

DE WERELD MAKEN

BÈTA- EN TECHNOLOGIEDIDACTIEK
VOOR EEN ONZEKERE TOEKOMST

OPENBARE LES
31 JANUARI 2019
DR. ELWIN SAVELSBERGH

KENNISCENTRUM
LEREN EN INNOVEREN
LECTORAAT BÈTA- EN
TECHNOLOGIEDIDACTIEK



HOGESCHOOL
UTRECHT

DE WERELD MAKEN

BÈTA- EN TECHNOLOGIEDIDACTIEK
VOOR EEN ONZEKERE TOEKOMST

OPENBARE LES
31 JANUARI 2019
DR. ELWIN SAVELSBERGH
C

KENNISCENTRUM
LEREN EN INNOVEREN
LECTORAAT BÈTA- EN
TECHNOLOGIEDIDACTIEK

- 1. INLEIDING - EEN ONZEKERE WERELD** 5
- 2. OPGROEIEN - DE WERELD ONTMOETEN** 15
- 3. DE NATUUR EN DE LEEFOMGEVING:
INTERESSE EN WAARDERING** 19
- 4. DE PLAATS VAN DE SCHOOL** 25
- 5. KENNIS VOOR EEN ONZEKERE WERELD** 31
- 6. KENNIS EN DE INCLUSIEVE SAMENLEVING** 37
- 7. KENNIS, VERTROUWEN EN KRITIEK** 43
- 8. OPLEIDEN VOOR EEN ONZEKERE WERELD** 51
- 9. BIJDRAGEN AAN HET BÈTA- EN
TECHNOLOGIEONDERWIJS** 55

Dankwoord 65

Referenties 66

Samenstelling onderzoeksgroep 73

Kenniscentrum Leren en Innoveren 75

Curriculum vitae 77

Colofon 79

“JE EIGEN PLAATS
IN DE WERELD WORDT
MEDEBEPAALED DOOR JE
NATUURWETENSCHAPPE-
LIJKE EN TECHNISCHE
KENNIS, EN DEZE KENNIS
KRIJGT PAS BETEKENIS
DOOR HOE JE IN DE
WERELD STAAT.”

1 / INLEIDING – EEN ONZEKERE WERELD

“Edu drukte de witte actietoets in.
De robot begon te zoemen en zijn ogen glansden langzaam op.
‘Bob’, zei Edu, ‘dit zijn mijn vader en moeder’.
‘Ng-ngngng!’ zei de robot. ‘Ah ááh aahngngenmaam-mm!’
‘Hij zegt “Aangenaam”,’ zei Edu.
‘Aangenaam met u kennis te maken’, sprak de robot.
Zijn stem was eentonig. Hij wiebelde met zijn hoofd en zijn
rechterooglicht knipperde.
‘Hij is een beetje verlegen,’ zei Edu ‘hij is lang niet in een
gewoon huis geweest.’”
Uit: *De Robot van de rommelmarkt* (Dragt 1967).

Mensen zijn verhalenvertellers. Onze ervaringen en de verhalen die wij daaruit weven kleuren onze verhouding tot de wereld. In het toekomstverhaal ‘De robot van de rommelmarkt’ van Tonke Dragt hebben robots de routineklusjes van ons overgenomen. Op school zijn er voorlees- en rekenmachines en de meeste kinderen hebben een robot die hun huiswerk maakt. Zelf lezen of rekenen kan bijna niemand meer. Edu, de hoofdpersoon, wil ook graag zo’n luxe robot, maar daarvoor is thuis geen geld. Edu koopt dan van zijn zakgeld een antieke robot bij een oude man op de rommelmarkt. Met hulp van de oude man repareert Edu de robot, en leert de robot lezen en rekenen. Als de robot aan het eind van het verhaal definitief stukgaat heeft Edu hem eigenlijk niet meer nodig. Voor mij belichaamt dit verhaal het plezier en de bevrijdende kracht van de techniek; een vak beheersen, iets goeds maken. Je kiest de juiste draad, de goede verbinding, het juiste woord, je handen vinden zonder aarzelen de weg, je maakt wat er daarvoor niet was. Dat geeft een mens vrijheid en eigenwaarde (Ryan & Deci 2000; Sennett 2008). Ik denk aan een lijfspreuk van de makerbeweging: “If you can’t open it, you don’t own it”. Als u het boek niet gelezen heeft roept dit verhaal misschien weinig bij u op, u heeft wellicht een heel ander bèta- en techniekverhaal?

We leven wat wetenschap en techniek betreft in bijzondere tijden. We weten meer dan ooit over de wereld om ons heen, en we kunnen aan meer knoppen draaien dan ooit tevoren. We kunnen kiezen uit honderd soorten shampoo, we hebben het menselijk genoom in kaart gebracht, en slimme algoritmen voorspellen onze kansen op ziekte en gezondheid. Techniek dringt door in iedere vezel van ons leven, figuurlijk in de vorm van mobieltjes, social media, en letterlijk in de vorm van voeding, medicijnen, prothesen, weekmakers en nanoplastics, en in de toekomst misschien genetische modificatie. We hebben, zonder dat dit speciale talenten of verdiensten vereist, toegang tot *unlimited* informatie en we bestellen rechtstreeks bij Alibaba in China. Op de langere termijn voorzien trendwatchers allerlei 'disruptieve technologieën', die de economie op zijn kop kunnen zetten: van kunstmatige intelligentie tot gentechnologie. Misschien worden de computers slimmer dan wij, en de robots handiger (Kurzweil 2010). Wat is dan nog onze plaats?

Er zijn ook andere zorgen: onze leefstijl heeft ingrijpende gevolgen voor het ecosysteem en het klimaat. Waar we in de loop van de vorige eeuwen steeds meer controle kregen over leefomgeving, voedsel en gezondheid, lijkt die beheersing in de toekomst allerminst verzekerd. Voor de lange termijn voorzien utopisten als Elon Musk en wijlen Stephen Hawking dat we een *interplanetary species* moeten worden om het overleven van de mens als soort te borgen. Op de kortere termijn zijn er grote onzekerheden op de arbeidsmarkt: mensen in de administratieve sector en in de auto-industrie zien hun banen bedreigd, terwijl er in de duurzame installatiesector juist tekorten ontstaan (Schoenaker & Notten 2018).¹ Dat is dan weer goed nieuws voor aankomende technische vakmensen: de aard van het werk verandert, maar er is genoeg te doen.

