

2. Theoretische uitgangspunten bij de professionalisering van leraren basisonderwijs op het gebied van wetenschap en techniek

Juliette Walma van der Molen, Jan de Lange en Jozef Kok

Samenvatting

Uit internationaal onderzoek blijkt dat leraren in het basisonderwijs overwegend weinig kennis van en affiniteit met natuurwetenschap en techniek hebben. Velen voelen zich onvoldoende bekwaam om onderwijs op deze gebieden te verzorgen; ze vinden het moeilijk om met vragen van leerlingen om te gaan en vallen terug op standaard tekstboeken of sterk gestructureerde materialen/oefeningen. Dit dragen zij - onbewust - over op hun leerlingen: ook hún attitude ten aanzien van natuurwetenschap en techniek is laag, net zoals de leerrendementen op dit gebied.

Dat maakt de kennis en vooral de attitude van leraren een belangrijke sleutel tot verandering van de status en populariteit van wetenschap en techniek onder kinderen - de technici en bètawetenschappers van de toekomst.

Nascholing speelt dan ook een cruciale rol: onderzoek laat zien dat wanneer leraren meer kennis, vaardigheden, zelfvertrouwen en een positievere attitude hebben ontwikkeld, zij daadwerkelijk beter les geven in wetenschap en techniek. Zo kunnen zij op een enthousiaste manier de kennis, vaardigheden en attitude onder hun leerlingen op dit gebied verbeteren.

De vraag die vooraf gaat aan een dergelijke nascholing is wat de leraren in kwestie moeten leren van en over wetenschap en techniek. Hiervoor heeft de Programmaraad van VTB-Pro in 2007 een theoretisch kader opgesteld. In dit hoofdstuk worden hiervan de drie - onlosmakelijk met elkaar verbonden - pijlers behandeld waarop het scholingsprogramma VTB-Pro rust:

1. Kennis van natuurwetenschappelijke en technische concepten en vaardigheid in wetenschappelijk en technisch redeneren
2. Attitude ten opzichte van natuurwetenschap en techniek
3. Pedagogisch-didactische vaardigheden, met name op het gebied van onderzoekend en ontwerpend leren.

Onder de eerste pijler wordt verstaan: kennis van aan natuurwetenschap en techniek gerelateerde concepten én (natuur)wetenschappelijke en technische procesvaardigheden, ofwel: knowledge of science (and technology) én knowledge about science (and technology). De vakinhoudelijke kennis omvat de kennisconcepten: natuurkundige systemen, levende systemen, aarde en ruimte systemen, techniek systemen en wiskundige systemen. Het is belangrijk dat leraren dwarsverbanden tussen verschillende kennisconcepten kunnen zien en deze - richting de leerlingen - kunnen koppelen aan herkenbare, concrete praktijkvoorbeelden.

Onder de tweede pijler wordt verstaan: kennis en inzicht in de eigen gedachten, waarden, gevoelens en gedragingen ten aanzien van wetenschap en techniek en hierin actief verbetering aanbrengen.

De derde pijler behelst de vertaalslag richting de klas: wetenschaps- en techniekeducatie. Hoe breng je kinderen op een onderzoekende en ontwerpende wijze (natuur)wetenschappelijke en technische procesvaardigheden, concepten en attitudes bij.

Inleiding

De inleiding en het eerste hoofdstuk van dit boek hebben laten zien dat de bètaprofielen in het middelbaar onderwijs en de bètastudies in het hoger onderwijs nog steeds te weinig studenten trekken. Ondanks diverse maatregelen, is het imago van bètawetenschappen niet erg positief en is de belangstelling voor bèta-techniek het afgelopen decennium onder jongeren zelfs afgenomen (De Grip en Smits, 2007). Hoewel dit gebrek aan interesse voor wetenschap en techniek zich vaak pas echt manifesteert als jongeren hun profielkeuze maken op de middelbare school, hebben de meeste leerlingen al lang voor die tijd, gedurende de basisschoolperiode, een potentiële keuze voor een beroep of studie in een bètarichting uitgesloten. Leerlingen krijgen in het Nederlandse basisonderwijs weinig te maken met wetenschap en techniek. Hierdoor wijzen ze - volgens het principe 'onbekend maakt onbemind' - een bètarichting als beroepsprofiel al snel af.

Internationaal onderzoek (e.g., Jarvis, 2004) laat zien dat ook onder leraren in het basisonderwijs de kennis van en affiniteit met natuurwetenschap en techniek om te gaan en vallen liefst terug op standaard tekstboeken of sterk gestructureerde materialen of oefeningen. Dit leidt er toe dat de attitude van hun leerlingen ten opzichte van natuurwetenschap en techniek én de leerrendementen op dit gebied laag zijn. Maar er gloort hoop. Onderzoek (e.g., Jarvis, 2004; Palmer 2004) laat óók zien dat wanneer leraren door nascholing meer kennis, vaardigheden, zelfvertrouwen en een positievere attitude hebben ontwikkeld, zij op een betere manier les kunnen geven in wetenschap en techniek. Zo kunnen zij op een enthousiaste manier de kennis, vaardigheden en attitude onder hun leerlingen op dit gebied verbeteren.

