschappelijk opleiding zoals onderwijskunde, psychologie of pedagogie kunnen natuurlijk ook met dit probleem in aanraking komen. Als ze college gaan

geven aan (in ons geval bèta)studenten wil het nogal eens tot een heftige confrontatie komen. Deze opleiders hebben soms weinig natuurwetenschappelijke vakken in hun opleiding gehad en hebben soms weinig feeling met de natuurwetenschappen. Ze moeten leren begrijpen waarom bètastudenten zoveel weerstand vertonen en hoe ze daar op een bevredigende manier mee kunnen omgaan.

Een hoorcollege over onderwijsonderzoek aan bètastudenten in de lerarenopleiding kan grote weerstand oproepen, - het lijkt vaak beter uit te pakken wanneer de studenten eerst zelf aan het werk gaan, bijvoorbeeld door een onderwijsprobleem te verkennen en te bedenken hoe je onderzoek daarover zou kunnen opzetten. Of door hen een bestaand artikel of een verslag van een studentonderzoek te laten analyseren. En steeds, natuurlijk, door de studenten serieus te nemen in hun eventuele kritiek, ook al kan die inderdaad arrogant klinken. De bètastudenten kunnen immers behoorlijk hoog van de toren blazen als onderzoek niet past in hun beeld: vaak zien ze alleen gerandomiseerd onderzoek met een controlegroep waarbij de 'objecten van onderzoek' zeker niet mede-actoren in het te onderzoeken gebied zijn, als echt onderzoek. Onze ervaring is dat sommige opleiders zo gefrustreerd kunnen raken dat ze de opleiding daarom verlaten. Een voortdurend gesprek hierover tussen de opleiders met natuurwetenschappelijke en gedragswetenschappelijke achtergrond is dus in principe van groot belang. In de praktijk is het vaak moeilijk om zo'n gesprek vorm te geven en er tijd voor te vinden.

Het probleem bij de studenten: leerlingen begrijpen

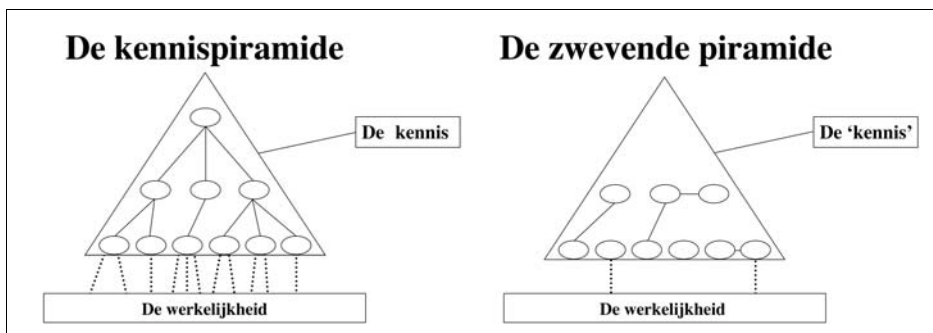
De meeste studenten hebben een bijzondere relatie met het object van hun vak. Ze hebben waarschijnlijk een meer dan gemiddelde aanleg voor hun vak en richten zich ook buiten hun studie meer dan andere mensen op het object van hun vak. Ze verschillen daardoor sterk van de gemiddelde student. Zo zijn er onder de studenten voor de lerarenopleiding biologie relatief veel met een scoutingachtergrond, wat waarschijnlijk samenhangt met het feit dat veel scoutingactiviteiten in de natuur plaatsvinden. Veel biologiestudenten hebben zo'n bijzondere relatie met de levende natuur dat ze leerlingen die dat veel minder vertonen, moeilijk kunnen begrijpen.

In zekere zin zijn ze daardoor eigenlijk niet bij uitstek geschikt voor het geven van onderwijs. Realistischer geformuleerd: deze studenten moeten hard werken om te leren zich terughoudend ten aanzien van hun vak op te stellen. Ze moeten leren luisteren naar wat anderen (leerlingen) over hun vak te zeggen hebben, waarbij gedragswetenschappen (onderwijskunde, vakdidactieken) hen kunnen helpen.

