

# Drijven en zinken

Wetenschap en techniek in  
het primair onderwijs



Hanno van Keulen

Fontys PABO Limburg

Oratie 26 juni 2009

# **Drijven en zinken**

Wetenschap en techniek in  
het primair onderwijs

Hanno van Keulen

Oratie 26 juni 2009

Fontys PABO Limburg

Fotografie omslag: Basisschool De Wingerd, Esloo

Copyright © [2009] Fontys Hogescholen

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname of op enige andere manier, zonder vooraf schriftelijke toestemming van de uitgever: Fontys Hogescholen.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b en 17 Auteurswet 1912 dient men de daarvoor wettelijk vergoeding te voldoen aan de Stichting Reprerecht, postbus 882, 1180 AW Amstelveen. Voor het overnemen van één of enkele gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers of andere compilatiewerken dient men zich tot de uitgever te wenden.

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

# Inhoudsopgave

1. Introductie.....	5
2. Waarom wetenschap en techniek? .....	6
3. Wat bedoelen we met 'wetenschap en techniek'? .....	9
4. Wetenschap en techniek in de schoolpraktijk .....	17
5. De leraar .....	20
6. Toetsing.....	24
7. Onderwijsbeleid .....	26
8. De pabo .....	28
9. Wetenschap en techniek als 'opwaartse kracht' .....	31
10. Onderzoek.....	33
11. Afsluiting.....	39
12. Dank.....	40
13. Literatuur .....	42



# 1. Introductie

“Kinderen zijn geen mensen”, zo betoogt de bioloog Midas Dekkers in zijn boek *De Larf* (2004). Het zijn, u raadt het al, larven of rupsen, of een ander onbegrijpelijk voorstadium van de volwassenheid. Ze proppen zich vol zoetigheid, groeien, sluiten zich op in de cocon van de puberkamer, en ontpoppen zich, toch nog onverwachts, tot aardige jongemannen en –dames met wie het zowaar goed praten is. Klaar voor de grotemensenwereld.

Vrolijkmakende onzin natuurlijk en ook in strijd met modern gedachtegoed van ontwikkelingspsychologen (zie Koops, 2003; De Haan, 2009) die, vanwege internet en web 2.0, de kindertijd juist helemaal afschaffen gegeven het feit dat er geen grotemensengeheimen meer zijn.

Waar het mij nu om gaat is dat er, naast het zo vertrouwde pedagogisch perspectief op het zich ontwikkelende kind, in dit betoog een natuurwetenschappelijk perspectief wordt voorgesteld, en wel geheel volgens de regels van het spel van de wetenschap. Een natuurwetenschapper - in dit geval Dekkers - heeft een inval, formuleert een hypothese, onderbouwt die met theorie, gaat op zoek naar waarnemingen die zijn theorie kunnen bevestigen of ontkrachten en presenteert zijn resultaten op een toegankelijke wijze om zo het proces van kennisontwikkeling verder te helpen.

Daarmee zijn we beland bij het thema van deze oratie: wetenschap en techniek in het primair onderwijs en de pabo. Ik wil ingaan op de volgende vragen:

- Waarom is het nodig dat pabo en basisschool aandacht besteden aan wetenschap en techniek? Hier gaat het om het belang.
- Wat bedoelen we precies met ‘wetenschap en techniek’? Hier gaat het om de inhoud.
- Wie moeten daarmee in aanraking komen, en met welk doel? Hier gaat het om de leerlingen.
- Wie brengt de leerlingen hiermee in aanraking? Hier gaat het om de leraar.
- Hoe gaat dat allemaal precies? Hier gaat het om het proces van onderwijzen en leren, met aandacht voor het materiaal en het curriculum.
- Hoe zouden we dat moeten organiseren? Hier gaat het om de meso- en macrotheorie van kerndoelen, toetsing en onderwijspolitiek.
- En niet in de laatste plaats, hoe kunnen we hier meer inzicht in krijgen? Hier gaat het om het doen van onderzoek. En wel praktijkgericht onderzoek dat niet vanuit de ivoren toren neerkijkt op het onderwijs, maar een steentje wil bijdragen aan de innovatie van beroep en opleiding.

## 2. Waarom wetenschap en techniek?

In de kerndoelen van het basisonderwijs kunnen we wetenschap en techniek terugvinden in het domein ‘Oriëntatie op jezelf en de wereld’. Met enige moeite overigens, maar daarover later. We vinden het dus belangrijk dat kinderen zich oriënteren. Op zichzelf, op het verleden, op de omgeving, op de wereld met en zonder menselijke invloed. En ongetwijfeld met het oog op de toekomst.

Het belang van wetenschap en techniek voor onze samenleving als geheel, voor onze toekomst, en de stand van zaken in het Nederlandse onderwijs is op diverse andere plaatsen uitgebreid gedocumenteerd, bijvoorbeeld in het *Rapport Rocard* [2007], geschreven in opdracht van de Europese Commissie. Voor het primair onderwijs is van belang dat een verband wordt gelegd tussen de kwaliteit en houdbaarheid van onze samenleving, en het percentage jonge mensen dat kiest voor opleidingen en loopbanen in het bèta-technische domein. Dit percentage is in Europa zorgwekkend laag en Nederland bevindt zich ver in de achterhoede. Nederland heeft behoefte aan een grote en toenemende instroom in de wetenschappelijke en technische studies en beroepen [ROA, 2007].

Het is daarom toe te juichen dat de Nederlandse overheid zich geroepen heeft gevoeld een ‘Deltaplan’ te formuleren om meer kinderen en studenten te interesseren voor wetenschap en techniek [OCW, 2003]. Het Platform Bèta Techniek geeft hier uitvoering aan met programma’s als VTB, VTB-Pro en Talentenkracht, die gericht zijn op kinderen tot en met groep acht van de basisschool [zie Kuijpers, Peters & Noordam, 2009]. Een kritieke leeftijdsgroep, want hier worden toekomstige keuzes voorbereid, mogelijk gemaakt of uitgesloten. In ons onderwijsbestel maken veel leerlingen tussen hun tiende en veertiende levensjaar de voor studie en loopbaan belangrijke keuzes. Hoe kijken ze dan aan tegen wetenschap en techniek? Wat voor beelden hebben ze van de beroepen in dit domein? De basisschool staat aan het begin van deze keten. De school kan een deur naar de toekomst openzetten: leerlingen bewust maken van de wereld van wetenschap en techniek en hen aanmoedigen stappen te zetten binnen dit domein. In de tweede plaats kan de basis gelegd worden voor de verdere ontwikkeling van kennis, vaardigheden en inzichten die voor velen wellicht levenslang noodzakelijk is. Maar dit begin is problematisch. Wetenschap en techniek zijn verre van vanzelfsprekend in het primair onderwijs. Pierre Léna, lid van de Académie Française en invloedrijk in het Franse programma ‘La main à la pâte’, constateert: “We leggen het begin van de ontwikkeling van onze ingenieurs, wetenschappers en technici nog steeds in handen van degenen die hier de minste affiniteit mee hebben” [Léna, 2005]. Het lijkt er zelfs op dat we het verkeerd doen in het basisonderwijs. De gedrevenheid en ook de concentratie waarmee de kinderen in de onderbouw opdrachten uit het domein van wetenschap en techniek te lijf gaan [Steenbeek & Uittenbogaard, 2009;

zie [www.talentenkracht.nl](http://www.talentenkracht.nl) voor het materiaal van het programma Talentenkracht] vinden we niet meer terug in de bovenbouw of daarna [Mawson, 2007]. Het programma Talentenkracht heeft onderzoek geïnitieerd en volgt jonge kinderen longitudinaal in hun ontwikkeling. Het beoogt ouders en leerkrachten te helpen de bètatalenten van kinderen te herkennen. Het zal zaak zijn dit ook in het primair onderwijs zelf door te trekken.

Want wetenschap en techniek zijn om twee redenen belangrijk voor kinderen. In de eerste plaats hebben allen, nu en in de toekomst, te maken met de invloed van technologie en wetenschappelijk denken op het dagelijks leven. En hoewel wetenschap en techniek niet alleen een zegen zijn, is het leven in de minder rijke delen van deze wereld over het algemeen niet schoner, veiliger, gezonder en plezieriger. De Nederlandse samenleving heeft daarom behoefte aan mensen die voldoende verstand hebben van wetenschap en techniek om onze maatschappij te onderhouden, te ontwikkelen, en met wijsheid te beheren. Onderwijs is hiervoor de sleutel.

Kinderen moeten zich dus oriënteren op wetenschap en techniek, op een niet-vrijblijvende manier. We verwachten wat van kinderen, we hebben hun kennis en inzichten nodig. Het is daarom belangrijk dat wetenschap en techniek in het primair onderwijs zich oriënteert op de toekomst. Ik verwijs hier naar de oratie van Gravemeijer [2009], die betoogt dat het tijd wordt dat we kinderen adequaat voorbereiden op de informatiemaatschappij. En dan graag alle kinderen, niet alleen dat deel van Nederland dat zich traditioneel rekent tot de bèta's. Onderzoek naar de zogenaamde 'bèta-mentaliteit' van jongeren [Motivaction & YoungWorks, 2007] laat zien dat de kloof tussen alfa's en bèta's reëel is. C.P. Snow sprak al in 1959 van 'twee werelden'. Bèta's hebben iets van een eigen cultuur. Bèta's delen de overtuiging dat de natuur gekend en doorgrond en inzichten praktisch toegepast kunnen worden, al dan niet tot nut van het algemeen. Bèta's zijn niet bang om aan knoppen te draaien; ze lezen gebruiksaanwijzingen van apparaten; ze beschrijven de wereld niet met verhalen, maar met feiten en kwantitatieve relaties [zie Krol, 1997]. Zij horen bij een Community of Practice, waar bepaalde werk- en denkwijzen normaal zijn: causaal redeneren, een methodische wijze van onderzoeken, een gerichtheid op materiële en functionele verklaringen met een modelmatig en hypothetisch karakter en een zeker beheersingsstreven van de materiële werkelijkheid dat begint met objectiveren, visualiseren en modelleren [Latour, 1986; Daston & Galison, 2007; Gravemeijer, 2009] en doorzet naar actief ingrijpen en ontwerpen van artefacten, processen en oplossingen voor problemen.

Maar het onderscheid wordt teveel gekoesterd, aan beide kanten van de kloof. Het wordt tijd dat we alle leerlingen invoeren in de bètacultuur met zijn mogelijkheden, gevolgen en beperkingen. Dit is naar mijn overtuiging de opdracht van onderwijs in wetenschap en techniek. Iedereen die onderwijs heeft gevolgd zou voldoende 'geletterd' moeten zijn om de wetenschappelijke en technische systemen, verschijnselen en



apparaten niet te beschouwen als een 'black box', of zelfs een doos van Pandora waar je maar beter af kan blijven. Burgers moeten, als dit nodig is, deze doos kunnen en willen openmaken.

Dat 'openmaken' heeft mijns inziens twee dimensies. In veel gevallen volstaat het dat burgers 'het boek der natuur' kunnen open doen en lezen: algemene ontwikkeling of, wellicht iets fraaier geformuleerd, 'cultural scientific and technological literacy'. En in een aantal situaties moet het verder kunnen gaan: kennis toepassen, handelen met inzicht en vaardigheid, problemen oplossen, oftewel: 'functional scientific and technological literacy' [Jenkins, 1990; Dugger & Gilberti, 2002; Roth, 2007; Van Eijck, 2008].

### 3. Wat bedoelen we met 'wetenschap en techniek'?

Als we kinderen willen voorbereiden op de maatschappij, dan zullen we ons moeten laten leiden door de manifestaties van wetenschap en techniek daarin, en onze verwachtingen over toekomstige ontwikkelingen. Dit klinkt triviaal, maar heeft als consequentie dat we geen genoeg kunnen nemen met een invulling die ongerefleeteerd voortkomt uit wat kinderen mee naar school nemen, wat leerkrachten leuk vinden, of wat toevallig voor het grijpen ligt in techniekkisten. Als we wetenschappelijke en technologische geletterdheid opvatten als een competentie, dan heeft dit een kenniscomponent, een vaardigheidscomponent, een attitudecomponent en een doelcomponent: de kritische (beroeps)situaties waarin gedrag getoond moet worden dat kansrijk is voor het behalen van gewenste resultaten. Die kritische situaties vinden we buiten de klas, vaak buiten het zichtveld van de leerlingen zelf, en daar moeten we kinderen in de klas op voorbereiden.

Het is verleidelijk om wetenschap en techniek op te vatten als een domein zoals spelling en rekenen. In deze laatste domeinen hebben we een vrij goed beeld van competent handelen en van de kennisbasis die hierbij nodig is. Ook mogen we verwachten dat leerkrachten zelf inhoudelijk tot de experts behoren en prestaties van hun leerlingen naar waarde kunnen schatten. Dit alles gaat niet op voor wetenschap en techniek. Het is geen convergerend en eindig domein, zoals spelling of rekenen. Er is geen vaste inhoud of gemakkelijk te bepalen niveau van competentie. We hebben het over een hoeveelheid cumulatieve kennis, ervaringen, contexten, problemen en werkwijzen die ronduit gigantisch is. Hoe bepaal je wat hiervan thuis hoort in het wetenschaps- en techniekonderwijs op de basisschool? Om hier inzicht in te krijgen zijn vier documenten relevant, die ik kort wil bespreken.

Allereerst de domeinbeschrijving *Techniek*, die door Cito is ontwikkeld [Schimmel, Thijssen & Wagenaar, 2002]. Dit stuk heeft weliswaar geen verplichtend karakter, maar er is een toets bij ontwikkeld en veel scholen zagen het tot voor kort als het enige richtinggevende document. In deze domeinbeschrijving is wetenschap niet in beeld en is techniek inhoudelijk uitgewerkt in twee werkwijzen: materiaal- en gereedschapgebruik, en in vier 'werkingsprincipes': constructies, overbrengingen, besturingen en energieomzettingen.