¹ En die tekorten lopen naar verwachting hard op; Doekle Terpstra, voorzitter van installatiebranchevereniging UNETO-VNI vertelt: "nu gaat het nog om 20.000 banen, over vijf jaar is dat al verdubbeld [...]. We doen er alles aan om meer mensen de techniek in te halen. We kijken bijvoorbeeld met het UWV hoe we mensen uit de financiële sector kunnen laten zijinstromen in de techniek. En we proberen statushouders aan ons te verbinden" (NOS 2018).

Zorgen over de toekomst en over de dreigende teloorgang van de mensheid en/of de beschaving zijn van alle tijden. De oude Grieken wisten al dat het niet goed ging met de jeugd, en Johan Huizinga schreef in 1935: "Wij leven in een bezeten wereld. En wij weten het. Het zou voor niemand onverwacht komen, als de waanzin eensklaps uitbrak in een razernij, waaruit deze arme Europese mensheid achterbleef in verstomping en verdwazing, de motoren nog draaiende en de vlaggen nog wapperende, maar de geest geweken" (Huizinga 1935). Toen ik veertien was zong Doe Maar: "En als de bom valt lig ik in mijn nette pakkie, diploma's en mijn checks op zakkie, mijn polis en mijn woordenschat, onder de flatgebouwen van de stad naast jou". Al die problemen zijn voorbijgegaan, of tenminste naar de achtergrond verdwenen.

Met bèta- en technologiekennis kun je veel dingen doen: je fiets repareren, gezonde voeding kopen, een leuke en goedbetaalde baan vinden, of je standpunt bepalen ten aanzien van de energietransitie. Mijn focus vandaag ligt bij het vraagstuk van duurzaamheid en de bijdrage van bèta- en technologieonderwijs aan persoonsvorming. Ons kleine deel van de wereldbevolking slaagt er nog niet in om op een duurzame en eerlijke manier met de natuurlijke hulpbronnen om te gaan. Pessimisten voorzien op korte termijn onafwendbare rampen. Optimisten verwijzen graag naar de eerdere milieuproblemen die we opgelost hebben: DDT, vervuilde rivieren, CFK's en dergelijke. Het antwoord was steeds economische groei: door te groeien werd het probleem tijdelijk erger, maar vervolgens leverde de toegenomen welvaart mogelijkheden om het probleem op te lossen, een effect dat bekend staat onder de naam 'environmental Kuznetz-curve'. In hoeverre deze optimistische interpretatie van de ontwikkelingen in het verleden klopt wordt betwist (Raworth 2017), maar in ieder geval zijn de problemen waar we nu voor staan anders, omdat het niet langer één aspect van het systeem betreft (de ozonlaag), of één plaats (vervuilde rivier), maar omdat ons handelen ingrijpt in de dynamiek van het systeem als geheel. We betreden daarmee een nieuw en onbekend geologisch tijdperk: het Antropoceen. Wat dat precies gaat inhouden weten we nog niet, maar dat onzekerheid over

onze fysieke leefwereld ook in onze westerse samenleving terug is als bepalende factor voor de menselijke toekomst is duidelijk.

Dat is de eerste onzekerheid: is er een toekomst voor mij, voor ons, en voor wie na ons komen?

En toch, als je Nederlanders vraagt spontaan de grootste problemen van ons land te benoemen, dan noemt nooit meer dan 3% als eerste een duurzaamheidsgerelateerd thema (Dekker, Den Ridder, Van Houwelingen & Van den Broek 2016); duurzaamheid komt zelfs niet voor in de top-3 van meestgenoemde problemen (Den Ridder, Boonstoppel & Dekker 2018). Het beeld verandert iets als er concrete onderwerpen worden voorgelegd:

- Klimaatverandering is dan zeer ernstig volgens 78% (EU-gemiddelde 74%) (Eurobarometer survey 87.1, maart 2017).
- Daarentegen is slechts 20% van mening dat overtuigend is aangetoond dat het gebruik van fossiele brandstoffen grote invloed heeft op het klimaat (Dekker et al. 2016).
- Armoedebestrijding in ontwikkelingslanden verdient prioriteit in het Nederlands beleid volgens 38%, in het EU-beleid volgens 54% (Eurobarometer survey 86.3, november-december 2016).

Het valt op dat de uitkomst bij dit soort vragen nogal afhangt van de manier van bevragen, dus de exacte getalswaarden zeggen niet zoveel. Bovendien dateren sommige van de aangehaalde uitkomsten alweer van ruim twee jaar geleden, en gezien het vele nieuws over dit onderwerp is het mogelijk dat de percentages inmiddels verschoven zijn. Toch is het globale beeld wel duidelijk: ongeveer een derde van de bevolking steunt verdergaande milieumaatregelen (Den Ridder et al. 2018), maar dan vooral als de lasten bij anderen (overheid, bedrijfsleven) liggen (Dekker et al. 2016).²

² Het bedrijfsleven zit ook niet te springen om de lasten te dragen. Sommige sectoren lobbyen met de meest curieuze argumenten om maatregelen te vertragen. Zo waarschuwt de auto-industrie voor banenverlies bij een snelle overgang naar elektrisch rijden: een verbrandingsmotor heeft immers meer onderdelen en vraagt meer onderhoud (Houtekamer 2018).

Het is wellicht begrijpelijk dat deze issues nog niet spontaan genoemd worden als urgent probleem in eigen land, omdat de gevolgen zich hier (nog) niet doen voelen. Wel zien we steeds dat millennials zich meer zorgen maken dan ouderen (Den Ridder et al. 2018).

Bovendien, er wordt zoveel beweerd: Malthus, Meadows en Brundtlandt voorspelden al dat de mensheid tegen grenzen zou aanlopen. Al Gore kondigde rampen aan. Hans Rosling en Steven Pinker vertellen ons dat er reden is voor optimisme. Salomon Kroonenberg en Freeman Dyson zeggen ons dat het versterkte broeikas effect eigenlijk een zegen is. Plantentechnologen melden dat ze soorteigen genen met CRISPR-CAS zo precies kunnen editen dat de veredelde planten niet onder de strenge GMO-regels zouden moeten vallen (Kreike 2018), terwijl anderen rapporteren dat er bij het toepassen van deze techniek zomaar stukken van een miljoen baseparen kunnen verdwijnen (Kosicki, Tomberg & Bradley 2018).