Het probleem van de leerlingen: de zwevende piramide

De moeilijkheden die leerlingen hebben met de natuurwetenschappen kunnen zeer divers zijn. Maar de ernstigste zijn samen te vatten onder enkele noemers. We hebben ervoor gekozen om die in één afbeelding samen te vatten.

Om het kennisgebouw weer te geven kozen we voor een vorm die aan de basis breed is en in de top smal. In de smalle top bevinden zich weinig, maar zeer omvattende en abstracte begrippen. In de biologie kan men dan als voorbeeld denken aan het begrip *evolutie*. Er zijn weinig begrippen in de biologie die niet met evolutie in verband te brengen zijn. Onder die hoogste begrippen zijn begrippen gerangschikt die concreter en meestal groter in aantal zijn.



De kennispiramide laat een ideale situatie zien, waar de piramide een goed verbonden (strepen) verzameling van vakbegrippen (ovalen) bevat en waarin tussen de kennispiramide en (de beleving van) de werkelijkheid hechte verbanden (gestippelde strepen) zijn. De zwevende piramide geeft een problematische situatie weer: de piramide bevat veel begrippen die nogal los van elkaar liggen en er zijn weinig pijlen tussen de piramide en de werkelijkheid ^a.

a. Wij gaan hier, net als tijdens de colleges niet in, op de filosofische vraag in hoeverre er sprake is van een voor ieder herkenbare werkelijkheid.

De laagste begrippen in de piramide zijn bijna concreet, maar nog steeds abstract - een voorbeeld is *poes*. Er is bij een goed ontwikkeld kennisgebouw (de kennispiramide) een krachtige samenhang tussen de concepten. Dat komt hierin tot uiting dat voor de persoon met zo'n kennisgebouw een zin of uitdrukking waarin twee begrippen uit het kennisgebouw verbonden worden werkelijk betekenis heeft: bijvoorbeeld *De evolutie van de poes*.

De afstand tussen de kennispiramide en de werkelijkheid geeft aan dat termen in de (natuur)wetenschap niet een specifiek herkenbaar voorwerp of verschijnsel in de wereld om ons heen aanduiden, maar een geïdealiseerd object benoemen. De pijlen tussen de werkelijkheid en de piramide geven weer dat kennis wordt gevormd in wisselwerking met de werkelijkheid en dat waarnemen theoriegebonden is.

Met de zwevende piramide (zie afbeelding) illustreren we enkele grote problemen die leerlingen kunnen hebben bij het leren van bètavakken. Het eerste probleem is dat kennis niet als een samenhangend geheel is geleerd en opgeslagen maar in meer of mindere mate gecompartmenteerde losse brokken. Deze compartimentering leidt tot uitspraken als: "Atomen bij natuurkunde zijn gevaarlijk want die kunnen radioactieve straling geven, maar bij scheikunde zijn ze ongevaarlijk". Bij biologie wordt de kennis van erfelijkheid en voortplanting in afzonderlijke 'vakjes' opgeslagen waardoor leerlingen een begrip als 'meiose' niet als een linking pin tussen deze thema's gaan zien (Knippels, Waarlo, & Boersma, 2005). Het tweede probleem is dat soms het kennisgebouw los staat van de werkelijkheid en er ook nooit mee verbonden is geweest. De aangereikte schoolse 'kennis' heeft dan helaas geen relatie met de werkelijkheid en de leerling slaagt er niet in om deze 'kennis' toe te passen op het beleven van de werkelijkheid doordat deze niet door de bril van het bètavak wordt bekeken. De voorkennis en voorervaring - in brede zin bedoeld - wordt niet verbonden met de theoretische kennis. Bij een leerling die nooit in de natuur komt, wordt een begrip als ecosysteem niet vanzelf verankerd aan eigen ervaringen. Het helpt niet als de leraar een bos of een wad

