

'Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar'

Wetenschap en Techniek in de praktijk

Paul Ruis

Wetenschap & Techniek (W&T) verwerft zich de laatste jaren een plek in het basisonderwijs. Er zijn domeinbeschrijvingen Techniek opgesteld en de kerndoelen voor het basisonderwijs zijn aangepast. Wat ervaren leerlingen op school hiervan en hoe proberen opleiders en leraren inhoud te geven aan W&T? Dit artikel schetst een beeld van enkele W&T-activiteiten zoals ervaren op basisscholen door de opleiders en nascholers van de PABO Hogeschool van Amsterdam. Het laat zien hoe moeilijk het is voor basisschoolleraars om bij hun leerlingen een onderzoekende houding en vaardigheden te ontwikkelen en om hun leerlingen meer kennis te laten verwerven over natuurwetenschappelijke verschijnselen. Desalniettemin zitten die leraren op de goede weg!

Onderzoekend en ontwerpend leren

De leerlingen zijn hard bezig een kerststal te construeren. Aan de hand van een bouwtekening en aanvullende instructie zagen zij Maria uit het hout, draagwanden voor de stal en maken ze een passende dakbedekking. Het werken met technische tekeningen is een vaardigheid die onder meer een beroep doet op technisch inzicht, leesvaardigheid en rekenvaardigheid en is bovendien een basisvaardigheid in de wereld van techniek.

Dit voorbeeld, dat onze docenten nog tegenkomen in de praktijk van techniekonderwijs, laat zien dat techniekonderwijs zijn oorsprong heeft in het handvaardigheidsonderwijs. De activiteit is gericht op het uitvoeren van voorgeschreven technische handelingen. Huidige opvattingen stellen echter dat techniekonderwijs veel breder opgezet zou moeten zijn en zich inhoudelijk moet richten op meer dan de traditionele bouwdozen of elektriciteitsdraadjes. Daarnaast stellen ze de aanpak van technische problemen centraal. Eenzelfde probleemsituatie kan dan bij leerlingen resulteren in verschillende ontwerpen (oplossingen) of van elkaar afwijkende onderzoeksaanpakken, op zoek naar een antwoord voor (verschillende) vragen. Daarom ook, dat er tegenwoordig wordt gesproken over *Wetenschap & Techniek*.

Onderzoekend - en ontwerpend leren zijn daarbij didactische sleutelwoorden en zien wij als een effectieve vorm van w&t-onderwijs. Volgens deze opvattingen moeten leerlingen naast inhoudelijke kennis (concepten) van

Inhoud en methode

'Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar'

het vakgebied ook ontwerp- en onderzoeksvaardigheden ontwikkelen, zoals goed waarnemen, vragen stellen over zaken die ze willen weten, experimenten opzetten en uitvoeren, een voorspelling doen, problemen verwoorden en oplossingen bedenken. Uitdagende onderzoeks- en ontwerpactiviteiten moeten nieuwsgierigheid en creativiteit bij hen oproepen en positieve, plezierige gedachten en gevoelens ten aanzien van (het belang van) techniek in de samenleving en een wetenschappelijke manier van denken. De leerkracht heeft hierbij nadrukkelijk als taak om aan de leerlingen voldoende begeleiding en structuur te bieden.

Een tweede belangrijk didactisch beginsel is de confrontatie met de misconcepties die leerlingen hebben ten aanzien van natuurkundige en biologische verschijnselen. Een misconceptie is onjuiste kennis of opvattingen van leerlingen waarmee zij redeneren en op een niet-wetenschappelijk houdbare manier natuurkundige verschijnselen verklaren. Vaak is het gebaseerd op intuïtie. Vraag een leerling waar het noorden ligt en hij wijst naar boven (zie kadertekst).

Hardnekkige inzichten

In ons professionaliseringstraject voor leraren laten wij een videofragment zien van casestudies aan Harvard University waarin getoond wordt hoe hardnekkig misconcepties zijn.

Een goede highschoolleerling wordt in een laboratoriumsetting gevraagd een lampje te laten branden met een batterij en draadjes. Zij wil een stroomcirkel maken maar plaatst de twee draadjes vanaf de batterij allebei tegen de onderkant van de fitting (in plaats van één van beide draadje tegen de schroefdoop) waardoor er geen stroomcirkel ontstaat.

