

Onderzoekend leren: de nieuwsgierigheid voorbij

In dit artikel plaatsen we kanttekeningen bij een drietal opvattingen van pabostudenten en leraren Primair Onderwijs over 'onderzoekend leren'. Het zijn opvattingen die we in onze regio (Gelderland) veel horen tijdens trainingen en workshops met leraren Primair Onderwijs en pabostudenten. Binnen het Kenniscentrum Wetenschap en Techniek Gelderland (KWTG) zijn ze een aantal keren onderwerp geweest van expertbijeenkomsten. We hebben de opvattingen geordend met betrekking tot hun onderwerp.

Het gaat om opvattingen over:

- de lesdoelen bij onderzoekend leren,
- de rol van de leraar bij onderzoekend leren
- de didactiek van wetenschap- en techniekonderwijs.

Inleiding

Er is in Nederland momenteel veel aandacht voor wetenschap en techniek in het basisonderwijs. Daarbij wordt uiteraard de vraag gesteld hoe goed W&T-onderwijs er concreet uitziet in de klas. Wat doet de leraar en wat doen de leerlingen? Waar zijn ze op gericht? Wanneer zijn ze tevreden over een les? Wat leraren in ieder geval regelmatig proberen te bereiken bij onderwijs in Wetenschap en Techniek is een bepaalde manier van leren, namelijk onderzoekend leren. De professionalisering van leraren is onder meer daarop gericht. Dit roept de vraag op: wat is onderzoekend leren wel en wat is het niet? Het antwoord van leerkrachten en studenten op

deze vraag, heeft invloed op hoe zij hier in de praktijk uitvoering aan geven.

Onderzoekend leren betreft een veelzijdig leerproces van leerlingen. Binnen dit leerproces gaat het bijvoorbeeld om het verwerven van procesvaardigheden als observeren, een proefopstelling bedenken, onderzoeksgegevens noteren en ordenen en ook om het ontwikkelen van denkvaardigheden; een idee verwoorden, een voorspelling doen, vragen stellen en redeneren. De leraar speelt in dit proces een centrale rol, want leren onderzoekend te leren gaat bij verreweg de meeste leerlingen niet vanzelf. Ook al beginnen veel leerlingen wel vanuit een nieuwsgierige houding. Leraren primair onderwijs hebben een - voor velen van hen vernieuwd - pedagogisch/didactisch repertoire nodig om in te spelen op de nieuwsgierigheid van hun leerlingen en deze uit te bouwen tot onderzoekend leren binnen het domein wetenschap en techniek.

Beginnen met onderzoekend leren in de klas is voor veel leraren echter een grote stap. Het raakt sterk aan hun opvattingen over leren, onderzoekend leren, over wat kinderen wel/niet kunnen en over hun eigen rol, kortom aan het fundament van hun dagelijks handelen.

De opvattingen van leraren en studenten m.b.t. lesdoelen, de rol van de leraar en de didactiek van W&T onderwijs weerspiegelen veelal een nog beperkt beeld van onderzoekend leren. Dit artikel bespreekt deze opvattingen in het licht van een conceptueel rijkere en meer leerzame invulling van 'onderzoekend leren'. Vanuit meer kennis over opvattingen van leraren en studenten en vanuit deze conceptualisering van onderzoekend leren hopen we dat lerarenopleiders beter in staat zijn te vertrekken vanuit en prikkelend aan te sluiten bij de (veelal impliciete) opvattingen van (aanstaande) leraren over onderzoekend leren. Immers, deze opvattingen maken deel uit van de beginsituatie van leraren en studenten en vormen daarmee het vertrekpunt voor hun denken en doen.

Drie opvattingen met onze kanttekeningen

Opvatting 1 (lesdoel): Onderzoekend leren heeft bovenal tot doel om de nieuwsgierigheid van leerlingen te prikkelen

Veel leraren starten een wetenschap- en techniekles met een demonstratie of een proef. Dit prikkelt de nieuwsgierigheid van leerlingen. De verwondering en de nieuwsgierigheid zijn immers groot als de proef een onverwacht resultaat oplevert. Het komt in de praktijk nog regelmatig voor dat

AUTEUR(S)