als voorbeeld geeft. De leerling leert het begrip los van zijn of haar beleving van de werkelijkheid. Hierin ligt een belangrijke onderwijsstaak voor de docent, en voor de beginnende docent in het bijzonder: het erop bedacht zijn dat de vakwetenschappelijke thema's niet worden verstaan zoals de docent dit doet. Dit kan alleen maar als de docent luistert naar de manier waarop leerlingen spreken over deze thema's; de docent moet dus vanaf het begin van zijn onderwijstijd leren om zich luisterend op te stellen. Als hij of zij daar niet in slaagt, dan zal onoverkomelijk de ongewenste situatie van de zwevende piramide vaak voorkomen. Er ontstaat dan geen verbinding tussen de 'kennis' en de '(beleving van de) werkelijkheid': de piramide gaat zweven (zie afbeelding,-rechts p.9). We schrijven hier 'kennis' (tussen quotes), omdat er geen sprake is van echte eigen kennis, maar hooguit van het van buiten leren van een tekst, zonder dat er begrip is gevormd. Met '(ervaringen met de) werkelijkheid' bedoelen we ervaringen die leerlingen hebben met het object van de wetenschap (episo-dische, conceptuele of procedurele kennis) die door leerlingen alleen in straattaal kunnen worden aangeduid of waar leerlingen helemaal geen woorden voor hebben. Om de studenten op dit probleemgebied te attenderen, gebruiken we in de opleiding een artikel van Scott, Mortimer en Ametller (2011) over Pedagogical Link-making waarin deze schrijvers weliswaar niet de metafoor van de Zwevende Piramide gebruiken maar zeer vergelijkbare inzichten presenteren (zie Box 1).

BOX 1. Pedagogical link-making

Scott, Mortimer, & Ametller (2011) geven aan dat het een basisaanname van het constructivistisch perspectief op leren is dat de lerende verbindingen legt tussen bestaande kennis en nieuwe ideeën. Ze stellen dat het onderwijs het leggen van deze verbindingen gericht moet bevorderen, omdat het onwaarschijnlijk is dat leerlingen of studenten het uit zichzelf doen.

De schrijvers onderscheiden drie typen van pedagogische steun aan het leggen van verbindingen:

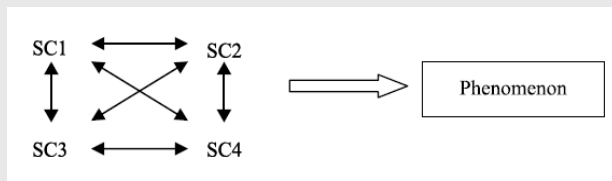
1. het geven van steun aan het opbouwen van kennis.

Hierbij noemen de schrijvers verschillende aanpakken, onder andere: verbindingen helpen maken tussen wetenschappelijke begrippen (scientific concepts, SC) onderling, en tussen wetenschappelijke verklaringen en verschijnselen in de leefwereld (phenomenon). De auteurs vatten deze samen in de afbeelding hierboven, waarin aspecten van de afbeelding van de zwevende piramide te herkennen zijn.

2. het bevorderen van continuïteit, die ertoe moet leiden dat de leerling samenhang ervaart in de verhaallijnen van het hele curriculum, van aparte lessenreeksen en van aparte lessen.

3. het aanmoedigen van emotioneel engagement waardoor leerlingen en studenten persoonlijk betrokken raken en blijven bij de leerstof.

In hun artikel werken de schrijvers de verschillende typen en aanpakken van *pedagogical link-making* gedetailleerd uit en lichten ze toe in een concrete lessenreeks.



Een Copernicaanse omschakeling

De vorige paragraaf kunnen we samenvatten met: Een student moet in de lerarenopleiding een grote verandering doormaken: Van leerling/student die relatief weinig problemen heeft met het leren van het vak moet hij of zij uitgroeien naar een leraar die begrip heeft voor leerlingen die wel flinke problemen kunnen hebben met het vak. Dit betekent voor de meesten een Copernicaanse verandering: zij moeten actief op zoek naar manieren om het leren van de leerlingen, dat dus deels zo vreemd voor hen is, te leren kennen en bovendien te stimuleren. Ze moeten antwoorden vinden op de vraag hoe een zwevende piramide bij leerlingen alsnog een stevige relatie met de werkelijkheid kan krijgen en hoe de aanvankelijk verbrokkelde kennis samenhang kan krijgen. Er moet bij de student een leerproces op gang komen waardoor hij of zij zich kennis eigen maakt over zo veel mogelijk aspecten van de onderwijssituatie. Dat is van groot belang voor het onderwijs, omdat onderwijs moet berusten op inzicht in het leren. Daarnaast moet de nieuwe leraar zich ook kennis en vaardigheden eigen maken ten aanzien van de psychosociale aspecten van de groep die de klas vormt. Kennis van de jonge leeftijdsgroep is hierin een belangrijk onderdeel. We menen waar te nemen dat de meeste studenten het grootste deel van deze blikwisseling helaas pas in de loop van hun stage en in het vervolg van hun loopbaan meemaken. We zijn daarom van mening dat deze leerprocessen zo vroeg mogelijk in de opleiding moeten worden gestart.