In 2016 verkoos de *Oxford Dictionaries* 'post-truth' als internationaal woord van het jaar. Termen als nepnieuws, desinformatie en alternatieve feiten lijken ingeburgerd te raken, met als reactie hierop veel factchecking en pogingen om bronnen die nepnieuws verspreiden uit te bannen. Niet alleen politici en sociale media kwamen onder vuur te liggen, maar ook wetenschappers en de traditionele massamedia werden beschuldigd van het verzinnen en verspreiden van nepberichten. Wie moet je geloven? Het vertrouwen in de wetenschap is groot (Dekker, Van der Ham & Wenekers 2018) maar waarom eigenlijk? En waarom zou je je met al die dingen bezighouden als je jezelf ook kunt terugtrekken in je behaaglijke cocon, met een feelgood tijdschrift en een muziekje op je nieuwe iPhone (Van der Heijden 2017)?

Dat is de tweede onzekerheid: is er een waarheid, en zo ja, wat doet die ertoe?

De laatste onzekerheid betreft het onderwijs zelf, en dan in het bijzonder het curriculum. Welke kennis is in deze tijd de moeite waard om te worden doorgegeven, en wie bepaalt dat eigenlijk? Op deze vraag zijn op verschillende plaatsen en in verschillende tijden verschillende antwoorden gegeven, en ook vandaag de dag bestaan er verschillende opvattingen naast elkaar. Pamela Bolotin Joseph en collega's (2000) beschrijven hoe de vormgeving van het 'curriculum'³ berust op een samenhangend stelsel van overtuigingen over de plaats van onderwijs in de maatschappij. Zo onderscheidt zij visies die gericht zijn op respectievelijk basisvaardigheden voor de arbeidsmarkt, cultuuroverdracht, democratisch burgerschap, en anti-oppressive education (vergelijk Freire 1972).

Sociologen zien het curriculum vooral in termen van toegang tot de macht, en in die zin is het curriculum altijd een verbeelding van de kennis die ertoe doet volgens de elite (Bernstein 2000). Die verbeelding kan verschillend zijn voor leden van de elite en voor hen die daar niet toe behoren. Zo functioneerde, tenminste tot in de negentiende eeuw, het gymnasiale curriculum met zijn nadruk op de oudheid als vorming voor de betere kringen, terwijl praktische kennis meer iets was voor de 'gewone' mensen (Mathijssen 1982). Tegen het einde van de negentiende eeuw ontstond door het grote succes van techniek en natuurwetenschappen een nieuwe welvarende en zelfbewuste klasse met een nieuwe kennisverbeelding. Mathijssen beschrijft hoe de emancipatiestrijd van deze nieuwe klasse geleid heeft tot een nieuwe kennisverbeelding waarin bèta- en technische kennis een dominante plaats kregen, maar waarin ook sporen van het oude ideaal behouden bleven. In 1982 voorzag Mathijssen dat het dominante kennisideaal van 'kennis als deskundigheid' opnieuw onder druk kwam te staan, zonder nog te weten

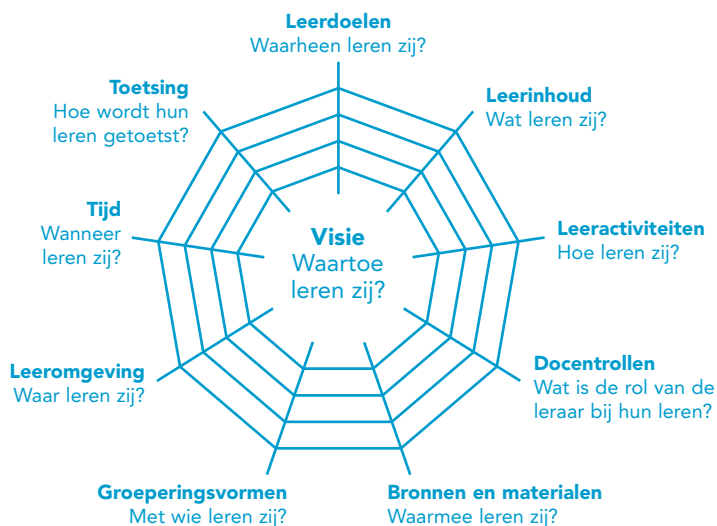
³ In het Engels omvat de term 'curriculum' niet alleen het leerplan, maar ook de manier van onderwijzen.

welke nieuwe kennisverbeelding zich aandienende. Als mogelijke kandidaat opperde Mathijssen het ideaal van zelfbeschikking.

In de decennia nadat Mathijssen dit schreef heeft het Nederlandse onderwijs vele grotere en kleinere herzieningen doorgemaakt ten aanzien van inhoud, didactiek, groeperingsvorm, (mede)zeggenschap en verantwoordingsstructuur. Zoals De Rooy schrijft in zijn geschiedenis van het onderwijs in Nederland: “De ene vernieuwing is nog niet in gang gezet of de volgende komt er al aan. Nu eens moeten scholen de leerlingen vooral opleiden voor de toekomst, dan weer opleiden tot democratische burgers en menslievende Nederlanders. Wat het onderwijs ook tot stand moet brengen, het is allemaal te weinig en niet goed genoeg” (De Rooy 2018). De Rooy pleit in zijn boek voor “heilzame verwaarlozing”, maar de kans dat die hoop uitkomt lijkt gering: op alle onderwijsniveaus worden op dit moment plannen voorbereid voor herziening van zowel het ‘wat’ als het ‘hoe’.

In de discussies over onderwijs klinken de eerdergenoemde onzekerheden door. In het curriculumherzieningsproject Curriculum.nu wordt, in opdracht van de minister, gezocht naar manieren om de grote opdrachten van deze tijd te gebruiken als organiserend principe voor het curriculum. Voor een deel is dat te zien als reactie op de eerste gesignaleerde onzekerheid. Maar net zo belangrijk zijn: een poging samenhang en prioritering aan te brengen in de overweldigende hoeveelheid kennis die beschikbaar is; twijfel aan de waarde van kennis an sich; en het idee dat ‘leren voor later’ niet meer overtuigt en dat kennis dus nú relevant moet zijn. Wat de discussie extra ingewikkeld maakt is dat inhouden, werk- en toetsvormen, groeperingsvormen, docentrollen en andere elementen van het onderwijs nauw elkaar verweven zijn. Van den Akker en collega’s stellen deze samenhang voor in een spinnenweb (zie figuur 1 op pagina 12). De radiële draden staan voor de verschillende aspecten van het onderwijs, de ringdraden staan voor de verschillende schaalniveaus, van binnen naar buiten: leraar, schoolleiding en overheid. Succesvolle curriculumverandering kan alleen als de samenhangen in het web behouden blijven.

