

Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs

Marjolein Vollebregt, Kees Klaassen, Rupert Genseberger en Piet Lijnse

Centrum voor Natuurkunde Didactiek, Universiteit Utrecht

Motiveren van leerlingen is een belangrijk onderdeel van het geven van onderwijs. In de toekomst wordt dit aspect wellicht zelfs belangrijker, omdat leerlingen zichzelf, meer dan voorheen, tot leren moeten aanzetten. Om te zorgen dat zij niet voortijdig afhaken, moeten we leerlingen zo veel mogelijk het gevoel geven dat ze de leerstof begrijpen en zorgen dat zij het interessant gaan vinden om nog meer te weten te komen. Met andere woorden: we moeten hen inhoudelijk gemotiveerd maken en houden. In dit artikel worden hiertoe enkele ideeën aangereikt.

Iedereen is het er tegenwoordig over eens dat het belangrijk is om leerlingen actief in het onderwijs te betrekken. We verwachten immers dat een actieve betrokkenheid van leerlingen maakt dat zij nieuwe leerstof sneller en beter begrijpen. Die actieve betrokkenheid kan vele vormen aannemen. Bijvoorbeeld actief meedenken met de uitleg van de docent, zelf toepassen van gegeven uitleg in opgaven, of zelf iets nieuws ontdekken. Er zijn grofweg drie verschillende manieren denkbaar om leerlingen tot meer eigen activiteit te motiveren.

- *Externe motivering*, d.w.z. diverse vormen van beloning voor eigen activiteit en/of straf in geval van te weinig activiteit (cijfergeving voor geleverde prestaties is in dit geval een bekend voorbeeld).

- *Procedurele motivering*, d.w.z. het aanbieden van aansprekende werkvormen (zoals groepswork, creatieve schrijf-opdrachten, spectaculaire proeven, video, etc.) en het aanbieden van keuze-mogelijkheden (differentiatie naar capaciteiten, soorten opdrachten, etc.).

- *Inhoudelijke motivering*, d.w.z. inhoudelijke interesse oproepen in het onderwerp en deze vasthouden, of nog verder gaand: leerlingen zodanig motiveren dat zij die dingen willen leren die wij hen willen onderwijzen.

In het vervolg gaan we op deze laatste manier nader in, omdat we vinden dat dit in de huidige onderwijspraktijk (nog) meer aandacht verdient. Het oproepen en vasthouden van inhoudelijke interesse is natuurlijk geen nieuw idee. Iedere docent probeert dit geregeld te doen, bijvoorbeeld m.b.v. aansprekende toepassingen van de leerstof, of intrigerende proeven waardoor leerlingen nieuwsgierig raken. Soms probeer je als docent ook uit te leggen waarvoor deze nieuwe leerstof nodig is (of zal blijken te zijn), en word je daar zelfs toe gedwongen wanneer leerlingen vragen "waarom moeten we dit doen?" Maar eigenlijk ben je dan al te laat, omdat je liever zou zien dat leerlingen de stof zo interessant vinden dat deze vraag niet in ze opkomt.

Ook in leerboeken wordt geprobeerd om leerlingen zicht te geven op wat ze gaan leren en om dit op een of andere manier voor leerlingen te legitimeren met een pakkende inleiding of prikkelende vragen. Het (relatief

saaie) vervolg van het hoofdstuk heeft echter voor leerlingen vaak al snel weinig meer met zo'n inleiding te maken. Bovendien blijft het voor hen regelmatig onduidelijk waarom bepaalde experimenten of opdrachten gedaan moeten worden en waar dat toe zou moeten leiden. Een goede inhoudelijke motivering gaat naar onze mening dus verder dan een pakkende inleiding. Wat wij proberen na te streven is een onderwijsleerproces dat enerzijds voor leerlingen een duidelijke inhoudelijke lijn en samenhang heeft, en dat anderzijds uiteindelijk uitkomt bij de gewenste kennis en vaardigheden. Laten we dat eerst even concreet toelichten.