BOX 2. Aandacht ontwikkelen voor de vele mogelijke standpunten

Regelmatig zeggen bètastudenten dat alles - of in ieder geval veel - in hun vak heel logisch is. Daaruit blijkt dat ze nog te weinig zien dat wetenschappelijke begrippen, die nu zo vanzelfsprekend gebruikt worden, zijn ontstaan als product van een zorgvuldig afwegingsproces in de betreffende natuurwetenschappelijke gemeenschap. Hierin schuilt een belangrijk leerpunt voor de docenten in de bètavakken: zicht krijgen op de veelheid aan mogelijke standpunten om een bepaald verschijnsel te beschouwen, te beoordelen en te verwoorden. Het volstaat dan ook niet om een enkele keer te vertellen dat er sprake is van leerlingbeelden die afwijken van jouw wetenschappelijke beeld, maar het is belangrijk dat de studenten daadwerkelijk zulke beelden opmerken in hun lessen en er juist mee leren omgaan. Dat laatste betekent dat de leraar in gesprek gaat met de leerlingen over hun denkbepelden; deze laatste kunnen beter niet met misconcepten worden aangeduid om de communicatie niet direct te frustreren.

Om die blikwisseling te bewerkstelligen moet er in het onderwijs dus aandacht zijn voor:

- ▶ het eigen leren van het vak
- ▶ leerproblemen van leerlingen
- ▶ praten met leerlingen
- ▶ de taal van het vak en het onderwijzen (Evers, Hooghuis, Van de Ven, & Vogelesang, 2011).

Hoe krijgt
een zwevende
piramide alsnog
een stevige
basis?

Het ontwerpen van het onderwijs

Nu het probleem in de drie lagen van opleiders, studenten en leerlingen is geschetst, kunnen we aangeven hoe ons onderwijs zijn vorm kreeg.

Advance organizer

Bij de start van de opleiding spreken we met de studenten over de kennispiramide en de zwevende piramide als metafoor voor (een gebrekkig) kennisgebouw. We gebruiken de piramides echt als een *advance organizer*: we leggen de beide versies uit en geven de studenten tussendoor enkele opdrachten zodat hun voorkennis en voorervaringen over het leren van hun vak geactiveerd wordt. We geven hen als huiswerk op om het artikel van (Scott et al., 2011) over *Pedagogical link-making* te lezen. Bovendien krijgen ze een opdracht met een studielast van 3 tot 4 dagen die ze alleen of in tweetallen gaan maken. Het doel van de opdracht Zwevende Piramide is dat de studenten van meet af aan het leren van de leerlingen centraal stellen in de opleiding, maar ook dat studenten de praktijk van het onderwijzen koppelen aan theorie. We geven hier slechts de essentie van de instructie weer. In Box 3 staat de Opdracht Zwevende Piramide meer uitgewerkt te lezen en in Box 5 (p. 15) een aantal daadwerkelijk gegeven lesjes in dit kader.