In de tweede plaats noem ik het theoretisch kader dat geschreven is ten behoeve van de nascholing van leraren in het programma VTB-Pro [Kuijpers & Walma van der Molen, 2007; Walma van der Molen, De Lange & Kok, 2009]. VTB staat voor Ver-

breiding Techniek in het Basisonderwijs en is één van de programma's van het Bèta Techniek Platform. Dit kader sluit inhoudelijk aan bij het kader dat is ontwikkeld voor de zogenaamde PISA-studies, gericht op het vergelijken van het niveau van leerlingen op het gebied van science wereldwijd [OECD, 2007; zie ook Bybee, 2008]. Er wordt een kader geschetst van vijf 'systemen' met daarin dertig 'concepten'. Verder gaat het om twaalf wetenschappelijke en vier technische 'procesvaardigheden' die te zien zijn als de empirische onderzoekscyclus - zoals die in gebruik is in het natuurwetenschappelijk onderzoek - en de ontwerpcyclus, zoals ingenieurs die toepassen bij het ontwerpen van technische oplossingen. Tot slot worden twee pedagogisch-didactische benaderingen voorgesteld: onderzoekend en ontwerpnd leren.

## **Kennisconcepten met betrekking tot wetenschap en techniek**

### **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 en (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 en (g) biosfeer: duurzame ontwikkeling.

### **Aarde en ruimtesystemen**

Waarbij aandacht wordt besteed aan: (a) de structuur van lithosfeer (aardkorst), hydrosfeer (water) en atmosfeer (lucht, dampkring), (b) gesteenten: bodem, gebergten, gelaagdheid, verandering (verwerking) en tektoniek, (c) water: oceaan, zee, meren, rivieren, kanalen, getijden, (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 en (h) zwaartekracht.

### **Technieksystemen**

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 en (d) faciliteren van een 'beter leven' en vooruitgang der wetenschap: informatietechnologie, mobiele telefoons, games, medische systemen, verkeersveiligheidssystemen, navigatie-instrumenten en tools, et cetera.

### **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 (bv. lineair of constant) en (d) onzekerheid: data en kans.

*Uit: Theoretische uitgangpunten bij de professionalisering van leraren basisonderwijs [2009]*

Een derde relevante bron op dit moment is de zogenaamde bètacanon [Dijkgraaf, Fresco, Gualterie van Weezel & Van Calmthout, 2008]. De ambitieuze ondertitel van dit boek luidt *Wat iedereen moet weten van de natuurwetenschappen*. Het bestaat uit vijftig lemma's, geschreven door jonge wetenschappers vanuit het perspectief van hun eigen onderzoek. Het gaat om de 'big ideas', de inzichten die onze wereld en ons wereldbeeld beblissend hebben veranderd. De schrijvers richten zich uitdrukkelijk op gebruik in de basisschool: "Want als er één groep is, wiens leven door deze onderwerpen bepaald zal worden, dan is dat de groep jonge kinderen".

## **De bètacanon**

Nul – Plaattektoniek – Hygiëne – Transistor – Energie – Evolutie – Algoritmen – Geheugen – Atoombom – Cognitie – Kwantum – Fotosynthese – Enzymen – Symbolen en formules – Klimaat – Oerknal – Ecosysteem – Fout – Standaardmodel – Plastics – Periodiek Systeem – Pavlovreactie – Micro-organismen – Isaac Newton – Levensduur – GPS – Geld – Albert Einstein – Catastrofen – Normaalverdeling – Waterwerken – Entropie – DNA – Landbouw – Seks – Oceaanstromingen – Elektromagnetisme – De mens – Voedsel – Getal van Avogadro – Chaos – Robots – Computers – Zonnestelsel – Telefoon – Tijd – Taal – Stad – Mobiliteit – Nanotechnologie

*Uit: De bètacanon [2008]*

Op de vierde plaats moeten we natuurlijk letten op wat ons eigen Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen relevant vindt voor onze kinderen. Nederland heeft geen traditie van nationale curricula, we moeten het doen met een beknopte lijst met kerndoelen voor het basisonderwijs [2006].

## Kerdoelen Natuur en techniek

- 40 De leerlingen leren in de eigen omgeving veel voorkomende planten en dieren onderscheiden en benoemen en leren hoe ze functioneren in hun leefomgeving.
- 41 De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.
- 42 De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, electriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.
- 43 De leerlingen leren hoe je weer en klimaat kunt beschrijven met behulp van temperatuur, neerslag en wind.
- 44 De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik.
- 45 De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren.
- 46 De leerlingen leren dat de positie van de aarde ten opzichte van de zon leidt tot natuurverschijnselen, zoals seizoenen en dag-/nachtritme.

*Uit: Herziene kerndoelen basisonderwijs [2006]*

Over alle benaderingen valt veel te zeggen. Ik beperk me hier tot enkele hoofdlijnen.

De Domeinbeschrijving en bijbehorende toets van Cito is een tamelijk klassieke operationalisering van techniek met relevantie voor een aantal praktische, technische beroepen. Wetenschap is niet in beeld, evenmin als werkwijzen zoals onderzoek doen. Interessant is dat de toets geplaatst is in de context van het schooladvies: helpt het de basisschool om leerlingen die, laten we zeggen 'handig' zijn, maar op de gewone Cito-toets niet zo goed scoren, een gericht advies mee te geven voor het technische segment van het vmbo [zie Van Weerden, Thijssen & Verhelst, 2003]? Door, zoals Cito doet, toetsen primair op te vatten als het op een rangorde plaatsen van leerlingen wordt weliswaar een probleem omzeild - namelijk dat we niet weten wat leerlingen precies moeten kunnen en weten van het enorme domein van wetenschap en techniek - maar deze oplossing geeft geen houvast voor inhoudelijke keuzes. Opmerkelijk aan de Domeinbeschrijving is ook dat deze is opgesteld door leraren, opleiders, pedagogen en andere onderwijsdienstverleners maar zonder bemoeienis van vertegenwoordigers van wetenschap en techniek. Hadden die daar in 2002 nog geen interesse in, of was het ongebruikelijk om buitenstaanders invloed te geven? Je zou zeggen dat je bij 'oriëntatie op de wereld' verder moet kijken dan de wereld van het klaslokaal en de kennisbasis en opvattingen over techniek van de leraar. Wanneer, bijvoorbeeld in het verband van de HBO-raad, ooit gereflecteerd wordt op een kennisbasis wetenschap en techniek die normatief moet zijn voor de pabo, dan hoop ik maar dat hier niet alleen

deskundigen uit de wereld van pabo en primair onderwijs bij betrokken zijn, maar ook mensen die zicht hebben op de ontwikkelingen in de wereld van wetenschap en techniek zelf.

Met de totstandkoming van het VTB-Pro kader hebben zich gelukkig al beduidend meer mensen uit de wereld van bètatechniek bemoeid. De buitenwereld is zich de afgelopen jaren in veel opzichten nadrukkelijker zorgen gaan maken over de basisschool. Het VTB-Pro kader laat zien dat de aanvankelijke beperking van VTB tot techniek is verbreed naar 'wetenschap en techniek'. Het aantrekkelijke van het VTB-Pro kader is dat het aansluit bij internationale kaders en dat het inhoud (dertig 'concepten'), werkwijzen (procesvaardigheden) en didactiek (onderzoekend en ontwerpend leren) met elkaar verbindt. Daar gaat wel de suggestie vanuit dat alle inhoud onderzoekend en ontwerpend voor leerlingen ontsloten kan worden; waarbij dan ook systematisch ervaring wordt opgedaan met vaardigheden als observeren, meten, modelleren, hypothesen testen en dergelijke. Dat zal in de praktijk tegenvallen: veel vragen die voortkomen uit nieuwsgierigheid zijn wel te bevredigen met informatie uit een boek, maar niet door zelf maar eens wat te gaan onderzoeken. Denk aan het prachtige *Een heel kleine geschiedenis van bijna alles* van Bill Bryson [2008] dat antwoorden geeft door informatie te zoeken. Oftewel: het onderscheid tussen 'cultural' en 'functional' literacy is nog onvoldoende uitgewerkt.

Een ander aandachtspunt is het gegeven dat wetenschap en techniek samen worden genomen. We hebben dus niet te maken met twee op zichzelf staande benaderingen leidend tot twee schoolvakken (wetenschap versus techniek), maar het gaat om een eenheid. Ervaringen in het buitenland hiermee zijn niet eenduidig. Hackling [2007] laat zien dat in Australië het een en ander bereikt is met Primary Connections door zich te beperken tot 'science' en 'science education' en dit niet te mengen met 'technology education'. Hierachter schuilt een inhoudelijk motief: 'science' combineert goed met onderzoekend leren, terwijl techniek/technologie meer een ontwerpende en probleemoplossende activiteit is. Een ander argument voor het maken van onderscheid is dat wetenschap zich richt op het zo ver mogelijk veralgemeniseren van verklaringen, terwijl techniek zich juist richt op het oplossen van unieke problemen [zie Verkerk et al., 2007]. Ook in diverse andere landen zijn wetenschap en techniek twee soms zeer gescheiden schoolvakken. Denk bijvoorbeeld aan de Verenigde Staten of aan het Verenigd Koninkrijk [zie bijvoorbeeld Barlex & Trebell, 2007, Harlen, 2006], waar 'science education' historisch gezien losstaat van 'design and technology education'. Hierdoor kan juist de eigenheid van wetenschap danwel technologie tot haar recht komen. Aan de andere kant zien we dat technologie-onderwijs ten opzichte van 'science education' in deze landen een betrekkelijk marginale plaats inneemt [Williams, 2008].

De kracht van het model, gepropageerd door VTB-Pro, ligt in de mogelijkheid dat de twee benaderingen, de 'minds on' onderzoekende houding en de 'hands on' ontwerpende en probleemoplossende houding, elkaar versterken. Wetenschap en techniek is beide, spreekt zowel de cognitie aan als het handelen en, ook belangrijk, verdeelt leerlingen niet in twee groepen: de theoretisch ingestelden die zich oriënteren op wetenschap en de praktisch ingestelden (vaak een eufemisme voor de minder cognitief getalenteerden) die zich oriënteren op techniek.

En dan de bètacanon. Het opstellen van een canon, ook een bètacanon, is een hachelijke zaak. Wie mag het laatste woord spreken? En hoe begrijpelijk en correct kan zo'n 'woord' nog zijn als het niet meer mag omvatten dan drie pagina's? Leidt het invoeren van een canon in het onderwijs niet al te gemakkelijk tot een af te vinken lijstje, wat vooral toetsdeskundigen ideaal vinden? Wat mij in de bètacanon aanspreekt is niet in de eerste plaats de keuze. De schrijvers hiervan vinden bijvoorbeeld dat 'het standaardmodel', 'nanotechnologie' en 'entropie' horen bij "wat iedereen moet weten van de natuurwetenschappen", terwijl deze concepten ontbreken in het VTB-kader. Hierover zullen we het nooit eens worden en ik hoop dat ook leraren basisonderwijs eigenwijs genoeg zijn, in de goede zin van het woord, om hun eigen keuzes te maken en te verdedigen. Nee, wat mij vooral aanspreekt is dat de traditionele werkwijze van het bètacurriculum radicaal wordt losgelaten. Niet eerst beginnen met basiskennis, feiten, formules, sommetjes en zo langzaam opbouwen tot de wetenschappelijke stand van zaken bereikt wordt. In dit proces, dat we in het onderwijs zo goed kennen, raken we immers het merendeel van de studenten binnen de kortste keren kwijt. Nee, de bètacanon begint gewoon bij waar we nu staan, in behoorlijk begrijpelijke taal. De trein rijdt al een paar eeuwen, dus als je wat wilt zien kun je maar beter in het voorste rijtuig instappen. Bovendien durft de bètacanon keuzes te maken: het is niet een moedeloos makende opsomming geworden van thema's die stuk voor stuk een bibliotheek aan basiskennis veronderstellen.

Maar de bètacanon staat duidelijk in het teken van 'cultural literacy', van algemene ontwikkeling, van de 'big ideas' en 'learning about science'. Dat kan een ingang zijn naar onderwijs dat ook beoogt leerlingen vaardigheden bij te brengen, maar daarvoor is wel een andere didactiek nodig dan praten en lezen over de resultaten van onderzoek en ontwikkeling. Daarvoor moeten we dat onderzoek en die ontwikkeling zelf thematiseren. Niet om van alle leerlingen wetenschappertjes te maken, of ze als zodanig te beschouwen. Het proces van zelf onderzoek doen is een uitermate tijdrovende en inefficiënte manier om aan kennis te komen. Maar elementen van 'doing science', mits goed gekozen, helpen om feiten en resultaten in het juiste perspectief te plaatsen. Een onderzoekende en ontwerpende didactiek is in dit kader essentieel, omdat alleen zo de eigen aard van door wetenschap en techniek ontwikkelde kennis recht gedaan wordt.



Het gaat in de natuurwetenschap en techniek niet alleen maar om waarheidsvinding, 'hoe het echt zit', hoe graag we dat ook zouden willen weten, maar we zijn ook instrumenteel, functioneel en probleemoplossend bezig. Een natuurwetenschappelijk feit is het antwoord op een onderzoeksvraag; een technologisch proces of product is de oplossing voor een probleem. Je kunt de feiten en de oplossingen niet communiceren zonder de vragen en de problemen, op straffe van onbegrip en misconceptie. Er is veel gepubliceerd over 'misconcepties'. Een van mijn oudcollega's, Wobbe de Vos, verzamelde uitspraken van leerlingen in het scheikundeonderwijs over zwavelmoleculen die al dan niet geel zijn, en dat als het warmer wordt de moleculen sneller gaan bewegen, maar dat de moleculen zelf koud zijn, en dergelijke. Hier wordt het conflict tussen het streven naar waarheid en het modelkarakter van wetenschappelijke concepten, waarbij altijd de werkelijkheid wordt gereduceerd ten behoeve van begrijpelijkheid en bruikbaarheid, goed zichtbaar.

Dit alles maakt het project van een kennisbasis voor wetenschap en techniek ook lastig. Je kunt wel een aantal indrukwekkende woorden zoals magnetisme, zwaartekracht of warmte in een lijst opnemen, maar de uitwerking tot wat kinderen of leraren hierover zouden moeten weten is afhankelijk van een op te roepen context van vragen en problemen.

Interessant en uitermate relevant is dat onderzoekers in het bètadomein zichzelf eerder definiëren in termen van attitudes dan in kennis en vaardigheden. Van der Rijst [2007] beschreef deze attitudes van de onderzoekende houding in termen van 'willen weten, willen bekritisieren, willen overtuigen, willen delen, willen begrijpen, willen bereiken en willen innoveren'. Kennis en vaardigheden zijn instrumenteel, zijn geen doel op zich, want zijn voortdurend aan verandering en ontwikkeling onderhevig.

