

Leerlingen leren nadenken, leerlingen aanzetten tot een onderzoekende houding, dat zijn zaken die sterk in de belangstelling staan. Maar hoe realiseer je dit als docent in je eigen klas? Binnen het Primasproject is een nascholingscursus hiervoor ontwikkeld. **Mi- chiel Doorman, Henk van der Kooij en Ad Mooldijk** geven enkele voorbeelden, met als toegift een werkblad over algebrapiramides voor een leuke les.

Denkactiviteiten, onderzoekend leren en de rol van de docent

Inleiding

Denkactiviteiten staan in de belangstelling en krijgen een plek in de nieuwe eindexamenprogramma's (Drij- vers, 2011). De ideeën achter denkactiviteiten staan dicht bij de doelstellingen van onderzoekend leren, een leerproces waarin leerlingen een onderzoekende rol hebben en zelf actief betrokken zijn bij de ontwik- keling van kennis en vaardigheden. Dit betekent niet dat leerlingen voortdurend aan het onderzoeken zijn of dat docenten volledig nieuw lesmateriaal moeten ontwikkelen. Kleine ingrepen in de dagelijkse lesprak- tijk aan de hand van het gebruikelijke boek kunnen hiertoe al bijdragen. Twee voorbeelden illustreren mogelijke ingrepen. Ze zijn beide ontstaan tijdens een cursus Onderzoekend Leren¹ op het Lek & Linge College te Culemborg.

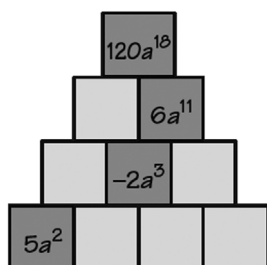


fig. 1 Een algebrapiramide.

Voorbeeld 1: Dit voorbeeld is geïnspireerd op opdrach- ten uit *Getal & Ruimte* waarbij tweedeklasleerlingen (HAVO/VWO) de lege vakken in piramides moeten invullen (zie figuur 1). De regel is dat de uitkomst van een vermenigvuldiging van twee expressies in het vakje erboven staat. De ingreep bij deze opdrachten is dat leerlingen gevraagd wordt om zelf een makkelijke en een moeilijke piramide te maken met machten, wortels, breuken of getallen in de wetenschappelijke notatie. De docent die de ingreep bedacht – Corine van den Boer – liet zien dat dit tot een grote variëteit aan opgaven leidde, waarbij zowel zwakkere als betere leerlingen zich uitgedaagd voelden (zie figuur 2).

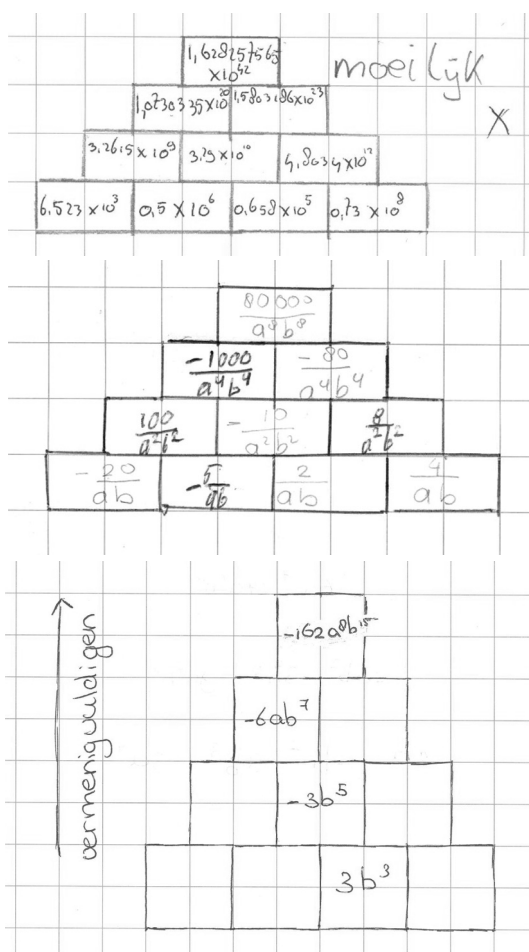


fig. 2 Enkele piramides van leerlingen.