Na zelf te experimenteren, dialoog met de docent en nadere instructie, lukt het haar een juiste stroomcirkel te maken, het lampje te doen branden, dit nader te verklaren en ook haar aanvankelijke misconceptie te duiden.

Vier weken later wordt haar opnieuw gevraagd het lampje te doen branden. Zij maakt nu exact de zelfde fout als de vorige keer en is vervolgens in verwarring dat het lampje niet brand. Zij refereert in haar verklaring natuurlijk aan de vorige sessie, maar stelt daarbij dat zij haar huidige oplossing juist toen geleerd heeft! Blijkbaar heeft zij haar toen opgedane ervaring zodanig vervormd dat deze overeenkomt met haar opvattingen zoals ze die had voorafgaan aan de instructie. De informatie die daarmee niet in overeenstemming was, negeerde zij verder.

Inhoud en methode
'Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar'

Een spaghettitoren bouwen

Onze opleiders w&t zien op scholen lessen waarin ontwerpnd leren wordt toegepast door de leraar. Bijvoorbeeld een leerkracht van groep zes die een les w&t geeft waarin de leerlingen ontwerpde-weg leren over constructies en ontwerpvaardigheden opdoen. Elk groepje van vier leerlingen heeft een handvol spekjes en ongekookte spaghetti gekregen. De aanblik van die spekjes doet sommige leerlingen het water in de mond lopen maar ze eten ze niet op. Ze gebruiken ze als constructiemateriaal voor de spaghettitoren die ze bouwen. Van de leraar hebben ze de opdracht gekregen om met het materiaal een toren te bouwen die zo hoog mogelijk is en toch stevig. Door spaghetti in de spekjes te steken kunnen ze verbindingen maken. Leerlingen gaan aan de slag en (al dan niet door uitleg van de leraar) ervaren het effect van een vierhoeks-, driehoeks-, of kruisverbinding op de constructie. Ze ervaren dat de spaghettivierhoek waarmee ze starten te slap is om op voort te bouwen. Een verbinding tussen de zijden is noodzakelijk. Bij de meeste groepjes stort de toren wel een keer in. Op basis van deze ervaringen gaat de groep enthousiast opnieuw aan de slag. De hoogste torens worden zo'n vijftig centimeter. Bij de bespreking van de werkstukken blijkt dat een piramidevormige toren met voldoende kruisverbindingen veelal het beste resultaat geeft. In het nagesprek met de klas weten leerlingen te vertellen dat ze kruisverbindingen ook in werkelijkheid tegenkomen, bijvoorbeeld bij hoge hijskranen.

In deze activiteit hebben leerlingen van de leraar veel ruimte gekregen om explorerend zelf een ontwerp te maken voor een toren. Bij ontwerponderwijs doorlopen leerlingen een ontwerpcyclus. In essentie komt het er op neer dat leerlingen starten met een probleem (hoe maken we een zo hoog mogelijke toren met dit materiaal), waarna zij een ontwerpvoorstel opstellen en dit uitvoeren, om vervolgens het ontwerp op basis van testen en ervaringen (hij valt om!) bij te stellen. Reflectie en presentatie van het werk met klasgenoten kan zorgen voor explicitering van de opgedane ervaringen.

Onze ervaringen is echter dat leraren en leerlingen deze ontwerpfasen niet zo systematisch doorlopen als onderwijsontwerpers dit (in hun ontwerp) bedenken. Ontwerpnd leren met leerlingen is eenvoudig weg geen makkelijke onderwijsvorm. Voor leraren die aan de nascholingstrajecten deelnemen, blijkt het nodig te zijn om meerdere keren te oefenen om één en ander in de vingers te krijgen. Leraren ervaren bijvoorbeeld dat leerlingen niet zozeer systematisch de ontwerpfasen doorlopen maar meer 'organisch' ontwerpen. Leerlingen stellen dan werkende weg hun ontwerp of model bij. Meisjes overleggen daarbij meer met elkaar en jongens zijn meer van de trial and error. Leraren gaan hierin mee, daarbij gestimuleerd door het enthousiasme van de leerlingen en houden niet goed vast aan de onderzoek- of ontwerpfasen waardoor hun begeleidende rol minder effectief is.

Een leergesprek met de leerlingen of andere vorm van reflectie waarin de verschillende fasen van ontwerp worden geëxpliciteerd is voorwaarde om van een inspirerende techniek activiteit een leerzame activiteit te maken.

