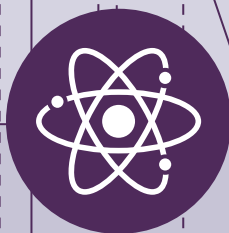


LECTORALE REDE

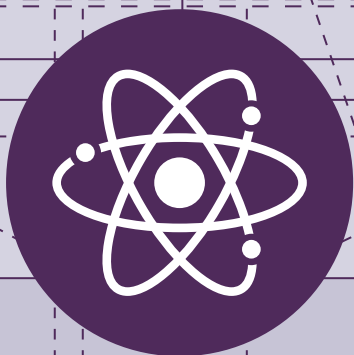
Bètadidactiek

Naar duurzaam vakmanschap

Rutger van de Sande



BETA



"Science is a way of
a body of knowledge

"When
Gre
war

"In biology, nothing is clear, everything is too complicated, everything is a mess, and just when you think you understand something, you peel off a layer and find deeper complications beneath." Richard Preston



"I took biology in h
It was focused on
sooner that biolog

of thinking much more than it is
edge." Carl Sagan

What is **physics**? Physics comes from the ancient
Greek word physika. It's at this point that you'll
want to start taking notes." Sheldon Cooper



high school and didn't like it at all.
memorization. . . I wish I had learned
physics could be fun as well." Francis Collins

"**Science** is the belief in the ignorance
of experts." Richard Feynman

Bètadidactiek: naar duurzaam vakmanschap

Lectorale rede uitgesproken bij de aanvaarding van
de functie van lector aan Fontys Lerarenopleiding
Tilburg op 13 december 2013 door

dr. Rutger van de Sande



Foto's: Fontys Lerarenopleiding Tilburg

Vormgeving omslag: Ed van Oosterhout, Inkfish ontwerp

Vormgeving binnenwerk: Fontys Hogescholen, Grafische Producties

Uitgever: Fontys Hogescholen

Copyright © 2013

Mede mogelijk gemaakt door Fontys

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

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b en 17 auteurswet 1912 dient men daarvoor de wettelijke vergoeding te voldoen aan Stichting Reprorecht, 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 te wenden tot de uitgever Fontys Hogescholen en de auteurs.

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 and the author.

Inhoud

Inleiding	5
Hoofdstuk 1: bèta, wetenschap en techniek	7
Wat is bèta?.....	7
Bètawetenschappen en bètaschoolvakken.....	8
Bèta en techniek	12
Hoofdstuk 2: Didactiek en bètavakken	14
Vakdidactische kennis en vakdidactiek	14
Van vakdidactieken naar bètadidactiek.....	17
Hoofdstuk 3: Vakbeelden als bètadidactisch thema	23
Relevantie en ‘focus’ van bètaonderwijs.....	23
Visie op het vak en vakbeelden	26
Werk maken van rijke vakbeelden	27
Hoofdstuk 4: Naar duurzaam vakmanschap	29
Veranderingsbekwaamheid, ‘adaptive expertise’ en duurzaam vakmanschap	29
Werkwijze van het lectoraat: professionalisering via praktijkonderzoek	31
Dankwoord	33
Literatuur	34
Curriculum Vitae Rutger van de Sande	37

Inleiding

Havo- en vwo-leerlingen maken in de derde klas kennis met het schoolvak scheikunde. Als onderdeel van mijn promotieonderzoek¹ vroeg ik leerlingen uit verschillende leerjaren van het vwo om kort uit te leggen wat scheikunde volgens hen was. De omschrijvingen die leerlingen gaven, maakten inzichtelijk hoe zij, vanuit hun eigen perspectief, naar scheikunde keken: 'Je denkt dat het iets met proefjes en zo is maar dat blijkt niet zo te zijn' en 'Het is een soort natuurkunde maar dan meer chemisch'.

Van de omschrijvingen is me echter vooral bijgebleven dat de antwoorden van de leerlingen in 3vwo (na slechts enkele maanden scheikundeonderwijs) maar marginaal verschilden van die van de leerlingen in 6vwo (die hun eindexamen scheikunde net achter de rug hadden). Één 6vwo-er schreef zelfs 'Ik weet eigenlijk niet wat scheikunde precies is'.

Enerzijds verbaasde dat me. Ik had verwacht dat leerlingen na vier jaar scheikundeonderwijs ook betere, rijkere noties zouden hebben van wat het vak behelst. Anderzijds was het niet helemaal onverwacht. In de schoolscheikunde is in beginsel, net als bij de andere bètavakken, nauwelijks ruimte voor reflectie op het vak: leerlingen laten nadenken over de vraag waar het vak over gaat. Bètadidactische onderzoekers constateren dat de opvattingen van leerlingen (en bètastudenten) over 'science'² en 'scientists'³ gemankeerd zijn. Bovendien zijn er onderzoekers die betogen dat het manco op dit vlak in (de geschiedenis van) de bètaschoolvakken zelf is verankerd⁴.

Voor de zekerheid: het is er niet om te doen definities van de verschillende bètadisciplines op te stellen en die als leerstof aan leerlingen voor te leggen. Een enorme hoeveelheid onderzoek naar begripsontwikkeling van leerlingen heeft laten zien dat een dergelijke didactische aanpak nauwelijks effect sorteert, of zelfs averechts kan werken⁵. Bovendien is het de vraag wat zo'n definitie op zichzelf leerlingen zou opleveren. En is er onder leraren en lerarenopleiders eigenlijk consensus over waar bijvoorbeeld scheikunde precies over gaat? En zelfs als dat

1 Van de Sande (2007)

2 Deng, Chen, Tsai, & Chai (2011)

3 Farland-Smith (2012)

4 Jenkins (2007); Van Berkel (2005)

5 Treagust & Duit (2008)

zo zou zijn: komt dat beeld overeen met hoe anderen, zoals chemici werkzaam aan universiteiten en in de industrie, scheikunde beschouwen?

Waar het wel om gaat is het volgende: de bètaschoolvakken hebben elk een lange historie met eigen tradities en een robuuste vakstructuur. Daartegenover staat dat de bètawetenschappen en het bètatechnisch bedrijfsleven zich voortdurend ontwikkelen. Zichtbaar en onzichtbaar hebben die ontwikkelingen bovendien invloed op ons dagelijks leven. Dat kan bètadocenten op de vraag brengen waar zij zich in het schoolvak vooral op zouden moeten richten: op de achterliggende wetenschap? Op technische toepassingen? Op de ontwikkeling van leerlingen tot kritische burgers? Docenten zullen daar verschillend over denken. Bovendien zou een docent, vanuit een persoonlijke visie op bètaonderwijs, die vraag weleens verschillend kunnen beantwoorden voor vmbo-, havo- en vwo-leerlingen, voor onderbouw- en bovenbouwklassen, voor intrinsiek en extrinsiek gemotiveerde leerlingen, enzovoorts.

Uiteindelijk gaat het in het lectoraat om die visies van bètadocenten – in het lectoraat spreken we van ‘vakbeelden’ - en hoe die in te zetten zijn in hun onderwijspraktijk, daarbij rekening houdend met hetgeen is voorgeschreven in het curriculum. Vanuit het lectoraat bètadidactiek streven we ernaar om samen met docenten in het voortgezet onderwijs visies op het vak te expliciteren en van daaruit keuzes te maken over de inrichting van die praktijk.

Omdat dit een thematiek is die de bètavakken met elkaar gemeenschappelijk hebben, definieer ik in de hoofdstukken 1 en 2 wat ik versta onder bèta, vakdidactiek en bètadidactiek. In hoofdstuk 3 kom ik vervolgens terug op het thema ‘vakbeelden’ om dat verder te verdiepen en in hoofdstuk 4 in te bedden in een visie op een centraal aspect van de professionaliteit van bètadocenten: ‘duurzaam vakmanschap’.



Hoofdstuk 1:

bèta, wetenschap en techniek

*One of the things that I've been focused on as President is how we create an all-hands-on-deck approach to science, technology, engineering, and math. We need to make this a priority to train an army of new teachers in these subject areas, and to make sure that all of us as a country are lifting up these subjects for the respect that they deserve.*⁶

De komende jaren is (opnieuw) veel aandacht te verwachten voor ontwikkeling van bètatalenten van jongeren getuige bijvoorbeeld het ambitieuze programma 'Bèta Excellent 2011-2016'⁷, het adviesrapport 'Naar de top: het bedrijvenbeleid in actie(s)'⁸ en het 'Nationaal Techniepact 2020'⁹. Een centraal doel is om meer leerlingen te interesseren voor bèta en techniek. Daarbij is de hoge politieke prioriteit voor bètaprestaties van leerlingen, mede onder invloed van de rankings in internationaal vergelijkende studies als TIMSS en PISA een belangrijke drijfveer¹⁰. Daarmee samenhangend, zijn ook het belang van een duurzaam sterke kenniseconomie en een (toekomstig) tekort aan bètatechnici redenen om prioriteit te geven aan het stimuleren van bèta-leerprestaties en –keuze van jongeren.

Allereerst is het echter noodzakelijk om te definiëren wat in het lectoraat onder bèta wordt verstaan. Daarbij gaat het primair om bètaonderwijs maar worden ook verbanden aangegeven met de wetenschap en wordt ingegaan op de relatie van bèta met techniek.

Wat is bèta?

In een rede over bètadidactiek hoort een definitie van wat met 'bèta' bedoeld wordt. Mijn meest eenvoudige definitie is de volgende: onder bèta versta ik de schoolvakken biologie, natuurkunde, scheikunde, wiskunde, 'natuur, leven en technologie' en 'algemene natuurwetenschappen'. Voor de onderbouw van het

6 Obama (2013)

7 Platform Bèta-Techniek (2011)

8 Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2011)

9 Techniepact (2013)

10 Respectievelijk 'Trends in International Mathematics and Science Study' (zie timss.bc.edu/) en 'Programme for International Student Assessment' (zie oecd.org/pisa/).

voortgezet onderwijs volstaat het om te spreken over de onderdelen 'rekenen en wiskunde' en 'mens en natuur'. In zowel de onder- als de bovenbouw van havo en vwo kunnen scholen er bovendien voor kiezen om het vak 'onderzoek en ontwerpen' (O&O; zie technasium.nl) aan te bieden.