Een voorbeeld

Een gangbare aanpak van 'radioactiviteit'

Veel natuurkundeleerboeken beginnen hun lessen over radioactiviteit met een inleiding om de belangstelling voor het onderwerp op te roepen. Bijvoorbeeld door aan te kondigen dat er geleerd gaat worden over toepassingen en gevaren van straling. In de gebruikelijke opbouw wordt deze inleiding al snel gevolgd door een behandeling van atoombouw: stoffen bestaan uit moleculen, die zelf uit atomen bestaan, die op hun beurt weer bestaan uit..... etc. Vervolgens worden isotopen behandeld, waarna aan de orde komt dat sommige isotopen instabiel zijn en veranderen door straling uit te zenden. Pas aan het eind van het hoofdstuk komen de toepassingen en beschermingsmaatregelen aan de orde. De gedachte achter deze opbouw lijkt de volgende te zijn: om toepassingen en beschermingsmaatregelen beter te begrijpen, moeten leerlingen eerst weten wat radioactiviteit eigenlijk is en daarvoor is het nodig eerst iets aan atoombouw te doen. Dit klinkt logisch, maar het gevolg is dat leerlingen eerst een aantal lessen bezig zijn met tamelijk abstracte leerstof (waarvan ze de zin nog niet kennen) voor zij toekomen aan wat hen in de inleiding beloofd is. Bovendien ligt het voor leerlingen helemaal niet voor de hand om te beginnen met atoombouw.

Is het wel noodzakelijk om eerst op fundamenteel niveau te weten wat radioactiviteit is, voordat je beschermingsmaatregelen en toepassingen beter kunt begrijpen? Naar onze mening heeft die microscopische kennis niet veel praktisch nut. Wat heb je er in de praktijk aan om te weten dat een radioactieve stof instabiele kernen heeft? Er is immers geen directe manier om dat na te gaan. Er zijn alleen maar indirecte methoden, zoals meten met een Geigerteller. En als je wilt weten of een bestraald voorwerp stralingsgevaar oplevert voor de omgeving, dan is het vooral relevant om te constateren dat een voorwerp door bestraling niet radioactief wordt. Veel relevanter in elk geval dan een verhandeling over de processen die zich afspeelen bij de absorptie van heliumkernen, elektronen of elektromagnetische straling.

Een nieuwe aanpak van 'radioactiviteit'

Op grond van zulke overwegingen is een geheel andere opbouw van een lessenserie over radioactiviteit ont-

wikkeld (Klaassen e.a., 1991). Na de inleiding wordt meteen gewerkt in de richting van wat in de inleiding is aangekondigd. Namelijk door leerlingen te laten ervaren dat ze weliswaar al behoorlijk wat weten, maar toch nog te weinig om beschermingsmaatregelen en toepassingen echt goed te begrijpen. Zo zijn leerlingen het er vrijwel unaniem over eens dat kerncentrales en röntgenapparaten iets met radioactiviteit te maken hebben. Maar of een batterij radioactief is, of een laser, of een magneet, daarover zijn ze niet zo zeker of verschillen ze van mening. Die twijfels en meningsverschillen worden gebruikt om bij leerlingen de behoefte op te roepen aan een objectief criterium om vast te stellen of iets radioactief is of niet. Dat criterium wordt de Geigerteller, die leerlingen ook in het vervolg van de lessenreeks in staat stelt hun uitspraken experimenteel te controleren.

Na enkele andere inleidende activiteiten wordt aan leerlingen gevraagd om een appel radioactief te maken. Tot hun verbazing lukt dat niet door de appel in de buurt van een radioactief voorwerp te leggen. Hierdoor ontstaat bij leerlingen de vraag hoe iets dan wel radioactief gemaakt kan worden. In het vervolg wordt nadrukkelijk aan de oplossing van dit probleem gewerkt. Daarbij ontwikkelen leerlingen gaandeweg een macroscopische theorie over radioactiviteit, waarin de kernbegrippen gevormd worden door 'radioactieve stof', 'straling', 'bestraling' en 'besmetting'. Verder leren leerlingen die theorie toepassen en denken ze bijvoorbeeld na over de vraag of je je tegen bestraling op dezelfde manier moet beschermen als tegen besmetting.