Figuur 1
Het curriculaire
spinnenweb (Van den
Akker et al. 2006).



Wat opvalt bij Curriculum.nu is de felle discussie over de zeg-genschap: wie gaat over de programmering van het funderend onderwijs? Waar eerdere curriculumherzieningen veelal werden geleid door inhoudelijk experts, al dan niet in consultatie met het veld, is er bij Curriculum.nu voor gekozen om per leergebied een werkgroep van een tiental leraren het voortouw te geven, en om iedereen via webfora en bijeenkomsten te laten inspreken op het proces. Vooralsnog heeft dat vooral tot scepsis en onvrede geleid bij alle partijen die zich niet aan tafel vertegenwoordigd voelen.

Dat is de derde onzekerheid: van wie is ons onderwijs en welk curriculum is de moeite waard?

Tot zover de onzekere wereld, ik keer terug naar het bèta- en technologieonderwijs. In het primair onderwijs maken de kerndoe-len op het gebied van Mens en Natuur deel uit van het leergebied Oriëntatie op Jezelf en de Wereld (OJW). Vroeger vond ik dat een wat vage aanduiding, maar inmiddels ben ik die verbinding tussen jezelf en de wereld gaan waarderen. De betekenis die ik eraan

geef is: je eigen plaats in de wereld wordt medebepaald door je natuurwetenschappelijke en technische kennis, en deze kennis krijgt pas betekenis door hoe je in de wereld staat. In opvoeding en onderwijs gaat het erom dat het kind ingewijd wordt in de ruimere natuurlijke en technische wereld en leert zich te verhouden tot die wereld. Vanuit mijn vakgebied zal ik vooral de natuurwetenschappelijke en technologische perspectieven op die wereld benadrukken. Maar als het gaat om je plaats in de wereld, of je nu kind bent of professional, dan zijn sociale, economische en culturele perspectieven op diezelfde wereld onlosmakelijk onderdeel van het totaalplaatje dat je waardering en je handelen stuurt. Wat betekent dat voor de manier waarop wij jonge mensen moeten opvoeden en opleiden?

**“DE ONTWIKKELING
VAN INTERESSE
IS EEN FASCINEREND
ONVOORSPELBAAR
PROCES.”**

2 / OPGROEIEN - DE WERELD ONTMOETEN

“In de hartenstraat dan was een leesbibliotheek. Een kleine jongen met een stadskleurig gezicht stond op de stoep en scheen besluiteloos. [... H]et plan dat hem zo kleven deed aan die stoep in de hartenstraat was niet meer of minder dan zijn intrede in de toverwereld der romanlektuur; hij wilde Glorioso lezen. Hij voelde zich binnengesloten. Het was of de boekwinkel hem inslikte.”
Uit: *Woutertje Pieterse* (Multatuli 1879).

Jonge kinderen zijn nieuwsgierig, ze verkennen de wereld met al hun zintuigen, ze proberen dingen uit en ze stellen vragen, veel vragen. In de loop van de jaren wordt dat onderzoekende gedrag bij de meeste mensen minder. Ik wil niet beweren dat het onderwijs de nieuwsgierigheid doodt, of dat jonge kinderen eigenlijk al onderzoekers zijn. Wel denk ik dat het belangrijk is om na te gaan waartoe het lerende gedrag van jonge kinderen belangrijk is en waardoor het bevorderd wordt.

Als eerste kijk ik dan naar de cognitieve ontwikkelingstheorie van Piaget en het centrale mechanisme van equilibratie dat hij daarin voorstelt. Leren staat in de Piagetiaanse opvatting ten dienste van de aanpassing van het organisme aan de omgeving, en daarmee van het overleven. In de beschrijving van Piaget ontwikkel je mentale modellen van de wereld om je heen. Die modellen sturen je verwachtingen over wat er zal gebeuren en wat de gevolgen van je acties zullen zijn. Op basis daarvan richt je je aandacht, interpreteer je je waarnemingen en plan je je handelen. Leren treedt in deze beschrijving op als je een mismatch ervaart tussen je waarneming en je reeds aanwezige ideeën en begrippen (disequilibrium). Die mismatch is aanleiding om het model bij te stellen (equilibratie). Piaget onderscheidt daarbij twee vormen van bijstellen: het toevoegen van nieuwe informatie (assimilatie), wat voortdurend en vaak onbewust plaatsvindt, en als dat niet meer afdoende is, het herstructureren van bestaande kennis (accommodatie), wat onge-

makkelijk en verwarrend kan zijn (Piaget 1936)⁴. Het ligt voor de hand dat het jonge kind vaker een disequilibrium ervaart dan een volwassene en dus relatief veel lerend gedrag zal vertonen.

Het tekortschieten van je mentaal model is echter nog geen garantie voor leren. Je kunt immers ook de mismatch voor lief nemen, concluderen dat je er nu eenmaal niets van snapt en bij de pakken neer gaan zitten. Of je kunt de informatie die niet in je kraam te pas komt negeren of ontkennen om zo die vervelende mismatch op te lossen. Om te leren, en zeker ook om je kennis diepgaand te herstructureren is ook nieuwsgierigheid van belang. Nieuwsgierigheid ontstaat op "the threshold of desired uncertainty in the environment that leads to exploratory behavior" (Jirout & Klahr 2012). Om nader in kaart te brengen waardoor die "gewenste mate van onzekerheid" bepaald wordt kijk ik allereerst naar de zelfdeterminatietheorie van Ryan en Deci (2000). Ryan en Deci stellen dat menselijk gedrag gedreven wordt door de universele psychologische basisbehoeften aan *autonomie*, *verbondenheid* en *competentie*. Autonomie verwijst naar het gevoel dat je zelf regie hebt over je handelen en dat je handelen bijdraagt aan een doel waar je zelf achter staat. Verbondenheid staat voor de relatie met anderen, die zowel bijdraagt aan het gevoel van veiligheid en geborgenheid als aan de betekenisvolheid van je handelen. Competentie, ten slotte, verwijst naar het ervaren van succes en het gevoel van beheersing. Bij de vraag in hoeverre deze basisbehoeften vervuld zijn is niet het oordeel van de objectieve buitenstaander maatgevend, maar de subjectieve ervaring van de persoon zelf. Ryan en Deci stellen dat in een gezonde menselijke ontwikkeling het streven naar vervulling van de basisbehoeften leidt tot groei. Mensen zullen zoeken naar betekenisvolle en uitdagende nieuwe activiteiten die kans bieden om hun competentie en hun verbondenheid verder te ontwikkelen. In een onveilige, beperkende omgeving kan het gedrag er echter ook op gericht worden om verdere aantasting van de basisbehoeften te voor-

⁴ De analogie met de paradigmatheorie van Kuhn (1962) ligt hier voor de hand.

komen, bijvoorbeeld door onzekerheid en bedreigende situaties te vermijden of door juist het conflict te zoeken.