BOX 3. Opdracht Zwevende Piramide

Ontwerp een les waarin je verwerkt wat deze startperiode van de opleiding je heeft opgeleverd aan inzichten over onderwijs in je vak:

- ▮ Kies een origineel onderwerp.
 - ▮ Kies een doelgroep die je kent: bijvoorbeeld brugklas, 4havo, 6vwo. Verdiep je in wat die groep aankan en interesseert.
 - ▮ Verwerk pedagogical link-making in je les. Één link die echt moet: Maak een les waarin de leerlingen academische kennis (conceptuele kennis) vastmaken aan concrete ervaringen. Kies dus voor demonstratie, practicum, excursie of iets dergelijks.
 - ▮ Maak op één bladzijde een korte uitleg van de didactiek van je les.
 - ▮ Tijdens een aantal werkcolleges kun je onder begeleiding van een opleider werken aan de opdracht.
 - ▮ Geef (een deel van) je les aan de andere studenten (die dus de rol van leerling spelen) op ... (datum). Je krijgt daarna mondeling feedback van je collega-studenten en opleiders.
- Je opleiders zullen je ook nog via een formulier feedback geven op alle aspecten die in deze instructie staan aangegeven.

Basiskennis

De overige studielast wordt gevormd door werkcolleges. Hierin bespreken de studenten bij onderwijskunde (c.q. algemene didactiek) algemene thema's, zoals 'lesvoorbereiding', 'klassenmanagement' en 'puberteitspsychologie'. Ook vakdidactische bijeenkomsten bevatten standaardthema's als de vakinhoudelijke eindtermen en analyse van schoolboeken. Deze colleges brengen studenten basiskennis bij die ze kunnen gebruiken tijdens het ontwerpen van hun les in het kader van de kennispiramide en de zwevende piramide, waartoe in de colleges dat verband ook wordt gelegd.

In andere colleges worden de piramides verder uitgelegd en verdiept via twee lijnen: aandacht voor het leren van het vak door de student zelf (vakautobiografie) en aandacht voor (vak)taalvorming.

Vakautobiografie

Een van de eerste werkcolleges na de introductie van de opdracht de Zwevende Piramide versterkt de lijn van het leren van de student zelf. Het college bereidt de studenten voor op het maken van een vakautobiografie waarin vragen aan de orde komen als 'Waarom heb ik voor biologie/scheikunde/natuurkunde gekozen?', 'Wat is mijn relatie met mijn vak, en met het object van mijn vak?' 'Hoe leer ik biologie?'. Zo'n werkcollege kan beginnen met het voorlezen van fragmenten uit (auto)biografieën van biologen, scheikundigen of natuurkundigen. Biologiestudenten bijvoorbeeld kunnen hun eigen ervaringen herkennen in hoe de beroemde primatologe Jane Goodall haar kinderjaren in Engeland beschrijft. In het leergesprek daarna komt het beeld van de zwevende piramide makkelijk weer aan bod. Studenten maken in het college schetsen voor hun vakautobiografie en wisselen deze uit. Daarbij is er ook veel ruimte voor ervaringen met hun leraren destijds, natuurlijk speciaal voor leraren van het eigen vak. Maar ook voor de vraag hoe hun medescholieren dat vak leerden, en wat die daar moeilijk aan vonden. Vaak blijkt dat de studenten van de lerarenopleiding al in hun middelbare-schooltijd vraagbaak waren voor hun medescholieren in wat uiteindelijk hun eigen vak zou worden.

Daarmee is de stap naar de leerling gemaakt. In volgende werkcolleges wordt dat uitgebreid: 'Hoe zien leerlingen onze vakken?' en volgt een vakinhoudelijke uitdieping van het thema 'leerlingbeelden' met veel aandacht voor de compartimentering van de kennispiramide. Studenten krijgen aangereikt dat het 'repareren' ervan een essentieel aspect is van leren. Veel leren bestaat in wezen niet uit het leren van nieuwe kennis - een opvatting die leerlingen en studenten vaak hebben - maar uit het herstructureren van bestaande kennis. Een eigen directe ervaring kunnen ze hierin opdoen door te merken dat de voor hen vaak als logische overkomende structuur in het bètavak voor hun leerlingen in het algemeen niet bestaat. Dit betekent dat ze de hun vertrouwde begrippen op een nieuwe manier moeten gaan ordenen en rangschikken. Ook zo vormt zich dus nieuwe kennis.

(Vak)taalvorming

- Voor het ordenen en herordenen van bestaande kennis is taal buitengewoon belangrijk, zo niet noodzakelijk: de lerende moet zelf actief taal vormen (spreken, schrijven) over het thema dat aan de orde is. Daarmee hebben we naast de lijn van het leren van de student de tweede lijn genoemd: Taal (Evers, Hooghuis, Van de Ven, & Vogelesang, 2011). Een van de eerste werkcolleges zoomt al op deze lijn in.