Gerdo Velthorst
Ida Oosterheert
& Niels Brouwer

Kenniscentrum
Wetenschap en Techniek
Gelderland

een demonstratieproef op zichzelf staat. In dat geval is nieuwsgierigheid het begin- en eindpunt. Dit is jammer, want van nieuwsgierigheid alleen leer je nog niet. De nieuwsgierigheid die uit bijvoorbeeld een demonstratieproef volgt, zorgt er wel voor dat leerlingen meer ontvankelijk worden om te leren (Koballa & Glynn, 2008). Maar het is een begin van een leerproces. Juist wat de leerlingen vanuit hun nieuwsgierigheid vervolgens gaan denken en doen is van belang. Aansluiten bij de nieuwsgierigheid van leerlingen en nieuwsgierigheid bevorderen is dus belangrijk, maar niet het enige doel van wetenschap- en techniekonderwijs. Nieuwsgierigheid van leerlingen is ook een startpunt voor het bereiken van andere doelen. Eén ervan, zoals direct zichtbaar wordt bij experimenteren, is het opdoen van empirische ervaringen met de materiële werkelijkheid. Drie andere doelen worden hieronder besproken: het ontwikkelen van opvattingen over kennis en kennisverwerving, het beheersen van onderzoeksvaardigheden en het ontwikkelen van een onderzoekende houding (National Research Council, 1996).

Conceptuele aanvullingen bij opvatting 1

- *Gunstige opvattingen ontwikkelen over hoe kennis tot stand komt*
Kinderen hebben – vaak impliciete - opvattingen over wat kennis is, over hoe kennis tot stand komt en over hoe we weten dat kennis ‘juist’ is. Bijvoorbeeld: ‘als twee deskundigen het met elkaar oneens zijn, dan zal één van hen het fout hebben’. Deze opvattingen worden “epistemologische opvattingen” genoemd. Deze opvattingen ontwikkelen zich gedurende de basisschoolperiode van eenvoudige opvattingen als ‘theorie en bewijs zijn hetzelfde’ en ‘er bestaat een absolute waarheid’ naar meer productieve opvattingen als ‘een theorie is door mensen bedacht’ of ‘theorieën veranderen’. De leraar heeft hier invloed op. Eenvoudige epistemologische opvattingen zijn voor een deel te verklaren door beperkte leeractiviteiten op school (Smith, Maclin, Houghton & Hennessey, 2000). Als het bij experimenteren bijvoorbeeld steeds alleen gaat over de ‘goede uitkomsten’, dan krijgen leerlingen al gauw het idee dat experimenten alleen bedoeld zijn om een waarheid te ontdekken. De leraar zal leerlingen juist bewust moeten maken van de variatie aan ideeën die ze zelf al hebben en hen richten op hoe ideeën tijdens het leerproces veranderen. Hij kan samen met leerlingen de verschillende ideeën beschouwen en hier nieuwe ideeën tegenover zetten. Hiermee wordt het leerproces zelf onderwerp van het gesprek met leerlingen, het leidt tot een metacognitief gesprek. Bij dergelijke activiteiten gaat het er om dat leerlingen zichzelf gaan zien als mensen die bewust betekenis geven en zelf hun eigen kennis construeren.
- *Vaardigheden eigen maken om de wereld om hen heen te onderzoeken*
Leerlingen onderzoeksvaardig maken is een tweede doel. Een voorbeeld van een onderzoeksvaardigheid is experimenteren om een waarneming uit de werkelijkheid nader te onderzoeken. Leerlingen vinden het moeilijk om een ‘eerlijk’ experiment te

bedenken. Dit gaat niet vanzelf, hiervoor is instructie en regelmatige oefening nodig (Masnick & Klahr, 2003; Chen & Klahr, 1999; Dean & Kuhn, 2006). Eén van de manieren om dit te oefenen is om met leerlingen niet alleen het resultaat van het experiment maar ook de onderzoeksopzet te bespreken (Zimmerman, 2007). Andere vaardigheden die relevant zijn in de basisschoolperiode zijn bijvoorbeeld: het leggen van de relatie tussen een experiment in de klas en wat het experiment (nog meer) representeert in de wereld (Schauble et al., 1995) of het kunnen duiden van variatie in onderzoeksresultaten (Masnick & Klahr, 2003).