De ontwikkeling van interesse is een fascinerend onvoorspelbaar proces: jonge kinderen kunnen, als gevolg van een toevallige aanleiding, interesses ontwikkelen in uiteenlopende zaken als dino-saurussen, theeserviesjes of keukenmachines (DeLoache, Simcock & Macari 2007). Als zo'n interesse ruimte krijgt om zich te ontwikkelen kan deze zich als gevolg van positieve ervaringen intensiveren, verbreden en verdiepen, om vaak na verloop van geruime tijd weer af te nemen. Ook in de biografische herinneringen van volwassen technici en wetenschappers spelen toevallige gebeurtenissen in de jeugdjaren een grote rol bij het ontstaan van (beroeps) interesses (*American Scientist* 2012). Daarmee is niet gezegd dat interesseontwikkeling een volledig idiosyncratisch proces is; er zijn wel degelijk omgevingen die meer of juist minder stimulerend zijn voor interesse-ontwikkeling (Savelsbergh et al. 2016).

Tot zover heb ik leren en de motivatie tot leren benaderd vanuit het psychologisch perspectief van de zich ontwikkelende mens. Daarmee heb ik nog niets gezegd over de gewenste inhoud van dat leren en de inhoudelijke gerichtheid van die motivatie. Welke interesses en motivaties zijn nu wenselijk, en moeten we die vraag wel stellen? Een manier om daarnaar te kijken is vanuit het geluk van het individu. Een andere manier is te kijken vanuit de behoeften van de maatschappij of, wat abstracter, de wereld. In de context van mijn verhaal gaat het om liefde voor de wereld. Ik zoom even in op de natuurkant.

**“DE NATUURLIJKE
OMGEVING DRINGT
ZICH OOK IN EEN
HOOGTECHNOLOGISCHE
SAMENLEVING OP
ALS EEN NIET TE
NEGEREN FACTOR.”**

3 / DE NATUUR EN DE LEEFOMGEVING: INTERESSE EN WAARDERING

“Geschubde boomstammen die overgingen in reusachtige, gekartelde bladeren. Ze wuifden zacht heen en weer, en waren rood en roze, oranje en geel van kleur. Tussen de hoge stammen zweefden paarze nevels. Het hele bos leek te walmen en te dampen. Het was angstaanjagend en toch trok het hem aan. Hoewel ... op de open plek zou het vast veiliger zijn. Maar hij had geen keus, hij moest naar Hoofdkwartier. Twaalf kilometer - dat was zo'n drie uur lopen, in ieder geval niet meer dan vier ... als hij tenminste de goede richting wist te behouden. Hij keek op zijn kompas. Noord-west-west moest hij gaan. En dan nu meteen!”
Uit: *Torenhoog Mijlenbreed* (Dragt 1969).

In het boek *Torenhoog Mijlenbreed* is dezelfde Edu uit mijn opentingsverhaal inmiddels als planeetonderzoeker afgereisd naar Venus. Zijn collega-planeetonderzoekers blijven angstvallig binnen hun plastic koepel, die elke paar maanden vervangen moet worden vanwege de aantasting door de agressieve omgeving. Edu gaat wel naar buiten en ontdekt na enkele benauwende ervaringen dat de omgeving heel aangenaam is zodra je je kunststof ruimtepak uittrekt en mét de natuur leeft, in plaats van deze buiten te sluiten. Het mooie van het werk van Tonke Dragt is dat zowel de bevrijdende als de beklemmende omgang met techniek vertegenwoordigd is. En dat de natuurlijke omgeving zich ook in een hoogtechnologische samenleving opdringt als een niet te negeren factor, een factor die ook in onze samenleving toenevend zichtbaar wordt, maar die in de hedendaagse volwassenenliteratuur opvallend afwezig is (Ghosh 2018).

We houden van de natuur en aanwezigheid van natuur doet ons goed. Edward O. Wilson veronderstelt zelfs dat deze verbinding met de natuurlijke omgeving, biophilia in zijn terminologie, een evolutionaire basis heeft. In aanleg is het positieve gevoel er bij kinderen, maar om het te bestendigen is herhaling en sociale ver-

sterking nodig. In onderzoek naar natuurbeleving van kinderen zien we dan ook dat er bij herhaling van natuuractiviteiten in de tijd een versterkt effect optreedt. Uit biografisch onderzoek blijkt dat volwassen natuurliefhebbers hun betrokkenheid bij de natuur vaak toeschrijven aan jeugdervaringen in de natuur, zowel 'vrij spelend' als aan de hand van volwassen rolmodellen die hen leerden waar te nemen (Chawla 1998). Leren nuances en verschillen te zien en te benoemen maakt dat een boom meer wordt dan zomaar een boom (zie figuur 2 hieronder) en dat waarnemingen betekenis krijgen:

"My first job was to find out whether each wasp was really limited to one burrow. [...] Whenever I saw a wasp at work at a burrow, I caught it and, after a short unequal struggle, adorned its back with one or two colour dots (using quickly drying enamel paint) and released it. Such wasps soon returned to work, and after a few hours I had ten wasps, each marked with a different combination of colours, working right in front of me. It was remarkable how this simple trick of marking changed my whole attitude to them. From members of the species *Philanthus triangulum* they were transformed into personal acquaintances, whose lives from that very moment became affairs of the most personal interest and concern to me" (Tinbergen 1958).

