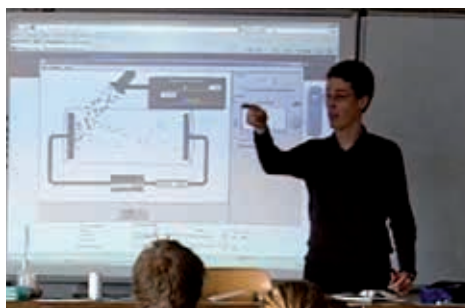


Computersimulaties in de

Lesgeven en leren op een onderzoekende manier

Computersimulaties zijn vrij beschikbaar op het internet. Het is eenvoudig om deze in te zetten tijdens de les als er een digibord aanwezig is. Uit studies, zoals TIMMS (2012), blijkt dat de meeste natuurkundedocenten dit ook doen. De inzet van simulaties kan leerresultaten verbeteren, vooral als voorbereiding op practica (Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012). Onderzoek naar leereffecten blijkt vooral gericht te zijn op individueel leren of leren in kleine groepjes. Klassikaal lesgeven met computersimulaties blijkt echter minder onderzocht te zijn. Die context biedt een docent juist extra mogelijkheden om het proces van onderzoekend leren te ondersteunen.

Computersimulaties zijn bijzonder geschikt voor het ondersteunen van onderzoekend leren. Leerlingen leren daarbij zoals wetenschappers onderzoek doen. Normaal gesproken begint dat met het stellen van vragen en het bedenken van hypothesen. Vervolgens wordt er onderzoek uitgevoerd. Uiteindelijk wordt er op basis van verzamelde gegevens geconcludeerd en geëvalueerd (Bell, Urhahne, Schanze, & Ploetzner, 2010). Naast practica en demoproeven lenen computersimulaties zich hier bij uitstek voor. Het variëren van een variabele leidt door het onderliggende wetenschappelijke model tot een ander resultaat. Hierdoor kunnen leerlingen het model voor een bepaald verschijnsel in de vingers krijgen.



Screenshot uit een les met een simulatie over het foto-elektrisch effect. <http://phet.colorado.edu>

Observatieonderzoek

Bij klassikaal lesgeven heeft de docent grotendeels onder controle wat er gebeurt binnen de simulatie. Heeft een simulatie dan nog wel meerwaarde boven bijvoorbeeld het laten zien van een video of een plaatje? Onderzoekers van Universiteit Twente hebben dit onderzocht door lessen te observeren waarin computersimulaties klassikaal werden ingezet. Bij onderzoekend leren gaat het er onder andere om dat de leeractiviteiten van voorspelling, observatie en verklaring aan bod komen. Daarnaast is het belangrijk dat leerlingen actief betrokken worden in het proces van onderzoekend leren en kunnen meedenken. Uit hun onderzoek blijkt echter dat docenten die deze leeractiviteiten doorlopen de vragen, die

zij hun leerlingen hierover stellen, opvallend genoeg vaak zelf beantwoorden. Bij het stellen van vragen aan leerlingen is het blijkbaar eenvoudiger om hen er actief bij te betrekken, zodra zij de antwoorden vanuit hun theoretische kennis kunnen beredeneren. Leerlingen hebben voor het beantwoorden van onderzoekende vragen waarschijnlijk meer tijd nodig. In het geval dat docenten bij dergelijke vragen eenzelfde tempo willen aanhouden, komen leerlingen minder toe aan het geven van antwoorden.

Tips voor in de klas

Onderzoekend lesgeven en leren met simulaties kan ondersteund worden door van te voren vragen te bedenken voor de leeractiviteiten *voorspelling*, *observatie* en *verklaring*. Tijdens het lesgeven is het van belang dat leerlingen de gelegenheid krijgen om die vragen zelf te beantwoorden. Door deze beide aspecten gecombineerd in te zetten, kan onderzoekend leren optimaal ondersteund worden. Voor een docent kan het verleidelijk zijn om gestelde vragen zelf te beantwoorden vanuit het idee dat dit tijd bespaart of om een einde te maken aan een ongemakkelijke stilte. Vergeleken met vragen naar theoretische kennis is voor vragen ter ondersteuning van onderzoekend leren meestal meer bedenktijd nodig. Het als docent voortijdig beëindigen van klassikale bedenktijd



www.uu.nl/staff/npgrutten



www.uva.nl/profiel/o.slooten

science vakken

door dergelijke vragen zelf te beantwoorden, is dan een mogelijke valkuil. Aangezien onderzoekende vaardigheden een steeds grotere rol gaan spelen, is het belangrijk om hier bewust aandacht aan te besteden. Ter inspiratie volgen nu twee praktijkbeschrijvingen van lesgeven met simulaties.

Beschrijvingen vanuit de praktijk van Onne Slooten

Onderwerp & simulatie: atoombouw o.b.v. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/hydrogen-atom>

Functie: bewust een moment van verwarring creëren door confrontatie met tegenstrijdige modellen “Mijn standaardmanier om

100 leerkracht: OK, nou, laten we eens gaan
kijken. Die zijn onze verwachtingen dan meer...
Bij spanning gaan er meer elektronen over, ze
gaan ook sneller, stroomsterkte neemt toe. Bij
de klein verwachten we alleen maar meer
elektronen. Stroomsterkte neemt die ook toe?
[rijst alles op het bord nog een keer aan]
101
102 leerlingen: Ja, ja.