- *Een houding ontwikkelen waardoor leerlingen uit zichzelf en als vanzelfsprekend op onderzoek uitgaan*
Het derde doel heeft te maken met het bevorderen van een onderzoekende houding. Leerlingen met een onderzoekende houding laten een hoge ‘cognitieve’ betrokkenheid bij het onderwerp van de les zien: ze ontplooien - soms zonder tussenkomst van de leraar - activiteiten om meer van het onderwerp te begrijpen en werken taakgericht (Lee & Anderson, 1993).
Het gaat hier om een vormingsdoel en in de literatuur is dit onderwerp het duidelijkst uitgewerkt als het gaat om vragen stellen. Hoe wordt vragen stellen een tweede natuur van leerlingen?
De leraar zal kinderen regelmatig gelegenheid moeten geven om vragen te opperen en twijfel te uiten, het vragen stellen moeten modelleren. Hij/zij zal ook werken met vraagstarters of stimuli aanbieden die het vragen stellen oproepen. Chin (2002) spreekt over het creëren van een omgeving die tot vragen stellen verleidt.
De onderzoekende houding wordt verder zichtbaar als leerlingen een vervolg kunnen geven aan de vraag. Dit kan bereikt worden door geleide oefening en door leerlingen steeds meer verantwoordelijkheid te geven over de activiteiten die ze bedenken en uitvoeren. Metz (2004) concludeert dat een eigen onderzoek van leerlingen goed mogelijk is als ze hier geleidelijk mee vertrouwd raken. Ze vond dat de volgende opbouw effect sorteerde: eerst klassikaal één vraag onderzoeken, dan in tweetallen één vraag onderzoeken en dan in een tweetal een eigen vraag stellen en onderzoeken. Door steeds minder voor te structureren en de leerlingen hulpmiddelen te bieden als vraagstarters of een keuzemenu met onderzoeksmethoden, is het goed mogelijk dat veel leerlingen in de bovenbouw na voldoende oefening van de hele taak zelf aan het werk kunnen.
- *Conclusie*
Nieuwsgierigheid is een aantrekkelijk begrip voor leraren. Zo aantrekkelijk, dat het op een gegeven moment zelfs een lesdoel wordt: het bevorderen van nieuwsgierigheid. Maar nieuwsgierigheid is niet het enige dat onderzoekend leren als leerproces kenmerkt. Het kan een startpunt zijn van een lesactiviteit, maar uiteindelijk gaat het meestal om het benutten van deze nieuwsgierigheid om meer te weten te komen. Het is de kunst van de leraaropleider om begrippen als nieuwsgierigheid en verwondering zo te vertalen dat ze de student helpen bij het ontwerpen van een krachtige leeromgeving.

De lerarenopleider kan leraren en pabostudenten vragen om nieuwsgierigheid te concretiseren: wat zie ik als een leerling nieuwsgierig is, hoe kan ik dit als leraar stimuleren en wat kan ik doen om deze nieuwsgierigheid een leerzaam vervolg te geven? Een demonstratieproef bevordert de nieuwsgierigheid én kan leerzaam zijn. Dan vraagt het wel meer dan het verrassen van leerlingen met een leuk effect. Een demonstratieproef wordt pas leerzaam als de leerlingen eerst een voorspelling doen, nauwgezet de proef observeren en hun bevindingen delen en uitleggen in een gesprek (Treagust, 2008). Het doen van een proef is dus niet het doel, maar een middel om andere doelen te bereiken. Die andere doelen liggen in het verlengde hiervan en het is aan de (aanstaande) leraar om hierover na te denken; kennisdoelen, vaardigheidsdoelen en vormingsdoelen zijn in samenhang richtinggevend voor een les.

De leraar speelt bij onderzoekend leren een centrale rol, want leren onderzoekend te leren gaat bij verreweg de meeste leerlingen niet vanzelf.

Opvatting 2 (leraar): Onderzoekend leren betekent dat leerlingen zelf ontdekken en de leraar afstand houdt

Deze opvatting roept levendige beelden op: leerlingen die in de klas zelfstandig met allerlei materialen in de weer zijn, met lumineuze ideeën komen en hun bevindingen enthousiast tonen aan klasgenoten. Hawkins (1965) sprak al over ‘aanrommelen’ als een cruciale fase in het leerproces. De aanrommelfase zorgt voor grote verschillen in wat kinderen ondernemen en ervaren, omdat ze vanuit verschillende beginsituaties aan de slag gaan. Elke ervaring in deze fase draagt in een latere fase van het leerproces bij aan het inhoudelijke verhaal van de klas. Juist die verschillende ervaringen en wat kinderen daar uit opmaken vormen de basis voor en verrijken het verhaal. In zijn aanbevelingen was Hawkins (1965) duidelijk: neem de tijd voor aanrommelen en denk dan eerder in uren dan in minuten.

Is dit dan een pleidooi om leerlingen maar zoveel mogelijk vrij te laten? Nee, een essentiële eigenschap van onderwijs ontbreekt in deze opvatting: onderwijs is gericht op leren. Ook op het leren van ervaringen, maar dat gaat niet altijd vanzelf en ervaringen zijn primair de basis voor kennis. Hieruit volgt dat de leraar niet buiten spel staat (zie ook het betoog van Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Hawkins (1965) zag dat ook; door een zorgvuldige selectie van materialen biedt de leraar wel degelijk structuur en aanrommelen is ‘slechts’ een onderdeel van het leerproces, het blijft niet bij een aanrommelfase.