Relevant voor de schoolpraktijk is vooral dat er uiteindelijk een lesprogramma resulteert dat de kritiek van willekeur kan weerstaan. Elke inhoudelijke keuze had wellicht anders gemaakt kunnen worden, maar waar het om gaat is dat een rationale gegeven kan worden voor het onderwijsaanbod: wordt althans een poging gedaan het domein in zijn volle breedte te dekken? Worden de leerlingen in staat gesteld veelzijdig te werken en zo verschillende vaardigheden te ontwikkelen? Wordt aangesloten bij de echte actualiteit en niet bij die uit de vorige eeuw?

## 4. Wetenschap en techniek in de schoolpraktijk

In het onderwijsaanbod voor het primair onderwijs zagen we tot voor kort helaas dat de blik niet gericht was op de informatiemaatschappij. Een proefje als ‘drijven en zinken’ staat met stip op één, en dat is toch echt niet omdat wetenschappers en technici vandaag de dag hierdoor zo gefascineerd zijn. Zoals het scheikundeonderwijs in het voortgezet onderwijs gedomineerd wordt door de ‘waterchemie’ (water is goedkoop en veilig, reacties gaan snel zodat je binnen 50 minuten klaar bent met de les, veel stoffen hebben in water een kleur zodat ook de kinderen achterin het kunnen zien), zo wordt wetenschap en techniek op de basisschool vooral bepaald door wat betaalbaar, veilig, zichtbaar, en hanteerbaar is, en niet door wat belangrijk is voor je latere leven.

‘Drijven en zinken’ fascineert, en dat is een ingang die in het basisonderwijs centraal staat. Laten we nu eens kijken naar de invulling die de basisschool geeft aan wetenschap en techniek. Het is namelijk zeker niet zo dat wetenschap en techniek geen enkele plaats had of heeft in de basisschool. Integendeel, generaties kinderen zijn mee naar buiten genomen om hun aandacht te richten op wat groeit en bloeit en leeft in hun eigen leefomgeving. Ook zullen velen van ons zich herinneren hoe de leraar in de weer was met ijzervijssel en magneten, of wellicht een lampje liet branden op een citroen. En techniek kwam volop aan bod in handwerken en handvaardigheid, waar het gebruik van materialen en gereedschappen in al dan niet genderspecifieke contexten aandacht kreeg. Zoals eerder opgemerkt, het domein waarin we de kerndoelen voor wetenschap en techniek kunnen vinden heet in de basisschool: ‘Oriëntatie op jezelf en de wereld’. De kerndoelen spreken echter niet over ‘wetenschap’ maar over ‘natuur’. Daarin kun je wel ‘natuurwetenschap’ lezen, maar dat lijken scholen niet te doen: zij lijken er vooral op gericht om verwondering en respect over de (levende) natuur bij leerlingen op te wekken, eventueel nog een fenomeen uit de natuurkunde mee te pakken (zoals magnetisme) en verder wat praktische handvaardigheid te ontwikkelen. Door de woordkeuze en de verdere invulling wordt duidelijk dat het gaat om een beperkter domein dan ‘voorbereiden op de informatiemaatschappij’. Er is sprake van een aanzienlijke mismatch met het theoretisch kader van VTB-Pro of bètacanon.

‘Oriëntatie op jezelf en de wereld’ is een prachtige omschrijving voor het voorbereiden van kinderen op de informatiemaatschappij. Maar het kan ook geheel vrijblijvend worden ingevuld. De verschuiving die onder druk van het Deltaplan Bètatechniek in gang is gezet om de verwondering over en hooguit beschrijving van fenomenen te overstijgen en door te zetten naar onderzoeken en begrijpen, is nog niet verwerkt in de officiële richtinggevende documenten voor het primair onderwijs.

Een scherpere blik op de kerndoelen zelf leert dat deze vaag en onbruikbaar geformuleerd zijn. Neem kerndoel 45: 'De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren'. Zoiets is niet te operationaliseren. Edison loste technische problemen op, Philips doet dat, kleuters doen het, hoe stellen we vast op welk niveau een kind is? Ook kerndoel 42, 'de leerlingen leren onderzoek doen naar materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur', is veel te vaag. Wat is precies 'leren onderzoek doen' op het niveau van de basisschool? Zijn 'kracht' en 'temperatuur' natuurkundige verschijnselen? Of zijn dit soort vragen niet belangrijk in het kader van 'oriëntatie op jezelf en de wereld'? Vergelijk eens met de concreetheid van een kerndoel uit het rekenonderwijs: 'De leerlingen leren de basisbewerkingen met gehele getallen in elk geval tot 100 snel uit het hoofd uitvoeren, waarbij optellen en aftrekken tot 20 en de tafels van buiten gekend zijn'.

De observaties van de Onderwijsinspectie laten zien dat veel onderwijs in de schoolpraktijk niet gebouwd is op de pijlers van het VTB-kader: het is eerder 'hands-on' dan 'minds-on', eerder productgericht dan gericht op leren, eerder gericht op 'natuur' dan op 'wetenschap', eerder instructiegeleid dan onderzoekend en ontwerpend. Gemiddeld wordt niet meer dan een of twee uur per maand per groep besteed aan iets dat techniekonderwijs genoemd kan worden. Overheid en maatschappij laten een niet aflatende stroom wensen neerdalen op de basisschool. Pestprotocollen, gebitsverzorging, het uitsterven van de ijsbeer, de rechten van het kind: alle grote en kleine wereldproblemen worden neergelegd in lesbrieven en oefenen druk uit op het lesprogramma. Scholen ervaren een en ander als belastend en driekwart ziet geen ruimte om extra aandacht te besteden aan wetenschap en techniek [Inspectie van het Onderwijs, 2005], zeker niet als dit niet wordt afgedwongen: 'Ik zit aan mijn limiet om leernormen voor rekenen en taal te halen', aldus een leraar van de Van de Velde school in Stompwijk. 'Zolang de Inspectie geen harde eisen stelt, komt techniek bij ons niet van de grond' [Technisch Weekblad, 19 januari 2008, p.2]. Voor veel scholen telt zwaar mee dat het domein 'Oriëntatie op jezelf en de wereld' niet meetelt bij de Cito Eindtoets. Scholen hanteren ook hun eigen criteria waarbij de activiteit van kleuters die karton knippen gecategoriseerd kan worden onder 'materiaal- en gereedschapsgebruik', dus techniekonderwijs. Slechts 13% van de scholen voldoet op dit moment aan de Inspectienorm 'goed techniekonderwijs' [Inspectie van het onderwijs, 2009]. Maar scholen vallen hier binnen de huidige kaders nauwelijks op aan te spreken. Er is nog geen sprake van een samenhangend programma, curriculum, of leerlijn in het basisonderwijs. Techniek is ideaal om een loos uurtje op te vullen, met het doet er niet toe wat, zo lijkt het. Ook stellen leraren basisonderwijs hun lesprogramma overwegend te hooi en te gras samen, waarvoor methodes, leskisten, internet en leerboeken niet meer zijn dan leveranciers van kant en klare instructies.

De selectie en uitwerking van de activiteiten in de klas wordt sterk gemotiveerd door affectieve aspecten: kinderen moeten het 'leuk' vinden en leraren moeten er inhoudelijk niet voor terugschrikken. De lespraktijk is dan begrijpelijkerwijs activiteit- en productgericht: we gaan lekker aan het werk en na afloop kunnen de kinderen iets aardigs mee naar huis nemen. En hoe positief ook: dat kinderen het leuk vinden garandeert niet dat er effectief en efficiënt geleerd wordt. Laat staan dat het gaat om 'leren voor later' [Gravemeijer, 2009]. Van 'hands on' naar 'brains on' gaat niet vanzelf! Je kunt leren van ervaringen, zeker ook van leuke ervaringen, maar dat moet je wel thematiseren. Kortom: de omslag van vrijblijvendheid naar serieuze leerresultaten is nog verre van voltooid.

## 5. De leraar

In de omslag van vrijblijvendheid naar serieuze leerresultaten speelt de leraar in het basisonderwijs een centrale rol. Niets is zo bepalend voor de kwaliteit van onderwijs als juist de docent [Akiba, LeTendre & Scribner, 2007; Barber & Mourshed, 2007; Van Driel, 2009]. Dit is voor het thema wetenschap en techniek in het primair onderwijs een dubbele uitdaging. Ik vertel u niets nieuws wanneer ik constateer dat het geloof van de samenleving in de kwaliteit van de leraar in het basisonderwijs onder zware druk staat. Het gaat dan zowel om de generieke kwaliteit van de leerkracht in het basisonderwijs, als om zijn of haar specifieke competenties op het gebied van wetenschaps- en techniekonderwijs.

Laten we positief beginnen. Kinderen in Nederland gaan met plezier naar school, treffen daar een veilige omgeving en voelen zich gelukkig, aldus een recent OESO-rapport. Een niet geringe prestatie! De basisschool lijkt goed in staat de pedagogisch-sociale opdracht te vervullen. En dat terwijl het beroep er de afgelopen decennia zeker niet makkelijker op is geworden. De maatschappij kiepert al haar sociale problemen op het bordje van de basisschool en verwacht hier remedie en preventie. Maar ondanks dat het beroep van leerkracht steeds complexer wordt, lijkt het opleidingsniveau te dalen. Dit wordt toegeschreven aan een lager gemiddeld instroomniveau op de pabo, een uitstroom uit het beroep van leerkrachten met een vwo-vooropleiding en een chronisch gebrek aan een attitude van 'life long learning' en professionalisering in het beroep [Vermeulen, 2008]. Misschien kunnen we tevreden zijn met de competenties van leerkrachten om een sociaal veilig klimaat in de klas te scheppen. Maar we kunnen niet tevreden zijn met de benutting van dit klimaat voor het leren. Er is sprake van deprofessionalisering op het cognitieve vlak. "De basisschooldocent heeft de laatste jaren moeten inboeten op intellectuele bagage", aldus Theo Wubbels, hoogleraar-directeur van de vorig jaar gestarte 'Academische Pabo' van de Universiteit Utrecht [Heijnen, 2008]. Misschien wel juist vanwege het accent op de pedagogische taak lijkt het basisonderwijs van kleur verschoten te zijn. Het moet 'gezellig' zijn in de klas. Ook moeten we 'passend' opleiden, waarmee het zorgperspectief centraal komt te staan. 'Classroom management' is de kerncompetentie van de leraar geworden. De pabo speelt daarop in; het grote aanbod aan verdiepende minoren en masteropleidingen met een zorgcomponent wijst op deze belangstelling. En nogmaals, ik vind het een prestatie van formaat dat we deze competenties in het basisonderwijs ontwikkeld hebben. Daar moeten we op blijven kapitaliseren: geen wereldvreemde en kindonvriendelijke nerds voor de groep. Maar toch lijkt, gewild of ongewild, het karakter van het beroep te verschoven te zijn van 'onderwijzen' naar 'zorgen'. Studenten gaan tegenwoordig inderdaad naar de pabo omdat ze graag met kinderen werken die zorg nodig hebben. Het motief om kinderen optimaal voor te bereiden op de kennis-

menleving, om ze zoveel mogelijk te leren, lijkt naar de achtergrond te verdwijnen. En voor kindgerichtheid, in plaats van kennisgerichtheid, is een stevige vooropleiding en cognitief talent kennelijk van minder belang. Zo hebben ook de zwakste havisten, mits sociaalvaardig, met de pabo geen probleem en ontwikkelt de route mbo – pabo zich tot een koninklijke weg, in plaats van een achterdeurtje voor laatbloeiers of nieuwe Nederlanders wier talent te laat werd onderkend. Gegeven de druk op hogescholen om het rendement van hun bacheloropleidingen op peil te houden, gecombineerd met de aanhoudende dreiging van een lerarentekort, kan dit niet anders dan een negatief effect op het niveau hebben. Goed onderwijs op de pabo kan hier onmogelijk geheel voor compenseren. Een bijkomend negatief effect is dat de pabo steeds onaantrekkelijker is geworden voor studenten met een vwo-vooropleiding. Zij voelen zich minder thuis, worden onvoldoende uitgedaagd en haken massaal af. Zo ontstaat een vicieuze cirkel: leraren met minder kennis en cognitief talent maken dankbaar gebruik van kant-en-klare lesmethoden die door uitgeverij met graagte ontwikkeld en verkocht worden. Hierdoor wordt het werk voor de leraar die zelf na kan en wil denken, en liefst zelf onderwijs ontwikkelt, weer minder aantrekkelijk. Leraren worden in toenemende mate afhankelijk gemaakt van lesmethoden, toetsen en volgsystemen die ontwikkeld en uitgerold worden door anderen. De eigen verantwoordelijkheid en autonomie van leraren wat betreft inhoud en vorm van het onderwijs is navenant afgenomen. Salaris en maatschappelijk aanzien zijn lager dan voor veel andere hoger opgeleiden. Wie meer ambitie of talent heeft wordt directeur of stapt over naar de verzorgingsstructuur waar de beter betaalde banen te vinden zijn.

Ik betreur dit zeer. Leraar basisonderwijs is een van de mooiste denkbare beroepen: veelzijdig, uitdagend, afwisselend, verantwoordelijk, moeilijk. Hier moet plaats zijn voor onze meest begaafde studenten! Ik zie hierin ook ons duaal stelsel te kort schieten. Hans van Hout, emeritus-hoogleraar Onderwijskunde aan de UvA, pleitte in zijn afscheidsrede [Van Hout, 2007] voor het recht doen aan de complexiteit van beroepen en beroepsopleidingen en ik val hem graag bij: maak het havo ook zesjarig, maak de academische en de hbo-bachelor gelijkwaardig en maak echt werk van professionele masters. Je kunt, zoals de HBO-raad, wel zeggen dat een hbo-opleiding niet minder, maar anders is dan een academische opleiding, maar wie gelooft dit? Aan het begin van deze segregatie staat voor de meeste kinderen immers die ene Citotoets, die leerlingen met één maat meet en geen onderscheid maakt tussen talent voor beroep of talent voor onderzoek.