Tot zover de eenvoudige definitie. Die gaat echter voorbij aan een kwestie die relevant is voor de onderwijspraktijk en het lectoraat: de definitie gaat uitsluitend over bètaschoolvakken terwijl bèta ook - of misschien zelfs: vooral - buiten scholen betekenis heeft. Ik denk in het bijzonder aan de wetenschap en het technisch bedrijfsleven¹¹. Het restant van deze paragraaf besteed ik aan een beschrijving van bèta in deze twee contexten in relatie tot de genoemde bètaschoolvakken.

Bètawetenschappen en bètaschoolvakken

De vraag wat tot het bètadomein behoort is primair een academische. De traditionele indeling van schoolvakken in alfa, bèta en gamma is oorspronkelijk afkomstig van een historische onderverdeling van wetenschappen. Traditioneel wordt met de bètawetenschappen gedoeld op de natuurwetenschappen. De bètaschoolvakken vinden hun oorsprong grotendeels in de wetenschap en dientengevolge kregen zij de namen van de wetenschappen waaraan zij zijn ontleend¹².

Vaak wordt ook wiskunde als bètawetenschap beschouwd, hetgeen vooral te maken heeft met de belangrijke rol van (toegepaste) wiskunde in model- en theorievorming binnen de natuurwetenschappen. Vanuit een toegepast wiskundig perspectief kunnen de natuurwetenschappen (net als de sociale wetenschappen) als contexten worden beschouwd waarbinnen de wiskunde geoperationaliseerd wordt. Dit in tegenstelling tot proponenten van 'zuivere wiskunde' die wiskunde zien als een opzichzelfstaand domein waarvan de kennis geen betrekking heeft op de fysieke werkelijkheid. Verschillende onderzoeken laten overigens zien dat deze dichotomie een te eenvoudige voorstelling van zaken geeft. De opvattingen van wiskundigen over de aard van wiskunde kennen meer nuances¹³.

11 Er zijn meer contexten te onderscheiden. Berry van Berkel (2005) noemde er in zijn proefschrift maar liefst zeven in relatie tot het schoolvak scheikunde. Hij concludeerde overigens dat geen van deze contexten ook daadwerkelijk verband hield met de ontwikkeling van de praktijk van het scheikundeonderwijs.

12 De benamingen van de bètaschoolvakken wijken in Nederland historisch sterk af van de naamgeving in andere landen (scheikunde in plaats van chemie, natuurkunde in plaats van fysica, wiskunde in plaats van mathematiek). Die naamgeving is te herleiden tot de Vlaamse ingenieur Simon Stevin (1548 – 1620).

13 Zie bijvoorbeeld Dossey (1992).

Verbanden tussen bètaschoolvakken enerzijds en bètawetenschappen anderzijds zijn minstens diffuus te noemen. In de regel geldt dat met name resultaten van belangrijke historische vorderingen in theorievorming worden onderwezen waarover binnen de wetenschappelijke wereld geen discussie meer is. Onderwerpen waarover nog wel volop discussie is worden meestal vermeden. Bovendien wordt door de schoolvakken grotendeels te beperken tot de producten van het wetenschapsbedrijf voor leerlingen niet duidelijk hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt en welke kenmerken die kennis heeft¹⁴. Door bètadidactische onderzoekers wordt in dit kader gesproken over respectievelijk 'science in the making' (waar het gaat over bètaonderwijs waarin aandacht is voor de totstandkoming van wetenschappelijke kennis¹⁵) en 'nature of science' (NOS; waarbij ook aandacht wordt besteed aan de aard van wetenschappelijke kennis, al dan niet vanuit een historisch en/of filosofisch perspectief of door leerlingen leeractiviteiten te laten ondernemen die zijn afgeleid van activiteiten zoals wetenschappers ontplooiën¹⁶).



14 Zie bijvoorbeeld de examenprogramma's van de bètavakken voor vmbo, havo en vwo. Met name in het programma voor het voorbereidend wetenschappelijk(!) onderwijs is geen aandacht voor de totstandkoming van wetenschappelijke kennis. Dat is uitbesteed aan het vak 'algemene natuurwetenschappen' dat wellicht per augustus 2014 wordt afgeschaft. In het havo-programma, waar het vak ANW al in 2007 verdween, staat bij de sciencevakken onder subdomein A2-1 'Kennisvorming': "De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen."

15 Zie bijvoorbeeld Niaz (2012).

16 Zie bijvoorbeeld Duschl & Grandy (2012).

INTERMEZZO

Een voorbeeld van ‘science in the making’: de ontdekking van Neptunus¹⁷

In science-schoolboeken wordt zelden veel aandacht besteed aan de totstandkoming van natuurwetenschappelijke kennis. In plaats daarvan beperken zij zich bijna altijd tot de opbrengsten van die ontwikkelingen: kennis in gecomprimeerde vorm. De Venezuelaanse hoogleraar ‘Science education’ Mansoor Niaz (2012) stelt dat als er in het science-onderwijs wel een beeld wordt geschetst van de kennisontwikkeling in die vakken, dat vaak te simplistisch wordt gedaan: alsof natuurwetenschappelijk onderzoek niets van doen heeft met “arguments, controversies and competition among rival theories and explanations”. Als voorbeeld noemt hij de ontdekking van de planeet Neptunus.

Neptunus was de eerste planeet waarvan het bestaan werd voorspeld voordat hij werd waargenomen. Aanleiding waren onregelmatigheden in de baan van Uranus. Het idee ontstond dat er een onbekende planeet zou zijn waarvan de zwaartekracht de baan van Uranus verstoorde. Op basis van berekeningen werden door twee wetenschappers, John Adams en Urbain Leverrier, hypothesen geformuleerd over de baan van die nog onbekende planeet Neptunus. Datzelfde jaar nog (1846) werd Neptunus ontdekt door Johann Galle. Over een andere onderzoeker die de hypothese in eerste instantie onderzocht, James Challis, wordt het volgende gezegd:

“Challis undertook to verify the calculations of Adams and Leverrier, especially with respect to the existence of a new planet Challis sighted the undiscovered planet (i.e. Neptune) at least four times during the summer of 1846 (once on August 4), that is before Galle. According to philosopher-physical chemist Michael Polanyi . . . ‘these facts made no impression on him [Challis], for he distrusted altogether the hypothesis he was testing’.”

Niaz concludeert in zijn boek onder meer dat vooronderstellingen van onderzoekers ertoe kunnen leiden dat een waarneming die strijdig is met een bestaande, hoog aangeslagen, theorie wordt genegeerd. Hij ontkracht zo het idee dat natuurwetenschappers onbevooroordeeld en objectief zijn en tot nieuwe kennis komen op basis van ondubbelzinnige waarnemingen.

¹⁷ Ontleend aan Niaz (2012).

In een situatie waarin leerlingen vooral de producten van wetenschappelijk onderzoek leren, bestaan leerlingactiviteiten er vooral uit kennis te nemen van historische wetenschappelijke bevindingen – veelal zonder de historische context te benoemen - en die toe te passen in fictieve (al dan niet contextrijke) opgaven. Dat staat op gespannen voet met kenmerkende activiteiten van bèta-wetenschappers. Het ligt voor de hand om te veronderstellen dat een dergelijke inrichting van het onderwijs grote gevolgen heeft voor de noties van leerlingen over die vakken (hun ‘vakbeelden’).



Bèta en techniek

Maatschappelijk wordt bèta vaak in één adem genoemd met techniek. Er wordt dan bijvoorbeeld gesproken over 'bètatechnici'. Die koppeling wordt in het bijzonder aangehaald vanuit een arbeidsmarktperspectief. De gewenste status van Nederland als toonaangevende kenniseconomie wordt dan verbonden met zorgen over het aantal jongeren dat kiest voor een natuurprofiel in het voortgezet onderwijs, een bètastudie of een carrière in het technisch bedrijfsleven. Een goed voorbeeld van de koppeling van techniek en bèta is de missie¹⁸ van het Platform Bèta Techniek. Daarin is het volgende te lezen:

Het Platform Bèta Techniek draagt zorg voor een goede beschikbaarheid van bètatechnici. Zo levert het Platform een bijdrage aan de Nederlandse kenniseconomie. Technologie en economie vinden elkaar in het containerbegrip 'kenniseconomie'. De kenniseconomie draait voor een groot gedeelte op bèta en technici.

Een quickscan van relevante beleidsdocumenten en websites leert bovendien dat bèta en techniek uitsluitend in samenhang worden gebruikt als het gaat om (voorbereidend) hoger onderwijs (havo, vwo, hbo en wo) en de arbeidsmarkt voor hogeropgeleiden. Wanneer het gaat om vmbo- of mbo-opleidingen en -opgeleiden wordt gesproken van techniek en technici en wordt de toevoeging bèta dus niet gebruikt.

Internationaal, en in het bijzonder in de Verenigde Staten, is sinds enige jaren het acroniem 'STEM' in zwang waarmee wordt verwezen naar Science, Technology, Engineering en Mathematics¹⁹. STEM wordt net als de combinatie bèta/techniek in de regel gebruikt wanneer het gaat om arbeidsmarktbeleid en het streven naar een vooraanstaande kenniseconomie. De urgentie die uitgaat van STEM heeft gevolgen voor het onderwijs in de VS. Zo is er landelijk een groeiend aantal scholen dat zich profileert als 'STEM school' en is er meer geld beschikbaar voor bijvoorbeeld het opleiden van docenten in de STEM-disciplines. (Zie ook het citaat van Barack Obama aan het begin van dit hoofdstuk.) In de Verenigde Staten wordt die urgentie wellicht meer nog dan in Nederland gevoeld. Waar Nederlandse 15-jarigen internationaal een 11e plaats innemen op zowel 'science' als wiskunde, kwamen hun Amerikaanse leeftijdsgenoten niet verder dan respectievelijk een 31e en een 23e plaats²⁰.