Hoe verhouden de begrippen aanrommelen en ontdekken zich dan wel tot onderzoekend leren? Het is zinvol om een onderscheid aan te brengen tussen

‘ontdekken als *proces*’ en ‘een ontdekking als *resultaat* van een leerproces’, om te werken met de begrippen ‘sturen’ en ‘banen’ en door onderzoekend leren op een continuüm van afnemende sturing te plaatsen. Deze ideeën worden hieronder verder uitgewerkt.

Conceptuele aanvullingen bij opvatting 2

• *Ontdekken als proces of resultaat*

Onder eigen regie in een ongestructureerde omgeving iets leren – ontdekken als proces – is weinig effectief en voor vrijwel alle leerlingen simpelweg te moeilijk. Dit komt doordat leerlingen in dit soort les-situaties niet altijd weten waar ze naar op zoek zijn en het hun daardoor gewoon kan ontgaan wat er te leren valt of wat ze moeten leren (Mayer, 2004). Soms hebben leerlingen te weinig voorkennis omdat het te ontdekken principe – en de wereld waarmee dat principe verbonden is – volledig nieuw is. Ook kan er ‘teveel’ kennis zijn, bijvoorbeeld misconcepten, die het inhoudelijk verder komen in de weg staan. Of leerlingen construeren tijdens het proces juist ideeën die niet helemaal correct zijn (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Om deze redenen is ontdekken als proces in pure vorm niet wenselijk in de klas. Ontdekken als proces past wel bij onderzoekend leren, maar op een heel specifieke manier. Als leerlingen bijvoorbeeld een experiment hebben uitgevoerd en onderzoeksgegevens hebben vastgelegd. Dan begint het denkwerk als ze proberen te doorgronden wat ze hebben waargenomen. Leerlingen nemen afstand van hun eerste associaties en gedachten, spontaan ontstaan tijdens de waarneming, en ontdekken daardoor wellicht een patroon in de waarnemingen. Ontdekken is zo in de kern een denkactiviteit die leidt tot het leggen van een nieuw verband (Oosterheert, 2008). Er wordt van leerlingen gevraagd om verder te reiken dan de directe waarneming, verder dan het experiment en de verslaglegging van de onderzoeksgegevens. Bruner (1973) duidde dit leren interpreteren aan met de uitdrukking ‘going beyond the information given’. Dit is niet eenvoudig en juist de leraar kan en moet bij dit proces ondersteuning bieden.

• *Sturen en banen*

Extreme opvattingen over zelfontdekkend leren werken in de hand dat de vraag over wat werkt in de klas en wat de leraar daarvoor moet doen, minder wordt gesteld. Dit is ook herkenbaar in de literatuur. Daar worden deze vragen soms gereduceerd tot een vraag naar het effect van twee totaal verschillende instructiemethodes: leerlingen zelfstandig laten ontdekken of directe instructie geven (Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Sweller, Kirschner & Clark, 2007). De ‘of-of’ discussies op basis van de vraag ‘wat werkt nu beter’ zijn weinig zinvol. Omdat beide zo verschillend zijn, gaat elke directe vergelijking mank (zie het betoog van Wise & O’Neill, 2009). Een betere vraag is op welke momenten, onder welke condities de leraar meer ruimte kan geven in het leerproces en op welke momenten deze ruimte meer gestructureerd zou moeten worden. Van Parreren (1981) gebruikt de begrippen sturen en banen. Hij constateert ook

dat beide horen bij een goed leerproces en niet het één of het ander. Soms doet de leraar ook iets door niets te doen, maar deze keuze is steeds afhankelijk van de lesdoelen en van wat de leerlingen zelf laten zien aan onderzoekend gedrag en inhoudelijke ontwikkeling.

We geven hier een voorbeeld om het bovenstaande concreet te maken. Het is niet vanzelfsprekend dat leerlingen veel leren van gesprekken met elkaar. Sommige leerlingen zijn zich er namelijk niet bewust van dat ze van een goed gesprek kunnen leren en dat dit ook de bedoeling is. Andere leerlingen weten dit weer wel, maar hebben geen idee hoe zo'n gesprek er uitziet en hoe dat moet. Pas als leerlingen zich bewust zijn van de mogelijkheid om van een goed gesprek te leren en ze geoefend hebben met de grondregels voor een goed gesprek, kan de leraar het voeren van gesprekken meer aan leerlingen overlaten (Dawes, 2008). Eerst zal er dus onderleiding van de leraar bewustwording en voldoende oefening nodig zijn, om daarna geleidelijk meer zelfstandigheid te kunnen geven. Sturen en banen worden zo in een doordachte volgorde - passend bij deze leerlingen, op dit moment - aan elkaar geschakeld. Andersom kan het ook: leerlingen die eerst zelf exploreren of experimenteren en dan geleide oefening of instructie krijgen. Wise en O'Neill (2009) verwijzen naar een aantal studies die op een positief effect wijzen van een banende lessituatie voorafgaand aan gerichte instructie. Onderzoekend leren kan leerlingen dus ontvankelijker maken voor een uitleg of de instructie die er op volgt.