En laten we dan ook in het basisonderwijs werk maken van verplichte nascholing en herregistratie, zoals in zoveel professionele beroepen gebruikelijk is. Het is toch onvoorstelbaar dat een zeventienjarige havist in vier jaar levenslang klaargestoomd wordt voor een beroep dat zo extreem veelomvattend is en aan voortdurende verandering blootstaat: van kleuter tot puber, blokfluiten, de tweede wereldoorlog, gymnasiek, omgaan met autisten en ouders, en dan nog het techniekproject.

Vier jaar opleiding lijkt me aardig om onder begeleiding voorzichtig te mogen beginnen, waarna je, met steun van je schoolbestuur en voor een groot deel 'op de werkplek', nog een jaar of vier bezig bent om een masteropleiding te doen: voor muziek, bewegingsonderwijs, remedial teaching, en natuurlijk ook wetenschap en techniek.

Maar hier zijn we helaas nog niet. Een tweede zorgpunt heeft specifiek betrekking op wetenschap en techniek. Het profiel van studenten die instromen in de pabo is doorgaans Cultuur & Maatschappij. Zo goed als nooit Natuur & Techniek. Pabostudenten horen kennelijk bij de 'non-bèta's' [Motivaction & YoungWorks, 2007]. Of dit echt zo is, of dat de interesse voor bèta door het voorafgaand (voortgezet) onderwijs is weggevaagd, valt nog te bezien. In ieder geval is het volgen van bètaonderwijs in Nederland niet verplicht, met als gevolg dat we van onze pabostudenten zo goed als geen kennis mogen verwachten. Het zou te verkiezen zijn dit gat, het gebrek aan kennis, te voorkomen. Nederland heeft een erg vrijblijvende cultuur als het gaat om het voorschrijven van wat goed voor je is. 'Vraaggestuurd onderwijs' in Nederland betekent keuzevrijheid voor studenten, niet: recht doen aan de maatschappelijke behoefte. Dus leiden we naast elke toekomstige natuurkundeleraar ook driehonderd communicatiemanagers op. Het is natuurlijk leuk dat er nu met behulp van aardgasbaten en mede aangezweigd door het Ministerie van Economische Zaken een groot en kostbaar programma als VTB-Pro wordt uitgerold om een en ander te repareren, maar het doet macro-economisch wel wat inefficiënt aan. Maar goed, het is fijn dat de overheid, linksom of rechtsom, zich probleemeigenaar voelt. Want een probleem is er!

Veel onderzoek, ook internationaal, laat zien dat leraren geen positieve attitude hebben wat betreft wetenschap en techniek. Het beeld is dat leraren, en ook pabostudenten, hierover weinig kennis hebben, dit onderwijs niet leuk vinden, en hun eigen bekwaamheid om erin les te geven laag inschatten [Harlen, 1997; Murphy, Neil & Beggs, 2007; Traianou, 2007]. Hoewel het nog maar de vraag is of techniekonderwijs wezenlijk moeilijker is dan, zeg, het op touw zetten van een schoolmusical met groep zes, heeft het wel dit imago [Kang, 2008]. En het moet gezegd: in veel teksten over techniekonderwijs komen drie woorden als een mantra voor: 'techniek – moeilijk – probleem'. Zo wordt dit negatieve beeld impliciet voortdurend bevestigd. Het is dus erg positief dat er de afgelopen jaren aandacht is gekomen voor zowel de attitude- als de kennisontwikkeling van leraren basisonderwijs via het programma VTB-Pro, dat 5.000 pabostudenten en 5.000 zittende leerkrachten schoolt en bij-schoolt op het gebied van wetenschap en techniek. Een massieve inspanning, die overigens pas in 2008 echt van start ging, en waarvan we dus nog het een en ander mogen verwachten.

Het onderzoek van Walma van der Molen [2009] laat zien hoe attitudes in kaart gebracht kunnen worden. De effecten van het programma VTB-Pro worden op dit moment door landelijke onderzoeksbureaus onderzocht maar zijn nog niet bekend.

De signalen zijn wat mij betreft hoopgevend. De belangstelling van leraren en scholen is massaal. Hele teams laten zich onderdompelen in wetenschap en techniek, en zo op het oog met veel voldoening. Onderzoek van Van Cuijck onder VTB-scholen in deze regio laat zien dat veel leerkrachten helemaal geen laag zelfvertrouwen of gebrekkige attitude hebben [Van Cuijck, 2009]. Het ontbreekt aan kennis, ervaring, rijke beelden van wetenschap en techniek, soms aan faciliteiten, maar niet aan goede wil en inzet. Leerkrachten lijken 'om' te gaan. De nascholing, hoe kort ook (het gaat om zes tot acht dagdelen cursus met daarnaast eenzelfde inspanning voor opdrachten), lijkt handvatten te geven om wetenschap en techniek in de praktijk te brengen, en dan gaat het balletje rollen. Leerlingen reageren enthousiast en nemen desnoods de weifelende juf of meester op sleeptouw. Die positieve attitude lijkt binnen handbereik, en de wil om meer wetenschaps- en techniekonderwijs te geven ook. Wat mij persoonlijk nog wel intrigeert is dat vergelijkingsmateriaal ontbreekt: wat is eigenlijk de attitude van basisschoolleraars ten aanzien van spelling, of rekenen, of geschiedenis? Wat is de base-line: hoe positief moet de attitude in absolute zin eigenlijk zijn, en hoe groot moet een attitudeverandering zijn om in verband te staan met ander gedrag? En wat zouden we kunnen bereiken wanneer we onderwijs in wetenschap en techniek wat meer verplicht stelden, in plaats van te hopen op massale vrijwillige gedragsverandering als gevolg van attitudeverandering?

We staan nu in het basisonderwijs voor een cruciaal spanningsveld: enerzijds willen we dat leerlingen noch leraren afknappen op bètatechniek: het moet daarom niet 'moeilijk' zijn, of vervreemdend, of vies, of wat voor vooroordelen er ook maar leven [Lafosse-Marin, 2007]. Maar het onderwijs in wetenschap en techniek moet ook niet alleen maar 'leuk' zijn: het moet ergens toe leiden. Niet alleen een vuurwerkshow waarna je over gaat tot de orde van de dag (spellen en rekenen) maar, zoals de Groningse sterrenkundige Peter Barthel [2009] het stelt: "Van wow naar aha". Natuurlijk mag wetenschap en techniek leuk zijn, graag zelfs, maar het is geen vrijblijvende vrijdagmiddagvulling. Dat voor elkaar krijgen hoort bij de professionaliteit van de leerkracht [Jones & Moreland, 2004]. Laten we ons optrekken aan spelling en rekenen, waarvan ik aanneem dat de leerkracht dit belangrijk genoeg vindt om op school te onderwijzen zonder er per se 's avonds als hobby een vervolg aan te geven. Scholen zijn er om iets te onderwijzen, en leerlingen zijn er om iets te leren. Als we vanwege vermeende motivatieproblemen onze keuzes alleen maar legitimeren vanuit het criterium dat het 'leuk' moet zijn, dan schuiven we alles wat lastig is door naar het vervolgonderwijs, waar men dat probleem natuurlijk ook allang kent. We moeten op een of andere manier af van het idee dat leren altijd leuk moet zijn. De beloning is kennis, inzicht, vaardigheden, en de voldoening die dit geeft. En, na de schooltijd: de mogelijkheid om je in deze kennissamenleving gemakkelijk te bewegen en een goede baan te vinden. Het gaat er om dat er een gerichtheid komt op leren.



## 6. Toetsing

Om de een of andere reden wordt het ‘echte leren’ vaak geassocieerd met toetsing. “Wat voor cijfer had je?”, vragen ouders en klasgenoten, niet: “Wat heb je geleerd?” Als we hoge idealen hebben over culturele en functionele wetenschappelijke en technische geletterdheid als kerndoel voor het primair onderwijs, dan ontkomen we niet aan de vraag hoe we omgaan met toetsen. En dat is een serieus probleem waar we nog geen goed antwoord op hebben. Want op zichzelf kunnen we prima vaststellen wat leerlingen specifiek leren van ‘drijven en zinken’ of het programmeren van een Lego Mindstorms robot, het onderwerp van onderzoek van Lou Slangen, associate lector bij het lectoraat [Slangen, Van Keulen & Jochems, 2009]. Kort door de bocht, als we leerlingen zover krijgen dat ze de acties van de robot niet meer lineair programmeren, maar met behulp van ‘als-dan’ redeneringen en inzicht in de sensor-actuatorloop een conditioneel programma schrijven, dan vinden we dat knap, maar wat zegt dit dan over hun en onze toekomst in de kennissamenleving? En dergelijke overwegingen gelden ook voor de tienduizenden andere denkbare zinnige onderwerpen, gekozen uit een almaar uitdijend domein. Eén universele landelijk af te nemen, liefst meerkeuze, kennistoets, die ‘het’ niveau vaststelt: het lijkt me een illusie. Zoiets doet geen recht aan de kenmerken van het onderwijs, noch aan de diepte en breedte van de kennis die beschikbaar is over wetenschap en techniek, óf het is een verkapte intelligentietest die niet meer doet dan leerlingen op een rijtje zetten. We zullen ons verslikken in de omvang van de kennisbasis die aangebracht moet worden om een representatieve, betrouwbare en ook valide toets te ontwikkelen, en we maken het individuele scholen en leraren onmogelijk om hun eigen wetenschaps- en techniekonderwijs te geven, gebruikmakend van de mogelijkheden die in de directe omgeving te vinden zijn, en aansluitend bij de vragen van hun eigen kinderen.

Het vaststellen van leerresultaten over de hoofden van de leraren heen met een nationaal onderwijsonafhankelijk instrument doet ook geen recht aan de professionaliteit die de leerkracht heeft, of zou moeten hebben.

Ook is het de vraag of leerresultaten vastgesteld moeten worden in een toetsituatie. We kennen allemaal de stress die dit leerlingen bezorgt. Belangrijk is dat we een leerproces organiseren dat deugt, ook als het lastig is om de resultaten hiervan gemakkelijk en eenduidig vast te stellen. Het onderwijs hoeft niet uit te monden in een toets. De leerlingen kunnen hun eigen vragen volgen, hun aandacht richten op het oplossen van een probleem of het onderzoeken van een fenomeen, en ze hoeven nog niet per se een portfolio aan te leggen met reflecties op hun leerpunten. Het feit dat ze leren mag voor de kinderen best impliciet zijn. Maar de leraar moet juist wel uitermate gespitst zijn op het leren en het scheppen van de randvoorwaarden hiervoor.

Als het gaat om toetsen, laten we dan niet in de eerste plaats de leerling toetsen, maar de kwaliteit van de gehele onderwijsleersituatie.

Goed onderwijs in wetenschap en techniek heeft de volgende kenmerken, die zich mijns inziens heel goed lenen voor kwaliteitsanalyses door toetsende instanties [Van Keulen, 2008b]:

- Een goede, verantwoorde keuze van onderwerpen, bijvoorbeeld met verwijzing naar bètacanon en VTB-Pro kader.
- Een schoolleerlijn die in de loop der jaren een goede spreiding over de domeinen en onderwerpen laat zien.
- Gebruikmaken van de mogelijkheden in de directe omgeving van de school, zoals contacten met het bedrijfsleven, musea en technocentra.
- Systematische aandacht voor het ontwikkelen van vaardigheden uit de empirische onderzoekscyclus en de ontwerpcyclus.
- Een competente leraar die zich regelmatig blijft professionaliseren.
- Een didactiek die niet afhankelijk is van werkbladen en directe instructies, maar uitgaat van vragen en dit doorvertaalt naar een opdracht met gespecificeerde doelen en eisen, waarbij de leraar coacht, de voortgang bewaakt en leerervaringen expliciteert en bespreekt.
- Integratie van wetenschap en techniek met alle andere schoolse vakken en contexten, met name rekenen en taal, maar ook geschiedenis, aardrijkskunde, muziek, et cetera.
- Afstemming met het vervolgonderwijs, zowel met vmbo en roc als met havo en vwo.
- Faciliteiten, zoals een technieklokaal.
- Voldoende tijd voor wetenschap en techniek.

## 7. Onderwijsbeleid

Het laatste kwaliteitskenmerk dat ik hierboven noemde is tijd. Daar ligt natuurlijk een probleem. Zo'n vak wetenschap en techniek dat een veelheid van onderwerpen en vaardigheden moet thematiseren, kan er niet meer bij in een al overladen schoolwerkplan. Nu, dan moet het maar anders. Wetenschap en techniek presenteren als zelfstandig vak zou ook inconsistent zijn met de bewering dat onze samenleving doordeesemd is van wetenschap en techniek. Wetenschap en techniek is cultuur, wetenschap en techniek is taal, wetenschap en techniek is muziek, beweging, geschiedenis, topografie, en met enige goede wil kan je er ook aan rekenen.

Hier wordt een kwetsbaar element zichtbaar onder de inzet van het programma VTB-Pro. Het commitment van de overheid, met name het Departement Onderwijs, is mij niet geheel duidelijk. Enerzijds vindt men stimulering op het gebied van wetenschap en techniek kennelijk prima, gegeven de kostbare activiteiten van het Platform Bèta Techniek, anderszijds worden scholen eenzijdig gecontroleerd op prestaties wat betreft taal en rekenen en tellen prestaties van leerlingen op het gebied van wetenschap en techniek niet mee voor het Schooladvies.

Binnen de gegeven mogelijkheden van scholen is dit vragen om een wonder: om op vrijwillige basis in een overladen programma tijd vrij te maken voor een onderwerp dat niet getoetst en niet gecontroleerd wordt, en dit te laten verzorgen door leraren die de afgelopen tientallen jaren in het basisonderwijs mochten instromen praktisch zonder enige basiskennis of positieve attitude ten aanzien van wetenschap en techniek. Dan kan een nascholingsprogramma ook niet veel meer beloven dan iets doen aan de attitude en hopen dat de onderwijspraktijk 'vanzelf' mee verandert.

In hoeverre de effecten duurzaam zullen zijn hangt af van de acties van vier spelers: de overheid die een en ander via kerndoelen en deugdelijkheidseisen op de kaart kan zetten, de besturen van de scholen in het primair onderwijs die de professionaliteit van hun team in dit verband kunnen bewaken en bevorderen, het voortgezet onderwijs dat moet zorgen voor onderwijs in wetenschap en techniek waar hun leerlingen massaal voor kiezen en de pabo's, die de toekomstige leraren beter kunnen voorbereiden op onderwijs in wetenschap en techniek.