Die macroscopische theorie beantwoordt dus vragen van leerlingen, maar roept ook nieuwe vragen bij hen op. Bijvoorbeeld: "Waarom gaat een bestraald voorwerp geen straling uitzenden? Wat gebeurt er dan met die straling? Waarom is bestraald worden wel schadelijk? Wat is straling eigenlijk?" Kortom, het zijn problemen die ook in de gebruikelijke benadering centraal staan, namelijk theoretische problemen van de soort: wat is radioactiviteit? Maar terwijl in de gebruikelijke benadering het boek of de docent die problemen stelt, worden ze in deze benadering voornamelijk door leerlingen zelf naar voren gebracht. En dat was op voorhand ook de bedoeling.

Nadat de macroscopische theorie voldoende ontwikkeld is, krijgen leerlingen enkele hints waarmee ze hun theoretische problemen in microscopische termen kunnen proberen op te lossen. Bijvoorbeeld de hint dat straling niets anders is dan snel bewegende deeltjes. Leerlingen kunnen hiermee zelf verklaren dat een bestraald voorwerp wel schade ondervindt ten gevolge van straling, maar zelf geen stralingsgevaar vormt voor de omgeving. Het is overigens niet zo dat om de theoretische problemen van leerlingen op een voor hen bevredigende manier te beantwoorden een gedetailleerde behandeling van atoombouw nodig is.

Wat willen we met dit voorbeeld laten zien?

We proberen met het bovenstaande voorbeeld duidelijk te maken dat een pakkende inleiding leerlingen wel inhoudelijk kan motiveren, maar dat er meer nodig is om hen ook gemotiveerd te houden. Ten eerste moet er nadrukkelijk in de richting van de inleiding worden verder gewerkt, d.w.z. op een manier die herkenbaar is voor leerlingen. Het voorbeeld laat zien dat dit wel degelijk mogelijk is. Voor toepassingen en beschermingsmaat-

regelen is het in eerste instantie voor leerlingen niet relevant om iets te leren over atoombouw. Wel is het relevant om te weten welke voorwerpen straling uitzenden en dat bestraald worden wel schadelijk is, maar dat een bestraald voorwerp zelf geen straling uitzendt.

Ten tweede moeten er in dat vervolg steeds nieuwe doelen ontstaan die voor leerlingen zinvol zijn op basis van het voorgaande. In het voorbeeld zijn dit nieuwe vragen die ontstaan tijdens de activiteiten: Hoe maak je dan iets radioactief? Waarom zendt een bestraald voorwerp geen straling uit? etc.

In het bovenstaande is te zien dat niet elke pakkende inleiding zomaar geschikt is om leerlingen inhoudelijk te motiveren. Want nadrukkelijk verder werken in de richting van die inleiding kan uitkomen bij hele andere kennis dan gangbaar bij een dergelijke inleiding wordt beoogd. Als je atoombouw wilt behandelen, is aan bovenstaand voorbeeld te zien dat de context van radioactiviteit in eerste instantie niet zo geschikt is. Voor de behandeling van atoombouw moet dus naar een andere, meer geschikte inleiding gezocht worden, hetgeen wellicht nog niet zo eenvoudig is. Ook het laten ontstaan van zinvolle tussendoelen voor leerlingen (bijvoorbeeld in de vorm van vragen die richting geven aan het vervolg) is niet zo eenvoudig. In bovenstaand voorbeeld is te zien dat dit iets heel anders is dan bijvoorbeeld de huidige praktijk van lijstjes met leerdoelen ("dit moet je aan het eind van het hoofdstuk kennen/kunnen"). Dergelijke doelen geven wel aan wat er in het hoofdstuk geleerd gaat worden, maar leerlingen kunnen vaak nog niet beoordelen waar dat voor nodig zou kunnen zijn of waarom dat interessant kan worden. We moeten dus zoeken naar andere tussendoelen, die voor leerlingen wel begrijpelijk en interessant gemaakt kunnen worden en naar activiteiten die voor leerlingen duidelijk toewerken naar het bereiken van die doelen.