- *Van recept opvolgen tot open onderzoekend leren*
De leraar maakt een beredeneerde keuze voor banen én sturen. Hij kan ook het aantal vrijheidsgraden waarbinnen de leerlingen werken geleidelijk laten toenemen (Metz, 2004). Een bekende lijn is die van onderzoekend leren als receptmodel tot onderzoekend leren als open model, via een model waarin 'scaffolding' van onderzoeksvaardigheden plaatsvindt (zie voor een concreet voorbeeld Velthorst & Oosterheert, 2010). Windschitl (2003) refereert aan een lijn waarin leerlingen met vier opklimmende stappen meer vrijheid krijgen in het leerproces. Eerst bevestigen leerlingen een vooraf bekend principe volgens een stappenplan (confirmation experience), dan stelt de leraar een vraag waarop het antwoord nog niet bekend is en werken leerlingen met een stappenplan toe naar een antwoord (structured inquiry), daarna stelt de leraar een vraag en bedenken leerlingen zelf een manier om tot een antwoord te komen (guided inquiry) en tot slot krijgen de leerlingen de vrijheid om zelf ook – binnen een onderwerp – de onderzoeksvraag te bedenken (open inquiry). De structurering die in de opdracht besloten ligt neemt steeds verder af. Minder structuur betekent echter niet dat de begeleiding afneemt, integendeel zelfs.
- *Conclusie*
De vraag naar wat werkt en hoe de leraar zijn rol vervult, is een goede vraag. Helemaal als wordt nagegaan wat hij daarvoor in praktijk moet brengen. Onderzoekend leren betekent niet per definitie 'de

speelruimte van leerlingen maximaliseren'. Hier boet onderzoekend leren misschien wat in ten aanzien van het romantische beeld van 'in vrijheid onderzoekende kinderen'. Het is beredeneerde speelruimte waarbij de leraar zichzelf in de voorbereiding afvraagt: wat geef ik prijs en wat nog niet, zijn de leerlingen in staat om het principe dat ik niet prijsgeef te ontdekken en vinden de leerlingen in de taak zelf voldoende zetjes die het denken begeleiden tot vruchtbare oplossingsrichtingen (Van Parre- ren, 1981)? De leraar kan, afhankelijk van de ontwikkeling van leerlingen als zelfstandige onderzoekers, vanuit de vooropgezette structuur meer ruimte bieden.

Hij zal zich ervan bewust moeten zijn dat hij continu afwegingen maakt tussen sturen en banen. Het zijn nooit de uitersten alleen die een optimaal leerproces ondersteunen. De keuze is weloverwogen en het is een dynamisch spel tussen leraar en leerling om de gulden middenweg en de goede volgorde te vinden, voor de les en tijdens de les. Bijstellen van de mate van sturing tijdens de les zal eerder regel dan uitzondering zijn, zeker bij meer getrainde (aanstaande) leraren, die dit flexibeler doen. Over zulke afwegingen zouden lerarenopleiders, studenten en leraren expliciet met elkaar in gesprek moeten gaan.

Opvatting 3 (didactiek):

Onderzoekend leren is gegarandeerd als je een didactiek of stappenplan volgt

Een didactiek geeft de leraar houvast bij het ontwerpen van onderwijs. Didactische modellen worden daarom relatief snel in de opleiding van studenten geïntroduceerd. Leraren kennen de meest gangbare modellen voor wetenschap en techniekonderwijs wel (als Van Graft & Kemmers, 2007; De Vaan & Marell, 2006; Bybee, 2006). Het zijn in de praktijk beproefde en gebruiksvriendelijke werkwijzen. Aandacht voor dit soort leercycli alléén wekt echter de suggestie dat lesgeven niet meer is dan het uitvoeren van stapjes. Dit blijkt ook uit de hierboven genoemde opvatting van leraren en studenten. Een didactiek leidt dan af van andere belangrijke vragen: wat moet de leraar zelf over een onderwerp weten, wat is het doel van de les, hoe sluiten mijn activiteiten aan bij de voorkennis en onderzoeksvaardigheden van leerlingen en welk leerkrachtgedrag leidt tot een optimale ondersteuning van het leerproces? Een didactiek is pas succesvol als ze wordt gecombineerd met inhoudelijke kennis, heldere doelen en inzicht in de beginsituatie van leerlingen, passende didactische strategieën, ondersteunend leerkrachtgedrag en relevante leerpsychologische inzichten.