De hierboven geschetste situatie heeft het Platform Bèta Techniek ertoe gebracht om het programma VTB-Pro te lanceren. Hierin staat de ontwikkeling van leraren basisonderwijs centraal. Het programma biedt aan minimaal 5.000 zittende leraren en 5.000 aankomende leraren een scholingstraject binnen het domein wetenschap en techniek. Het doel is scholing gericht op een combinatie van drie pijlers die relevant zijn voor de wetenschap- en techniekeducatie:

1. **Kennis van natuurwetenschappelijke en technische concepten en vaardigheid in wetenschappelijk en technisch redeneren**
2. **Attitude ten opzichte van natuurwetenschap en techniek**
3. **Pedagogisch-didactische vaardigheden, met name op het gebied van onderzoekend en ontwerpend leren.**

Om dat te bereiken kiest VTB-Pro als belangrijkste speerpunt de eigen professionele ontwikkeling van leraren - vandaar VTB-Pro(fessional). Basisgedachte binnen het programma is dat leraren zich op het gebied van wetenschap en techniek op een open, explorerende en reflecterende manier ontwikkelen en daar zelfvertrouwen aan onttelen. Met wetenschap worden daarbij in het bijzonder de natuurwetenschappen bedoeld, omdat daar de grootste leemte ligt en omdat een dergelijke invulling het beste aansluit bij internationale inzichten op het gebied van de ontwikkeling van 'science and technology' in het onderwijs. Het is daarbij van belang dat het scholingsaanbod voor leraren uitdagende, prikkelende ervaringen bevat, waarbij naast het vergaren van inhoudelijke kennis ruim aandacht is voor het imago van natuurwetenschap en techniek, voor wetenschaps- en techniekfilosofische kwesties, voor het verbeteren van de attitude ten opzichte van het vakgebied en voor het ontwikkelen van een 'onderzoekend leren' houding. De bedoeling is dat de (aspirant) leraar actief in het leerproces participeert en zelfstandig leert denken, oordelen, beslissen en handelen binnen het brede domein natuurwetenschap en techniek. Daarbij zal voldoende aandacht moeten worden gegeven aan de inbedding van wetenschap en techniek in maatschappelijke en praktijkgerichte contexten. De verwachting is dat, alleen wanneer de (aspirant) leraar op deze manier eerst zélf meer kennis, vaardigheden, metacognitie, positieve waarden, en zelfvertrouwen heeft opgedaan, hij/zij een meer uitdagende, stimulerende en onderzoekende lespraktijk aan kinderen zal kunnen aanbieden op het brede terrein van wetenschap en techniek.

In het vervolg van dit hoofdstuk worden enkele theoretische uitgangspunten geschetst die van belang zijn bij bovengenoemde professionalisering van leraren. Deze nadere inhoudelijke uitwerking is gebaseerd op recente wetenschappelijke literatuur op het gebied van science education en de vorming van attitudes ten opzichte van natuurwetenschap en techniek en recente inzichten op het gebied van onderzoekend leren (inquiry-based learning) en constructivistisch leren. De theoretische uitgangspunten worden besproken in drie aparte paragrafen die corresponderen met de eerder genoemde drie pijlers voor wetenschap- en techniekeducatie.

1. Kennis en Vaardigheden met betrekking tot wetenschap en techniek

Om te kunnen vaststellen welke kennis en vaardigheden leraren moeten verwerven, is het noodzakelijk om eerst helder te krijgen wat verstaan wordt onder (natuur) wetenschap en techniek. In een recente rapportage van de Europese Commissie ("Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe", ook wel bekend als het Rocard Rapport, 2007) worden natuurwetenschap en techniek omschreven als een systeem van kennis dat de objectieve werkelijkheid tracht te modelleren. Voor techniek geldt bovendien dat de werkelijkheid wordt aangepast aan behoeften. Voor het huidige VTB-Pro project is dit vertaald in:

Natuurwetenschap en techniek zijn manieren om kennis te verwerven en toe te passen, gebaseerd op de natuurwetenschappelijke en technologische methoden, als ook het daaruit resulterende gestructureerde geheel van kennis en vaardigheden.

Van fundamenteel belang bij een inhoudelijke beschrijving van de kennis en vaardigheden die relevant zijn binnen het domein natuurwetenschap en techniek is het erkennen dat er sprake is van een tweedeling die de eenheid 'science and technology' typeert: het is *kennis* over uiteenlopende concepten en het is een *manier* om kennis te verwerven, waarbij kennis over en vaardigheid in het wetenschappelijk en technologisch proces centraal staan. Bij techniek is tevens sprake van het gebruik van die kennis om te ontwerpen en te produceren.

Deze tweedeling komt in verschillende publicaties terug (e.g., Harlen, 1999; OECD/PISA, 2006). Sommige publicaties spreken over knowledge of science (and technology) versus knowledge about science (and technology), anderen spreken over kennis van aan natuurwetenschap en techniek gerelateerde concepten versus (natuur)wetenschappelijke procesvaardigheden. Van belang is echter, dat zij samen het geheel van kennis en vaardigheden op het gebied van natuurwetenschap en techniek vormen en dat beiden ook in samenhang in de professionalisering van (aspirant) leraren aan de orde moeten komen. Hieronder volgt een beschrijving voor beide onderdelen.

Kennisconcepten

Het is niet eenvoudig om de component kennis binnen het domein natuurwetenschap en techniek eenduidig te beschrijven. In de hierboven genoemde OECD/PISA studie wordt "knowledge of science" in vier categorieën ingedeeld: kennis van natuurkundige systemen, van levende systemen, aarde en ruimte systemen en techniek systemen. Ieder van deze vier systemen bevat thema's die direct gerelateerd zijn aan concepten uit het 'science' domein. De bijbehorende beschrijvingen uit de studie zijn echter meer vanuit de natuurwetenschap gedefinieerd dan vanuit de context van jongere kinderen. Toch biedt deze indeling van PISA (die op haar beurt teruggaat tot de publicatie van de "Science Standards" in de Verenigde Staten uit 1996), een mogelijkheid tot een verdere precisering van concepten, zeker als wij daarbij ook de uitwerking van een concept-context benadering voor het leergebied natuur en techniek (van Graft, e.a., 2007) betrekken en de vier categorieën uitbreiden met een vijfde: wiskundige systemen.