Figuur 2
Bomen determineren:
nerfpatronen zien.



parallelennervig



veernervig



handnervig

Het verontrustende is dat de tijd die kinderen spelend in natuur doorbrengen drastisch is teruggelopen in de afgelopen dertig jaar. Onderzoek in de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk wijst op een afname van 50% of meer. Voor Nederland gaan schattingen in dezelfde richting. Beginnende veldecologen starten hun opleiding met gemiddeld aanzienlijk minder veldkennis dan dertig jaar geleden gebruikelijk was (Christiaan Both, veldecologisch onderzoeker, persoonlijke mededeling). Deze vermindering heeft verschillende oorzaken. De directe bereikbaarheid van groen is zeker voor kinderen in de stad afgenomen. Minstens even belangrijk zijn de toegenomen angst en het risicomijdend gedrag van ouders. Veel meer dan vroeger vinden zij buitenspelen in park, boerenland of bos te gevaarlijk voor hun kind. En verder is er de aantrekkingskracht van tv, computer en smartphone. Als gevolg van al deze oorzaken verschillen hedendaagse jongeren in hun natuurbioografie sterk van de generaties boven hen (Van Koppen 2013).

Je leren thuis te voelen in de natuur is dus een belangrijke stap om betrokken te raken bij de natuur- en milieuproblematiek. Een eenvoudige maar krachtige activiteit, onderdeel van het programma Earthkeepers (Van den Berg & Margadant-van Arcken 1999; Walton 2015), is de Magic Spot. Een Magic Spot is een zelfgekozen plek in een natuurgebied om alleen te zijn en de natuur te beleven. De Magic Spot moet liefst uit het zicht zijn van andere deelnemers, en comfortabel, bijvoorbeeld met een boom om tegenaan te kunnen zitten. De gedachte is dat, in de loop van de week die het programma duurt, de Magic Spot een vaste plek wordt om steeds weer naar terug te keren, en een tijd alleen in de natuur te zijn. De kinderen (11-12 jaar) die deelnamen aan deze activiteit noteerden opmerkingen als: "Ik hoorde het fluiten van de vogels. Daar word je helemaal rustig van". En: "Ik hou veel van dieren en op de Magic Spot zag ik die, een lichtbruine haas en een bruingrijze fazant. (...) Ik hou ook van de natuur." Ook in het programma Het Bewaarde Land, waarin kinderen drie dagen de natuur ingaan (met tussenpozen van een week), wordt gerapporteerd dat het gemak en de vertrouwdheid waarmee kinderen

zich in de natuur bewegen per dag groeien en worden regelmatig intense ervaringen gerapporteerd (Van der Waal, Van den Berg & Van Koppen 2008).

De indruk zou nu kunnen ontstaan dat betrokkenheid zich alleen maar in verwondering en bewondering kan uiten. Dat is echter geenszins het geval, zoals geïllustreerd wordt door de volgende leerkrachtobservatie:

“Het jongetje [5 jaar] had al een tijdje naar een papaverplantje zitten staren dat door een spleet uit het asfalt groeide. Opeens rukte hij aan de stengel van het plantje en knakte het. Vervolgens liep hij met een tevreden glimlach weg. Later bleek dat het jongetje zich er over had verbaasd hoe het toch mogelijk was dat zo’n nietig plantje door dat oersterke asfalt kon groeien. Dan moet dat plantje wel erg sterk zijn. Wie zou sterker zijn, hij of het plantje?” (Alblas 1999, p. 112).

Dit citaat illustreert ook dat je voor natuurervaringen niet altijd hoeft af te reizen naar een natuurgebied. Ook stadsnatuur biedt mogelijkheden, en wellicht ook groene schoolpleinen. Misschien is de nabijheid en de mogelijkheid tot interactie wel belangrijker dan de natuurkwaliteit in ecologische zin. Terugkerende elementen lijken te zijn: herhaalde ontmoeting, *unstructured play*, onderdompeling, rolmodellen en de mogelijkheden van de omgeving (*loose things*)⁵.

⁵ Hier is een duidelijk verschil met meer academische uitkomsten: daarvoor lijkt juist *guided play* effectief (Van Schijndel, Singer, Van der Maas & Raijmakers 2010; Weisberg, Hirsh-Pasek & Golinkoff 2013).

**“DE INTERESSANTE
LERAAR IS DE
LEERKRACHT DIE ZIJN
STOF OF ZIJN VAK NET
IETS MEER LIEFHEEFT
DAN DE LEERLINGEN
DIE HIJ VOOR ZICH
HEEFT ZITTEN.”**

4 / DE PLAATS VAN DE SCHOOL

“Ik weet het allemaal al vooruit: deze kaart van Europa zal weer een goddelijke hoeveelheid geleerdheid brengen. Iemand als Gerrit Nordens zal leren zonder haperen te spreken van ‘golven, zeeën en straten’ – en daarbij medelijdend gedenken de arme stakkers van kinderen uit de lagere klassen, die bij het woord ‘straten’ nog aan de straten van de stad denken. Maar van de week was de kaart nog niet zo voldoening gevend. Alleen hebben we met ons allen schik gehad over dat malle kleine landje van ons. We konden dat bespottelijke kleine ding bijna niet vinden! En tóén we het hadden werd de pret nog groter: lagen d’r in ons hele land maar drie steden: Amsterdam en Den Haag en Rotterdam, zowat tegen elkaar aan. Het was gek, door en door gek vonden ze en Hilletje veronderstelde: ‘dat hebben ze d’r om gedaan, om ons land in de maling te nemen.’”

Uit: *De gelukkige klas* (Thijssen 1926).

Tot hiertoe heb ik het gehad over nieuwsgierigheid, leren en waardenvorming. Dat proces begint in het gezin en in de bredere omgeving van familie, buurt en kinderopvang, en gaat door als het kind op school komt. Maar nu komt er een dimensie bij: de leraar die daar, uit naam van iets of iemand, onderwijs verzorgt dat ergens over gaat en dat ergens toe zal leiden. Belangrijke vragen zijn dan: uit naam van wie, en met welk gezag, spreekt de leraar? En waar zou het onderwijs over moeten gaan en toe moeten leiden? Zoals duidelijk wordt in de discussies rond *OnsOnderwijs2032* en *Curriculum.nu*, bestaan hierover zowel in de beroepsgroep als in de samenleving sterk uiteenlopende opvattingen. Ik noem hier een paar relevante aspecten en invalshoeken.