Tijdens die activiteit ontstond bij de leerlingen spon- taan de vraag hoeveel hokjes je minimaal moet invul- len om de hele piramide op te kunnen lossen; een leuk zijspoor dat enkele groepjes extra uitdaagde. Vooral het feit dat de docent het antwoord hierop niet direct wist, daagde uit tot proberen, redeneren en 'slim' zijn. Een optelpiramide met de getallen 1, 2, 5 en 6 in de onderste rij is eenvoudig op te lossen. Als we nu 5 en 6 weglaten en alleen 10 in de top zetten (dus drie in

plaats van vier gegevens), is er dan maar één oplossing? Een vraag waarbij variabelen in de oplossing een natuurlijke rol kunnen spelen.

Na inleveren van alle piramides koos de docent de volgende dag drie piramides en legde deze aan de klas voor. Twee waren veel moeilijker dan die in het boek staan. Alle leerlingen gingen er vol enthousiasme mee aan het werk. Deze ingreep en de positieve ervaringen laten zien hoe leerlingen meer eigenaar van de wiskundige activiteit worden. Dit stimuleerde de docent om ze vaker zulke opdrachten te geven. Het is bovendien een mooie manier om te differentiëren tussen leerlingen van verschillende niveaus.

Voorbeeld 2: In dit tweede voorbeeld hebben de leerlingen voorafgaand aan de les de stof rond merkwaardige producten zelf behandeld. De docent – Hermien Eigeman – bedacht de volgende opdracht (zie figuur 3) om de leerlingen op een andere manier naar dergelijke producten te laten kijken.

x^2-4x+8	x^2+9	$x^2+4x+16$
x^2-36	x^2+2x+1	x^2-64
$x^2-22x+121$	$x^2-6x+12$	$x^2-10x+25$
x^2-144	x^2-49	$x^2-16x+64$
x^2+81	$x^2+5x+25$	x^2-6x+6
$x^2+8x+16$	$x^2-18x+81$	$x^2-20x+100$
x^2+25	$x^2+26x+169$	x^2+4x+4

fig. 3 Kwadratische vormen.

De opdracht was om een serie kwadratische expressies in te delen in twee groepen: expressies die iets met merkwaardig producten te maken hebben en expressies die geen resultaat van zo'n product lijken te zijn (zie ook bijvoorbeeld Doorman, 2011). Nu dus niet van $(a-b)^2$ naar $a^2-2ab+b^2$, maar van het resultaat naar het oorspronkelijke product. Deze ingreep was bedoeld voor een klassikale discussie van 15 minuten. De expressies stonden op losse kaartjes; voor elk groepje een set. De kaartjes waren ook zichtbaar op het smartboard, zodat het tonen en indelen snel kon gebeuren en ook voor leerlingen aantrekkelijk was om te doen. De docent gaf geen antwoord op de vraag of een kaartje goed lag, maar gaf alleen aan of de totale indeling juist was. Dit wekte nieuwsgierigheid naar wat de juiste indeling moest zijn. Door deze activiteit werden de leerlingen enorm gemotiveerd om de 'fouten' te vinden en bekeken ze nog eens goed de theorie in het boek. Een aantal leerlingen had het idee dat de a en b in het boek iets te maken had met de a en b in ax^2+bx+c en zagen niet de relatie tussen de

merkwaardige producten in het boek en de expressies op het scherm. Deze misvatting was anders niet boven tafel gekomen. De docent realiseerde zich weer eens hoe conventies ontstaan en hoe makkelijk leerlingen verkeerde patronen inslijpen.

Voor zowel leerlingen als docent was deze ingreep een openbaring; voor de leerlingen, omdat ze nu zagen hoe je een merkwaardig product kunt herkennen, en voor de docent, omdat dankzij de opdracht verschillende verkeerde concepties boven tafel kwamen.

Achtergrond

Deze voorbeelden zijn door docenten ontwikkeld en uitgevoerd in het kader van een nascholingstraject Onderzoekend leren. Dit traject is mogelijk gemaakt dankzij het Europese Primasproject². In Europa is sinds enkele jaren aandacht voor onderzoekend leren: onderwijs met inbreng van en een actieve rol voor leerlingen. Het doel is dat leerlingen beter leren, meer eigenaar van de lesstof zijn, onderzoeksvaardigheden en een onderzoekende houding ontwikkelen en dat docenten beter zicht hebben op de capaciteiten van hun leerlingen en in het onderwijs daar beter op kunnen aansluiten. Dit doel sluit aan bij wat in Europees jargon heet de wensen van de huidige samenleving. Onze samenleving vraagt om vaardigheden als probleemoplossen, in groepen kunnen werken, creativiteit, onderzoeksattitude, flexibiliteit en kritisch burgerschap. Uit een Europees onderzoek blijkt dat op beleidsniveau veel gebeurt om onderzoekend leren te stimuleren, maar dat de lespraktijk in veel landen gericht is op grotendeels gedateerde basiskennis en (rigide) vaardigheden (Rocard e.a., 2007).