De verschillende domeinen kunnen dan als volgt in concepten worden uitgewerkt:

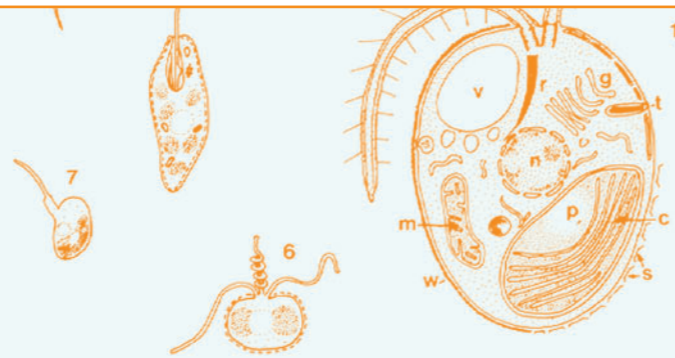
Natuurkundige systemen waarbij aandacht wordt besteed aan:

- (a) eigenschappen en kenmerken van objecten (hetzij natuurlijke, dan wel geconstrueerde);
- (b) plaats en beweging van een object in ruimte en tijd;
- (c) kracht en beweging;
- (d) energie: het vermogen om verandering te veroorzaken;
- (e) omzetting van energie: zwaartekracht veroorzaakt bewegingsenergie, warmte beïnvloedt aggregatietoestand;
- (f) geluid en straling: licht, warmte, radiostraling, röntgenstraling;
- (g) elektriciteit en magnetisme.



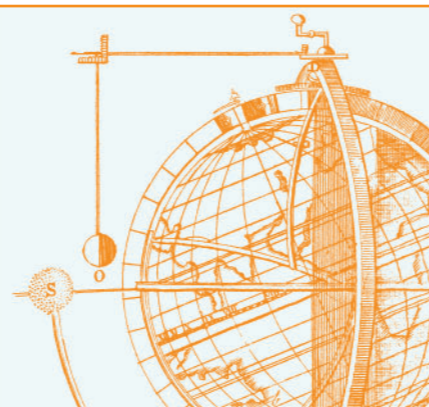
Levende systemen waarbij aandacht wordt besteed aan:

- (a) cel, orgaan en organisme;
- (b) mens, plant en dier;
- (c) ademhaling, bloedsomloop en spijsvertering;
- (d) levenscyclus en voortplanting;
- (e) populatie: soorten, diversiteit en uitsterven;
- (f) ecosysteem, voedselketen, landbouw;
- (g) biosfeer: duurzame ontwikkeling.



Aarde en ruimte systemen waarbij aandacht wordt besteed aan:

- (a) de structuur van lithosfeer (aardkorst), hydrosfeer (water) en atmosfeer (lucht, dampkring);
- (b) gesteenten: bodem, gebergten, gelaagdheid, verandering (verwering) en tektoniek;
- (c) water: oceaan, zee, meren, rivieren, kanalen, getijde;
- (d) lucht: atmosfeer, stratosfeer;
- (e) atmosfeer, klimaat en weer, en hun invloed op aarde (zoals erosie)
- (f) geschiedenis: fossielen;
- (g) aarde in de ruimte: structuur ruimte, met name aarde, maan, zon, sterren;
- (h) zwaartekracht.



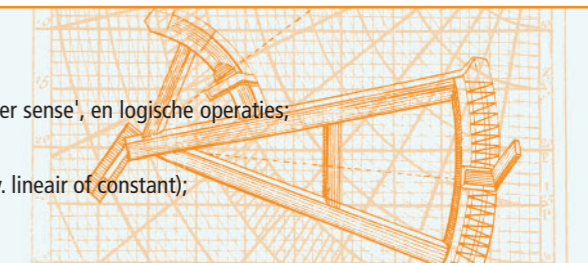
Techniek systemen waarbij aandacht wordt besteed aan:

- (a) de rol van techniek (ontwerpen, construeren, faciliteren van vooruitgang);
- (b) ontwerpen: criteria, beperkingen, innovatie, uitvinding, probleemoplossend;
- (c) construeren: bewerken, energieomzetting, functie, materiaal, systeem, vormgeving;
- (d) faciliteren van een 'beter leven' en vooruitgang der wetenschap: informatietechnologie, mobiele telefoons, games, medische systemen, verkeersveiligheidssystemen, navigatie-instrumenten en tools, etc.



Mathematische systemen waarbij aandacht wordt besteed aan:

- (a) hoeveelheid: numerieke verschijnselen, kwantitatieve relaties en patronen, 'number sense', en logische operaties;
- (b) vorm en ruimte: ruimtelijke oriëntatie, navigatie, representatie, vormen en figuren;
- (c) veranderingen en relaties: verbanden, grafieken, tabellen, soorten verandering (b.v. lineair of constant);
- (d) onzekerheid: data en kans.



Een voorbeeld:

Bij de toepassing van het mathematische concept 'hoeveelheid' is het van belang te zien dat belangrijke aspecten die bij dit concept horen (het begrijpen van relatieve grootte, het herkennen van patronen in data) in vrijwel elke tak van wetenschap en techniek voorkomen. Zo komen patronen voor in taal, muziek, video, verkeer, gebouwen, kunst en natuur. Het concept 'vorm en ruimte' keert terug in de vormen die overal gezien kunnen worden in: huizen, bruggen, zeesterren, sneeuwvlokken, plattegronden, kristallen, schelpen, planten en het heelal.