Wat betreft het voortgezet onderwijs: het is toch opmerkelijk hoe lang daar al wordt vastgehouden aan schoolvakken uit de negentiende eeuw. Geen psychologie, geen rechtsgeleerdheid, geen technologie, geen medische vakken. En voor wat betreft de natuurwetenschappelijke vakken: ondanks alle interesse voor de zogenaamde concept-context filosofie overheerst toch nog de klassieke kennisopbouw vanuit de 'first principles': de formules, de definities, de versimpelde wetenschappelijke modellen,

een benadering die juist zo gemakkelijk leidt tot een tweespalt tussen ‘echte bèta’s’ en de gewone mensen omdat het per definitie een benadering is die de volle werkelijkheid reduceert. En: als wetenschap en techniek inderdaad zo belangrijk zijn voor het instandhouden van onze samenleving, dan zou juist hier de keuze voor een pakket met een stevige portie bèta normaal, zo niet verplicht moeten zijn. Dat zou heel wat schelen in de pabo.

Pabo’s staan onder de huidige omstandigheden dan ook voor een lastige keuze. Een inventarisatie onder zestien pabo’s betrokken bij het ‘Pabolijn’-project van VTB over de invoering van techniek in de pabo laat zien dat techniek, en zeker ook in combinatie met wetenschap, twee inhoudelijk interessante mogelijkheden biedt [Van Keulen, Slangen, Gresnigt & Van Cuijck, 2009]. In de eerste plaats leent dit domein zich op een heel natuurlijke wijze voor het operationaliseren van de competentie ‘onderzoek’. Hbo-professionals hoeven geen onderzoekers te worden, ze moeten wel onderzoek kunnen doen en begrijpen. We willen ‘onderzoekende docenten’: mensen die met behulp van theorie kunnen reflecteren op hun eigen onderwijspraktijk, daar hypothesen en mogelijke interventies uit kunnen afleiden, en gericht empirische data kunnen verzamelen en interpreteren om zo de onderwijspraktijk te verbeteren. Geen betere docent dan een onderzoekende docent [Kallenberg, Koster, Onstenk & Scheepma, 2007].

In de tweede plaats kan een profilering op het gebied van wetenschap en techniek zorgen voor een meer diverse instroom in de pabo’s: meer jongens, meer vwo’ers, en meer ‘bèta-meisjes’. Groepen die het nu moeilijk hebben om te aarden in de pabo.

## 8. De pabo

Als pabostudenten zich een onderzoekende houding moeten eigen maken, dan kunnen ze zich ook beter verplaatsen in de rol van begeleider van leerlingen binnen een onderzoeksgerichte didactiek. Als we op de pabo onderwijzen door instructie te geven, en als de studenten tijdens de stage ook overwegend instruerend onderwijs meemaken, dan zullen ze als vanzelfsprekend ook zelf gaan instrueren. En dit is wat we in de praktijk nog te veel zien. Het gaat er om dat we onze studenten leren niet alleen leuke proefjes voor te bereiden en daar een instructie bij te maken, maar dat ze de aandacht van kinderen weten te richten op fenomenen die vragen oproepen. Daarbij is gespreksvoering, 'dialogic teaching' [Alexander, 2004] enorm belangrijk. Meegaan met het kind, doorvragen, confronteren, uitwisseling stimuleren, in plaats van 'het goede antwoord geven'. Die fixatie op het juiste antwoord is om drie redenen verkeerd: er zijn geen 'juiste antwoorden' (alleen betere en minder geslaagde oplossingen voor je eigen probleem); je kunt gewoonweg niet op elke zinnige vraag een antwoord paraat hebben; en deze didactiek frustriert juist het proces van onderzoeken en kritische verwerking. Wie een beetje ervaring heeft met onderzoek weet dat je geduld moet hebben, en dat frustratie en voldoening dicht bij elkaar liggen. Leraren moeten leren anticiperen op het onverwachte, moeten kunnen improviseren, en niet bang zijn dat ze iets niet weten.

Zulke leraren opleiden is de missie van de pabo. Daarbij moeten we de mogelijkheden van een opleiding onderschatten noch overschatten. Er zijn allerlei persoonlijke eigenschappen van de afgestudeerden die zeer bepalend zijn voor professionele kwaliteit en waar een pabo maar weinig invloed op heeft, zoals intelligentie. Een aantal opleidingen mag selecteren; de pabo mag dat niet. Willen we de kwaliteit van onze afgestudeerden significant verhogen, dan zullen we moeten zorgen dat we, als pabo, meer dan nu het geval is, aantrekkelijk worden voor jongeren met cognitieve talenten. De bijdrage die door het onderwijs geleverd kan worden moeten we natuurlijk niet onbenut laten. Daarbij pleit ik voor competentiegericht onderwijs waarin competenties serieus genomen worden in hun samenstelling en resultaten: attitudes, kennis en vaardigheden die een student in staat stellen in kritische beroepssituaties gedrag te vertonen dat kansrijk is voor het bereiken van gewenste (leer)resultaten. Daarbij moeten we de ogen niet sluiten voor het feit dat studenten zich sterk laten leiden door onze wijze van toetsing. Dat is niet erg: als wij op een goede manier toetsen, zullen studenten op een goede manier leren. Voor ons als opleiders is het dan de vraag welke vorm van toetsing de beste voorspeller is van competent gedrag in de beroepssituatie, en waar de student op elk moment in de opleiding toe in staat is. Daarbij is het verleidelijk het lesgeven zelf als toetssituatie te kiezen. Dit is natuurlijk bij uitstek de mogelijkheid om gewenst gedrag te vertonen in kritische beroepssituaties. Maar het

gevaar bestaat dat telkens hetzelfde kritische element alle aandacht naar zich toetrekt, namelijk 'classroom management', 'ordehouden', zorgen dat de les 'leuk' verloopt. Zo is het denkbaar dat je in het kader van wetenschap en techniek een werkblad uitdeelt over het maken van een deurmatalarm (er gaat een lampje branden als je op een deurmat trapt), zonder veel meer over electriciteit te weten dan dat er een stroomkring gesloten moet worden. Dat wordt ongetwijfeld een leuke les, en we kunnen een vinkje zetten bij wetenschap en techniek in het portfolio. Zo wordt echter met name het kenniselement in de competentie schromelijk onderschat. Ik ben een groot voorstander van toetsvormen die holistisch zijn, die de student observeren tijdens een authentieke taakuitoefening, en daarbij ook zaken te betrekken als lesvoorbereiding, resultaten en reflecties. Maar zulke toetsvormen zijn, als je ze serieus neemt, niet makkelijk: niet elke assessor is zomaar in staat het gedrag te beschouwen, laat staan met de student na te bespreken vanuit de veelheid van perspectieven die relevant zijn: kennis van het onderwerp, doelen van de les, bereikte resultaten, attitudes, organisatie, interpersoonlijk gedrag, hanteren van diversiteit, et cetera. Bovendien zijn deze toetsvormen uitermate duur als het er om gaat een systematisch, reproduceerbaar en betrouwbaar beeld te geven van het geheel aan kennis en vaardigheden van de studenten. Er is in dit verband niets tegen toetsvormen die zich richten op wat de student weet en kan, zonder alle ballast van authenticiteit. Mijn stelling is dat wie veel kennis heeft verworven van wetenschap en techniek (of mutatis mutandis van geschiedenis, muziek, aardrijkskunde, literatuur) in staat is gesteld om vaak en gevarieerd onderwijs te geven in dit domein, minder afhankelijk is van lesbrieven, leskisten, en andere kookboekvoorschriften, en met de kinderen kan doorpraten om de ervaringen en waarnemingen door te zetten tot inzichten en leerresultaten. En een tweede stelling is dat een inhoudelijk sterke les een uitermate probaat middel is om de kinderen 'bij de les' te houden en ordeproblemen te voorkomen. Waarbij wetenschap en techniek ook nog het voordeel heeft dat het zowel het hoofd als de handen kan aanspreken, en dus zowel de hoogbegaafden als de kinderen met leer- of gedragsmoeilijkheden kan motiveren.

Toetsen is nu eenmaal een strijd tussen student en opleider. Enerzijds willen we dat studenten intrinsiek gemotiveerd zijn, achter hun keuze staan en uit vrije wil veertig uur in de week besteden aan het opvolgen van onze deskundige adviezen. Anderzijds houdt niemand dit engelengedrag vier jaar lang veertig uur in de week vol. We moeten af en toe met de nodige klem nagaan wat de vorderingen zijn. 'A bit of stick and a bit of carrot', zoals de Britten het zeggen. Een goed curriculum heeft dus een zorgvuldig ontworpen toetsbeleid. Ook voor de pabo geldt dat leren niet altijd leuk kan zijn en dat de bevrediging niet alleen in het proces moet zitten maar ook in de resultaten.

Competentiegericht toetsen heeft zijn mogelijkheden en beperkingen. Datzelfde geldt voor competentiegericht opleiden wanneer dit eenzijdig wordt opgevat als 'leren

op de werkplek'. Natuurlijk zijn de ervaringen die studenten opdoen tijdens stages indringend, onmisbaar, en buitengewoon belangrijk. Tegelijk komt uit onderzoek naar werkpleklers regelmatig naar voren dat de leerresultaten tegenvallen. Het opdoen van ervaringen is namelijk niet voldoende voor beklijvende resultaten. In de eerste plaats is het belangrijk, maar niet makkelijk, het werkpleklers zó te organiseren dat studenten tegen een gevarieerd pakket aan ervaringen aanlopen. Het is te vaak meer van hetzelfde. In de tweede plaats moet een ervaring omgezet worden in uitbreiding van het gewenste handelingsrepertoire via processen van reflectie, interpretatie en elaboratie. Dit leerproces initiëren en op gang houden is niet makkelijk en vraagt om een grote mate van professionaliteit. Het is daarom goed dat 'stage lopen' meer en meer vervangen wordt door 'leren in de school', waarbij de leerkracht meer is dan degene die af en toe een uurtje achterin gaat zitten en daarna wat opbeurende woorden spreekt. Het is heel belangrijk dat studenten niet alleen feedback krijgen in de vorm van waardeoordelen ('je bent goed bezig') maar dat hun gedrag en resultaten geanalyseerd worden vanuit een theoretisch kader. Tegelijk merk ik op dat in Europees verband onze stages op de pabo erg langdurig zijn. De hoeveelheid tijd die onze studenten kunnen besteden aan het verwerven van kennis en vaardigheden is navenant klein. Zo wordt in Denemarken maar liefst tien keer zoveel tijd aan science & techniekonderwijs op de pabo besteed dan bij ons op Fontys PABO Limburg, terwijl wij in Nederland waarschijnlijk de ranglijst aanvoeren. Oftewel: liever meer kwaliteit dan meer kwantiteit in de stage.

Nu verkeren wij op Fontys PABO Limburg in de gelukkige omstandigheid van een aanstaande fusie met de pabo's van Hogeschool Zuyd. De aanleiding is wellicht minder gelukkig: Limburg, en met name Zuid-Limburg, vergrijsd en ontgroend. De vraag naar nieuwe leerkrachten de komende jaren is relatief klein. Ik vind dit toch gelukkig, omdat dit bij uitstek omstandigheden zijn die vragen om meer kwaliteit in plaats van meer kwantiteit.

Juist de ontwikkeling naar 'leren in de school' stelt ons als pabo in staat samen met basisscholen en hun besturen na te denken over kwaliteit, en daar gezamenlijk aan te werken. Want in een periode waarin scholen maar af en toe een nieuwe leerkracht kunnen benoemen is de professionalisering van het hele team een aandachtspunt. Limburg is een techniekminnende regio. Dat blijkt uit de vele hoogtechnologische bedrijven, maar ook uit de hoge participatie van basisscholen in de programma's van VTB en VTB-Pro, de interesse van ouders en de samenwerking met schoolbesturen. Voorwaar uitstekende kansen dus, zowel voor wetenschap en techniek in het primair onderwijs, als voor samenwerking met de scholen in het opleiden van studenten en professionaliseren van het team.

## 9. Wetenschap en techniek als 'opwaartse kracht'

Als ik hardop droom dan neem ik als uitgangspunt het Deense pabocurriculum en doe daar wat betreft wetenschap en techniek nog een schepje bovenop. Minstens 60 studiepunten, een kwart van de opleiding, besteden we aan oriëntatie op de wereld van wetenschap en techniek. U denkt dat dit niet kan? Ik ben bereid een concessie te doen: het gaat wat mij betreft helemaal niet om een 'vak' Wetenschap & Techniek. Wetenschap en techniek is een menselijke activiteit, is cultuur, is persoonlijke groei. Wetenschap en techniek is overal, maar hoeft niet altijd als zodanig benoemd te worden. Het gaat dus om integratie van wetenschap en techniek met de andere schoolse vakken en contexten, of liever, het voorkomen dat samenhangende gehelen uit elkaar getrokken worden tot losse vakken. Veel activiteiten, denk aan lezen of schrijven van een gebruiksaanwijzing, of het omrekenen van meetwaarden via een formule, kunnen een dubbel of driedubbel leerdoel dienen. Een burger die wetenschappelijk en technologisch ontwikkeld is, maar niet goed kan lezen of rekenen, dat lijkt ondenkbaar. Omdat de overheid momenteel sterk stuurt op het verbeteren van taal- en rekenvaardigheid en aangeeft dat meer onderwijstijd hieraan besteed moet worden, mogen we verwachten dat scholen zoveel mogelijk lesactiviteiten zullen opvoeren als 'taal', danwel 'rekenen'. Het zou al heel mooi zijn wanneer de verhaaltjes waarmee werkbladen over taal en rekenen worden aangekleed wat minder willekeurig zijn, maar ook betekenisvol vanuit het gezichtspunt van de andere kerndoelen. Zo is er ook overlap met geschiedenis, aardrijkskunde, muziek en handvaardigheid denkbaar. Voor het bereiken van doelstellingen op het gebied van wetenschap en techniek is dit geen enkel bezwaar. Wetenschap en techniek kunnen aan de orde worden gesteld in rijke leeromgevingen, gecombineerd met het bereiken van andere kerndoelen. Een enigszins paradoxale consequentie van vergaande integratie kan zijn dat wetenschap en techniek niet meer als zelfstandig en goed zichtbaar vak aanwezig is maar quasi verdwijnt. Wetenschap en techniek als onzichtbare opwaartse kracht om het niveau van de student op Nieuw Limburgs Peil te krijgen. En ik denk dat ook veel alfageoriënteerde leraren zich bij zo'n benadering op hun gemak zullen voelen. Overigens hoop ik dat iemand anders een pleidooi houdt voor 'cultuurgedragen' onderwijs op pabo en basisschool: deze benaderingen vullen elkaar juist aan. Rekenen en taalbeheersing mogen dan belangrijk zijn: geen enkele leerling wordt later 'speller' van beroep, of 'sommenmaker'. We moeten ze voorbereiden op de echte wereld waarin dit niet meer dan instrumentele vaardigheden zijn.