Wat onderzoekend leren voor de lespraktijk betekent, is niet vanzelfsprekend. Te gemakkelijk wordt vaak gedacht dat een gestructureerd probleem (a t/m b) eenvoudig te transformeren is tot een open probleem (geef alleen vraag b) en dat leerlingen dan vanzelf onderzoekend aan de slag gaan. Discussies over en onderzoek naar effecten van deze onderwijsbenadering leiden snel tot conclusies als (Kirschner e.a., 2006):

- Alleen gerichte instructie en herhaald oefenen hebben effect op het langetermijngeheugen.
- Als leerlingen alles zelf moeten ontdekken, raken ze gefrustreerd.
- Onderzoekend leren werkt pas als leerlingen voldoende kennis en motivatie hebben om zichzelf te sturen.

Het grootste probleem blijkt de mate van begeleiding en structuur die voor leerlingen aanwezig moeten zijn, ook bij onderzoekend leren. De vraag is dan hoe deze

steun vorm kan krijgen als die niet in de opgaven zit. Het Primasproject probeert handvatten te ontwikkelen voor het beantwoorden van deze vraag.

Primas en onderzoekend leren

Het Primasproject brengt docentvaardigheden voor onderzoekend leren in kaart en ontwikkelt nascholing waarmee docenten zich deze vaardigheden eigen kunnen maken. In de eerste module staat de organisatie van een les centraal waarin leerlingen aan een open probleem werken. Een video van een les illustreert hoe een docent dat doet en in vijftig minuten met de hele klas de fases van exploratie, probleemformulering, systematisch onderzoek en rapportage van bevindingen organiseert. Bovenstaande voorbeelden zijn uitgevoerd na de cursusbijeenkomst met deze module. De lesindeling bij de eerste opdracht was:

- Werkblad uitdelen en groepjes laten bedenken wat de bedoeling is. Na enkele minuten de klas vragen of ze aan de slag kunnen.
- Na circa vijf minuten kort de antwoorden bespreken en vragen hoe je zelf een piramide-opgave kunt maken. Aangeven dat hun opgaven de komende les als oefenmateriaal gebruikt zullen worden. Zorg eventueel voor een goede verdeling van typen piramides (met wortels, breuken, etcetera).
- Vervolgens gaat iedereen weer aan de slag. Vraag bij alle groepjes naar de aanpak.

Zo'n lesindeling is belangrijk als de opdracht zelf weinig structuur biedt. Een ander onderwerp dat van belang is voor onderzoekend leren, is de manier waarop we vragen stellen aan leerlingen. De module rond vragen stellen is bedoeld om docenten bewust te maken van effecten van technieken om vragen te stellen. Bijvoorbeeld:

- Geen vingers, geef iedereen tijd om zelf te denken.
- Geef iedereen voldoende denktijd.
- Vraag door op reacties van leerlingen, laat andere leerlingen met een antwoord verder gaan, laat anderen verduidelijken of samenvatten.
- Gebruik werkvormen als denken, delen, uitwisselen.

Dergelijke tips lijken misschien triviaal, maar uit onderzoek in Engeland bleek bijvoorbeeld dat de gemiddelde denktijd voor leerlingen minder dan één seconde is. Hetzelfde onderzoek toonde aan dat wanneer een docent na een opmerking een waardeoordeel gaf, dit een negatief effect had op de betrokkenheid van leerlingen, zelfs met een positief oordeel zoals "goed gedaan!". Des te minder verbale beloningen er waren, des te beter bleven de leerlingen betrokken bij de discussie. Wanneer een docent elke reactie beoor-

deeld met 'ja', 'goed', 'bijna', enzovoorts, denken leerlingen vermoedelijk snel bij zichzelf: "De docent zei dat het goed was. Dat was niet wat ik wilde zeggen. Dus wat ik wilde zeggen, kan niet goed zijn. Dus zeg ik niks."