Allereerst is er de vraag namens wie de leraar spreekt, of ook aan wie de leraar verantwoording schuldig is. In het geval van het leerplichtonderwijs en het overige publiek gefinancierde onderwijs ligt mijns inziens voor de hand dat de leraar daar ten principale

staat op gezag van, en als vertegenwoordiger van, de democratische samenleving (Dijkstra 2012; Mentink, Vermeulen & Zoontjens 2018). In de Nederlandse context van onderwijsvrijheid, waarin de school, met medezeggenschap van ouders, leerlingen en leraren, een zekere vrijheid heeft zijn eigen onderwijskundige doelstellingen te kiezen, is dat deels ook de lokale gemeenschap. Daarnaast heeft de leraar binnen de grenzen van wet- en regelgeving een persoonlijke verantwoordelijkheid als pedagoog en als vertegenwoordiger van de professie of kennissamenleving⁶. Deze hybride verantwoordelijkheidsstructuur geeft nog niet concreet richting aan de taakinvulling van de leraar, maar maakt wel duidelijk dat de rol van de leraar wezenlijk anders is dan die van een dienst- of hulpverlener (Tjeenk Willink 2018).

Daarmee raak ik aan een belangrijke kritiek op het dominante discours over onderwijs. Zowel in het onderwijsbeleid als in de lerarenopleidingen en het onderwijsonderzoek is sprake van instrumentalisering van het onderwijs: leerlingen moeten bepaalde competenties verwerven als middel om bij te dragen aan de kennis-economie, sociale cohesie, inclusie, competenties voor levenslang leren, Europees burgerschap et cetera. De school wordt gezien als plaats waar die competenties op een effectieve en efficiënte manier verworven worden en de leraar als de expert die het leerproces op doeltreffende wijze begeleidt. Deze tendens weerspiegelt zich

⁶ Zoals de Onderwijsraad stelde in zijn advies *Leraarschap is eigenaarschap* (2007): “De beroepsbeoefenaar en het team hebben recht op een ‘invloedsvrije’ sfeer, een zekere vrijheid van inrichting van het te geven onderwijs en de ontwikkeling daarvan.” In zijn aanbiedingsbrief sprak de raad de hoop uit “... dat beroepsbeoefenaren over enige tijd hun plaats in het onderwijs beter kunnen innemen en met recht kunnen zeggen: dat is mijn onderwijs, voor deze resultaten bij deze leerlingen ben ik verantwoordelijk”. Bij een sterke professie wordt deze autonomie ten opzichte van de werkgever gesteund door wet- en regelgeving en door een normstellende beroepsorganisatie. In het onderwijs is dat helaas nog nauwelijks het geval (Tjeenk Willink 2018; Vermeulen & Waslander 2017). Het leraarschap geldt daarom als een ‘zwakke professie’. Sinds een jaar of tien wordt gezocht naar manieren om de professie te versterken (beroepseed, lerarenregister, beroepsvereniging, leiderschap in curriculumvernieuwing, salariering basisonderwijs), vooralsnog zonder overtuigend resultaat.

in de taal. In de Engelse taal zien we bijvoorbeeld de tendens om in plaats van 'students', 'pupils', 'children' of 'adults' steeds het woord 'learners' te gebruiken. De school zelf wordt vaak als een 'learning environment' of 'place of learning' aangeduid. In het Nederlands zien we termen als 'de krachtige leeromgeving', 'innovatieve leerarrangementen', 'kwaliteit van leren', 'gepersonaliseerd leren' en het 'opleidingsassortiment'. Kwaliteit wordt dan synoniem met stakeholdertevredenheid, marktaandeel en efficiëntie.

Biesta duidt deze ontwikkeling aan als de "*learnification*" van het onderwijs. Natuurlijk moet onderwijs leiden tot leren, maar als onderwijs een product is en de onderwijzer een leerprocesbegeleider, dan zijn vragen over het waartoe van het onderwijs, de persoon van de leerling en de leraar ver buiten beeld (Biesta 2010). Daartegenover stellen mensen als Arendt, Biesta en Maschelein dat de school niet alleen een plaats is om kennis te halen, maar ook een "tussenruimte" of "tussentijd" tussen de private en de publieke wereld. Een pedagogische gemeenschap waarbinnen iedereen een "warme uitwedstrijd" speelt (Bormans & Dekker 2016).

Education, educatie, komt van het Latijnse 'educere' dat 'naar buiten leiden' betekent. Opvoeden is naar buiten brengen, voorbereiden op het betreden van de wereld. De school moet kinderen niet alleen 'grootbrengen', zorgen dat ze zelfstandig worden, ze moet ook zorgdragen voor de wereld waarin die kinderen opgroeien. Zoals Hannah Arendt schrijft: "In het eerste geval is onze belangrijkste zorg het welzijn van het kind. In het tweede geval zijn we met name betrokken bij de toedracht in de wereld op het moment dat dit specifieke kind deze wereld in komt." We moeten enerzijds onze bestaande wereld genoeg liefhebben om leerlingen er niet uit te verbannen: geschiedenis en tradities moeten overgedragen worden. Anderzijds moeten we ook beseffen dat onze wereld alleen kan blijven bestaan bij gratie van vernieuwingen: jonge mensen moeten in staat worden gesteld om radicaal het roer om te gooien, zonder dat ze van de oudere generaties te horen krijgen welke richting ze op moeten gaan.

Op school worden kinderen voorbereid op de wereld, maar de school blijft wel een tussenruimte. Dat betekent in de visies van Arendt en Maschelein dat leerlingen binnen het onderwijs nog geen verantwoordelijkheid dragen voor de vraagstukken en problemen in die wereld. Je kunt ze er best over vertellen, maar je moet ze niet dwingen tot stellingname. Het is aan de volwassenen om hun verantwoordelijkheid te nemen voor de problemen in de wereld van nu. Ik zie twee belangrijke argumenten voor deze opvatting:

- De idee van het onderwijs als tussenruimte maakt het mogelijk om een inhoud aan de orde te stellen met volledige aandacht; de kennis is even niet instrumenteel voor een elders gelegen handelings- of productiedoel. Maschelein beschrijft voorbeelden als het sleutelen aan een automotor of het afhangen van een deur, met volle aandacht, los van de economische productiecontext waarin aan het eind van de werkdag een klant staat te wachten. Maar niet los van de fysieke werkelijkheid: het gaat zeker ook om begeleide ervaring met fysieke gevaren en risico's (Fairclough 2016).
- Het kind is nog niet in de positie om onafhankelijke keuzes te maken en daarnaar te handelen. In de context van Arendts werk speelde bijvoorbeeld de rassenscheiding in de Verenigde Staten. Het kind is nog niet in de positie om daarin, onafhankelijk van de ouders, zelf positie te kiezen. En het kind een positie opdringen die tegen die van de ouders ingaat zou een vorm van indoctrinatie zijn. Daar kan een spanning ontstaan met hedendaagse onderwijsconcepten waarin het werken aan authentieke problemen voor echte opdrachtgevers gepromoot wordt, en met ideeën over leren voor duurzame ontwikkeling, waar juist het handelingsperspectief en het handelen zelf als waardevol en motiverend gezien worden (Frijters 2016; Venville, Rennie & Wallace 2012). Zolang het handelen politiek onomstreden is, is deze spanning oplosbaar. Anders wordt het wanneer het gaat om sociopolitiek activisme (vergelijk Bencze & Alsop 2014; Hodson 2003; Roth & Désautels 2002). Los van de vraag of je van leerlingen mag vragen politiek positie te kiezen, zal dit

voor veel bèta-leraren ook botsen met hun epistemologische opvattingen over het vak.