De visie vanwaaruit we onderwijsmateriaal voor pabo en basisschool ontwerpen verdient dus aandacht. Wetenschap en techniek uitwerken tot een 'methode' die je wetenschappelijk en technologisch 'geletterd' kan maken, analoog aan de kant en klare pakketten voor taalbeheersing en rekenen, is een grote uitdaging. Daarbij moeten vele factoren recht gedaan worden, met name de grote omvang van het domein, de beoogde onderzoekende en ontwerpende didactiek, en de aansluiting bij directe leefwereld en actualiteit. Ik ben geen tegenstander van goede methodes, maar zie toch meer in een benadering die primair inzet op de kwaliteiten en zelfredzaamheid van de professionele leraar, die zich oriënteert op een duidelijk maar open kader. Daartoe zullen we de kerndoelen verder moeten uitwerken tot standaarden, die wat meer houvast geven voor de keuze van inhoud en werkwijzen. In Europees verband zien we dat standaarden in sommige landen, zoals het Verenigd Koninkrijk, worden doorgezet naar een nationaal curriculum met nationale toetsen. De uitkomsten worden gebruikt om scholen met elkaar te vergelijken opdat ouders kunnen kiezen voor de beste school. Dit lijkt mij niet de weg die we in Nederland moeten gaan. De negatieve bijwerkingen, zoals 'teaching to the test', stress voor kinderen, en het onrecht dat scholen in achterstandswijken wordt aangedaan, lijken mij te groot. Wat mij beter lijkt is dat scholen de standaarden zelf hanteren om feedback te geven aan hun leerlingen, om hun lesprogramma mee te ontwerpen en te benchmarken, en om na te gaan in hoeverre er ongewenste verschillen optreden tussen leerlingen met verschillende kenmerken, zoals jongens en meisjes.

In plaats van een methode voel ik ook veel voor directe aansluiting bij bronnen die ons in staat stellen de natuurlijke en materiële wereld te verkennen zonder de mediërende rol van een schoolboek. Een van mijn favorieten is het boek *Cook & chemist*, geschreven door een kok en een scheikundige. Het boek bevat niet alleen een aantal plezierige recepten, het legt en passant ook uit hoe je inzichten uit de natuurwetenschap kunt gebruiken om geurstoffen te vangen in olijfolie, hoe je biefstukken warm en mals van binnen en knapperig van buiten krijgt, waarom je zout moet toevoegen aan het kookwater om geen plakkerige pasta te krijgen en waarom verse ananas hete melk doet schiften [Mariën & Groenewold, 2007]. Zo zijn er voor weinig geld prachtige gidsjes te koop over vogels, bloemen, bomen, mineralen, wolken en sterren, evenals uitstekende monografiën over al dan niet geslaagde uitvindingen en ontwerpen.

# 10. Onderzoek

Als we toe willen naar meer en betere wetenschap en techniek in het basisonderwijs, dan zullen we daar ook onderzoek naar moeten doen. Wat werkt? Waarom werkt het? Hoe komen we daar achter? In het lectoraat Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs willen we ons richten op vier aandachtsgebieden:

1. Onderzoek gericht op de ontwikkeling van wetenschaps- en techniekonderwijs dat voldoet aan eisen van inhoudsvaliditeit.
2. Onderzoek naar de aard van leerprocessen die optreden bij dit wetenschaps- en techniekonderwijs, bij zowel leerlingen als leraren.
3. Onderzoek naar de leer- en veranderingsprocessen die optreden bij de implementatie van wetenschaps- en techniekonderwijs op de pabo en de basisschool.
4. Onderzoek naar de effectiviteit van (vernieuwd) wetenschaps- en techniekonderwijs, in het licht van de maatschappelijke vragen en behoeften.

## Onderzoek naar inhoudsvalide onderwijs

Als we onderzoek willen doen naar wetenschap en techniek in het basisonderwijs, en niet louter naar meningen en opvattingen over dit onderwijs, dan zal er sprake moeten zijn van een situatie waarin dit onderwijs daadwerkelijk gegeven wordt. Dat is op dit moment onvoldoende het geval. Aanzetten en prachtig lesmateriaal zijn er genoeg [zie bijvoorbeeld Slangen, 2005; Copic, 2008; Valkenier, 2008; Kemmers & Van Graft, 2007] maar een werkelijk programma dat niet alleen leuk en doenlijk is, maar ook ergens toe leidt [Van Keulen, 2008a] is er nog niet.

We zullen dus in ieder geval ontwikkelingsonderzoek moeten doen: onderzoek waarin het gewenste onderwijs ontworpen en geïmplementeerd wordt, anders zullen we veel van onze onderzoeksvragen niet kunnen beantwoorden. Dit brengt ons methodologisch in het domein van de 'design research' [Van den Akker, Gravemeijer, McKenney & Nieveen, 2006]. Daarbij zullen we ons nader moeten bezinnen op de inhoudelijke doelen van wetenschaps- en techniekonderwijs. Welke onderwerpen moeten behandeld worden? Welke concepten willen we bij leerlingen ontwikkelen? Hoe werken we wetenschappelijke en technologische geletterdheid verder uit? Hoe komen we van een handvol vage kerndoelen tot rijke standaarden? Kunnen we toewerken naar een kennisbasis voor wetenschap en techniek bij leraren, en zo ja, hoe ziet zo'n kennisbasis er dan uit? Eén van de onderzoeksprojecten die in dit verband op stapel staat is het project 'Wat iedereen moet weten'. Dit sluit aan bij de gedachte van de bètacanon dat, wie een vijftigtal actuele en invloedrijke concepten en ontwikkelingen uit de wereld van natuurwetenschap en techniek kent, voldoende geletterd is. We willen nagaan wat pabodocenten en basisschoolleraren op dit moment weten over de thema's uit de bètacanon, hoe het zit met hun zelfvertrouwen, en in hoeverre

zij in staat zijn onderwijs te ontwerpen over deze zaken. Ellen Rohaan, promovenda in de kenniskring, hoopt al dit jaar te promoveren op onderzoek naar instrumenten om de vakdidactische kennis (de ‘Pedagogical Content Knowledge’) van leraren vast te stellen [Rohaan, Taconis & Jochems, 2008].

### **Onderzoek naar de aard van onderwijsleerprocessen en leerresultaten**

In een ver verleden heeft Piaget onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van enkele fundamentele inzichten bij kinderen, zoals de wet van behoud van hoeveelheid (het bekende experiment met het hoge smalle glas en het brede lage glas, gevuld met evenveel water). Dit heeft de weg geopend naar vruchtbaar onderzoek naar begripsontwikkeling en de concepties en misconcepties die onderweg naar inzicht kunnen optreden. Toch is nog maar weinig in kaart gebracht: wie weet hoe (jonge) kinderen aankijken tegen begrippen als plaattektoniek, entropie, of GPS? En hoe verhoudt de begripsontwikkeling zich tot het aangeboden onderwijs? Welke kwaliteiten heeft het onderwijs in wetenschap en techniek? Wat is ‘onderzoekend en ontwerpend’ eigenlijk in de praktijk van het onderwijs? Wat zijn de mogelijkheden in groep vijf, of groep acht? Wat is de aard van de wetenschappelijke en technologische geletterdheid die kinderen verwerven? Welke begrippen en concepten kunnen op welke leeftijd worden onderwezen, en welke betekenissen worden ontwikkeld?

Welke (combinatie van) didactieken is nodig? Big ideas zijn narratief te introduceren, zoals Bill Bryson [2008] dat doet in zijn meesterwerk *Een heel kleine geschiedenis van bijna alles*. Daaruit ontstaat een verwondering over wat zich niet vanuit de leefwereld aan kinderen opdringt. “Hoe weten ze dat?” vroeg Bill Bryson zich af naar aanleiding van schoolboekinformatie over de temperatuur van aardkern. Verbinden van deze canonieke, abstracte, logisch-paradigmatische kennis met het concrete uit de eigen waarneming en beleving is de opgave van het onderwijs. Om te komen tot functionele geletterdheid gaat het om meer dan aanbieden van informatie, het gaat om kennisontwikkeling. Van Oers [2009] pleit in dit verband voor een polyloog, een dialoog tussen leraar en leerling waarin ook de historische en wetenschappelijke oplossingen betrokken worden [cf. Alexander, 2004]. Dit legt een nadruk op het talige karakter van menselijke kennis. De betekenis van woorden en begrippen ontstaat uit de ‘con’text en moet en kan worden afgeleid uit het taalgebruik en de rationele handelingen van leerlingen. In dit opzicht is onderzoek naar de begripsontwikkeling van leerlingen verwant met de fenomenologie en de hermeneutiek, zoals ik al enige tijd geleden in mijn proefschrift probeerde aan te tonen [Van Keulen, 1995].

In het onderzoek van het lectoraat doet associate lector Lou Slangen onderzoek naar robotic direct manipulation environments [Slangen, Van Keulen & Jochems, 2009], robotjes die kinderen zelf kunnen bouwen en programmeren. Daarbij gaan ze vanuit een naïeve toestand waarin ze de robot nog als antropomorf wezen beschouwen naar een toestand van meer functionele technische geletterdheid waarin ze een robot

kunnen ontwerpen, bouwen en programmeren, die hún probleem kan oplossen. Onderweg gaan ze door een cyclisch proces van waarnemen, analyseren, uitproberen, en optimaliseren waarin ze zichzelf diverse inzichten eigen maken, zoals het sense-reason-act concept. Leerlingen met een ontwikkeld s-r-a concept realiseren zich dat een robot sensorische input ('sense') nodig heeft en dit via een programma ('reason') moet omzetten in de gewenste actie ('act'). Zoiets gaat niet vanzelf, en we onderzoeken hoe dergelijke begripsontwikkelingsprocessen verlopen, in de hoop enkele algemene principes op het spoor te komen die leraren helpen hun leerlingen te begeleiden op weg naar functionele wetenschappelijke en technologische geletterdheid [cf. Garmire & Pearson, 2006].

Lisette van Cuijck, promovenda in de kenniskring, onderzoekt momenteel wat een 'onderzoekende en ontwerpende didactiek' in de praktijk van de basisschool kan betekenen [cf. Van Cuijck, Van Keulen & Jochems, 2009]. Welke aspecten van de empirische onderzoeksproces en de ontwerpcyclus kunnen bij kinderen gethematiserd en ontwikkeld worden, en wat is daarbij de rol van de leraar? Het lijkt voor de hand te liggen dat de interesse van leerlingen gewekt en gericht kan worden op aansprekende fenomenen, waardoor hun vermogen tot observeren en interpreteren aangescherpt kan worden. Maar zal er werkelijk sprake kunnen zijn van een eigen onderzoeksvraag? Van methodisch experimenteren en hypothesen falsificeren? Met andere woorden: wat is de didactische structuur van onderzoeken en ontwerpen in de basisschool?

Nardie Fanchamps, hogeschooldocent bij Fontys PABO Limburg, doet in het project Kids in Control onderzoek naar de bruikbaarheid van professionele simulatiesoftware als cognitieve tool in de bovenbouw van het basisonderwijs. Het blijkt dat leerlingen meer kunnen dan we dachten [Fanchamps, 2009]!

Marcel Gijsen, hogeschooldocent van Pabo Hogeschool Zuyd, doet in het kader van de kenniskring onderzoek naar de kenmerken van leraren die wel of niet met tamelijk open en ongestructureerde onderwijsleeromgevingen, zoals het door DSM ontwikkelde sCOOLlab, willen of durven werken. Een onderzoekende didactiek veronderstelt een onderzoekende houding, ook bij de leraar, en welke kenmerken in termen van persoonlijkheid, attitudes, kennis, vaardigheden en ervaringen hangen daar in de basisschool mee samen [Gijsen, 2009]?

### **Onderzoek naar curriculumontwikkeling op pabo en basisschool**

Onderwijs naar wetenschap en techniek in het primair onderwijs en op de pabo is nog teveel afhankelijk van gedreven eenlingen. De inspanningen van met name VTB-Pro zullen zich hopelijk vertalen in een verbeterde attitude van leraren en aanstaande leraren. Op deze basis kan verder nagedacht worden over het ontwikkelen van leerlijnen. Onderzoek naar het Pabolijnproject van VTB [Van Keulen, Slangen, Gresnigt & Van Cuijck, 2009] laat zien dat er nog diverse knelpunten overwonnen moeten worden op het gebied van het competentieprofiel van leraren, de toetsing in de pabo, en de integratie en combinatie van wetenschap en techniek met andere vakinhouden. In

de kenniskring doet promovendus Rens Gresnigt [2009] onderzoek naar de mogelijkheid van integratie van wetenschap en techniek in de basisschool. Interessant in dit verband is de ontwikkeling van 'kernconcepten' waarin verschillende vakinhouden verenigd kunnen worden [Ros, 2007].

Fons Vossen, leraar en techniekcoördinator op de school voor Speciaal Basisonderwijs Geleen, doet onderzoek naar de mogelijkheid om het leerplan in dit speciaal basisonderwijs te baseren op techniekonderwijs, aansluitend bij theorieën over meervoudige intelligentie van Gardner om niet alleen de talige talenten van kinderen aan te spreken [Vossen, 2009]. Deze theorie is sympathiek (alle leerlingen hebben wel ergens een talent) maar wordt nog nauwelijks door onderzoek bevestigd. De te onderzoeken hypothese in ons onderzoek is dat kinderen in het speciaal basisonderwijs via techniekonderwijs een aantal houdingen en denk- en handelingsvaardigheden, zoals nauwkeurigheid en vasthoudendheid, kunnen ontwikkelen waar zij in het vervolgonderwijs plezier van zullen hebben.