¹⁸ platformbetatechniek.nl.

¹⁹ Zie Bybee (2010).

²⁰ Resultaten zijn afkomstig uit de 2009-editie van PISA. De resultaten van het onderzoek uit 2012 zijn kort na het drukken van deze rede (begin december) bekend.

Techniekonderwijs – en daarmee doel ik hier op onderwijs buiten de bètaschoolvakken die aan het begin van dit hoofdstuk worden genoemd - vindt hoofdzakelijk plaats in het beroepsonderwijs. Het gaat dan om beroepsgerichte vakken in de bovenbouw van het vmbo en vanzelfsprekend ook om programmaonderdelen van beroepsopleidingen in het mbo en (beperkt) in het hbo. Scholen voor voortgezet onderwijs kunnen er bovendien voor kiezen om techniek in de onderbouw aan te bieden. Op een aantal scholen gebeurt dat, al dan niet geïntegreerd met andere vakken. Hoewel de wijze van aanbieden van school tot school sterk verschilt, heeft techniek dan vooral een algemeen vormend - in tegenstelling tot een beroepsgericht - karakter. Het kan worden gezien als een vervolg op onderwijs in 'natuur en techniek' in het basisonderwijs. Hoewel de potentie van die doorgaande leerlijn van basis- naar voortgezet onderwijs in de praktijk zelden als uitgangspunt wordt gebruikt²¹.

In een poging het domein van de bètadidactiek af te bakenen, kiezen we er in het lectoraat pragmatisch voor ons te richten op de zogenoemde algemeen-vormende bètaschoolvakken in het voortgezet onderwijs (dus inclusief techniek in de onderbouw). Technische vakken in het beroepsonderwijs laten we in beginsel buiten beschouwing. Wellicht ten overvloede merk ik op dat Fontys Hogeschool voor Bedrijfsmanagement, Educatie en Techniek, onder leiding van collega Ellen Klatter sinds enige jaren een lectoraat 'Didactiek in het techniekonderwijs' heeft ingericht²².



21 Een interessante uitzondering vormt het bicertificeringstraject dat door Fontys Lerarenopleiding Tilburg in samenwerking met Fontys Hogeschool Kind & Educatie wordt ontwikkeld en dat in september 2014 van start gaat. Studenten hebben daarin de mogelijkheid om een pabo-opleiding en de lerarenopleiding techniek geïntegreerd te volgen. Uitgangspunt van dat traject is het belang van een doorlopende techniekleerlijn voor leerlingen van 4 tot 14 jaar.

22 Klatter (2011)

Hoofdstuk 2:

Didactiek en bètavakken

... we rely too much on teaching answers, on facts. What's interesting are the questions. ... I would like to base a curriculum more on questions than answers because the process of asking the questions and figuring out how to address them is what science is all about. The answers are not important because most kids won't necessarily become scientists ... So it would be great to develop a curriculum where we base it on the very questions that kids are interested in.²³

Het lectoraat bètadidactiek heeft betrekking op bètaschoolvakken in het voortgezet onderwijs. Die vakken staan niet op zichzelf maar hebben wortels in de wetenschap en ontleen hun relevantie ten dele aan het technisch bedrijfsleven. Bovendien houden de vakken onderling verband met elkaar. Dat laatste geldt ook voor de *didactieken* van de verschillende bètavakken. Daarbij is de samenhang tussen de sciencevakken relatief groot ten opzichte van de wiskunde. Er zijn echter voldoende parallellen om te kunnen spreken van een gemeenschappelijk bètadidactisch domein.

In dit hoofdstuk probeer ik dat bètadidactisch domein te typeren. Daarbij sta ik allereerst kort stil bij de vraag wat we in het lectoraat onder vakdidactiek verstaan. Dat doe ik vanuit het begrip 'pedagogical content knowledge' (PCK) om vervolgens op zoek te gaan naar gemeenschappelijkheid in de bètavakdidactieken.

Vakdidactische kennis en vakdidactiek

De drie vakdidactische lectoraten van Fontys Lerarenopleiding Tilburg werken vanuit de volgende gedeelde visie op vakdidactiek:

Een leraar heeft niet genoeg aan vakkennis en algemene pedagogische en onderwijskundige kennis en vaardigheden. Belangrijk is dat hij ook antwoord kan geven op vragen als: waarom is het van belang dat jongeren mijn vak leren? Wat zouden ze dan moeten leren? En: hoe kan ik ervoor zorgen dat ze dat goed onder de knie krijgen?

23 Krauss (2013)

Vakdidactiek gaat over deze vragen. Voor aankomende, beginnende en ervaren leraren is het werken aan de eigen vakdidactische expertise een essentieel onderdeel van het beroep. Zo ontwikkelen zij bovendien een visie op hun vak op basis waarvan zij doordachte keuzes kunnen maken voor de eigen onderwijspraktijk.

Vakdidactische expertise ontwikkel je in de praktijk en door op de hoogte te blijven van ontwikkelingen in het vakgebied. Het heeft meerwaarde om dat samen met vakgenoten te doen, bijvoorbeeld in vakdidactische netwerken.

Veel onderwijsonderzoekers die een poging wagen om te definiëren wat vakdidactiek is, verwijzen in eerste instantie naar ‘pedagogical content knowledge’ (PCK), een begrip dat in 1986 werd geïntroduceerd door hoogleraar onderwijspsychologie Lee Shulman²⁴ en dat door velen wordt beschouwd als een vertaling van ‘vakdidactische kennis’. Het artikel waarin voor het eerst over PCK wordt gesproken, kan gelezen worden als een aanklacht tegen de geringe aandacht van (Amerikaanse) onderwijsonderzoekers en beleidsmakers in die tijd voor het belang van vakinhoudelijke kennis van leraren. (Een discussie die de lerarenopleidingen niet onbekend is als het gaat om de verhoudingen tussen ‘vakmanschap’ en ‘meesterschap’.) In zijn pleidooi geeft Shulman echter aan ook beperkingen te zien in de toegevoegde waarde van vakinhoudelijke kennis voor leraren: “Mere content knowledge is likely to be as useless pedagogically as content-free skill.”²⁵. PCK wordt vervolgens als volgt omschreven:

A . . . kind of content knowledge is pedagogical knowledge, which goes beyond knowledge of subject matter per se to the dimension of subject matter knowledge for teaching. I still speak of content knowledge here, but of the particular form of content knowledge that embodies the aspects of content most germane to its teachability.

Interessant aan deze insteek is dat vakdidactische kennis c.q. PCK wordt beschouwd als een bijzonder soort vakkennis: ‘subject matter knowledge for teaching’. De vakinhoudelijke kennis die van bètadocenten wordt gevraagd, verschilt immers van de vereiste kennis van bijvoorbeeld bèta-opgeleiden in het technisch bedrijfsleven en bètawetenschappers. De benodigde vakinhoudelijke kennis van een bètadocent richt zich vanzelfsprekend meer naar het schoolvak. Bovendien verschilt een docent

²⁴ Shulman (1986)

²⁵ Deze provocatieve uitspraak is in lijn met de meest recente synthese van meta-studies die John Hattie (2012) uitvoerde: vakinhoudelijke kennis van docenten op zichzelf lijkt gemiddeld nauwelijks samen te hangen met leerprestaties van leerlingen ($d = -.09$).

van andere bèta-professionals in wat hij met die kennis doet en in welke context dat plaatsheeft. Omdat de centrale taak van docenten is om leerlingen over hun vak te laten leren, wordt van docenten verwacht dat in hun vakinhoudelijke expertise, kennis is 'ingebakken' die specifiek betrekking heeft op de context van het onderwijs: kennis van de ordening en prioritering van vakinhouden in het curriculum, van effectiviteit van domeinspecifieke instructievormen, van leermoeilijkheden van leerlingen met bepaalde vakonderdelen, enzovoorts. Ik noem een paar korte voorbeelden:

- Scheikundeonderwijs voor havo en vwo kent in beginsel een ordening van het waarneembare naar het modelmatige en van het macroscopische naar het (sub-) microscopische. Die ordening wordt aangehouden om een vakdidactische reden: veel leerlingen hebben moeite met een hoge mate van abstractie aan het begin van het programma. Centrale scheikundige, maar abstracte, begrippen als molecuul en chemische reactie worden dientengevolge later in het curriculum uitgewerkt dan veel chemici werkzaam buiten het onderwijs zouden verwachten.
- Als gevolg van jarenlange persoonlijke ervaringen hebben jongeren uitgesproken en (schijnbaar) beproefde ideeën over hoe de fysische wereld in elkaar zit: wat zwaar is, valt sneller; in een ruimte zonder licht kun je na verloop van tijd toch zien; als je je jas binnen aanhoudt, heb je er buiten geen warmte meer van. Natuurkundedocenten hebben niet alleen kennis van veel voorkomende 'misvattingen' van leerlingen, zij weten ook dat het niet effectief is om deze als fout te bestempelen en er vervolgens simpelweg een meer wetenschappelijke uitleg tegenover te zetten.
- In de wiskunde is 'variabele' een basaal begrip. Het staat er synoniem voor 'onbekende'. Wiskundedocenten weten dat het voor leerlingen verwarrend kan zijn dat de waarde van een variabele soms helemaal niet variabel is. In de vergelijking $x + 4 = 7$ is er maar één mogelijke waarde voor de variabele x en dat is 3. Tot verwarring van sommige leerlingen ligt dat bij het beschrijven van een verband tussen twee variabelen, bijvoorbeeld $y = 2x$, anders.
- In het schoolvak biologie wordt vaak gesproken over onderwerpen die een ethische lading hebben. Een bekend voorbeeld hiervan is het gebruik van proefdieren. Kennis van het functioneren van gewervelde dieren (waaronder de mens) is daar vaak op gebaseerd. Biologiedocenten weten echter dat het werken met proefdieren bij veel mensen emotionele reacties oproept en dat dat in het bijzonder geldt voor experimenten waarbij met gewervelde dieren wordt gewerkt.