Bij het mathematische concept 'veranderingen en relaties' kan worden gewezen op het feit dat ieder natuurlijk verschijnsel in feite een manifestatie is van verandering en dat in de wereld om ons heen talloze voorbeelden van relaties tussen verschijnselen zijn waar te nemen. Zo worden organismen groter, is er voortdurende verandering te zien in de seizoenen, het getijde, of het weer, en zit er ontwikkeling in de snelheid van computers, de luchtverontreiniging en nog veel meer.

Tot slot is het van belang om te benadrukken dat ook het mathematische begrip 'onzekerheid' in feite binnen alle wetenschappelijke en technische disciplines terugkeert. Zo is wetenschappelijke en technische kennis altijd het product van een proces waarin onzekerheid niet is uit te bannen. En dat blijkt: bruggen storten in, het weer is vaak anders dan verwacht, de luchtverontreiniging erger dan voorspeld, en er vinden soms onterechte veroordelingen plaats op basis van onzekere data.

De hierboven gegeven illustratie maakt niet alleen duidelijk dat het belangrijk is om bij het onderwijs in wetenschappelijke en technische concepten de dwarsverbanden tussen concepten te benadrukken, maar ook om bij het invullen van de scholing van leraren de relevantie van het geleerde als uitgangspunt te nemen.

Omdat veel leraren (en hun leerlingen) niet vertrouwd zijn met technische en natuurwetenschappelijke concepten, moeten wij deze kloof overbruggen door abstracte concepten te verbinden met herkenbare relevante contexten. Deze relevantie kan liggen in de persoonlijke sfeer, de directe dagelijkse praktijk of de omgeving 'dicht bij huis', de maatschappij, of in verdere studie. Door het gebruiken van herkenbare contexten, kan ook duidelijk gemaakt worden dat een zelfde concept in verschillende contexten een rol kan spelen (Waarlo, 2007). Door deze verbanden en betekenisveranderingen expliciet duidelijk te maken, kan de transfer van conceptuele kennis worden vergroot en kan vakoverschrijdende kennis binnen het brede domein van wetenschap en techniek ontstaan.

Wetenschappelijke procesvaardigheden

Op het gebied van knowledge about science of wetenschappelijke procesvaardigheden staat de (natuur)wetenschappelijke methode centraal. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn het stellen van de juiste vraag (een uit nieuwsgierigheid geboren 'scientific question'), het onderbouwen van een dergelijke vraag, het vinden van relevante gegevens, bedenken en uitvoeren van experimenten, metingen verrichten, inclusief een goed idee van de onzekerheid in de data, en een kritische waardering van de resultaten. Daarbij spelen hypothesen, logisch redeneren en kritisch reflecteren een essentiële rol. Concreet verstaan we, ontleend aan Harlen (1999), onder dergelijke wetenschappelijke procesvaardigheden:

- **Observeren:** een fundamentele vaardigheid waarbij mensen informatie selecteren door gebruik te maken van alle zintuigen;
- **Ruimte-tijd relaties leggen:** leren beoordelen hoeveel tijd een gebeurtenis in beslag neemt en welk volume een object of gebied in beslag neemt;
- **Classificeren:** het herkennen, sorteren en rangschikken naar gelijkheid of verschil;
- **Hypothesevorming:** op basis van consistente, algemene informatie uit observaties en andere gegevens de aannames expliciteren die een bepaalde gebeurtenis of observatie zouden kunnen verklaren;
- **Voorspellen:** het vooruit formuleren van de resultaten van een onderzoek gegeven de hypothesen;
- **Experimenteren:** het testen van hypothesen door praktisch onderzoek op een zorgvuldige en gecontroleerde manier uit te voeren;
- **Manipuleren en controleren:** systematisch condities aanbrengen en nagaan of deze het beoogde effect opleveren;
- **Metten:** het vaststellen van afmetingen, tijd, gebieden, snelheid, gewicht, temperaturen en volume, en dergelijke ;
- **Analyseren:** het onderscheiden van betekenisvolle informatie (systematiek) tegenover ruis en onbeduidende artefacten;
- **Concluderen:** gevolgtrekkingen maken op grond van alle observaties en verzamelde gegevens om daarmee de hypothesen te confronteren;
- **Interpreteren:** verzamelde informatie begrijpen en conclusies in verband brengen met andere gegevens en ideeën;
- **Communiceren:** het in staat zijn om op een krachtige manier te representeren wat er is geobserveerd of ontdekt met gebruikmaking van verschillende media;

Technische procesvaardigheden

Bij technische procesvaardigheden denken we aan het praktisch redeneren (in aanvulling op het theoretisch redeneren dat bij de wetenschappelijke vaardigheden speelt). Dit omvat het kunnen beredeneren van doel-middel relaties en van relaties tussen de functies van een artefact en zijn fysieke realisering of structuur. Deze redeneervormen maken deel uit van de technische procesvaardigheid van het ontwerpen, waarbij ook de vaardigheid van het visualiseren een belangrijke rol speelt. Net als bij wetenschappelijke vaardigheden is een technische vaardigheid het kunnen modelleren van de werkelijkheid, waarbij in de techniek ook vaak met fysieke modellen gewerkt wordt.

Kennis over en vaardigheid in bovengenoemde methoden zullen, verweven met de kennis van relevante concepten, als geheel in de professionalisering van leraren basisonderwijs moeten worden opgenomen.