Conceptuele aanvullingen bij opvatting 3

• *Inhoudelijke kennis*

Als men de kennis van een leraar zou uitschrijven in een encyclopedie – zo opperde Shulman (1987) – hoe ziet de inhoudsopgave van dit naslagwerk er dan uit? Eén van de paragrafen zou 'pedagogical content knowledge' zijn, een voor leraren specifieke vorm van vakkennis. Deze gespecialiseerde kennis bestaat uit ten behoeve van het onderwijs bewerkte inhoudelijke kennis, gecom-

bineerd met kennis over hoe leerlingen deze kennis tegemoet treden en met didactische strategieën. In West-Europa wordt 'pedagogical content knowledge' (zie voor een gedetailleerde uitwerking bijvoorbeeld Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) van oudsher aangeduid met de term vakdidactiek.

Inhoudelijke kennis is vaak niet meteen geschikt om in de klas te gebruiken. De leraar transformeert deze kennis - door deze bijvoorbeeld te herordenen, van voorbeelden te voorzien, of door modellen verder te vereenvoudigen - op zo'n manier dat hij bruikbaar wordt in het leerproces van de leerlingen in zijn klas. Hij zorgt voor kennis die voor elke leerling in de klas toegankelijk is gemaakt om van te leren. Daarbij moet de leraar ook rekening houden met de concepten die leerlingen al hebben en de hobbels die leerlingen in het leerproces tegenkomen (Rohaan, Taconis & Jochems, 2010).

- *Passende didactische strategieën*

Op basis van de inhoudelijke kennis die centraal staat en de moeilijkheden die leerlingen in het leerproces tegenkomen, kiest de leraar voor een passende didactische strategie om dit leerproces te bevorderen. Het gaat hierbij om strategieën die algemeen bruikbaar zijn bij wetenschap en techniek, zoals een vijf- of zevenstappenplan, misschien soms in een aangepaste volgorde, aangevuld met onderwerpspecifieke strategieën (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). Bijvoorbeeld verschillende analogieën voor de werking van een elektrisch circuit of verschillende visuele modellen voor het weergeven van fotosynthese. De strategie die de leraar kiest, is afhankelijk van de leerlingen, de eigen mogelijkheden en van de inhoudelijke kennis die centraal staat. Tijdens de les wordt die strategie, indien nodig, flexibel aangepast.

- *Ondersteunend leerkrachtgedrag*

Kiest een leraar voor een algemeen toepasbaar didactisch model, dan helpt dit hem om activiteiten te ontwerpen, maar deze algemene modellen zeggen niet altijd iets over het optimale leerkrachtgedrag: wat doet de leraar dan in de klas en hoe ondersteunt hij het leerproces? Flick (2002) observeerde twee bovenbouwleraren met de vraag 'welke *cognitieve scaffolding technieken* passen zij toe om onderzoekend leren te ondersteunen?' Hij zag dat leraren bijvoorbeeld kansen creëerden om na te denken over concepten door een probleem aan te bieden waarin geleerde principes in een nieuwe context toegepast moesten worden. Of dat zij de aandacht van leerlingen richtten op belangrijke aspecten van een taak als het ontdekken van trends in onderzoeksgegevens. Of dat ze de leerlingen herinnerden aan gespreksregels om ervoor te zorgen dat elke leerling zijn zegje kon doen. Dit leerkrachtgedrag wordt niet standaard in een didactisch model beschreven, terwijl het wel belangrijk is om het leerrendement te vergroten.

- *Leerpsychologische inzichten*

Tot slot is het gedrag van de leraar altijd afgestemd op wat leerlingen aan onderzoekend gedrag laten zien en de lesdoelen die hij wil bereiken. Wat zie ik

bij leerlingen en wat doe ik daar dan mee; hoe zorg ik er voor dat deze leerling iets leert in deze les? Het maakt bijvoorbeeld nogal wat uit of de leraar een didactiek toepast in de middenbouw of in de bovenbouw. In elk generiek didactisch model voor W&T-onderwijs is wel een stap opgenomen waarbij leerlingen een verklaring moeten bedenken voor de resultaten van hun onderzoek. Het belang van deze stap is dat leerlingen hun leeropbrengst expliciet maken. Maar welke vaardigheden hebben leerlingen nodig om een verklaring te kunnen geven? Denk dan aan het identificeren en beredeneren van een oorzaak-gevolg-relatie, gebruiken van onderzoeksresultaten om deze redenering te onderbouwen en het evalueren van de gevonden verklaring. Dit is voor een bovenbouwleerling in de basisschool nog ontzettend moeilijk (Wu & Hsieh, 2006). Bedenk ook maar eens welke onderliggende kennis en vaardigheden er weer nodig zijn om deze vaardigheden met succes uit te kunnen voeren. De leraar zal moeten weten op welke kennis en vaardigheden hij een beroep doet met een taak en of dit gezien de eerdere leerervaringen en ontwikkeling tot een succesveraring voor de leerlingen leidt.