Naast PCK hebben docenten ook meer generieke pedagogische, psychologische en onderwijskundige kennis. In sommige gevallen wordt die kennis vervlochten met het schoolvak. Binnen de lerarenopleidingen zijn we geneigd ook deze domeinspecifieke kennis, tot op zekere hoogte, tot de vakdidactiek te rekenen. Een klassiek voorbeeld daarvan betreft de toepassingen in het bètaonderwijs van Jean Piagets theorie over cognitieve ontwikkeling²⁶. In het bijzonder de overgang van het denken in 'concrete operaties' naar 'formele operaties' – kort door de bocht te omschrijven als 'abstract leren denken' – inspireerde het bètaonderwijs. Het leverde populaire vakdidactische publicaties²⁷ op en vormde bovendien de basis voor het nog altijd populaire onderwijsprogramma 'Cognitive Acceleration through Science Education' (CASE²⁸): één van de meest effectieve programma's gelet op verbetering van leerprestaties van leerlingen²⁹.

Enerzijds gaat vakdidactiek dus om prioritering, selectie en ordening van vakkennis, gericht op het verzorgen van onderwijs en toetsing in een specifiek schoolvak, daarbij rekening houdend met onder meer voor dat vak, of vakonderdeel, kenmerkende leerproblemen. Dit is wat Shulman PCK noemt. Anderzijds gaat het om het handelen als vakdocent vanuit kennis die in beginsel niet verbonden is aan een schoolvak, waarbij algemene principes gecontextualiseerd worden naar dat vak of vakonderdeel. Binnen het lectoraat bètadidactiek ligt de interesse vooral bij het eerste aspect omdat het, 27 jaar na publicatie van het artikel van Shulman en de daaropvolgende – en tot op heden aanhoudende – hausse aan publicaties over PCK³⁰, relatief onderbelicht lijkt gebleven in de praktijk van het voortgezet onderwijs.

Van vakdidactiek naar bètadidactiek

In de vorige paragrafen is aandacht geweest voor zowel een afbakening van 'bèta' alsook voor een definiëring van vakdidactiek. Rest in dit hoofdstuk nog een typering van het bètadidactisch domein, oftewel van de gemeenschappelijkheid van de bètavakdidactieken. Het lijkt er op dat er pas sinds enige jaren wordt gesproken van 'bètadidactiek'. Dat gebeurt vooral vanuit de technische universiteit Eindhoven: daar is het sinds enige jaren in de lerarenopleiding als vak in het onderwijsprogramma

26 Piaget & Inhelder (1969). Op de theorie, en zeker deze ontwikkelingstheorie, is veel kritiek verschenen. Evenwel is deze een inspiratiebron voor veel bètadocenten.

27 Twee mooie voorbeelden: Herron (1975) en Lovell & Shayer (1978).

28 Er is ook een wiskundevariant: Cognitive Acceleration through Mathematics Education (CAME).

29 Hattie (2012)

30 Ik beperk me hier tot een introductie van PCK. Voor een review van de huidige stand van zaken van onderzoek van PCK verwijz ik naar: Schneider & Plasman (2011).

opgenomen. Marc de Vries, hoogleraar 'Science education' aan de Technische Universiteit Delft, definieert bètadidactiek in zijn intreerede als volgt³¹:

Ik zal onder bètadidactiek verstaan de verzameling van vakdidactieken van de bètavakken op school.... Onder een vakdidactiek versta ik die wetenschappelijke discipline die bestudeert wat behoort tot het leren en onderwijzen van een specifiek vak. De vakdidactiek staat daarmee in tussen de algemene onderwijskunde en de bijbehorende vakwetenschap.

Een volgende vraag is dan wat de vakdidactieken van de bètavakken concreet gemeenschappelijk hebben. Om te beginnen hebben de bètavakken relatief – dat wil zeggen in vergelijking met andere vakgebieden - rijke vakdidactische tradities. Die tradities zijn in de meeste gevallen, in vergelijking met de kennisdomeinen waaruit zij voortkomen, tamelijk jong. Belangrijk zijn in dat kader de grondleggers van deze tradities. Voor het Nederlandse bètaonderwijs gaat het om het werk van mensen als Hans Freudenthal (1905 – 1990; hoogleraar zuivere en toegepaste wiskunde), Reijer Hooykaas (1906 – 1994; hoogleraar geschiedenis der natuurwetenschappen), Marcel Minnaert (1893 – 1970; hoogleraar astrofysica) en Pierre van Hiele (1909-2010; wiskundendidacticus). Wat zij delen is een uitgebreide academische achtergrond in het vak en – vanuit die achtergrond - een bijzonder engagement met het onderwijzen en leren van dat vak. De thematieken waarover zij publiceerden zijn echter erg verschillend, variërend van bijvoorbeeld de rol van wiskunde in het dagelijks leven³², tot de historische ontwikkeling van het scheikundige begrip 'element'³³. Gekeken naar de inhoud zijn de bètavakdidactieken historisch dus min of meer gescheiden werelden.

Daar lijkt echter toch wat verandering in gekomen: in de praktijk van het voortgezet onderwijs wordt het hoe langer hoe meer gemeengoed om verbindingen tussen de klassieke monodisciplines op te zoeken. In de onderbouw van het voortgezet onderwijs gaat het om de verbinding van natuurkunde en scheikunde in 'nask' en soms ook met biologie en/of techniek in vakken die dan bijvoorbeeld 'science' of 'mens en natuur' worden genoemd. In de bovenbouw van havo en vwo zijn nieuwe multidisciplinaire bètavakken ingevoerd als 'natuur, leven en

31 De Vries (2009, p. 3). Merk op dat het hier gaat om een definitie vanuit een wetenschappelijk perspectief op vakdidactiek: vakdidactiek als een onderzoeksdomein. In de praktijk van het voortgezet onderwijs en van lerarenopleidingen wordt vakdidactiek ook als een perspectief op onderwijs beschouwd. Binnen lerarenopleidingen verwijst vakdidactiek bovendien naar curriculumonderdelen die als gemeenschappelijk kenmerk hebben dat ze een student voorbereiden op die aspecten van het beroep van leraar die specifiek zijn voor het schoolvak.

32 Freudenthal (1967)

33 Hooykaas (1933)

technologie' (NLT) en 'algemene natuurwetenschappen' (ANW). Bovendien zijn bij recente bètavakvernieuwingen zowel de probleemanalyses als de gekozen oplossingsrichtingen grotendeels gelijk³⁴. Ook – of misschien: daardoor – zoeken vakdidactici van de (hbo-) bèta-lerarenopleidingen elkaar op, bijvoorbeeld in het kader van het Expertisecentrum Lerarenopleiding Wiskunde en Rekenonderwijs of het Expertisecentrum voor Lerarenopleidingen Natuurwetenschap en Techniek³⁵.

Uit het bovenstaande kan ook worden afgeleid dat waar er in het onderwijs veel verbindingen zijn en worden gevonden tussen de sciencevakken, wiskunde daar in veel gevallen buiten blijft. (Een uitzondering is NLT.) Ook internationaal is dat het geval: er zijn in de regel aparte vakdidactische onderzoekstijdschriften voor de sciencevakken en wiskunde, aparte handboeken en aparte conferenties.

Een vergelijking van de thematieken zoals die aan de orde waren bij twee recente Europese vakdidactiekconferenties - de wiskundedidactische CERME-8-conferentie en de sciencedidactische ESERA 2013-conferentie³⁶ - geeft een aardig inzicht in de overeenkomsten. Zij geven bovendien een mooie aanzet voor een typering van een bètadidactisch domein: het biedt een aanknopingspunt om na te gaan of, en zo ja: waar, er sprake is van gemeenschappelijkheid tussen wiskunde en de sciencevakken. Een vergelijking tussen de 17 'working groups' van CERME en de 16 'strands' van ESERA levert de volgende zeven gemeenschappelijke thema's: wiskundig en natuurwetenschappelijk redeneren ('argumentation'), het leren van begrippen, affectieve aspecten van leren, (culturele, sociale en gender-) diversiteit, geschiedenis van het vakgebied, digitale didactiek en, tot slot, het opleiden van leraren. Hoewel deze verzameling thema's wat willekeurig aandoet, kun je er ook uit afleiden dat er behoorlijk wat raakvlakken zijn tussen de vakdidactieken van de sciencevakken en die van de wiskunde.

Niet onbelangrijk is bovendien te constateren dat het bètadidactisch domein zich, net zoals de bètavakdidactieken, niet beperkt tot didactiek, dat wil zeggen de kunst van het onderwijzen. Wanneer in academische zin gesproken wordt over bètadidactiek dan kan het zowel gaan om het onderwijzen en toetsen als het leren van bètavakken. Bovendien worden ook internationale vergelijkende studies als PISA en TIMSS en daaruit voortvloeiende secundaire analyses tot het bètadidactisch domein gerekend.

³⁴ Kuiper (2009)

³⁵ Respectievelijk ELWier (www.fisme.science.uu.nl/wordpress/) en ECENT (zie www.ecent.nl).

³⁶ Respectievelijk de conferenties van de 'European Society for Research in Mathematics Education' in februari 2013 in Turkije en van de 'European Science Education Research Association' in september 2013 op Cyprus.

INTERMEZZO

De totstandkoming van bètaonderwijs³⁷

Waar gaan de bètaschoolvakken over en waar zouden ze over moeten gaan? Antwoorden op deze vragen zou je kunnen zoeken in de ontstaansgeschiedenis van die vakken: vanuit welke gedachte zijn zij ooit schoolvakken geworden? De Britse emeritus hoogleraar Edgar Jenkins schreef aan de hand van die vraag een artikel over het ontstaan van de science-schoolvakken. In het artikel gaat Jenkins voornamelijk uit van de Britse context. In vogelvucht volgen hieronder enkele punten die Jenkins maakt.