In aansluiting hierop is het relevant om aandacht te besteden aan de filosofie van wetenschap en techniek. Aspecten die van belang zijn bij wetenschapsfilosofie zijn: (a) het besef dat de verschillende wetenschappen een soort 'bril' zijn waardoor we naar de werkelijkheid kijken en (b) het besef dat er daarom verschillende wetenschappen zijn, zoals de menswetenschappen, de cultuurwetenschappen, en de natuurwetenschappen, die methodisch in diverse opzichten van elkaar verschillen. In de techniekfilosofie gaat het vooral om de conceptualisering van wat artefacten zijn, wat technische functies zijn (bijvoorbeeld in contrast met biologische functies) en om begrip van de normatieve component in technische kennis (prescriptieve kennis, kennis van functies) (De Vries, 2005). Ook de wisselwerking tussen technologische en maatschappelijke ontwikkelingen is hier een belangrijk thema.

2. Attitude ten opzichte van Wetenschap en Techniek

In de wetenschappelijke literatuur wordt het begrip attitude gezien als een interne, persoonlijke, psychologische neiging om een bepaald construct of object positief of negatief te evalueren (Eagly & Chaiken, 1993). Deze persoonlijke neiging kan kortere of langere tijd aanhouden en kan bestaan uit cognitieve, affectieve en/of gedragsmatige componenten. De cognitieve component van het begrip attitude bestaat uit gedachten of opvattingen over een bepaald construct. De affectieve component bestaat uit gevoelens en stemmingen en de gedragsmatige component bestaat uit daadwerkelijk gedrag of de intentie om iets te gaan doen of te vermijden ten aanzien van het object van attitude. Een voorbeeld: Wie een positieve attitude heeft ten opzichte van leren kan ervan overtuigd zijn dat studeren belangrijk is voor zijn toekomst, maar hij of zij kan ook gewoonweg veel plezier beleven aan het studeren en zich en/of kan daadwerkelijk hard studeren of van plan zijn een studie te gaan volgen.

Binnen de sociale psychologie wordt attitude van oudsher gezien als één van de belangrijkste drijfveren bij tal van processen, gerelateerd aan motivatie en interesse. De afgelopen jaren is in aansluiting daarop ook binnen de literatuur op het gebied van wetenschapseducatie de aandacht voor het begrip attitude sterk toegenomen. Belangrijk daarbij is echter dat onderscheid gemaakt wordt tussen een wetenschappelijke attitude (*science attitude*) en een attitude ten opzichte van (natuur)wetenschap en techniek (*attitude towards science*) (zie Osborne, 2003).

Onder een wetenschappelijke attitude verstaan we een wetenschappelijke houding die zich manifesteert in kenmerken van wetenschappelijk denken, zoals nieuwsgierigheid, creativiteit, volharding, kritische reflectie, en dergelijke. Deze wetenschappelijke houding wordt beschreven in de eerste paragraaf (beoogde kennis en vaardigheden) en de derde paragraaf (onderzoekend leren) van dit hoofdstuk.

Onder een attitude ten opzichte van wetenschap en techniek wordt echter een andere set van gedachten, waarden, gevoelens en gedragingen verstaan, die bijvoorbeeld ingaat op de eigen gedachten over het moeilijkheidsniveau van natuurwetenschappen en techniek, de waarde die wordt toegekend aan het belang van wetenschap en techniek voor de samenleving, gevoelens van eigen plezier of interesse in wetenschap en techniek en voornemens om meer te gaan leren over natuurwetenschap en techniek.

Veel internationaal onderzoek laat zien dat leraren in het basisonderwijs niet alleen vaak weinig wetenschappelijke en technologische kennis hebben, maar ook een vrij negatieve attitude ten opzichte van vooral de natuurwetenschappen en techniek (e.g., Palmer, 2004). Zij vinden dergelijke vakken niet leuk en schatten hun eigen bekwaamheid om les te geven op dit gebied laag in, iets wat vaak samenhangt met vroegere negatieve ervaringen (uit hun eigen lagere of middelbare schooltijd). Het ontbreekt hen, kortom, aan zelfvertrouwen en een positieve attitude. Hierdoor besteden zij in de les minder tijd aan natuurwetenschap en techniek en kunnen zij de kennis, vaardigheden en attitude van leerlingen op dit gebied slecht stimuleren. Dat is jammer. Het is dan ook belangrijk om de eigenwaarde, interesse en het enthousiasme van leraren te stimuleren en te ondersteunen. Onderzoek wijst uit (e.g., Jarvis, 2004; Palmer, 2004) dat dit niet alleen een positief effect heeft op de leraren zelf, maar ook op hun leerlingen. Hun kennisniveau en hun attitudes ten opzichte van natuurwetenschap en techniek verbeteren.

Naast een samenhangend aanbod van kennis en vaardigheden op het gebied van natuurwetenschap en techniek en onderzoekend en ontwerpand leren is het daarom van belang om als achterliggende, overkoepelende component in de professionalisering van leraren expliciet aandacht te besteden aan verschillende aspecten die samenhangen met een bepaalde attitude ten opzichte van wetenschap en techniek.