### **Onderzoek naar de effectiviteit van wetenschaps- en techniekonderwijs**

Uiteraard willen we ook weten in welke kwantiteit de door goed wetenschaps- en techniekonderwijs ontwikkelde kwaliteiten optreden. Dit onderzoek is gericht op de effectiviteit. Het is een benadering die momenteel ook populair is bij de politiek. Men wil graag 'evidence based' onderwijs. Evidence Based Onderwijs is geïnspireerd door de beweging naar Evidence Based Medicine in de geneeskunde en volgt voorbeelden in de Verenigde Staten (het zogenaamde Clearing House 'What works') en het Verenigd Koninkrijk. Als we in een klas bij een leraar interessante leerresultaten vaststellen dan moeten we daarna de generaliseerbaarheid naar andere scholen, leraren en leerlingen onderzoeken.

Kansrijk is deze benadering mijns inziens niet. Het ontbreekt in de eerste plaats aan de vele tientallen miljarden die jaarlijks aan geneesmiddelenonderzoek worden besteed om zowel klinische relevantie als generaliseerbaarheid vast te stellen (waarbij medici de verwachting hebben dat op termijn toch niet meer dan 20% van de klinische beslissingen 'evidence based' kan zijn [Peile, 2004]). Ook zijn onderwijs, leerlingen en leraren in veel opzichten minder goed te objectiveren en te generaliseren dan de menselijke (patho)fysiologie, waardoor verkregen evidence niet gauw een betekenis heeft buiten de oorspronkelijke context. 'Onderwijs' is nu eenmaal geen aspirientje dat er altijd hetzelfde uitziet en bij iedereen hetzelfde uitricht. En experimenteel onderzoek naar onderwijs, met de controlegroepen en de enorme cohorten die nodig zijn om effecten significant te krijgen, is praktisch en ethisch buiten bereik.

De beweging naar evidence based onderwijs hangt niet alleen samen met een gezond wetenschappelijk streven naar onderbouwing, het hangt helaas vooral samen met het grote wantrouwen bij politiek en publiek over de prestaties van onderwijsinstellingen. De verantwoordingslast wordt steeds groter. Te vaak gaat het dan om verantwoording van de besteding van middelen en niet over het bereiken van inhoudelijke doelen.

Toetsen rukken op en deze moeten steeds meer school- en docentonafhankelijk zijn. Want we vertrouwen kennelijk niet meer op het oordeel van de leraar.

Mijns inziens spannen we met de controlezucht het paard achter de wagen. Uit onderzoek naar professies en professionals [Baume, 2007] blijkt dat mensen professionals (zoals artsen, architecten en advocaten) vertrouwen en hun adviezen opvolgen vanwege hun kennisbasis, verkregen na langdurige scholing, de voortdurende nascholingsverplichtingen en de standaarden, normen, waarden die strikt gereguleerd worden door een beroepsvereniging. Het is niet de overheidscontrole die vertrouwen genereert. Maar in plaats van te investeren in docentprofessionaliteit wordt de controle opgevoerd, en zouden leraren zich moeten beperken tot uitvoeren van onderwijs waarvan de effectiviteit door anderen is vastgesteld.

Hoe belangrijk het verkrijgen van evidence over effectiviteit ook is, ik denk dat de rol van onderzoek naar onderwijs vooral is het kweken van 'reflective practioners' [Eraut 1994, 2004], zeker op de pabo. Een docent in het hoger onderwijs moet niet alleen de vakinhoud kennen, maar ook in literatuur en theorie gefundeerde ideeën over leerprocessen en didactiek, deze theorie kunnen vertalen naar een zinnige onderwijspraktijk, deze praktijk en de effecten op studiesucces kunnen begrijpen, evalueren en bijstellen, en hierover transparant kunnen rapporteren en verantwoording over afleggen. Dergelijk onderzoek naar (het eigen) onderwijs is een ultieme vorm van professionalisering, die zowel de didactische kennis, het kritisch vermogen, als creativiteit en innovatie stimuleert. Investeren in docentprofessionaliteit betekent dat docenten zelf een grotere verantwoordelijkheid kunnen en moeten nemen. De protocollaire 'werkblad'-benadering van onderwijs verlaagt juist de professionaliteit en de aantrekkelijkheid van het docentschap.

### **Praktijkgericht onderzoek**

Het is een goede zaak dat onlangs in Leuven door de ministers van onderwijs van de landen in de European Higher Education Area is vastgesteld dat onderzoek door hogescholen zich, net als universitair onderzoek, kwalificeert voor financiering door de Europese Unie en nationale 'funding councils'. Praktijkgericht onderzoek zoals hogescholen in Nederland doen staat namelijk niet tegenover het onderzoek van universiteiten als het om kwaliteit gaat. Als het gaat om de standaarden die van toepassing zijn dan geldt dat er maar twee soorten onderzoek zijn: goed onderzoek en slecht onderzoek. Het onderzoek in het hbo heeft een andere focus dan veel universitair onderzoek, het moet namelijk rechtstreeks in verband staan met het innoveren van een beroepspraktijk. Maar dit onderscheid, dat overigens voor onderwijsonderzoek nauwelijks relevant is omdat onderwijs per definitie een praktijk is en elk onderwijsonderzoek daarom praktijkgericht is, wordt teveel opgeblazen. Wat dit betreft kan het hbo beter bestaande onderzoekskwaliteitszorgprotocollen van VSNU en NWO overnemen dan onder het mom van 'wij zijn anders', eigen protocollen te willen ontwikkelen. Uiteindelijk gaat het erom dat het onderzoek publicabel is in internationale

peer-reviewed tijdschriften. En hier zullen we in het onderzoek van het lectoraat naar streven. Waarbij we onszelf ook de druk opleggen om de resultaten van onderzoek op een gemakkelijker toegankelijke weg te ontsluiten voor de praktijk, via de Nederlandstalige vakbladen.

En waar mogelijk zullen we onze eigen pabostudenten betrekken bij onderzoek. Omdat juist voor hen geldt dat zij 'onderzoekende docenten' moeten worden die op een open, kritische en nieuwsgierige wijze kijken naar hun leerlingen en vertrouwen hebben in hun eigen vaardigheden hen te oriënteren op de wereld, ook de wereld van wetenschap en techniek.

### **Partners in onderzoek**

De hierboven geschetste uitdagingen en opgaven zijn te groot voor een enkel lectoraat. Ik prijs mijzelf dan ook gelukkig dat het goed gaat met onderzoek in het hbo, en met onderzoek naar wetenschap en techniek in het onderwijs. In het kader van het Kenniscentrum Wetenschap en Techniek Zuid is het nodige onderzoek in gang gezet, veelal in samenwerking met alle pabo's in Zuid-Nederland [Gravemeijer, Van Keulen, Van Mulken & Van Eijck, 2008]. Ook aan andere hogescholen zijn onlangs lectoraten voor dit domein van start gegaan, mede gestimuleerd door de programma's van het Platform Bèta Techniek. Ik verheug mij op de samenwerking. Binnen Fontys is, met vooruitziende blik, het onderwijsonderzoek samengebracht in de Eindhoven School of Education, een samenwerkingsverband met de Technische Universiteit Eindhoven met een samenhangend onderzoeksprogramma dat voldoet aan de criteria van de Nederlandse onderzoeksschool voor onderwijsonderzoek ICO [Jochems, 2007]. Dit biedt de gelegenheid werkelijk te bouwen aan een onderzoekscultuur om te voldoen aan de hoogste wetenschappelijke eisen, en voor de promovendi om een stabiele relatie op te bouwen met een promotor. Hier heeft Fontys mijns inziens een gouden greep gedaan.

# 11. Afsluiting

Met de invoering van wetenschaps- en techniekonderwijs in het basisonderwijs - gericht op een goede voorbereiding van alle kinderen op de moderne samenleving - is een begin gemaakt. De overheidsstimulering via het Platform Bèta Techniek heeft daarin een grote rol gespeeld. Maar de tijd van oogsten is nog niet aangebroken. Voor verduurzaming zal nog het nodige gedaan moeten worden. Blijft het scheepje drijven, of gaat het straks naar goed Nederlands gebruik weer ten onder omdat de aandacht zich verlegt naar andere noden en wensen? Het is te hopen dat overheid en politiek de wijsheid en moed hebben te blijven investeren in de kwaliteit van het Nederlandse basisonderwijs en de kwaliteit van de leraar, bijvoorbeeld door het *Manifest: ruimte voor talent; ruimte voor wetenschap en techniek* [2008] te omarmen. En daarbij gaat het er niet om dat het aantal uren op de lessentabel sterk toeneemt. Wetenschap en techniek zijn deel van onze cultuur en doel voor taalbeheersings- en rekenonderwijs. Wetenschaps- en techniekonderwijs mag in zichzelf onzichtbaar worden, omdat het een vanzelfsprekendheid is voor volwassen geworden basisonderwijs. Aan deze metamorfose zullen wij in het lectoraat Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs blijven werken.



## 12. Dank

Voor het doen van praktijkgericht onderzoek in een lectoraat is samenwerking en vertrouwen nodig.

Ik dank hiervoor in de eerste plaats de leden van de Raad van Bestuur van Fontys Hogescholen, zowel de oude als de nieuwe bestuurders, die mij hebben aangemoedigd dit pad op te gaan: Norbert Verbraak, Jan Houben, Elly Teune en Marcel Wintels.

Ik dank de medewerkers van de Fontys Graduate School voor hun ondersteuning van het onderzoek van de lectoraten.

De directie van Fontys PABO Limburg, eerst Jan van den Berg en nu Henk Gielis, dank ik voor hun vertrouwen en hun wens wetenschap en techniek op 'hun' pabo een prominente plaats te geven en de mogelijkheden die Fontys PABO Limburg mij biedt.

De hoogleraar-directeur van de Eindhoven School of Education, Wim Jochems, dank ik voor het opzetten van een echte onderzoeksgroep voor Fontys, en ik verheug mij over de vele collega's en promovendi aldaar en de inzichten die we kunnen delen.

Mijn medelectoren bij Fontys in het domein Educatie bedank ik voor de prettige samenwerking: Peter Teune, Anje Ros, Eric Verbiest, Sanneke Bolhuis, Douwe Beijaard, Karel Kreijns en Jan van Bruggen en in dit verband ook Jan Haan, Anouke Bakx, Jan Copic en de directeuren van de andere pabo's van Fontys.

Ik dank de leden van mijn kenniskring voor hun inzet en enthousiasme. Ik dank met name Lou Slangen voor zijn pionierswerk op het terrein van wetenschap en techniek in het primair onderwijs. Zonder hem zou ik hier nu niet staan.

Ik dank de docenten en medewerkers van Fontys PABO Limburg voor het gemak waarmee zij mij in hun midden hebben opgenomen. Ook verheug ik mij op de aanstaande intensieve samenwerking met Hogeschool Zuyd.

Ik dank alle betrokkenen bij het Kenniscentrum Wetenschap en Techniek Zuid, met name Bart Coppes, Elly Schure, Louis Swinkels en Frans van Mulken.

Veel dank ben ik verschuldigd aan het management en de betrokkenen bij het Platform Bèta Techniek, met name de programma's VTB en VTB-Pro, en dan vooral Sylvia Peters, Jan Noordam en Jeroen Gommers voor hun enorme inzet voor wetenschap en techniek in het onderwijs, voor de mogelijkheden die zij mij bieden en voor de goede samenwerking. Juliette Walma van der Molen dank ik met name voor de plezierige en nu al productieve samenwerking.

Ik dank ook de leiding van het IVLOS, het onderwijskundig expertisecentrum van de Universiteit Utrecht, mijn andere werkgever, waar ik veel heb geleerd over het strategisch innoveren van hoger onderwijs en waar men grootmoedig meewerkt aan het dubbelleven dat ik nu leid.

Ook dank ik mijn vele collega's en oud-collega's van wie ik 'het vak' heb geleerd, bij het Centrum voor BètaDidactiek, bij de TU Delft, bij CRWO, bij het IVLOS, van wie ik met name noem: Adri Verdonk, mijn promotor, Martin Goedhart, Jan van Driel en Gerard van den Berg.

Ik dank tot slot mijn ouders, mijn vrouw, mijn kinderen, mijn verdere familie, van wie je dingen leert waar geen school, cursus, of onderzoeksproject tegenop kan, en die nu wachten op het moment dat mijn 'g' wat zachter wordt.

# 13. Literatuur

- Akiba, M., LeTendre, G. K. & Scribner, J. P. (2007). Teacher quality, opportunity gap, and national achievement in 46 countries. *Educational Researcher*, 36, 369-387.
- Akker, J. van den, Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.). (2006). *Educational design research*. London: Routledge.
- Alexander, R. (2004). *Towards dialogic teaching: rethinking classroom talk*. Cambridge: Dialogos.
- Barber, M. & Mourshed, M. (2007). *How the world's best-performing school systems come out on top*. McKinsey Company.
- Barlex, D. M. & Trebell, D. (2007). Design-without-make: Challenging the conventional approach to teaching and learning in a design and technology classroom. *International Journal for Technology Education*.
- Barthel, P. (2009). Van 'wow' naar 'aha'. Key-note tijdens VTB-Pro Tweedaagse, Noordwijkerhout, 2 april 2009.
- Baume, D. (2006). Towards the end of the last non-professions? *International Journal for Academic Development*, 11(1), 57-60.
- Bryson, B. (2008). *Een heel kleine geschiedenis van bijna alles*. Amsterdam: Atlas.
- Bybee, R. W. (2008). Scientific Literacy, Environmental Issues, and PISA 2006. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 566-585.
- Copic, J. (2008). *Techniek in de basisschool: gewoon doen!* Antwerpen: Garant.
- Cuijck, L. van, Keulen, H. van & Jochems, W. (2009). Zijn basisscholen klaar voor onderzoekend en ontwerpend techniekonderwijs? Een steekproef onder VTB-scholen. In H. van Keulen & J. Walma van der Molen (Eds.), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs* (pp. 77-87). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Daston, L. & Galison, P. (2007). *Objectivity*. New York: Zone Books.
- Dugger, W. E. & Gilberti, A. F. (2002). *Standards for technological literacy*. Virginia: International Technology Education Association.
- Dijkgraaf, R., Fresco, L., Gualterie van Weezel, T. & Calmthout, M. van (Eds.). (2008). *De bètacanon*. Amsterdam: Meulenhoff.
- Eijck, M. van (2008). Scientific literacy: past research, present conceptions, and future developments. In W. M. Roth & K. Tobin (Eds.), *Worlds of science education handbook: North America*. Rotterdam: Sense.
- Eraut, M. (1994). *Developing professional knowledge and competence*. London: Routledge.
- Eraut, M. (2004). Practice-based evidence. In G. Thomas & R. Pring (Eds.), *Evidence-based practice in education* (pp. 91-101). Maidenhead: Open University Press.
- Fanchamps, N. (2009). *Projectplan 'Kids in Control'*. Roermond: Kenniskring Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs.
- Garmire, E. & Pearson, G. (Eds.). (2006). *Tech Tally - Approaches to assessing technological literacy*. Washington, D.C.: National Academic Press.