Halverwege de negentiende eeuw gaan (natuur-) wetenschappers zich steeds verder specialiseren in een enkele discipline. Onder meer om politieke redenen (meer draagvlak, status en geld) lijkt het sommigen echter verstandig om ook te benadrukken wat de disciplines gemeenschappelijk hebben. Dat is, als gevolg van de genoemde specialisatie, in steeds mindere mate de natuurwetenschappelijke kennis: die ontwikkelt zich snel en op heel verschillende terreinen. In plaats daarvan wordt de werkwijze ('methodology') naar voren geschoven als centraal overkoepelend kenmerk. Er wordt vanuit deze gedachte gelobbyd voor aandacht voor science in het onderwijs. Science wordt dan gepresenteerd als een 'vak' waarmee leerlingen zowel hun denken ontwikkelen alsook relevante kennis opdoen voor hun maatschappelijk functioneren. Die twee componenten, Jenkins noemt ze "scientific training" (leren hoe je natuurwetenschappelijke kennis tot stand brengt) en "scientific information" (leren over de concrete opbrengsten van dat proces), krijgen in het onderwijs in beginsel allebei aandacht.

Leerlingen leren dus ook welke stappen je, algoritmisch, zet bij het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek en hoe je erover rapporteert. Dat heeft ook gevolgen voor schoolboeken. Jenkins stelt:

"textbooks also quickly came to adopt a standardized format. Bassey (1960), writing about school chemistry textbooks in use in England in the mid-20th century, commented that it was as if the '400 pages of a common ancestor' had been shuffled and reprinted with 'the addition of a handful of pages to mark the individuality of the "new" book' There seems little reason to doubt that a similar comment might be made about textbooks in biology or physics in use in England, or elsewhere at this time."

37 Ontleend aan Jenkins (2007).

Hoewel in de tweede helft van de twintigste eeuw ontwikkelingen in didactische uitgangspunten en in terminologie volgen, zijn ontwikkelingen in wetenschapsfilosofische opvattingen over 'science' aan 'school science' voorbij gegaan. 'School science' lijkt daarmee een karikatuur geworden van 'science'. Dat geldt voor het proces van kennisontwikkeling maar ook voor de disciplines zelf (oorspronkelijk biologie, natuurkunde en scheikunde) die steeds meer versmelten met technologische ontwikkelingen ('technoscience') en steeds moeilijker te herkennen zijn als monodisciplines.



Samenvattend kan gesteld worden dat er een bètadidactisch domein aan het ontstaan is. Die ontwikkeling wordt vanuit de praktijk gevoed doordat er in de praktijk van het voortgezet onderwijs steeds meer dwarsverbanden ontstaan tussen de klassieke monodisciplines. Dat geldt in het bijzonder voor de sciencevakken.

Hoofdstuk 3: Vakbeelden als bètadidactisch thema

“Don’t be foolish,” said the wise old men, smiling most kindly smiles. “We don’t teach fish-grabbing to grab fish; we teach it to develop a generalized ability which can never be developed by mere training. We don’t teach horse-clubbing to club horses; we teach it to develop a generalized strength in the learner We don’t teach tiger-scaring to scare tigers; we teach it for the purpose of giving that noble courage which carries over into all the affairs of life”³⁸.

Relevantie en ‘focus’ van bètaonderwijs

De vorige hoofdstukken zijn gewijd aan definiëring en afbakening van bèta, vakdidactiek en bètadidactiek. Zoals aangekondigd in de inleiding gaat het vervolg van deze rede vooral verder op een specifieke vakdidactische kwestie: visies van bètadocenten op hun vak. In het lectoraat spreken we van ‘vakbeelden’. In het bijzonder gaat om de vraag hoe docenten de relevantie van hun vak beschouwen³⁹: is het schoolvak wiskunde in de ogen van de wiskundedocent bijvoorbeeld bedoeld om leerlingen voor te bereiden op een wiskundestudie? Of om hen algemene denkvaardigheden aan te leren? Of om andere vakken waarin wiskunde een rol speelt te ondersteunen? Of ...?

Naar aanleiding van deze kwestie hebben de leden van de kenniskring samen een workshop ontwikkeld die zij inmiddels vijf keer hebben geleid voor divers publiek: bèta’s en niet-bèta’s, lerarenopleiders, docenten en studenten van de bèta-lerarenopleidingen. In de workshop, getiteld ‘Het heelal en zijn omgeving: de reikwijdte van bèta’, wordt op zeker moment ook gevraagd naar visies van de deelnemers op de relevantie van de bètavakken. Inmiddels weten we uit ervaring dat die vraag geen vanzelfsprekende is. In de regel lijkt er voor bètadocenten geen aanleiding om erover na te denken: de vraag wordt immers met enige regelmaat door onder meer politiek en bedrijfsleven via de media beantwoord. Dat gebeurt bijvoorbeeld met krantenkoppen als “Relatief erg weinig bètastudenten in

38 Peditwell (1939). Collega-lector Marco Snoek voerde in zijn lectorale rede in 2004 het satirische boekje “The sabertooth-curriculum” ook al op en om ongeveer dezelfde reden als ik dat hier doe.

39 Marc Stuckey en collega’s schreven recentelijk een uitvoerige review rond het thema relevantie van science-onderwijs. Zie: Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks (2013).

Nederland”⁴⁰, “Kies voor een goede baan een bètaprofiel”⁴¹ en “Enorm tekort aan technisch personeel: 63.000 vacatures”⁴². Interessant is echter dat in de genoemde workshops slechts een kleine minderheid van de bètadocenten (in opleiding) van mening was dat de relevantie van bètaonderwijs primair van economische aard was. Overwegend kozen de deelnemers voor een focus op algemene ontwikkeling (‘scientific literacy’ of ‘mathematical literacy’) van leerlingen.

Natuurlijk is het de vraag in hoeverre dit soort visies op (relevantie van) het vak van docenten ook zichtbaar zijn in de onderwijspraktijk. Het promotieonderzoek van collega Ilona Mathijssen⁴³ laat bijvoorbeeld zien dat denken en handelen van docenten lang niet altijd met elkaar in lijn zijn. Bovendien moet daarbij een onderscheid worden gemaakt tussen de visie van de docent en die van de ontwikkelaar van het lesmateriaal⁴⁴.

Hoe visies op (de relevantie van) bètaonderwijs in de praktijk tot uiting komen kan dan ook onderzocht worden door lesmethodes te vergelijken. De Amerikaanse bètadidacticus Douglas Roberts⁴⁵ merkte op dat verschillende lesboeken voor het vak natuurkunde heel verschillende accenten legden. In de ene methode was veel aandacht voor alledaagse toepassingen; in een andere methode werd steeds getoond hoe observaties tot natuurkundige kennis leiden. Dit soort min of meer systematisch aangebrachte ‘accenten’ noemt Roberts ‘curriculum emphases’⁴⁶:

A curriculum emphasis in science education is a coherent set of messages to the student about science (rather than within science). Such messages constitute objectives which go beyond learning the facts, principles, laws, and theories of the subject matter itself – objectives which provide answers to the student question: “Why am I learning this?”

Het gaat bij curriculum emphases dus niet alleen om verschillen in de wijze waarop een vak wordt gepresenteerd maar vooral ook om de signalen die daardoor naar leerlingen worden afgegeven over het vakgebied en doelstellingen van het schoolvak. Die signalen kunnen zowel expliciet zijn (in de vorm van tekst) als

40 Volkskrant, 17 februari 2013.

41 Volkskrant, 27 april 2013.

42 NRC, 5 januari 2013.

43 Mathijssen (2006).

44 Zie bijvoorbeeld Vos (2010).

45 Roberts (1982)

46 In Nederland hebben verschillende onderzoekers werk gemaakt van onderzoek naar curriculum emphases. Zo verscheen in 2011 het proefschrift van Lesley de Putter-Smits dat voor een belangrijk deel gaat over curriculum emphases van docenten bij het ontwerpen van lesmateriaal volgens de concept/context-benadering.

impliciet. Door bijvoorbeeld enkel foto's en/of namen van jongens en mannen op te nemen in een lesmethode wordt impliciet een signaal afgegeven. Los van de lesmethode geven docenten zelf ook dit soort impliciete signalen af. Door bijvoorbeeld alleen demonstratiepractica en nooit leerlingpractica te doen in de klas of door vooral tijd te besteden aan goede antwoorden bij het bespreken van opgaven in plaats van door te praten over de gekozen aanpak van de leerlingen. Roberts onderscheidt zeven curriculum emphases. Het voert te ver om deze allemaal in deze rede te bespreken. Daarom beperk ik me hier tot twee 'rode draden' die door de verschillende emphases heen lijken te lopen. Een eerste rode draad is de tegenstelling tussen het signaal dat er een kloof is tussen leerlingen en wetenschappers versus de boodschap dat leerlingen gezien kunnen (of eigenlijk: moeten) worden als beginnende natuurwetenschappers. Een andere dimensie die je in de curriculum emphases zou kunnen zien is de mate waarin wetenschap wordt beschouwd als een opzichzelfstaande onderneming versus een onderneming die samenhangt met, c.q. van invloed is op, het dagelijks leven.

Van Berkel⁴⁷ bracht de zeven curriculum emphases terug tot drie meer algemene benaderingen in de context van het scheikundeonderwijs. In onderzoek van Van Driel en collega's⁴⁸ worden deze aangeduid als 'fundamental chemistry' (gericht op het aanleren van theoretische begrippen als scheikundige basis), 'chemistry, technology, and society' (gericht op relaties tussen de wetenschappelijke, technologische en maatschappelijke contexten waarin scheikunde een rol speelt) en 'knowledge development in chemistry' (gericht op de maatschappelijke en culturele context waarin, en de wijze waarop, scheikundige kennis tot stand komt)⁴⁹. Zij concludeerden op basis van vragenlijstonderzoek onder meer dat scheikundedocenten, gemiddeld genomen, verschillend dachten⁵⁰ over de mate waarin in havo versus in vwo aandacht zou moeten zijn voor 'knowledge development in chemistry'. Voor het vwo werd die benadering relevanter geacht. Daaruit blijkt dat de visie van docenten op het vak ook samen kan hangen met de doelgroep.