Van belang is dat (aspirant) leraren zich bewust worden van hun eigen gedachten, waarden, gevoelens en gedragingen op het gebied van wetenschap en techniek. Dit kan door in de nascholing van leraren expliciet aandacht te besteden aan dit bewustmakingsproces middels:

- Discussie (over bijvoorbeeld de reikwijdte en het historisch belang van wetenschap en techniek in de samenleving)
- Reflectie (op bijvoorbeeld de eigen lagere en middelbare schoolgeschiedenis in natuurwetenschap en techniek en eerdere neigingen om onderwijs op dit gebied te vermijden)
- Trainingen (waarbij nieuwe positieve ervaringen met natuurwetenschap en techniek en het stimuleren van kinderen op dit gebied kunnen leiden tot attitudeveranderingen)
- Lezingen (waarin bijvoorbeeld aandacht wordt besteed aan genderproblematiek, het stereotype imago van wetenschap en techniek en aan het gebrek aan positieve rolmodellen in de natuurwetenschappen en techniek voor meisjes)

3. Pedagogisch-didactische vaardigheden, met name op het gebied van onderzoekend en ontwerpend leren

Wetenschaps- en techniekeducatie heeft zijn wortels in Engeland in de Victoriaanse tijd (1850-1900), waarin de agrarische maatschappij plaats maakte voor een maatschappij gebaseerd op wetenschappelijke en technologische expertise. Deze nieuwe maatschappij kon alleen overeind blijven door mensen op te leiden in wetenschap en technologie. Er heerste echter onenigheid over de invulling van deze educatie en sindsdien zijn vorm en inhoud regelmatig onderwerp van debat geweest.

In de Victoriaanse tijd was men van mening dat (natuur)wetenschappelijke educatie een onderdeel zou moeten zijn van het onderwijs op de basisschool. De vorm die het aan zou moeten nemen was die van 'de wetenschap van de normale dingen.' Het basisonderwijs richtte zich voornamelijk op observatie van de natuur: plantkunde, dierkunde, fysiologie, etc. Dit perspectief richtte zich vooral op het creëren van kennis en begrip van fundamentele natuurwetenschappelijke principes.

Na 1900 ontstond een andere kijk op wetenschapseducatie. Met name Thomas Huxley (1918, in: Osborne & Hennessy, 2003) zag wetenschapseducatie vooral als een middel voor intellectuele ontwikkeling. Voor Huxley was niet zozeer de inhoud van de wetenschapseducatie van belang, als wel de unieke mogelijkheid die wetenschap bood om het verstand te trainen. Het wetenschappelijke proces was daarbij belangrijker dan de inhoud.

Dergelijke discussies - tussen het belang van het aanleren van natuurwetenschappelijke inhoud en het aanleren van een wetenschappelijk denkproces - bestaan tot op de dag van vandaag. In veel gevallen gaat wetenschaps- en techniekeducatie nog steeds voornamelijk om het aanleren van een zogenaamde scientific literacy, door het overdragen van feitenkennis. Kennis wordt daarbij gezien als product en de aanname is dat dergelijke kennis leidt tot meer interesse in en meer adoptie van natuurwetenschap en technologie. Onderzoek heeft echter uitgewezen dat het overdragen van natuurwetenschappelijke of technologische kennis alleen onvoldoende is om een bredere kennis van en meer draagvlak voor natuurwetenschap en techniek te creëren. De laatste paar jaar zien we dan ook internationaal een hernieuwd pleidooi voor wetenschap- en techniekeducatie die naast aandacht voor natuurwetenschappelijke en technologische concepten vooral stoelt op onderzoekend leren (inquiry based learning). Daarbij gaat men ervan uit dat geleerd wordt door te exploreren, vragen te stellen en zelf ontdekkingen te doen om zo tot een beter en dieper begrip van bepaalde concepten te komen. Een dergelijke vorm van leren gaat uit van een sociaalconstructivistische opvatting van leren, waarbij kennis wordt gezien als construct (in plaats van product). Studenten doen zelf ervaringen op waarbij context en maatschappelijke relevantie van belang zijn en waardoor zij een wetenschappelijke houding ontwikkelen.

Opgemerkt dient te worden dat onderzoekend leren vaak als toverwoord fungeert. Regelmatig rekent men allerlei projecten in de sfeer van 'hands-on science' onder onderzoekend leren, maar zoals sommige auteurs recent hebben laten zien, is deze kwalificering niet helemaal terecht (e.g., van Graft & Kemmers, 2005; Rudolph, 2005). Kinderen worden in de meeste 'hands-on science' projecten vooral uitgedaagd om samen een constructie te bouwen (Schimmel et al., 2002; Weerden et al., 2003). En hoewel dergelijke projecten een aantal belangrijke doelstellingen voor wetenschaps- en techniekeducatie kunnen bewerkstelligen (zoals samenwerken, verantwoordelijkheidsgevoel, reflectie, observatie, voorspellingen doen, generaliseren), gaan zij voorbij aan het feit dat wetenschap in feite meer over de constructie van ideeën gaat dan over de constructie van objecten of machines (Rudolph, 2005).

Om daadwerkelijk onderzoekend leren te implementeren is het daarom van belang om naast 'hands-on' ook 'minds-on' science activiteiten aan te bieden. Bovendien is het belangrijk om onderzoekend leren te onderscheiden van leren onderzoeken (van Graft & Kemmers, 2005). Onder het laatste verstaat men dat leerlingen (kinderen en volwassenen) leren onderzoek te doen en kennis en vaardigheden opdoen over de wetenschappelijke methode (zoals beschreven in de eerste paragraaf van dit hoofdstuk). Bij onderzoekend leren maken leerlingen echter gebruik van een onderzoeksproces om iets te leren over iets anders. Bij onderzoekend leren is onderzoek doen dus een middel; bij leren onderzoeken is onderzoek doen een doel.