In het ideale geval zouden we willen dat inleidende teksten of vragen niet alleen interesse oproepen, maar ook daadwerkelijk verwijzen naar een voor leerlingen zinvolle richting waarin het onderwijs verder zal gaan. En dat in het vervolg steeds nieuwe doelen bij leerlingen ontstaan, die het voor hen zinvol maken om juist die kennis te ontwikkelen die wij hen willen onderwijzen. Dergelijk onderwijs zijn we probleemstellend onderwijs gaan noemen. Hieronder gaan we eerst iets dieper in op kenmerken van dat soort onderwijs. Daarna gaan we in op de relevantie van deze ideeën voor de praktijk van alledag.

Probleemstellend onderwijs

De kern van probleemstellend onderwijs is dat leerlingen op inhoudelijke gronden de zin zien van wat ze aan het doen zijn. Als hieraan is voldaan, mogen we verwachten dat nieuwe kennis niet geforceerd aan leerlingen wordt opgedrongen, maar dat zij deze zullen accepteren op gronden die zij zelf begrijpen. Wanneer leerlingen steeds de zin zien van wat ze aan het doen zijn, kunnen zij min of meer de reden/opzet van elke activiteit begrijpen en bepalen waarom het zinvol is om deel te nemen aan die activiteit. We verwachten dat daardoor niet alleen hun actieve betrokkenheid bij het leerproces toeneemt, maar dat tevens de kwaliteit van hun begrip verbetert.

We proberen een dergelijk proces concreet vorm te geven door met opzet bij leerlingen bepaalde problemen op te roepen. Deze problemen gaan dan fungeren als doelen voor vervolgvragen. Juist door het zoeken naar oplossingen voor zulke specifieke hoofd- en deel-

problemen kunnen leerlingen goede redenen ontwikkelen om hun kennis verder uit te breiden in de door ons gewenste richting. Deze aanpak vergt een serie goed doordachte activiteiten, zodanig dat:

- de oplossing van elk deelprobleem aanleiding geeft tot een volgend probleem;
- het achtereenvolgens oplossen van deelproblemen uiteindelijk leidt tot de oplossing van een hoofdprobleem;
- de door de ontwerper beoogde doelen door leerlingen bereikt worden wanneer alle hoofdproblemen zijn opgelost.

De problemen moeten hierbij dus niet door de docent aangedragen worden. In plaats daarvan proberen we de activiteiten zo te ontwerpen dat leerlingen de problemen zelf gaan stellen (vandaar dat we onze aanpak *probleemstellend* genoemd hebben) en zelf belangrijk gaan vinden. Niet verwachten dat elke leerling elke oplossing helemaal zelf bedenkt of dat elke leerling elk gepland probleem zelf formuleert. Wel wordt gestreefd naar een situatie waarbij elk probleem minstens door enkele leerlingen wordt geformuleerd en waarbij alle leerlingen het voldoende belangrijk vinden om dit probleem op te lossen. Verder dienen de docent en het lesmateriaal de leerlingen natuurlijk te ondersteunen bij het vinden van oplossingen.

In het bovenstaande is de probleemstellende aanpak geïllustreerd aan de hand van lesmateriaal over radioactiviteit. In het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen te Utrecht is ook voor enkele andere onderwerpen gewerkt aan een probleemstellende benadering, namelijk voor 'besluitvorming over afval' (Kortland, 1996) en 'druk en gaswetten' (Genseberger, 1999). In een volgend artikel willen we rapporteren over de ontwikkeling van en ervaringen met een probleemstellende benadering voor het leren en onderwijzen van een deeltjesmodel (Vollebregt, 1998).