47 Van Berkel (2005)

48 Van Driel, Bulte, & Verloop (2008)

49 Zie ook Eilks & Hofstein (2013).

50 Ik gebruik hier bewust de verleden tijd. Het onderzoek vond plaats in de aanloop naar de vakvernieuwing 'nieuwe scheikunde'. Hoewel een deel van de docenten daar al op gericht was, gold dat voor de meeste docenten niet. Eenzelfde onderzoek zou opnieuw uitgevoerd andere resultaten kunnen laten zien. Een kleinschalig onderzoek dat ik met enkele collega's uitvoerde in 2011 (Van de Sande, Tielman, & Mollen, 2011) laat zien dat ook op dat moment docenten nog niet erg bezig waren met deze vakvernieuwing.

Visie op het vak en vakbeelden

Visies van bètadocenten op de relevantie van hun vak en op de focus die gelegd moet worden in de onderwijspraktijk zijn belangrijke onderdelen van het ‘vakbeeld’ van die docenten⁵¹. Vakbeelden verwijzen naar de wijze waarop gedacht wordt over de inhoud en grenzen van het domein⁵², de mensen die er werkzaam zijn en de activiteiten die zij ontplooiën alsook de contexten waarbinnen het vak betekenis heeft. Bovendien hebben vakbeelden een persoonlijke dimensie: past dit vak bij mij?⁵³.

Rijkere vakbeelden geven beter de grote diversiteit en mogelijkheden van het bètadomein weer. Het gaat dan om vragen als hoe leerlingen en docenten (in opleiding) tot vakinhoudelijke begrippen komen en welke relaties zij zien tussen die begrippen⁵⁴; hoe zij denken over de ‘vakstructuur’ van de vakken en de samenhang en verschillen tussen de bètavakken⁵⁵ en hoe de schoolvakken zich verhouden tot bèta in andere contexten⁵⁶ (zoals wetenschap, dagelijks leven en technisch bedrijfsleven). We veronderstellen dat deze ‘vakbeelden’ van invloed zijn op de houding ten aanzien van bètavakken, op het leren van die vakken en op het onderwijzen ervan. Leerlingen gaan bijvoorbeeld verbanden zien tussen vakken of juist verschillen; ze krijgen inzicht in contexten waarin die vakken betekenis hebben en ze krijgen een idee van de structuur van het vak en van de centrale concepten. Voor aankomende en zittende docenten is het van belang om inzicht te krijgen in de vakbeelden die leerlingen hebben, maar ook in de eigen vakbeelden en die van collega's: "How do teachers perceive their content and how do these perceptions impact the manner in which they organize and deliver instruction?"⁵⁷. Tenslotte is het de vraag hoe zij als docent didactische maatregelen kunnen treffen om beelden bij leerlingen te verfijnen en verrijken⁵⁸, bijvoorbeeld door het kiezen van andere contexten of curriculum emphases of door het intensiveren van aandacht voor de structuur van het vak.

51 Van de Sande (2007). Zie ook bijvoorbeeld Belo (2011) en Chi, Slotta, & De Leeuw (1994).

52 Vgl. "vakfilosofie" (De Vries, 2009). De vakfilosofie van een docent bestaat uit zijn/haar antwoord op de vraag: 'Waar gaat dit vak over?'. Vakfilosofie vormt de vereniging (in wiskundige zin) van vakwetenschap en vakdidactiek. Om het individuele, psychologische karakter te benadrukken, spreken we in het lectoraat liever van vakbeelden. Daarmee geven we ook aan dat het in meer of mindere mate kan gaan om fragmentarische, impliciete en intuïtieve noties hetgeen niet goed lijkt te passen bij de idee van een vakfilosofie.

53 Hogan (1999)

54 zie bijvoorbeeld Treagust & Duit (2009).

55 De Vos & Verdonk (1990)

56 Van Berkel (2005)

57 Gess-Newsome & Lederman (2002)

58 Fairbanks et al. (2009)

Het beeld dat docenten van hun vak hebben beperkt zich niet tot het schoolvak maar strekt zich uit tot de achterliggende wetenschappelijke discipline en toepassingen daarvan in industrie en dagelijks leven. De laatste jaren is de noodzaak daartoe ook sterker geworden omdat ook in de schoolvakken meer aandacht wordt gevraagd voor de contexten waarin begrippen betekenis hebben (denk aan de 'concept/context-benadering' voor de science-vakken en aan realistische wiskunde). Die verbreding maakt vakbeelden complex maar bovendien noodzakelijk aan verandering onderhevig: als gevolg van maatschappelijke en technologische veranderingen dienen vakbeelden te worden uitgebreid of genuanceerd. Vraag in het verlengde van deze kwestie is hoe docenten in opleiding in staat kunnen worden gesteld hun vakmanschap adequaat, ook na het afronden van de opleiding, door te ontwikkelen.

Een visie op vakbeelden in de praktijk

Wat mij betreft zou het ontwikkelen van een rijk vakbeeld een fundamenteel doel van goed bètaonderwijs moeten zijn. Dat geldt natuurlijk ook voor andere vakken maar voor de bètavakken in het bijzonder, waar bijvoorbeeld de betekenis en relevantie van die vakken voor veel leerlingen niet evident is⁵⁹. Met de concept-/contextbenadering wordt daar bij de sciencevakken al een aantal jaar op ingespeeld. De wiskundige tegenhanger (realistische wiskunde) heeft overigens nog een veel langere traditie. Het benaderen van vakinhoud vanuit verschillende contexten - hetgeen recentelijk ook in eindexamenprogramma's havo en vwo is terug te vinden - helpt leerlingen een rijker vakbeeld te ontwikkelen. (In het vakbeeldonderzoek waaraan ik in de inleiding refereerde en dat ik ongeveer tien jaar geleden uitvoerde, was verreweg de meest genoemde context nog de schoolcontext en verwees maar twee procent van de leerlingen in hun omschrijving van scheikunde naar maatschappelijke of alledaagse contexten.) Niet alleen leerlingen zijn er bij gebaat bètavakken te leren kennen vanuit verschillende contexten. Het maakt de vakkennis van (aankomende) docenten wendbaar doordat curriculumveranderingen minder snel als bedreiging en eerder als kans worden beschouwd. Schoolvakken worden verbreed naar wetenschappelijke discipline, technische en industriële toepassingen en maatschappelijke en alledaagse relevantie. Voor aankomende, beginnende en ervaren docenten leidt dat tot verduurzaming van hun vakmanschap. Daarover meer in het volgende hoofdstuk.

⁵⁹ Zie bijvoorbeeld Schreiner & Sjøberg (2004).

Voor de lerarenopleiding betekent dat dat er aandacht nodig is voor de vraag hoe vakbeelden bij studenten kunnen worden doorontwikkeld. We kunnen constateren dat veel van de collega's van de bèta-lerarenopleidingen van FLOT hier bewust en met plezier aan werken. Dat is ook terug te zien in de verschillende curricula: naast uitgebreide(!) aandacht voor verschillende aspecten van de vakdidactiek is er ruimte voor andere opleidingsonderdelen waarin reflectie op het vak centraal staat. Ik denk bijvoorbeeld aan onderdelen waarin de geschiedenis van en kennisontwikkeling binnen het vak aan de orde komt en onderdelen waarin expliciet vanuit een ander perspectief dan dat van het schoolvak wordt gekeken (bijvoorbeeld in het onderdeel 'Duurzaamheid').

Bovendien wordt zeer recent opnieuw nagedacht over herinvoering van bedrijfsstages in de curricula van (hbo- en wo-) bèta-lerarenopleidingen. Daarover zijn afspraken gemaakt in het kader van het eerder genoemde techniekpact. In de praktijk van de BEd-lerarenopleidingen natuurkunde, scheikunde en techniek is al enige jaren een beperkte bedrijfsoriëntatie opgenomen. Collega Saskia Blom schreef een praktijkpublicatie⁶⁰ over haar inspanningen om de leerwinst van deze studenten, ook voor henzelf, zichtbaar te maken, hetgeen een opgave bleek:

'Ik heb helemaal niet geleerd', dat was wat een van de studenten in 2007 na afloop van het project 'Technolab' opschreef. En in vrijwel de hele groep van 11 Natuurkunde- en Scheikundestudenten heerste twijfel of dit project wel thuishoorde in een lerarenopleiding. Toch had ikzelf het idee dat deze studenten tijdens het project duidelijk gegroeid waren.

Blijkbaar paste de bedrijfsstage van deze studenten niet in hun persoonlijke vakbeeld maar wel in die van de betrokken docent.

60 Blom (2011)

Hoofdstuk 4:

Naar duurzaam vakmanschap

No longer do young people take it for granted that everybody has to learn math The questions, “Why mathematics? Why so much of it? Why ‘for all’?” are now being asked by almost anybody invested, or just interested, in the business of education. Almost, but not all. . . . the doubt does not seem to cross the minds of those who should probably be the first to wonder: mathematics educators, policy makers, and researchers.”⁶¹

Veranderingsbekwaamheid, ‘adaptive expertise’ en duurzaam vakmanschap

Goed bètaonderwijs begint bij bekwame docenten die in staat zijn bètatalenten van leerlingen te herkennen en te ontwikkelen. Bovendien zijn zij in staat om het, zich snel ontwikkelende, bètadomein te belichten vanuit voor leerlingen adequate, relevante, aansprekende en inspirerende contexten. Dat stelt eisen aan de wendbaarheid (‘adaptiviteit’) van vakinhoudelijke expertise en pedagogical content knowledge van docenten⁶². In het lectoraat hebben we het in dit kader over ‘duurzaam vakmanschap’ dat verwijst naar de bekwaamheid van docenten om hun vakkennis en PCK te blijven ontwikkelen, in een wisselwerking van nieuwe inzichten vanuit de vakwetenschappen en het bètatechnisch bedrijfsleven enerzijds en ontwikkelingen in het onderwijsveld anderzijds. We veronderstellen dat vakbeelden van docenten daarbij een centrale rol spelen. Het gaat dan bijvoorbeeld om de vraag of (en zo ja, hoe en in hoeverre) bètadocenten in staat zijn om in hun onderwijs:

- moderne wetenschappelijke inzichten op te nemen (denk aan domeinen als polymeerchemie, nanotechnologie en life sciences);
- aandacht te besteden aan recente technologische en industriële ontwikkelingen (bijvoorbeeld rond zelfherstellende materialen);
- aansluiting te vinden bij ontwikkelingen in het bètadomein die als vanzelfsprekend deel uitmaken van het dagelijks leven van leerlingen (zoals smartphones).