Voor het gebied natuurwetenschap en techniek speelt naast onderzoekend leren het ontwerpend leren een rol. Ook dat gaat verder dan de hierboven genoemde constructie van een object of machine. Door in meer of mindere mate systematisch na te denken over hoe de omgeving aangepast zou kunnen worden aan behoeften en wensen, leren kinderen om niet alleen na te denken over de bestaande werkelijkheid, maar ook over mogelijke andere werkelijkheden. Dit is, naast de onderzoekende methode, een manier om creativiteit bij kinderen te stimuleren. Net als bij onderzoekend leren is ontwerpend leren een kwestie van 'hands-on' en 'minds-on'. Door bij het ontwerpen gebruik te maken van concepten, leren kinderen tevens deze concepten beter kennen en toepassen.

Om al deze zaken te kunnen toepassen, moet de beroepskwaliteit van leraren op het terrein van wetenschap en techniek langs twee lijnen versterkt worden. De eerste lijn is die van het versterken van het generieke niveau van leraren, door hen meer thuis te laten raken in de wereld van onderzoek doen. In feite komt dit er op neer dat er in de opleiding - bij alle disciplines - meer aandacht wordt besteed aan het begrijpen van wetenschappelijk onderzoek, het doen van praktijkgericht onderzoek op eigen niveau en het begeleiden van onderzoek van leerlingen.

De tweede lijn is die van het versterken van de specifieke competenties van leraren op het terrein van het begeleiden van onderzoek en ontwerp van leerlingen (binnen het domein van natuurwetenschap en techniek). 'Onderzoek door leerlingen' is hier bedoeld als onderzoekend leren én lerend onderzoeken. Voor leraren betekent dit het arrangeren van een uitdagende leeromgeving en de nieuwsgierige vragen van leerlingen - die door deze omgeving worden opgeroepen - , dusdanig te begeleiden dat deze nieuwsgierigheid op een methodisch verantwoorde wijze wordt bevredigd.

De beste manier om leraren dit te leren is 'learning by doing'. Op die wijze leren ze zelf ervaren wat de empirische en de regulatieve cyclus bij het produceren en toepassen van kennis feitelijk betekent en hoe daarin geopereerd kan worden. Bovendien leren zij daarmee een wetenschappelijke houding aan te nemen waarin nieuwsgierigheid, volharding, bewondering voor originaliteit, creativiteit, het nemen van verantwoordelijkheid, het uiten van (zelf) kritiek en een onafhankelijke opstelling in het denken een belangrijke rol spelen.

Wanneer leraren zich op een dergelijke manier ontwikkeld hebben, kunnen zij vervolgens de competenties vergaren om kinderen op een onderzoekende wijze

(natuur)wetenschappelijke en technische procesvaardigheden, concepten en attitudes bij te brengen. Dit kunnen zij bijvoorbeeld doen door hen bewust te leren kijken, luisteren, aanraken, proeven en ruiken (observatie), door hen aan te moedigen nog meer vragen te stellen dan ze al doen, door hen bewust te laten voorstellen wat er gaat gebeuren, door het verzamelen en gebruiken van gegevens (van steentjes, stokjes, of torretjes tot getallen, tabellen en diagrammen), door kinderen te stimuleren om creatief nieuwe toepassingen te zoeken of te maken voor bepaalde constructen, door hen in eigen woorden te laten vertellen of opschrijven wat hun ervaringen en ideeën zijn en door hen te laten kijken naar patronen in de observaties en metingen (Murphy, 2003).

Voor het welslagen van bovengenoemde ontwikkeling is het belangrijk dat in de professionalisering van leraren tevens ruim aandacht wordt besteed aan reflectie. Daaronder valt zowel persoonlijke reflectie (wie ben ik, wat kan ik op het gebied van wetenschap en techniek en wat wil ik daarin bereiken) als reflectie op het doorlopen leerproces (wat heb ik geleerd, hoe heb ik dat geleerd, hoe kan ik dit toepassen in mijn lessituatie.) Beide manieren van reflecteren hebben als belangrijk gemeenschappelijk doel de empowerment van de (aspirant)leraren. Naast een vergroting van het zelfvertrouwen en de instrumentele professionaliteit op het gebied van wetenschap en techniek en onderzoekend leren, zal deze reflectie ook de kans vergroten dat deelnemers na afloop van de opleiding zelfgestuurd doorleren en collega's weten te stimuleren om dit ook te doen.

Conclusies en discussie

Hierboven hebben wij een eerste aanzet gegeven tot een inhoudelijke beschrijving van de kwaliteiten die (toekomstige) leraren zouden moeten hebben als het gaat om wetenschap en techniek. Samenvattend, stellen wij dat zij zouden moeten beschikken over zowel kennis over belangrijke concepten uit de natuurwetenschap en techniek als vaardigheden om die kennis te vergaren. Daarbij is het belangrijk dat zij dwarsverbanden tussen verschillende kennisconcepten kunnen zien en deze kunnen koppelen aan herkenbare, concrete praktijkvoorbeelden. Een positieve attitude ten opzichte van techniek is daarbij onontbeerlijk, want alleen een leraar met een positieve houding kan zijn of haar leerlingen inspireren. Deze attitude valt uiteen in cognitieve, emotionele, en gedragsmatige aspecten. Het belangrijkste didactische instrument om wetenschap en techniek op een inspirerende manier in de klas te brengen is in onze ogen onderzoekend en ontwerpend leren. Leraren moeten daarvoor eerst zélf thuis raken in de wereld van onderzoek doen. Vanuit hun eigen ervaringen kunnen zij kinderen beter begeleiden bij hun zoektocht naar het beantwoorden van nieuwsgierige vragen.