Het is de kunst van de lerarenopleider om begrippen als nieuwsgierigheid en verwondering zo te vertalen dat ze de student helpen bij het ontwerpen van een krachtige leeromgeving.

- *Conclusie*

Als de leraar voor een bepaalde didactische benaderingswijze kiest, dan is het van belang dat hij behalve heldere doelen ook inhoudelijke kennis, specifieke strategieën, ondersteunend leerkrachtgedrag en leerpsychologische inzichten meeneemt in zijn voorbereiding. Een didactiek geeft wel zicht op leerkrachtgedrag, maar niet altijd direct ook op de onderliggende vaardigheden die leerlingen moeten beheersen.

Bijzondere aandacht mag uitgaan naar de bewerking van inhoudelijke kennis om deze bruikbaar te maken voor de klas. Om dit soort gespecialiseerde kennis te ontwikkelen zou een lerarenopleider aandacht kunnen besteden aan het kritisch bestuderen van schoolmethodes, studenten zelf laten experimenteren en antwoorden van leerlingen kunnen laten bestuderen (Van Driel, Verloop & De Vos, 1998, p.691). Ook in deze activiteiten gaat het om de combinatie van inhoudelijke kennis en didactiek.

Ten slotte

Leraren hebben beelden bij en opvattingen over goed wetenschap- en techniekonderwijs en over onderzoekend leren als leerproces. Die opvattingen zijn divers. Voor de lerarenopleider ligt er een belangrijke taak in het opleiden van studenten en bij het nascholen van

leraren tot professionals die goed wetenschap- en techniekonderwijs verzorgen. Dat is geen eenvoudige taak. Startpunt voor opleidingsactiviteiten en interactie met studenten zijn ons inziens per definitie die beelden en opvattingen die studenten en leraren zelf al hebben opgebouwd. Door als opleider of nascholer deze vooronderstellingen en beelden expliciet met elkaar te verkennen kan ontdekt worden dat onderzoekend leren begint en niet ophoudt bij de nieuwsgierige leerling, dat onderzoekend leren niet gelijk staat aan een vrije ontdekkingsstocht en dat het hart van onderzoekend leren niet te vangen is in een vijf- of zevenstappenplan. Wetenschap- en techniekonderwijs vraagt om een rijk en continu op leerlingen afgestemd pedagogisch-didactisch repertoire van leraren.

Ontdekken is in de kern een denkactiviteit die leidt tot het leggen van een nieuw verband. Leerlingen nemen afstand van hun eerste associaties en gedachten, spontaan ontstaan tijdens de waarneming.

Er zijn veel manieren om studenten en leraren bewust te maken van hun opvattingen en deze te prikkelen en te verdiepen. We noemen er drie:

- Eén manier is om samen te kijken naar een lesontwerp en daarover in gesprek te gaan: Hoe wordt onderzoekend leren geoperationaliseerd in deze lesactiviteit, welke doelen stel je en waar komen die vandaan, waarom past juist onderzoekend leren hier bij, op welke momenten kun je de kinderen (waarschijnlijk) meer vrijheid geven en waar wil je sturen, wat zijn cruciale vragen bij welk onderdeel in deze opzet, op welke momenten geef je steuntjes voor het denk- en werkproces en hoe doe je dat, wanneer en hoe maak je de opbrengsten van het leren expliciet samen met de kinderen?
- Een andere mogelijkheid is het bekijken van een lesopname, met als doel het gedrag van kinderen in verband te brengen met de opzet van de les en het eigen leraarsgedrag. Wat doe je, wat is het effect ervan en wilde je dat? Waarom? Wat doen de kinderen, is dit onderzoekend leergedrag? Is deze vraag op dit moment zinvol, stimulerend? Wie of wat initieert of stimuleert nu dit gedrag? Wat hebben de leerlingen geleerd van deze activiteiten en hoe weet je dat?
- Ten derde kan het 'zelf opdoen van ervaring met onderzoekend leren' gebruikt worden voor het bewust worden en prikkelen van opvattingen hierover. Door tijdens onderzoekend leren ook op metaniveau met studenten of leraren stil te staan bij hun activiteiten, de bedoeling ervan, de begeleiding en de leeropbrengsten, in het licht van het concept 'onderzoekend leren', kunnen opvattingen worden geprikkeld en bijgesteld.