Inhoud en methode

'Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar'

Een bootjesles

Leerlingen vouwen met een vel aluminiumfolie een bootje, zodanig dat het blijft drijven, ook als het een vracht draagt. Hoeveel knikkers kun je in het bootje doen voordat het gaat zinken? De leerlingen gaan aan de slag. Sommige kinderen maken iets dat op een kano lijkt, anderen maken een plat bakje (of baggerschuit, voor wie dat er in wil zien). Een leerling maakt een bootje in de vorm van een omgekeerde hoed. Wanneer de bootjes klaar zijn gaan de leerlingen in groepjes en met een bak water de proef op de som nemen. Om de beurt plaatsen zij hun bootje erin en leggen ze knikkers in het ruim totdat het bootje onder enthousiast gekerm van de leerlingen naar de bodem zinkt.

De leerkracht, die ons professionaliseringstraject w&t volgt en nog beperkte ervaring heeft met ontwerpend leren, wil de ontwerpvaardigheden van leerlingen oefenen. Zij wil dat leerlingen aanbevelingen formuleren voor een verbeterd ontwerp op basis van testen. In een gesprek met haar leerlingen probeert zij de ontwerpeisen helder te krijgen:

Leerkracht: 'Welk bootje was het beste? Sommige maakten een klein bootje. Wat gebeurde ermee?'

Leerling: 'Ik legde 16 knikkers erin, toen zonk hij. Er zaten wat spleetjes in. Die boot van haar is groter en dieper!'

Leerling: 'Ik had 130 knikkers!'

Leerkracht: 'Wat was het verschil met haar bootje?'

Leerling: 'Hij was groot.'

Leerkracht: 'Wat was er nog meer mee?'

Leerling: 'Hij was slap.'

Leerkracht: 'Ik zag dat je hele hoge randen had.'

(Leerling knikt)

Leerkracht: 'Dus of een grote boot is goed of een boot slap met hoge randen?'

De leerkracht herformuleert de kenmerken van een goede boot op basis van de ervaringen van de leerlingen. Zij corrigeert de opgedane ervaringen van de leerlingen niet op onjuistheden (slapte als *ontwerpeis*) maar kiest ervoor om voort te bouwen op de ervaringen van leerlingen. Ze geeft haar leerlingen de opdracht om een tweede, beter bootje te maken.

De leerlingen maken een nieuwe versie maar een substantieel aantal laten zich niet leiden door de aanbevelingen uit het leergesprek! De leerlingen houden vast aan hun oorspronkelijk ontwerp en maken hetzelfde bootje opnieuw, maar van een 'betere kwaliteit' (minder spleetjes). Andere leerlingen proberen wél hun ontwerp te verbeteren op basis van het gesprek en maken bootjes met hogere wanden. De situatie laat zien hoezeer een aantal leerlingen moeite hebben om hun ontwerp bij te stellen aan de hand van ervaringen die zij opdoen, zelfs als de leraar deze voor hen expliciteert.

Deze bootjesles is geen *hallelujaverhaal* maar een schets van de weerbar-

Inhoud en methode

'Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar'

stige realiteit waarin onze cursisten didactische concepten oefenen in hun lespraktijk. Je zou zo maar de indruk kunnen krijgen dat ontwerpend leren maar bitter weinig oplevert; Als een leraar al vasthoudt aan de verschillende ontwerpfasen en niet mee gaat in de organische ontwerpwijze van haar leerlingen, accepteren haar leerlingen dit niet voldoende.

Misconcepties

De voorbeeldles wordt nog 'erger'. Na afloop van de les lijken de leerlingen geen beter inzicht te hebben gekregen in het onderwerp drijven en zinken. De leerlingen hebben een vaag besef van de opwaartse kracht van water en van de invloed van het volume en de stevigheid van een boot op zijn drijfvermogen. Misconcepties zijn hardnekkig en niet met één ervaring te doorbreken. Zo blijft Lena denken dat het gewicht van de boot bepalend is voor het drijfvermogen:

Leerkracht: 'Weet je al waarom iets drijft?'

Lena: 'Ik weet het wel. Het is lichter dan het water. Het water duwt het bootje naar boven. Als je een leeg bootje hebt is het lichter dan het water. En als het bootje klein is gaan er maar een paar knikkers in en zinkt het.'