De noodzaak daarvoor komt ook voort uit aandacht voor de leerling, dit betekent immers ook aandacht voor het spreken met de leerling. De student zal merken dat de taal die hij aanvankelijk bezigt om zijn ervaringen met leerlingen te beschrijven tekort schiet en dat hij deze moet gaan veranderen. Zo zal bijvoorbeeld niet meer zozeer worden gesproken in termen als 'uitleggen' en 'ze begrijpen het niet' maar in een nieuw taalveld met termen als 'proberen met de leerlingen in gesprek te komen' en 'hun beelden waren heel anders dan die van mij als vakdeskundige'.

Dan moet de omschakeling die in het begin van dit artikel uitvoerig is besproken ook gaan plaatsvinden. De studenten in de lerarenopleiding moeten omscholen of beter herscholen naar leraar. Gaande dit proces van herscholing zullen zij hun vanzelfsprekende vakgebonden taal gaan aanvullen met een nieuw vocabulaire dat geschikt is om de ervaringen te

verwoorden die zijn opgedaan bij het bekijken van de wereld op deze andere manier. De onderwijswereld op een nieuwe manier gaan bekijken betekent dus een uitbreiding van hun ervaringen die onder andere in hun gebruikte formuleringen tot uitdrukking komt. Door hun positieve ervaringen met het onderwijzen op een meer dialogische manier veranderen zij ook zelf en daarmee ook hun *pedagogical content knowledge*.

In deze laatste formulering komt naar voren dat wij de studenten een visie op onderwijs aanreiken waarin docenten samen met hun leerlingen het onderwijs maken in een vorm van gesprek. In het werkcollege laten we ze protocollen van gesprekken tussen leraar en leerlingen lezen en becommentariëren (bijvoorbeeld uit Van der Aalsvoort & Van der Leeuw, 1982). Wij laten de studenten ervaren dat naast het traditionele 'uitleg'-onderwijs ook gekozen kan worden voor een onderwijssituatie van samen naar betekenis zoeken. In de woorden van Anna Sfard (Sfard, 1998): *de transition metaphor tegenover de acquisition metaphor*. Zo hopen we dat de studenten ervaren dat de wijze van onderwijzen niet een vast gegeven is, maar een keuze die je als docent maakt en dat daarbij een eigen taalwereld hoort.

Enkele ervaringen en de conclusie

Idealiter hadden we systematisch gegevens verzameld over het effect van ons curriculum. Maar dit is geen vooraf opgezet onderzoek en dus ook geen onderzoeksartikel. Die pretentie zouden we niet waar kunnen maken. We zouden dan bijvoorbeeld hebben moeten

nagegaan hoe vaak er verderop in de opleiding door studenten teruggegrepen wordt naar de kennispiramide en de zwevende piramide, en hoe goed en hoe vaak de studenten hieraan refereren in hun producten. Hier willen we enkele indrukken en voorbeelden geven.

Onze indruk is dat de zwevende piramide een adequaat denkkader biedt voor het leren van leerlingen.

Onze indruk is dat de zwevende piramide (c.q. *pedagogical link-making*) de studenten een adequaat denkkader biedt voor het leren van leerlingen.

De introductie van de piramide en de opdracht om een les te ontwerpen wordt welwillend aangehoord en studenten begrijpen de zin ervan. Het artikel van Scott roept betrekkelijk weinig weerstand op, en is voor de gemiddelde natuurwetenschappelijke student goed te lezen. We hebben de indruk dat na het geven van de lessen en het verwerken van de feedback de meeste studenten dit 'mentale model' begrijpen. Later, als de studenten volledig bezig zijn met hun stage, wil het model nogal eens wegzakken; niet zo vreemd natuurlijk, maar in de ogen van ons opleiders toch niet zo bevredigend. Hier ligt nog een ontwikkeltaak. De aandacht voor taal lijkt een permanente invloed te hebben op studenten. Dat komt waarschijnlijk omdat de oefeningen die we daarover doen (zie Box 4) heel concreet zijn. Wel blijkt in de nabespreking van bezochte lessen van studenten dat de studenten daarbij in voorkomende gevallen aanspreekbaar zijn voor het model van de zwevende piramide om te begrijpen waarom zich in hun les problemen voordeden. Ook dit vormde een stimulans om de studenten in hun opleiding vroegtijdig te confronteren met het centrale onderwijsprobleem van de niet goed lukkende communicatie tussen docent en leerlingen.