Leerlingen kunnen heel goed in actieve vormen van samenwerken inzichten construeren. Daarbij kan een rubric helpen om hen bewust te maken van de doelen van de opdracht of om hen elkaars werk te laten beoordelen. Dat blijkt een effectieve methode voor het geven van feedback. Die feedback is essentieel om duidelijk te maken dat het hier niet alleen gaat om een goed cijfer of om het aftekenen van een opdracht, maar dat ze gelegenheid krijgen om hun werk te verbeteren en daarmee beter leren onderzoekend te leren.

Binnen het Primas-project wordt met verschillende perspectieven gewerkt aan een bewustwording van de mogelijkheden van onderzoekend leren. Juist die aspecten van onderzoek die met een open en kritische houding te maken hebben, blijken goed in te zetten in veel van de gewone lessen. Op de website vind u (nascholings)materiaal en inspiratiebronnen voor uw eigen lessen.

*Michiel Doorman, Henk van der Kooij, Ad Mooldijk
Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht*

Literatuur

- Doorman, M. (2011). Kwartetten met tabellen en grafieken. *Nieuwe Wiskrant*, 31(1), 25-28.
- Drijvers, P. (2011). Wat bedoelen ze toch met... denkactiviteiten? *Nieuwe Wiskrant*, 31(2), 38-41.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemm, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- Rowe, M. B. (1974). Wait time and rewards as instructional variables, their influence on language, logic and fate control. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, 81-94.

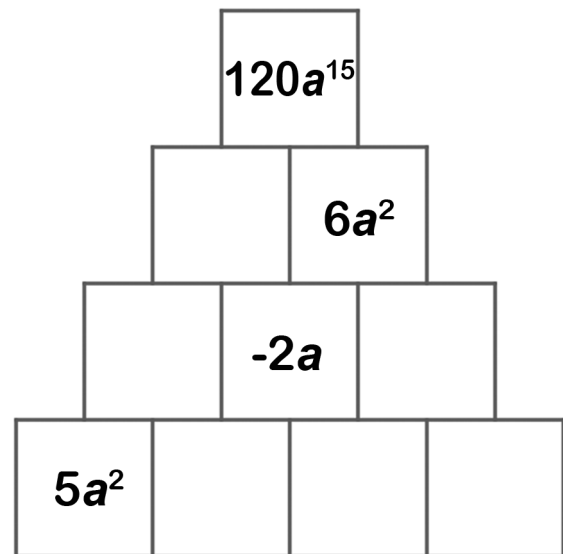
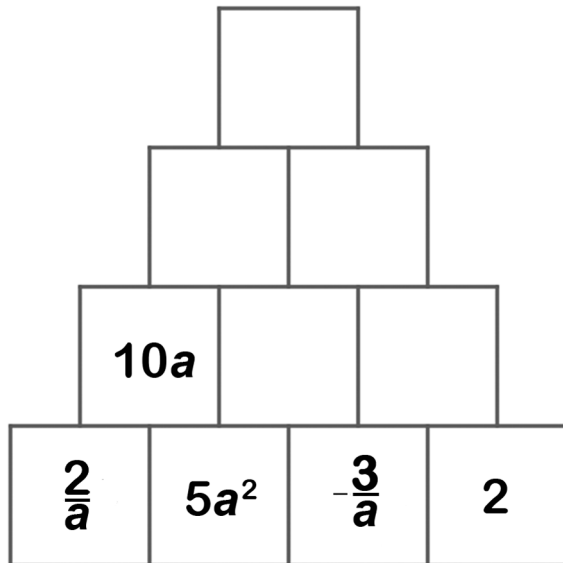
Noten

- [1] Informatie over de cursus: <http://www.betasteunpunt-utrecht.nl/index.php?pid=260>
- [2] <http://www.primas-project.eu>

Werkblad

Twee vermenigvuldigpiramides.

Opdracht 1: Vul de ontbrekende vakjes in.



Opdracht 2: Ontwerp zelf een makkelijke en een moeilijke piramide die iemand anders moet kunnen oplossen. Deze zullen de komende les als oefenmateriaal gebruikt worden.

Voorwaarden:

- Maak zo min mogelijk bekende vakjes.
- Gebruik optellen of vermenigvuldigen.
- Probeer gebruik te maken van wortels, haakjes, wetenschappelijke notatie, machten en breuken.