Hoewel wij onze theoretische uitgangspunten in drie aparte paragrafen besproken hebben, willen wij nadrukkelijk stellen dat wij deze drie pijlers voor de scholing van leraren op het gebied van wetenschap en techniek niet als losstaande elementen zien. Integendeel, zij hangen nauw met elkaar samen. Zo sluiten de principes van de derde component, onderzoekend leren (waarbij uitgegaan wordt van leren door te exploreren, vragen te stellen en zelf ontdekkingen te doen) nauw aan bij de inferentiële kennis en vaardigheden ten aanzien van het wetenschappelijk proces die onder de eerste component worden beschreven. De component attitude kan bij deze beide componenten gezien worden als noodzakelijk overkoepelend concept. Uitgaande van de gedachte dat iemands houding of attitude iemands acties, denken, gevoelens en keuzes bepaalt, zouden wij kunnen stellen dat het hebben van een positieve attitude ten aanzien van wetenschap en techniek net zo belangrijk is als bijvoorbeeld het hebben van een positieve attitude ten opzichte van lezen. Iemand kan immers technisch voldoende leren lezen, maar alleen als hij of zij daarbij ook een positieve attitude ten opzichte van lezen ontwikkelt, zal hij of zij uit zichzelf meer gaan lezen, meer voor het plezier gaan lezen en zichzelf doorlopend verder ontwikkelen.

De basis voor kwalitatief hoogstaand professionaliseringsaanbod op het gebied van natuurwetenschap en techniek wordt gelegd door alle drie bovengenoemde componenten (kennis en vaardigheden m.b.t. wetenschap en techniek, attitude en pedagogisch didactische vaardigheden) in het aanbod te verwerken en de samenhang tussen de elementen duidelijk naar voren te laten komen.

Tot slot willen wij benadrukken dat het versterken van de bekwaamheden van leraren op het terrein van wetenschap en techniek benut kan worden voor het

verhogen van het niveau van functioneren van leraren basisonderwijs in het algemeen. In de kern heeft het werken aan 'de leraar als onderzoeker' namelijk een veel bredere werking dan alleen het domein van wiskunde, natuurwetenschappen en techniek. Als leraren op een methodisch verantwoorde manier leren omgaan met hun eigen verwondering en die van kinderen, dan is dat ook van belang voor bijvoorbeeld de domeinen taal-lezen, rekenen en sociaal-emotionele ontwikkeling. Ook kan het een bijdrage leveren aan het herijken van bestaande opvattingen over leren en de ontwikkeling van kinderen. Met kinderen een proces doorlopen van waarnemen naar begripsvorming, van begripsvorming naar causale relaties tussen verschijnselen, van relaties naar het doen van voorspellingen en van het doen van voorspellingen naar het toetsen daarvan, kan leraren helpen bij het methodisch oplossen van praktijkproblemen en het zelf ontwikkelen van nieuwe beroepskennis. Daarmee kan werken aan wetenschap en techniek ook een meer algemeen en breder doel dienen: het verhogen van het algemeen professioneel niveau van het beroep van leraar.

Referenties

- Barab, S.A., & Luehmann, A.L. (2003). **Building a sustainable science curriculum: Acknowledging and accommodating local adaptation**. Science Education 87, 454-467.
- De Grip, A. en Smits, W. (red.) (2007). **Technotopics II**. Den Haag: Platform Beta Techniek.
- Eagly, A.H., & Chaiken, S. (1993). **The psychology of attitudes**. Belmont CA: Wadsworth/Thomson Learning.
- Graft, M., van & Kemmers, G. (2005). **Onderzoekend en ontwerpend leren in het basisonderwijs**. Universiteit van Amsterdam: Amstel Instituut.
- Harlen, W. (1999). **Effective teaching of science**. SCORE Publication 142, pp. 1-91.
- Jarvis, T. (2004). **Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils**. International Journal of Science Education, 26, 1787-1811.
- Murphy, C. (2003). **Literature review in primary science and ICT**. Graduate School of Education, Queens University Belfast. A Report for NESTA Futurelab, pp. 1-36.
- OECD/PISA (2006). **Assessing scientific, reading, and mathematical literacy: A framework for PISA 2006**.
- Osborne, J. (2003). **Attitudes towards science: a review of the literature and its implications**. International Journal of Science Education, 25, 1049-1079.
- Osborne, J., & Hennessy, S. (2003), **Literature review in science education and the role of ICT: Promise, problems and future directions**. King's College London and University of Cambridge. Report for NESTA Futurelab, 1-48.
- Palmer, D. (2004). **Situational interest and the attitudes towards science of primary teacher education students**. International Journal of Science Education, 26, 895-908.
- Rocard, M., et al. (2007). **Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe**. European Commission. Directorate-General for Research.
- Rudolph, J. L. (2005). **Inquiry, instrumentalism, and the public understanding of science**. Science Education, 89, 803-821.
- Schimmel, J.H., Thijssen, J.M.W., & Wagenaar, H.B. (2002). **Techniek voor de basisschool, een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie**. CITO-groep.
- Vries, M.J. de (2005), **Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers**. Springer, Dordrecht.
- Waarlo, A.J. (2007). **Communicatie en educatie. Uitwisselbaar, complementair of synergetisch?** In J. Willems (Ed.), Basisboek wetenschapscommunicatie, pp 49-61. Amsterdam: Boom.
- Weerden, J. van, Thijssen, J., & Verhelst, N. (2003). **Toetsen techniek in het basisonderwijs, een onderzoek naar de predictieve validiteit van toetsen techniek in het basisonderwijs**. CITO-groep.