BOX 4. Voorbeeld van oefening taalvorming

In een college geven we studenten de opdracht om vragen op te schrijven waarvan ze vinden dat je die kunt stellen aan het begin en aan het einde van een thema. Dit geeft informatie over het verschil in taalgebruik daarbij en over het procesaspect dat inherent is aan leren en dat vaak lange tijd in beslag neemt. Enige voorbeelden van vragen die studenten voorstelden voor het begin en voor het einde van een thema staan in de volgende tabel.

Vraag aan het begin

Welke begrippen komen er bij je op als je denkt aan fotosynthese?
Wat denk je dat een koolwaterstof is?
Lost vet op in water?
Kunnen jullie woorden noemen die met het hart te maken hebben?
Waar denk je aan bij de term spijsvertering?
Wat is een zuur?
Wat is een chromosoom?
Hebben planten licht nodig om te groeien?

Vraag aan het einde

Wat is de chemische formule van fotosynthese:
 $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$
Is 2-buteen een koolwaterstof?
Waarom mengen olie en water niet?
Beschrijf de route die een bloedcel aflegt in het lichaam.
Kun je beschrijven wat er met je eten gebeurt nadat je dit hebt gegeten?
Wat houdt een hoge zuurgraad in?
Hoe zijn een gen en een allel gelegen op een chromosoom?
Denk je dat planten 's nachts groeien?

BOX 5. Lesthema's

De tabel geeft een aantal door studenten gekozen lesthema's. Bij het ontwerpen van deze kleine lesjes merken de studenten dat het didactiseren van een stukje vakinhoud veel vraagt. Ze hebben moeite om een geschikt praktisch element in hun les te verwerken. En laten leerlingen niet lang en grondig genoegilstaan bij wat ze ervaren. Ze hebben nog weinig aandacht voor de voorkennis en de ervaringen van de leerlingen. Evenmin is het verwonderlijk dat ze bij de uitvoering de neiging vertonen uit te zijn op 'het goede antwoord' en duidelijk nog moeten leren de lerenden te verstaan. Ze moeten nog leren dat de door de lerenden gebruikte formuleringen weliswaar af kunnen wijken van de formeel wetenschappelijke, maar desondanks een heel adequate weergave kunnen zijn van een begrip/de leerstof.

Thema	Vak/vakken	Praktische activiteit	Doelgroep
Spieren van Usher	biologie	jezelf aan een ring optrekken en bekijken van een video.	4 vmbo
Zwaartepunt	natuurkunde	bepaling zwaartelijf of -punt van enige geknipte figuren.	2 havo/vwo
Zaden en vruchten	wiskunde	aan de hand van een vragenlijst een aantal zaden en vruchten beoordelen.	2 havo/vwo
Piramide van Hanoi	biologie	met een houten demonstratiemodel zelf het principe van volledige inductie op het spoor komen.	4 vwo
Bruistabletten	scheikunde	achterhalen op grond van de samenstelling van een aantal bruistabletten welke ingrediënten voor het bruis-effect zorgen.	??

Referenties

- Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 84-91.
- Born, M. (1964). Symbol und Wirklichkeit. *Physikalische Blätter*, 20, 554.
- Evers, I., Hooghuis, F., Van de Ven, P.-H., Vogelesang, M.J. (2011). Communicatie, taal en (vakspecifiek) leren. *Tijdschrift voor Lerarenopleiders*, 32(3), 25-31.
- Knippels, M.C.P.J., Waarlo, A.J., & Boersma, K.T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108-112.
- Scott, P., Mortimer, E., & Ametller, J. (2011). Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, 47(1), 3-36.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 22(2), 4-13.