Integratie in de huidige lespraktijk

Binnen ons Centrum zal doorgedaan worden met het uitwerken van een probleemstellende benadering voor andere onderwerpen. Een duidelijk nadeel van het tot nu toe ontwikkelde materiaal is dat het vrij hoge eisen stelt aan docenten, met name door het veelvuldige gebruik van werkvormen als discussies met de hele klas. Het echt goed omgaan met een dergelijke werkvorm blijkt verre van eenvoudig. Er zijn plannen om dit materiaal aan te passen door de inhoudelijke opbouw te combineren met werkvormen die voor meer leraren hanteerbaar zijn. Daarnaast vraagt een echt probleemstellende aanpak voor een hele lessenserie veel voorbereiding. De aan te bieden activiteiten moeten goed doordacht zijn en eigenlijk eerst meerdere keren zijn uitgetest en verbeterd, voordat een bevredigend resultaat kan worden verwacht. Vaak blijkt zo'n lessenserie sterk af te wijken van de gangbare aanpak in de huidige leerboeken. Toch denken we dat het ook mogelijk is om op een meer probleemstellende manier met bestaande leerboeken te werken, maar we hebben hier nog nauwelijks ervaring mee. We kunnen op dit moment dan ook slechts enkele eenvoudige aanwijzingen geven.

Vraag jezelf eens af, wanneer je een les voorbereidt of een stukje studiewijzer schrijft, waarom leerlingen vanuit zichzelf geredeneerd die bepaalde activiteit zouden willen doen. Of: waarom zou een bepaalde verklaring

voor leerlingen eigenlijk plausibel zijn? Dan is het bij de voorbereiding wellicht al mogelijk om iets te bedenken dat een activiteit, of een weg naar een verklaring, voor leerlingen zinvoller kan maken. We denken dat het bij diverse hoofdstukken of paragrafen van een boek mogelijk moet zijn om je meer in leerlingen te verplaatsen:

- Bereidt een bepaalde vraag hen voor op een volgende activiteit?
- Kan het hen uit het voorgaande duidelijk zijn waarom die vraag of opdracht gesteld wordt?
- Welke vragen zouden ze hier zelf bij stellen?

Een antwoord op deze vragen kan al snel leiden tot een kleine, of iets grotere aanpassing in de volgorde van de leerstofopbouw, waardoor er voor leerlingen meer lijn en samenhang ontstaat. Alleen al door geregeld bij deze zaken stil te staan ben je dus op weg naar het zinvoller maken van je lessen voor meer leerlingen. Voor het werk dat dit met zich meebrengt krijg je, wanneer het lukt, als docent een beloning in de vorm van leerlingen die meer betrokken zijn bij het onderwerp en daar zelfstandiger over nadenken.

In de nabije toekomst willen we meer aandacht besteden aan manieren om op een meer probleemstellende manier met bestaande leerboeken te werken. Dit moet leiden tot meer concrete aanwijzingen voor docenten. We komen hiertoe graag in contact met docenten en auteurs die hierover mee willen denken.

Literatuur

- Genseberger, R. (1999). DRUK: een lessenserie voor 4VWO, docentenhandleiding en leerlingentekst. Utrecht: CD-β.
- Klaassen, K., W. Moerman & Ch. Janssen (1991). Radioactiviteit, lesmateriaal en docentenhandleiding. Utrecht: CD-β.
- Kortland, K. (1996). Verpakingsafval: storten, verbranden en hergebruiken. Experimenteel lesmateriaal voor natuur- en scheikunde in de basisvorming. Utrecht: CD-β.
- Vollebregt, M.J. (1998). A problem posing approach to teaching an initial particle model. Utrecht: CD-β.