Vraag naar **voorspelling**.

103 leerkracht: Goed. We gaan in eerste instantie,
gaan we even naar blauwe licht [past wat aan
in de simulatie]. Dit is blauw inderdaad... Wat
zou het er met de stroomsterkte?
104
105 leerling: Die is ver hoog geworden.

Vraag naar **observatie**.

106 leerkracht: De reden is namelijk het volgende.
Er komen nu fotonen met een hogere energie.
Die kunnen in ieder geval... ieder foton kan
een elektron oppikken. Als hem dat lukt dan
gaat die naar de overkant. Als je... als je zo'n
elektron krijgt... Je ziet het, ze gaan veel
sneller. Heeft iemand een idee waarom de
elektronen sneller gaan?
107
108 leerling: De energie van de foton is hoger dan...
109
110 leerkracht: Precies. De foton geeft hun energie
door aan hun elektron. Dan gaan ze sneller.

Vraag naar **verklaring**.

leerlingen te leren over de totstandkoming van het atoommodel was altijd een onderwijsleergesprek, ondersteund door de hierboven genoemde PhET-simulatie. Hoewel dit een interessante les opleverde, was mijn ervaring dat ik de aandacht niet lang genoeg kon vasthouden. Het is een behoorlijk lang en gecompliceerd verhaal. Daarom heb ik een werkblad gemaakt om leerlingen de verschillende atoommodellen zelf te laten bekijken, voordat ik hen erover vertel (Slooten, 2014). De simulatie laat een experiment zien waarbij een atoom wordt beschoten met licht van verschillende golflengten. Het atoom wordt voorgesteld door een vierkant met een vraagteken, omdat je niet kan zien hoe een atoom in elkaar zit. Wel is te zien dat de meeste fotonen er simpelweg doorheen vliegen, al lijken sommige fotonen een tijdje te verdwijnen en vervolgens in een andere richting weg te schieten (absorptie/emissie). Leerlingen kunnen het vierkant vervangen door verschillende atoom-

modellen, zoals een harde bal, een ‘plum-pudding’ model, het zonnestelselmodel en natuurlijk de modellen van Bohr, DeBroglie en Schrödinger. De opdrachten op het werkblad laten leerlingen zelf bekijken welke modellen het beste kloppen met de werkelijkheid. De leerlingen blijken zich vrij zelfstandig te kunnen redden met dit werkblad, ook als ze nog geen uitleg hebben gehad. Mogelijk volgen er zeer verbaasde reacties bij het zonnestelselmodel (dat meteen explodeert) en het model van DeBroglie (“Mijnheer, een elektron is toch geen wiebelend golfje?”). De les erna bekijken we nogmaals de atoommodellen, wat sneller gaat dan voorheen. Door eerst zelf naar de modellen te kijken,

hebben de leerlingen al een globaal beeld van de verschillende modellen. Het uitvoeren van de werkbladen kan bij leerlingen leiden tot oprechte verbazing over dat het zonnestelselmodel niet blijkt te kloppen en dat elektronen als golven beschreven kunnen worden.”

Onderwerp & simulatie: radioactiviteit op basis van <http://phet.colorado.edu/en/simulation/alpha-decay>.

Functie: met begeleid onderzoekend leren het onzichtbare zichtbaar maken. “Sommige onderwerpen uit het curriculum lenen zich minder goed voor practica. Bij radioactiviteit is dat vanwege de veiligheid, maar ook doordat leerlingen het proces zelf niet te zien krijgen, net zoals bij elektriciteit. Je ziet hiervan alleen de effecten op sensoren en dergelijke. Ik gebruik de PhET-simulatie van alfaverval om duidelijk te maken hoe radioactief verval werkt. Hierbij laat ik hen zelfstandig de simulatie bekijken met behulp van werkbla-

den (op aanvraag verkrijgbaar).

De simulatie bevat twee onderdelen. Bij het eerste onderdeel zie je hoe een enkele atoomkern uit elkaar valt in een alfadeeltje en een nieuwe atoomkern. Hierbij zie je ook de energieniveaus van afzonderlijke alfadeeltjes in de potentiaalput van de kern. Verder wordt bijgehouden op welk moment de kern verval. Bij het tweede onderdeel kun je kijken naar grote hoeveelheden kernen die alfaverval ondergaan. Dit onderdeel is heel handig om het begrip halveringstijd te verduidelijken. De werkbladen zijn een middel om onderzoekend leren te ondersteunen. Leerlingen het hele model van radioactief verval zelf laten uitdenken, is te veel gevraagd. Door hen met

gerichte vragen een simulatie te laten onderzoeken, begrijpen ze het model steeds beter.”

Forum

Wilt u uw mening kwijt over onderzoekend lesgeven en leren met computersimulaties in de science vakken? Discussieer dan mee op: <http://bit.ly/ELANSims>. ●

NOTEN

- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349-377.
- Martin, M. O., Mullis, I. V., Foy, P., & Stanco, G. M. (2012). TIMSS 2011 International results in science.
- Slooten, O. (2014). Geraadpleegd 10.03.15: <http://phet.colorado.edu/en/contributions/view/3856>
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153.