- Gijzen, M. (2009). *Projectplan 'sCOOLlab'*. Roermond: Kenniskring Science & Techniek-educatie Primair Onderwijs.
- Goedhart, M. (2007). *Voorbereiding op wetenschapsbeoefening - uitdagingen voor universitaire bèta-opleidingen*. Oratie. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- Gravemeijer, K. (2009). *Leren voor later - Toekomstgericht science- en techniekonderwijs voor de basisschool*. Oratie. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Gravemeijer, K., Keulen, H. van, Mulken, F. van & Eijck, M. van (2008). *Onderzoeksprogramma KWTZ*. Eindhoven: KWTZ.
- Gresnigt, R. (2009). *Onderzoeksvorstel 'Integratie van wetenschaps- en techniekonderwijs'*. Roermond: Kenniskring Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs.
- Haan, M. de (2009). *Culturele reproductie in een wereld in beweging*. Oratie. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Hackling, M. W. & Prain, V. (2005). *Primary Connections*. Australia: Australian Academy of Science.
- Harlen, W. (1997). Teachers' subject knowledge and understanding and the teaching of science at the primary level. *Science Teacher Education*, 19, 6-7.
- Harlen, W. (2006). *ASE guide to primary science education*. Hatfield: Association for Science Education.
- Heijnen, A. (2008). Juffen en meesters van hoog niveau. *U-blad*, 9 oktober 2008, (pp. 19-21).
- Hout, H. van (2007). *De Bachelor-Masterstructuur op de schop*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- Inspectie van het onderwijs (2006). *Rapport Techniek in het basisonderwijs 2006 (Inspectierapport 2006 - 12)*. Utrecht: Inspectie van het onderwijs.
- Inspectie van het onderwijs (2009). *Rapport Techniek in het basisonderwijs 2008*. Utrecht: Inspectie van het onderwijs.
- Jenkins, E. W. (1990). Scientific literacy and school science education. *School Science Review*, 71(256), 43-51.
- Jochems, W. M. G. (2007). *Onderzoeksprogramma ESoE*. Eindhoven: Eindhoven School of Education.
- Jones, A. & Moreland, J. (2004). Enhancing practicing primary school teachers' pedagogical content knowledge in technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(2), 121-140.
- Kallenberg, T., Koster, B., Onstenk, J. & Scheepsma, W. (2007). *Ontwikkeling door onderzoek: een handreiking voor leraren*. Utrecht: Thieme Meulenhoff.
- Kang, N. H. (2008). Learning to teach science: Personal epistemologies, teaching goals, and practices of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 24, 478-498.
- Kemmers, P. & Graft, M. van (2007). *Onderzoekend en ontwerpnd leren bij Natuur en Techniek*. Den Haag: Stichting Platform Bèta Techniek.
- Keulen, H. van (1995). *Making sense - simulation of research in organic chemistry education*. Utrecht: CDBeta Press.

- Keulen, H. van (2008a). *Techniekonderwijs: het hobbyïsme voorbij*. Opgehaald van de website van ScienceGuide op 30 september 2008: <http://www.scienceguide.nl/article.asp?articleid=106161#intro>.
- Keulen, H. van (2008b). *On the assessment of technological literacy in primary education*. In: D. Kipperman, O. Dagan & M. J. de Vries (Eds.), *Critical issues in technology education. Proceedings of the 20th International Conference on Design and Technology Education PATT 20*, Tel Aviv.
- Keulen, H. van, Slangen, L., Gresnigt, R. & Cuijck, L. van (2009). *Techniek invoeren op de pabo*. Roermond/Den Haag: Lectoraat Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs/VTB.
- Koops, W. (2003). *Imaging childhood*. In W. Koops & M. Zuckerman (Eds.), *Beyond the century of the child* (pp. 1-18). Philadelphia: University of Philadelphia Press.
- Krol, G. (Ed.) (1997). *De trots van alfa en bèta*. Amsterdam, De Bezige Bij.
- Kuijpers, J., Peters, S. & Noordam, J. (2009). *Wetenschap en techniek in Nederland; ontwikkelingen in vogelvlucht*. In H. van Keulen & J. Walma van der Molen (Eds.), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs* (pp. 17-27). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Kuijpers, J. & Walma van der Molen, J. (2007). *Wetenschap & techniek: Een rijke leeromgeving*. Den Haag: Programma VTB-Pro.
- Lafosse-Marin, M. O. (2007). *Dessine moi un scientifique*. Paris: La main à la pâte.
- Latour, B. (1986). *Visualisation and cognition: Thinking with eyes and hands*. In H. Kuklick (Ed.), *Knowledge and Society Studies in the Sociology of Culture Past and Present* (pp. 1-40): Jai Press.
- Léna, P. (2005). *From science to education: the need for a revolution*. *European Review*, 14(1), 3-21.
- Liessman, K. P. (2006). *Theorie der Unbildung - Die Irrtümer der Wissensgesellschaft*. Wien: Paul Zsolnay Verlag.
- Mariën, E. & Groenewold, J. (2007). *Cook & chemist*. Uithoorn: Karakter.
- Marreveld, M. (Ed.). (2008). *Techniek op de pabo - Gewoon doen*. Amsterdam/Almere: Expertisecentrum Wetenschap en Techniek Noord-Holland.
- Mawson, B. (2007). *Factors affecting learning in technology in the early years at school*. *International Journal for Technology Education*, 17, 253-269.
- Motivaction en YoungWorks. (2007). *Bèta Mentality - Jongeren boeien voor bèta en techniek*. Den Haag: Platform Bètatechniek. [www.betamentality.nl](http://www.betamentality.nl).
- Murphy, C., Neil, P. & Beggs, J. (2007). *Primary science teacher confidence revisited: ten years on*. *Educational Research*, 49(4), 415-430.
- OC&W. (2003). *Deltaplan Bètatechniek - Actieplan voor de aanpak van tekorten aan bèta's en technici*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen.
- OECD (2007). *PISA 2006: science competencies for tomorrow's world*. Paris: OECD.
- Oers, B. van (2009). *Narrativiteit in leerprocessen*. *Pedagogische Studiën*, 86(2), 147-155.
- Peile, E. (2004). *Reflections from medical practice: Balancing evidence-based practice*

- with practice-based evidence. In G. Thomas & R. Pring (Eds.), *Evidence-based practice in education* (pp. 102-115). Maidenhead: Open University Press.
- Platform Bèta Techniek (2008). *Manifest: Ruimte voor talent; ruimte voor wetenschap en techniek*. Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Reid, Geleijnse, & van Tol (2008). *De bètacanon van Fokke en Sukke*. Catullus.
- Rijst, R. M. van der, Driel, J. H. van, Kijne, J. W. & Verloop, N. (2007). *Aspects of scientific research dispositions in university teaching and learning*. ORD 2007: Groningen.
- ROA. (2007). *Technomonitor 2007 - De kenniseconomie: liggen we op koers?* Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Rohaan, E. J., Taconis, R. & Jochems, W. M. G. (2008). Reviewing the relations between teachers' knowledge and pupils' attitude in the field of primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education*.
- Ros, A. (2007). *Werken met kernconcepten*. 's-Hertogenbosch: KPC Groep.
- Schimmel, J. H., Thijssen, J. M. W. & Wagenaar, H. B. (2002). *Techniek voor de basisschool*. Arnhem: Citogroep.
- Roth, W. M. (2007). Toward a dialectical notion and praxis of scientific literacy. *Journal of Curriculum Studies*, 39(4), 377-398.
- Slangen, L. A. M. P. (2005). *Techniek, leren door doen - Didactiek en bronnen voor de pabo*. Baarn: HB-Uitgevers.
- Slangen, L., Keulen, H. van & Jochems, W. (2009). De bijdrage van direct manipulation environments aan de ontwikkeling van technische geletterdheid in de basisschool. In H. van Keulen & J. Walma van der Molen (Eds.), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs* (pp. 115-130). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Snow, C. P. (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution - The Rede Lecture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Steenbeek, H. & Uittenbogaard, W. (2009). Talentenkracht brengt talent voor wetenschap en techniek van jonge kinderen in kaart. In H. van Keulen & J. Walma van der Molen (Eds.), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs* (pp. 131-144). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Traianou, A. (2007). *Understanding teacher expertise in primary science*. Rotterdam: Sense.
- Valkenier, H. (2008). *Werken met techniek*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Verkerk, M. J., Hoogland, J., Stoep, J. van der & Vries, M. J. de (2007). *Denken, ontwerpen, maken*. Amsterdam: Boom.
- Vermaas, J., Kools, Q. & Neut, I. van der (2006). *Techniek op de pabo - De kracht van verbeelding*. Den Haag: Programmabureau VTb.
- Vermeulen, M. (2008). *Sturen op kwaliteit van leraren*. Key note VELON congres 2008. Veldhoven: 31 maart - 1 april 2008.

- Vossen, F. (2009). *Projectplan 'Techniek in het speciaal basisonderwijs'*. Roermond: Kenniskring Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs.
- Walma van der Molen, J. W., Lange, J. de & Kok, J. (2009). Theoretische uitgangspunten bij de professionalisering van leraren basisonderwijs op het gebied van wetenschap en techniek. In H. van Keulen & J. Walma van der Molen (Eds.), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs* (pp. 29-39). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Walma van der Molen, J. (2009). Wat vinden leraren basisonderwijs van wetenschap en techniek? In H. van Keulen & J. Walma van der Molen (Eds.), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs* (pp. 157-163). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Weerden, J. van, Thijssen, J. & Verhelst, N. (2003). *Toetsen Techniek in het basisonderwijs*. Arnhem: Citogroep.
- Williams, J. (2008). Technology versus science education in Australia. In D. Kipperman, O. Dagan & M. J. de Vries (Eds.), *International conference on design and technology education PATT 20*. Tel Aviv: ORT.









**Hanno van Keulen**  
**Fontys PABO Limburg**  
**Mgr. Claessenstraat 4**  
**6131 AJ Sittard**

**[h.vankeulen@fontys.nl](mailto:h.vankeulen@fontys.nl)**

Hanno van Keulen (1961) studeerde Scheikunde aan de Universiteit Utrecht, doceerde enige tijd scheikunde in het hoger onderwijs en promoveerde in 1995 aan de Universiteit Utrecht bij Adri Verdonk op de vraag welk onderwijs scheikundestudenten helpt om te leren onderzoeken.

Hij specialiseerde zich in de didactiek van het hoger onderwijs en werkte bij de Technische Universiteit Delft en de Universiteit Utrecht aan de professionele ontwikkeling van docenten en aan de ontwikkeling van curricula in het bèta-technisch-medisch domein. Hij is als onderzoeker en adviseur hoger onderwijs nog steeds verbonden aan het IVLOS, het onderwijskundig expertisecentrum van de Universiteit Utrecht, waar hij gedurende vier jaar hoofd was van de Afdeling Hoger Onderwijs. Hanno van Keulen is oud-voorzitter van CRWO, het Nederlandse netwerk van instituten op het gebied van onderwijskundige ontwikkeling in het hoger onderwijs. Hij vertegenwoordigde Nederland (CRWO) in ICED, het internationale netwerk op dit gebied, en is betrokken bij de redacties van diverse (internationale) tijdschriften en boekenreeksen.

Sinds december 2007 is Hanno van Keulen verbonden aan Fontys Hogescholen als lector Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs bij Fontys Pabo Limburg.

In zijn oratie gaat hij in op de problemen en paradoxen bij de versterking van de positie van wetenschap en techniek in het basisonderwijs. Waarom is het belangrijk dat (alle) kinderen hiermee in aanraking komen? Welke invulling moet wetenschap en techniek krijgen willen we kinderen effectief 'oriënteren op de wereld', het centrale kerndoel in dit domein? Kunnen we leerkrachten hiertoe in staat stellen? Het basisonderwijs is niet gediend met de associatie van wetenschap en techniek met 'moeilijk, vies, gevaarlijk'. Daarom wordt vaak benadrukt dat wetenschap en techniek 'leuk' is. Maar: dit kan leiden tot een verwaarlozing van het leren. We willen leraren die een onderzoekende houding bij leerlingen kunnen stimuleren en ontwikkelen. Maar: op school domineren instruerende didactiek en kant en klare werkbladen. We willen leraren die niet terugschrikken voor een domein van enorme omvang en die zich willen blijven verdiepen. Maar: de pabo trekt overwegend studenten met talenten die niet op het cognitieve vlak liggen. We willen dat scholen meer tijd besteden aan wetenschap en techniek. Maar: de politiek fixeert zich eenzijdig op rekenen en taal, en er zijn geen standaarden voor wetenschap en techniek. In de oratie worden oplossingsrichtingen verkend, evenals de mogelijkheden de praktijk te veranderen. Daarbij gaat het om het versterken van kennisbasis en zelfvertrouwen van leraren en pabostudenten, uitwerking van de didactiek van onderzoekend en ontwerpend leren, curriculumontwikkeling voor de pabo en versterking van de samenwerking met scholen, ook via het concept 'opleiden in de school'. Integratie speelt een sleutelrol. Kunnen we wetenschap en techniek niet beter als opwaartse kracht voor al het onderwijs van de basisschool positioneren in plaats van als zoveelste los vakje?