⁶¹ Sfard (2012)

⁶² Bransford, Brown, & Cocking (2000)

Van docenten wordt gevraagd op zijn minst mee te bewegen met - maar liever nog actief te participeren of zelfs het voortouw te nemen in – innovaties in het bètaonderwijs. In leerpsychologische termen gaat het om een voorbeeld van de ontwikkeling van ‘adaptieve expertise’ van bètadocenten.

Collega-lector Marco Snoek heeft het in dit kader over “veranderingsbekwaamheid van docenten”⁶³. Centraal in zijn definitie van dat begrip staan de “kennis, vaardigheden, houdingen, persoonlijke overtuigingen, identiteit en betrokkenheid” van de docent die hem/haar in staat stellen “keuzes te maken”. De ruimte van docenten om keuzes te maken heeft, zoals voor alle professionals geldt, grenzen. Bètadocenten werken, zeker in de bovenbouw van havo en vwo in een relatief strak regime waarin leerlingen in beperkte tijd niet alleen veel kennis tot zich moeten nemen maar die kennis ook moeten kunnen toepassen. Bovendien is, in het bijzonder voor de schoolvakken scheikunde en wiskunde, sprake van een concentrische ordening waarbij bij het leren van nieuwe vakinhouden vaak een beroep wordt gedaan op wat eerder is geleerd (of geleerd had moeten worden). In de onderbouw van het voortgezet onderwijs wordt (na het afschaffen van de basisvorming in 2006) minder strak voorgeschreven wat leerlingen moeten leren, en dus ook wat docenten moeten onderwijzen.

Crawford en collega’s⁶⁴ onderzochten expertiseontwikkeling van biologiedocenten en vooral het verschil tussen wat zij omschreven als “routine expertise” en “adaptive expertise” en de bijbehorende “adaptive orientation” respectievelijk “efficiency orientation” van docenten. (Zie tabel 1 voor een indruk van kenmerkende verschillen.)

Zij concluderen dat (routinematige) expertise docenten in bepaalde gevallen kan belemmeren in hun handelen. Vanuit dit perspectief kunnen (ook ervaren) docenten moeite hebben om bètavakvernieuwingen (sinds de zomer van 2012 verankerd in nieuwe CSE-programma’s) in hun onderwijspraktijk in te vullen, hetgeen in overeenstemming lijkt met ervaringen in de praktijk van de lerarenopleiding. Opvattingen van docenten over het vak (vakbeelden dus) hebben dan een remmende werking op hun werk.

⁶³ Snoek (2004)

⁶⁴ Crawford (2007); Crawford et al. (2005).

Tabel 1: Characteristics of adaptive and efficiency orientations in teacher reasoning task (Crawford et al., 2005)

Adaptive orientation	Efficiency (or routine) orientation
Slow to draw conclusions, building mental model of situation from evidence	Quick to draw conclusions from one aspect of the problem space
Thorough, systematic exploration of data	Limited, unsystematic exploration of data
Tentativeness, posing questions to self	Certainty, satisficing to complete the task
Test hypotheses and judgements against new data	Retain hypotheses based on prior knowledge
Build understanding of situation through data	Interpret situation in terms of prior experience, assumptions
Explicit statements about not-knowing novel content	No statements about not-knowing novel content
Explicit testing of model with confirming information	Avoidance or discounting of nonconforming information
Shows interest, curiosity about novel content	Shows no interest in novel content

Werkwijze van het lectoraat: professionalisering via praktijkonderzoek

Deze lectorale rede is geschreven met het lectoraat nog in de kinderschoenen. In de kenniskring beschouwen we het dan ook als een document dat tot doel heeft de lectoraatsthematieken inzichtelijk te maken. Hoe daar in de praktijk werk van kan worden gemaakt is een terrein dat gaandeweg zal worden ontgonnen. Op basis van de ervaringen zoals opgedaan in de afgelopen maanden, geef ik in deze slotparagraaf enkele voorzetten voor een werkwijze.

In het lectoraat zoeken we naar mogelijkheden om met bètadocenten in het voortgezet onderwijs ruimte te creëren om zodoende te werken aan ontwikkeling van vakbeelden en dientengevolge aan duurzaam vakmanschap. De academische opleidingsscholen in Brabant en Zeeland waarin Fontys Lerarenopleiding Tilburg participeert bieden aanknopingspunten. Bovendien is FLOT mede-initiator van het Bètasteunpunt Brabant van waaruit Fontys Hogescholen, Avans en de Technische Universiteit Eindhoven werk willen maken van docentprofessionalisering met betrekking tot betavakvernieuwingen.

Zoals aangegeven in de vorige paragraaf is de ruimte om met docenten te werken aan duurzaam vakmanschap eigenlijk altijd beperkt. Bovendien is het voor docenten niet vanzelfsprekend of zelfs onwennig om tijdelijk(!) los te komen van het denken in termen van efficiëntie, hetgeen een noodzakelijke voorwaarde is om tot leren te komen.

Met de leden van de kenniskring is een manier van denken en werken ontwikkeld die model zou kunnen staan. Die aanpak is gebaseerd op de volgende uitgangspunten. Ten eerste wordt op regelmatige basis (lieftst wekelijks) gereflecteerd op de eigen vakbeelden en die van collega's. Dat gebeurt met docenten van verschillende bètavakachtergronden. De ervaring leert dat door opvattingen over leerinhouden, vakordening, leerproblemen, enz. tussen vakken te vergelijken, het eigen vakbeeld verder wordt verfijnd en uitgebreid. In de bijeenkomsten worden reflectieve gesprekken over de vakbeelden van de betrokkenen verbonden met praktijkervaringen. Zo worden de deelnemers geïnspireerd en ontstaan vragen en hypotheses over verbetering van de eigen onderwijspraktijk. Middels praktijkonderzoek wordt systematisch antwoord gezocht op die vragen. De opgedane onderzoekservaringen worden vervolgens weer ingebracht in de gesprekken met de collega's. De lectoren van Fontys lerarenopleiding Tilburg werken vanuit de volgende gedeelde visie op praktijkonderzoek:

Onderzoek doen hoort bij de praktijk van leraren. Leraren en lerarenopleiders doen onderzoek naar hun eigen praktijk om de kwaliteit van hun handelen te onderbouwen, te evalueren en te verbeteren. Studenten leren tijdens de lerarenopleiding hoe zij door middel van praktijkonderzoek een kritische houding ten opzichte van hun onderwijspraktijk kunnen ontwikkelen. Op die manier werken (aanstaande) leraren en lerarenopleiders gedurende hun gehele onderwijsloopbaan systematisch aan het verbeteren van die praktijk.

Dankwoord

Aan het eind van deze rede maar met het lectoraat nog in de kinderschoenen zou ik graag een aantal mensen bedanken die geholpen hebben om dit lectoraat mogelijk te maken of een rol hebben gespeeld bij de inrichting ervan. Ik loop er een aantal langs.

Allereerst is dat het College van Bestuur van Fontys Hogescholen. Binnen Fontys Lerarenopleiding Tilburg gaat mijn dank uit naar de directie, Ans Buys, Johan Struik en Véronique van de Reijt, en naar 'emeritus lector' Sanneke Bolhuis die zich gezamenlijk sterk hebben gemaakt en blijven maken voor praktijkonderzoek als professionaliseringsstrategie en voor het lectorenteam als aanjagers en ambassadeurs van die visie op onderzoek.

Het lectorenteam, en in het bijzonder onze 'teamcaptain' Quinta Kools, bedank ik voor de prettige samenwerking en de steun. Het voordeel van met zes lectoraten ongeveer gelijktijdig starten, is dat je dezelfde uitdagingen, zoals het schrijven van een lectorale rede, op hetzelfde moment tegenkomt.

Ook dank aan de opleiders van het bèta+-team en de teamleiders van FLOT, in het bijzonder Harrie Schollen, voor hun belangstelling en geduld. Dat geldt natuurlijk ook voor topsecretaresses Isabelle, Caroline en Monique. Vanzelfsprekend ben ik de kenniskringleden - Stefan Bosmans, Tom Goris, Wim Maagdenberg en Suzanne Calabretta - bijzonder dankbaar voor de fijne samenwerking en de inspirerende, effectieve, maar tegelijkertijd prettig inefficiënte, brainstormsessies van de afgelopen maanden.

Hoe langer hoe meer krijg ik ook direct persoonlijk belang bij uitstekend bèta-onderwijs. Jasmijn (9 en aankomend wiskundige en schoonheidsspecialiste) en Jesse (bijna 7 en aankomend profvoetballer): bedankt voor jullie vragen! (Waarom word je haar donkerder als het regent? Zijn er net zoveel mensen op de wereld als het laatste getal? Waarom zeggen ze eigenlijk dat water blauw is?). Ik heb de meesters en juffen van Fontys er flink mee lastiggevallen.

Ik bedank mijn ouders voor de mentale ondersteuning. En Lonneke, bedankt voor de ruimte om aan deze klus te blijven werken. Op naar de volgende...