LITERATUUR

- Anderson, R. (2002). Reforming science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Bybee, R. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L. Flick & N. Lederman (Eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science* pp. 1-14. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bruner, J. (1973). *Going beyond the information given*. New York: Norton.
- Chin, C. (2002). Student-generated questions: encouraging inquisitive minds in learning science. *Teaching and Learning*, 23(1), 59-67.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variable strategy. *Child Development* 70(5), 1098- 1120.
- Dawes, L. (2008). *The essential speaking and listening: talk for learning at Key Stage 2*. London: Routledge.
- Dean Jr, D. & Kuhn, D. (2006). Direct instruction vs. Discovery learning: the long view. *Science Education*, 91, 384-397.
- Driel, J.H. van., Verloop, N., & Vos, W. de. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Flick, L.B. (2000). Cognitive scaffolding that fosters scientific inquiry in middle level science. *Journal of Science Teacher Education*, 11(2), 109-129.
- Graft, M. van. & Kemmers, P. (2007). *Onderzoekend en ontwerpend leren bij natuur en techniek*. Den Haag: Stichting Platform Bèta Techniek.
- Harlen, W. (2009a). Teaching and learning science for a better future. *School Science Review*, 90, 33-41.
- Harlen, W. (2009b). Enquiry and good science teaching. *Primary Science*, 106, 5-8.
- Hawkins, D. (1965). Messing about Science. In *The informed vision: essays on learning and human nature (1974)* pp. 65-76. New York: Agathon Press.
- Hewson, P.W. (2008). Teacher professional development in science. In S.K. Abell, & N.G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education* pp. 1179-1204. New York: Routledge.
- Hmelo-Silver, C., Duncan, R., & Chinn, C. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661-667.
- Kirschner, A., Sweller, J., & Clark, R. (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(2), 75-86.
- Koballa, T.R. & Glynn, S.M. (2008). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In S.K. Abell, & N.G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education* pp. 75-102. New York: Routledge.
- Lee, O., & Anderson, C.W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, 30(3), 585-610.

- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & G. Lederman (Eds.). *PCK and Science Education* pp. 95-132. Kluwer Academic Publishers.
- Masnack, A. & Klahr, D. (2003). Error matters: an initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development* 4(1), 67- 98.
- Mayer, R. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59(1), 14-19.
- Metz, K.E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22(2), 219-290.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.
- Oosterheert, I.E. (2008). *Leren over leren – Praktische leerpsychologie voor het basisonderwijs*. Groningen/Houten: Wolters-Noordhoff.
- Parreren, C.F. van. (1981). *Onderwijsproceeskunde*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Rohaan, E.J., Taconis, R. & Jochems, W.M.G. (2010). Reviewing the relations between teachers' knowledge and pupils' attitude in the field of primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20, 15-26.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R., Schulze, S. & John, J. (1995). Student's understanding of objectives and procedures of experimentation in the science classroom.
- Schulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Smith, L., Maclin, D., Houghton, C. & Hennessey, M. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: the impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18(3), 349-422.
- Sweller, J., Kirschner, P. & Clark, R. (2007). Why minimally guided teaching techniques do not work: a reply to commentaries. *Educational Psychologist*, 42(2), 115-121.
- Treagust, D. (2008). General instructional methods and strategies. In S.K. Abell, & N.G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education* pp. 373-392. New York: Routledge.
- Vaan, E. de. & Marell, J. (2006). *Praktische didactiek voor natuuronderwijs*. Bussum: Coutinho.
- Velthorst, G. & Oosterheert, I. (2010). Verleiden tot leerzame gesprekken. *JSW*, 9, 6-9.
- VTB-Pro, Programmaraad (2007). *Uitwerking van het theoretisch kader voor de professionalisering van leerkrachten op het gebied van wetenschap en techniek*. Verkregen van: <http://www.vtbpro.nl/docs/VTB-Pro/Theoretisch%20Kader%20VTB-Pro.doc.pdf>
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.
- Wise, A., & O'Neill, K. (2009). Beyond more versus less: a reframing of the debate on instructional guidance. In S. Tobias & T. Duffy, *Constructivist instruction: success or failure* (pp. 82-105). London: Routledge.
- Wu, H. & Hsieh, C. (2006). Developing sixth graders inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289- 1313.
- Zimmerman, (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223.