Bas probeert zijn ervaringen te koppelen aan informatie die hij heeft gehoord, maar hij heeft duidelijk hulp nodig van de leraar:

Bas: 'Als de boot groter is, blijft hij langer drijven omdat.. hoe heet het nou? Hij drijft beter want het ligt aan de zwaartekracht. Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar. Als het bootje zinkt is het bootje sterker dan het water.... Ik bedoel minder sterk.'

Is deze les dan totaal mislukt? Nee. Het is een voorbeeld dat laat zien hoe leraren worstelen met ontwerpend en onderzoekend leren en dat zij, als zij starten met w&t, moeten oefenen om er zich in te bekwamen. Het maakt ook duidelijk hoe moeilijk leerlingen hun persoonlijke opvattingen loslaten en zich niet laten leiden door ervaringen met natuurwetenschappelijk onderzoek of hun technisch ontwerp. Hun misconcepties zitten zo diep verankerd dat zij ze niet wijzigen als zij hiermee geconfronteerd worden. Dit lukt niet door middel van instructie, noch zijn *hands on*-ervaringen zoals ontwerpactiviteiten een wondermiddel. (Dit blijkt ook uit het voorbeeld van Harvard, zie kadertekst).

Metaforen en modellen

Toch zijn wij er van overtuigd dat de leraar van de bootjesles op de goede weg zit. 'Terug' naar het uitvoeren van bouwtekeningen is geen optie. Leerdoel voor w&t is uiteindelijk dat leerlingen onderzoeks- en ontwerpvaardigheden opdoen en een houding ontwikkelen die hierbij past.

Inhoud en methode

'Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar'

De leraar kan proberen meer helderheid te bieden in de opwaartse kracht van water of de stevigheid van bootconstructies maar misconcepties van leerlingen op deze wijze bijstellen is moeilijk. Een waardevolle aanvulling op onderzoek van de leerlingen en de uitleg van de leraar is het gebruik van metaforen of modellen om bij leerlingen een beter begrip te ontwikkelen ten aanzien van verschijnselen en om deze af te zetten tegen de bij de leerlingen aanwezige misconcepties. Als voorbeeld de begrippen elektrische stroom en spanning die vaak verward worden. Leerlingen (en niet alleen zij) denken vaak dat stroom nadat deze door een gloeilamp is gegaan minder is geworden omdat er wat stroom is omgezet in licht. Leerlingen krijgen een beter begrip als de leraar de leerlingen een beeld schetst waarbij stroom de mannetjes zijn die over de elektriciteitsdraden rennen. In het rugzakje op hun rug zit de energie (spanning) die zij afleveren aan de gloeilamp om licht te produceren waarna zij over de draad verder rennen. Zo wordt bijvoorbeeld beter voorstelbaar dat na het passeren van de gloeidraad de stroom niet en de spanning wel minder wordt.

Aan de leraar de schone taak om met de brei van ontwerp- en onderzoekservaringen, misconcepties en naïeve inzichten, de leerlingen hun wetenschappelijke wijze van werken te blijven oefenen. Onderzoekend en ontwerpend leren biedt, hoe dan ook, ruime kansen in het enthousiasmeren en inspireren van de leerlingen en leraren ten aanzien van het domein w&t. De grote betrokkenheid die je ziet bij leerlingen als zij aan een technisch probleem werken moet de sturende kracht blijven voor de inrichting van het w&t-onderwijs.

Scholingstrajecten W&T

Het programma 'vrtbprofessional' van het Platform Bèta Techniek heeft tot doel de leraren basisonderwijs in w&t te professionaliseren. Inhoudelijk steunt het w&t-onderwijs op drie pijlers. Ten eerste de kennis van wetenschappelijke en technische concepten en vaardigheid in wetenschappelijk redeneren. De tweede peiler is de attitude ten opzichte van w&t. Tot slot de pedagogisch-didactische vaardigheden.

In zogenaamde regionale Kenniscentra w&t worden professionaliseringstrajecten Wetenschap & Techniek ontwikkeld. Deze kenniscentra zijn samenwerkingsverbanden tussen PABO's en andere kennisinstellingen zoals universiteiten en science centra. Basisscholen kunnen de scholingstrajecten volgen bij een aantal PABO's die zich profileren op het gebied van w&t. De PABO van de Hogeschool van Amsterdam is één van deze opleidingen en is in het voorjaar 2008 gestart met de scholingstrajecten voor leraren.

Inhoud en methode
'Het water is zwaar en het bootje is ook zwaar'

Literatuur

Harvard-Smithsonian (2003). *A private universe. Minds of our own.* Annenberg Media.