A je to!⁶⁵

65 Benes, Jiranek & Benes (1976).

Literatuur

- Belo, N.A.H. (2013). *Engaging student in the study of physics: An investigation of physics teachers' belief systems about teaching and learning physics*. Leiden: Universiteit Leiden.
- Benes, L, Jiranek, V, & Benes, M. (1976). *Kutaci (Pat a Mat)*. Prague: AIF.
- Blom, S.M.P. (2011). *Tel uit je winst! Wat leren leraren van een bedrijfsstage?* Tilburg: Fontys Lerarenopleiding Tilburg
- Bransford, J.D., Brown, A.L., & Cocking, R.R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Bybee, R.W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329, 5995, 996.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Crawford, V.M., Schlager, M., Toyama, Y., Riel, M., & Vahey, P. (2005). *Characterizing adaptive expertise in science teaching*. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Conference, April 2005, Montreal, Canada.
- Crawford, V.M. (2007). *Adaptive expertise as knowledge building in science teachers' problem solving*. Paper presented at the Second European Cognitive Science Conference, May 2007, Delphi, Greece.
- De Putter-Smits, L.G.A. (2012). *Science teachers designing context-based curriculum materials : developing context-based teaching competence*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- De Vos, W. & Verdonk, A.H. (1990). Een vakstructuur van het schoolvak scheikunde. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 8, 1, 19-35.
- De Vries, M.J. (2009). *Betadidactiek: kunstje, kunst of kunde. Naar een R&D cultuur voor de betadidactiek*. Delft: Technische Universiteit Delft.
- Deng, F., Chen, D., Tsai, C., & Chai, C.S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95, 6, 961-999.
- Dossey, J. (1992). The nature of mathematics: It's role and its influence. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 39-48). New York: Macmillan.
- Duschl, R.A. & Grandy, R. (2012). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, 22, 9, 2109-2139.
- Eilks, I. & Hofstein, A. (2013). *Teaching chemistry - A studybook: A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers*. Rotterdam: Sense Publishers.

- Fairbanks, C.M., Duffy, G.G., Faircloth, B.S., He, Y., Levin, B., Rohr, J., & Stein, C. (2010). Beyond knowledge: exploring why some teachers are more thoughtfully adaptive than others. *Journal of Teacher Education*, 61, 1-2, 161-171.
- Farland-Smith, D. (2012). Development and field test of the modified Draw-A-Scientist Test and the Draw-a-Scientist Rubric. *School Science and Mathematics*, 112, 2, 109-116.
- Freudenthal, H. (1967). *Wiskunde in wetenschap en dagelijks leven*, Rheden: De Haan.
- Gess-Newsome, J. & Lederman, N.G. (2002). *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning*. London: Routledge.
- Herron, J.D. (1975). Piaget for Chemists. *Journal of Chemical Education*, 52, 146-150.
- Hogan, K. (1999). Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts. *Science Education*, 83, 1, 1-32.
- Hooykaas, R. (1933). *Het begrip element in zijn historisch-wijsgeerige ontwikkeling*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Jenkins, E.W. (2007). School science: A questionable construct? *Journal of Curriculum Studies*, 39, 3, 265-282.
- Klatter, E. (2011). *Auto's, eieren en onderwijs: Didactiek van het techniekonderwijs*. Eindhoven: Fontys Hogescholen.
- Krauss (2013). *Differential pay scales for teachers in science and math*. Retrieved from <http://bigthink.com>.
- Kuiper, W. (2009). *Curriculumevaluatie en verantwoorde vernieuwing van bètaonderwijs*. Enschede: Stichting Leerplanontwikkeling.
- Lovell, K. & Shayer, M. (1978). The impact of the work of Piaget on science curriculum development. *Knowledge and development*, 2, 93-138.
- Mathijsen, I.C.H. (2006). *Denken en handelen van docenten*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2011). *Naar de top: Het bedrijvenbeleid in actie(s)*.
- Niaz, M. (2012). *From "science in the making" to understanding the nature of science*. London: Routledge.
- Obama, B.H. (2013). Educate to innovate. *Third Annual White House Science Fair, April 2013*.
- Peddiwell, J.A. (1939). *The saber-tooth curriculum*. New York: McGraw-Hill.
- Piaget & Inhelder (1969). *The psychology of the child*. New York: Basic Books.
- Platform Bèta-Techniek (2011). *Bèta Excellent 2011-2016*.
- Roberts, D.A. (1982). Developing the concept of "curriculum emphases" in science education. *Science Education*, 66, 2, 243-260.

- Schneider, R.M. & Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, 81, 4, pp. 530-565.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). *Sowing the seeds of ROSE: Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – A comparative study of students' views of science and science education*. Oslo: Unipub.
- Sfard, A. (2012). Why mathematics? What mathematics. *The Mathematics Educator*, 22, 1, 3-16.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 2, 4-14.
- Snoek, M. (2004). *Van veranderd worden naar zelf veranderen; Veranderingsbekwaamheid als metacompetentie van leraren*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49, 1, 1-34.
- Techniekpact (2013). *Nationaal Techniekpact 2020*.
- Treagust, D.F. & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies in Science Education*, 3, 297-328.
- Treagust, D.F. & Duit, R. (2009). Multiple perspectives of conceptual change in science and the challenges ahead. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 32, 2, 89-104.
- Van Berkel, B. (2005). *The structure of current school chemistry: A quest for conditions for escape*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Van Driel, J.H., Bulte, A.M.W., & Verloop, N. (2008). Using the curriculum emphasis concept to investigate teachers' curricular beliefs in the context of educational reform. *Journal of Curriculum Studies*, 40, 1, 107-122.
- Van de Sande, R.A.W. (2007). *Competentieverichtheid en scheikunde leren: Over metacognitieve opvattingen, leerresultaten en leeractiviteiten*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Van de Sande, R.A.W. Tielman, K. & Mollen, G.C.M. (2011). *Hoe leraren (in opleiding) 'context based' chemieonderwijs beschouwen: een verkenning binnen de M.Ed.-lerarenopleiding scheikunde*. Paper presented at the Onderwijs Research Dagen, Maastricht, the Netherlands, June 2011.
- Vos, M.A.J. (2010). *Interaction between teachers and teaching materials. On the implementation of context-based chemistry education*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

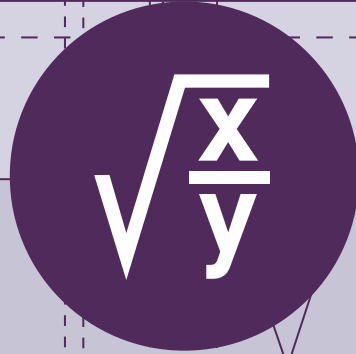
Curriculum Vitae

Rutger van de Sande studeerde in 2000 af als psycholoog aan de Universiteit van Tilburg met een gecombineerde afstudeerrichting van onderwijs- en organisatiepsychologie. Tijdens zijn studie voerde hij evaluatieonderzoek uit naar het op bètadidactische leest geschoeide project 'Denklessen' (de Nederlandse versie van het CASE-project waarnaar in deze rede wordt verwezen) van het Algemeen Pedagogisch Studiecentrum in Utrecht en onderzocht hij de leereffecten van een werkoriëntatiestage van studenten technische bedrijfskunde van Fontys Hogescholen in Eindhoven. Bovendien was hij betrokken bij de inrichting van een startassessment voor een duale lerarenopleiding bij Fontys Lerarenopleiding Tilburg. Na zijn studie startte hij een promotieonderzoek aan de Technische Universiteit Eindhoven naar relaties tussen scheikundegerelateerde opvattingen van vo-leerlingen en de ontwikkeling van scheikundige competenties. In 2007 resulteerde dat in een proefschrift getiteld 'Competentiegerichtheid en scheikunde leren: Over metacognitieve opvattingen, leerresultaten en leeractiviteiten'.

Vanaf 2003 was hij actief als lerarenopleider. In eerste instantie aan Fontys Pedagogisch Technische Hogeschool in Eindhoven. Daarna aan Fontys Lerarenopleiding Tilburg (FLOT), met tussentijds werkzaamheden aan de Eindhoven School of Education en Fontys Pabo Eindhoven. In die tijd was hij onder meer betrokken bij de vormgeving van de beroepsvoorbereidende en onderwijskundige programma's van deze lerarenopleidingen en projectleider van de minor 'Innovatief beroepsonderwijs'.

Met ingang van 2009 was hij bij FLOT vier jaar lang teamleider van de lerarenopleidingen natuurkunde, scheikunde en techniek en ook kort van het bèta-plus-team. Vanuit die rol had hij als portefeuillehouder bijzondere betrokkenheid bij het thema onderzoek in de opleidingen.

Momenteel werkt hij als lector bètadidactiek aan Fontys Lerarenopleiding Tilburg.



"Chemis
college,
or some

"**Physics** is really nothing more than
but so far all we have is a kind of c

"To tho
to get
beaut
to app
langu

"Every time I sat in a chemistry lesson, I thought, 'What am I doing this for? I don't ever want to be in a job that involves a Bunsen burner.'" **Simon Cowell**

try is a class you take in high school or college, where you figure out two plus two is ten, or nothing." **Dennis Rodman**

in a search for ultimate simplicity, elegant messiness." **Bill Bryson**



ose who do not know mathematics it is difficult to get across a real feeling as to the beauty, the deepest truth, of nature ... If you want to learn about nature, to appreciate nature, it is necessary to understand the language that she speaks in." **Richard Feynman**



Rutger van de Sande

Bètadidactiek: naar duurzaam vakmanschap

Het bètatechnisch bedrijfsleven en de bètawetenschappen zijn voortdurend in ontwikkeling. Bovendien hebben zij zichtbaar en onzichtbaar invloed op het leven van alledag. Op bètadocenten rust de boeiende taak om leerlingen te laten zien welke betekenis bèta, ook buiten de context van het onderwijs, heeft. Het blijkt bovendien een uitdaging om die taak te verenigen met de robuuste vakstructuur die elk van de bètaschoolvakken kenmerkt.

Lerarenopleidingen helpen om bètadocenten (in opleiding) een verfijnd 'vakbeeld' (d.w.z. een genuanceerde visie op het vak) te ontwikkelen. Het lectoraat bètadidactiek heeft daarbij als doel om kennis te verwerven over visies van bètadocenten op hun vakken en deze kennis in te zetten in de praktijk van de lerarenopleiding en in samenwerking met docenten in het voortgezet onderwijs.