De leraar als liefhebber van de wereld richt zich niet alleen naar de ervaringen en behoeften van de leerlingen, maar creëert een situatie waar leerlingen zich voor iets kunnen interesseren en zich ermee kunnen inlaten. Het is in deze 'klassituatie' waarin het kind of de jongere zichzelf ervaart als een leerling, als iemand die voor de wereld verschijnt als een beginner. "De interessante leraar is de leerkracht die zijn stof of zijn vak net iets meer liefheeft dan de leerlingen die hij voor zich heeft zitten (...), die meegenomen wordt door zijn woorden, weg van de leerlingen, de leerkracht die geen gehoor geeft aan de oorverdovende oproep vandaag om het welbevinden van de leerling centraal te plaatsen (...) maar (...) die zich ten dienste stelt van de zaak" (Masschelein & Simons 2008, p. 194).

Inwijden in de wereld dus, maar hoe doe je dat dan? En welke kennis heb je nodig om die wereld te begrijpen en te veranderen?

**“HET BESEF DAT JE
DENKT VANUIT EEN
KADER WAARBINNEN
BEPAAALDE VRAGEN
ZINVOL ZIJN EN
ANDERE NIET.”**

5 / KENNIS VOOR EEN ONZEKERE WERELD

"You might say, 'All right, then if there is no explanation of the law, at least tell me what the law *is*. Why not tell me in words instead of in symbols? Mathematics is just a language, and I want to be able to translate the language'. In fact I can, with patience, and I think I partly did. I could go a little further and explain in more detail [...]"

The layman then searches for book after book in the hope that he will avoid the complexities which ultimately set in, even with the best expositor of this type. [...] But I do not think it is possible, because mathematics is not just a language; it is like a language plus logic [...] If you do not appreciate the mathematics, you cannot see, among the great variety of facts, that logic permits you to go from one to the other."

Uit: *The character of physical law* (Feynman 1965).

In de wervingstekst van een middelbare school zag ik de slogan "Bij ons leer je niet over de vakken, maar over de wereld". De wereld leren kennen, wie wil dat nou niet. Ik denk dan aan mensen als Johan Wolfgang von Goethe (1749-1832) en Alexander von Humboldt (1769-1859). Von Humboldt was in zijn tijd beroemd als ontdekkingsreiziger en onderzoeker. Hij beklom de hoogste vulkaan ter wereld, reisde door Siberië en verzamelde een scheepslading aan objecten en observaties (Wulf 2016). Von Humboldt zag, net als Goethe, overal verbanden in het grote 'web der natuur'. Hun levens en gedachten vormden een inspiratiebron voor velen. Maar hun wetenschappelijke inzichten legden het al snel af tegen meer gespecialiseerde theorieën als die van Darwin en Newton, die een grotere voorspellende kracht bleken te hebben. We kunnen dat jammer vinden, maar wetenschappelijke en technologische vooruitgang brengen onvermijdelijk specialisatie met zich mee. En specialisatie betekent dat je vanuit een bepaald perspectief naar de wereld kijkt, met alle voor- en nadelen die daarbij horen. Overigens konden ook Goethe en Humboldt niet

direct “over de wereld” leren: ook hun waarneming werd gestuurd door het perspectief dat zij kozen, al was dat perspectief nog niet zo nauwkeurig omlijnd als dat bij de huidige disciplines het geval is.

Een discipline bestaat niet alleen uit een verzameling kennis over de wereld, maar ook uit *ways of doing* – manieren om de wereld te beschrijven, afspraken over wat je daarbij wel en niet meeneemt, en regels over hoe je daarmee redeneert en wanneer iets geldt als waar. Als je zinvol wilt deelnemen aan het gesprek, als je gehoord wilt worden, dan zul je die regels moeten beheersen. Regels die in het ene domein fantastisch werken hoeven dat in het andere domein niet te doen. Het is dan ook voor iedere expert belangrijk om de grenzen van zijn of haar wetenschap te kennen. Het grote succes van de natuurwetenschap en technologie in pakweg de laatste tweehonderd jaar heeft onderzoekers uit sociale en menswetenschappen verleid om de methoden van de natuurwetenschappen te imiteren. Een ontwikkeling waarop al vroeg kritiek kwam, zowel vanuit de natuurwetenschappen (“*cargo cult science*”, zie Feynman 1974) als vanuit de betreffende wetenschappen zelf. Zo zei Friedrich von Hayek bij de ontvangst van zijn Nobelprijs voor de economie⁷:

“It seems to me that this failure of the economists to guide policy more successfully is closely connected with their propensity to imitate as closely as possible the procedures of the brilliantly successful physical sciences – an attempt which in our field may lead to outright error. It is an approach which has come to be described as the ‘scientistic’ attitude – an attitude which, as I defined it some thirty years ago, ‘is decidedly unscientific in the true sense of the word, since it involves a mechanical and uncritical application of habits of thought to fields different from those in which they have been formed’ (Von Hayek 1974).

⁷ Soortgelijke kritiek geldt zeker ook voor de onderwijswetenschappen.

Verschillende disciplines ontwikkelen dus ieder hun eigen manier van kijken, met eigen sterkten en eigen blinde vlekken. Juist in de natuurwetenschappelijke en technische vakgebieden worden de consequenties daarvan soms pijnlijk duidelijk. Als de doos van Pandora eenmaal geopend is gaan de dingen een eigen leven leiden waar de bedenkers niet per se blij mee zijn. Dat geldt evenzeer voor kernsplijting als voor de genetische revolutie in de landbouw, of voor het world wide web. Daarmee is niets ten nadele van de specialisten gezegd. Een ingenieur is bij uitstek in staat om ons inzicht in de techniek verder te brengen, een jurist om de juridische mogelijkheden en grenzen te beschrijven, en ook de econoom en de psycholoog kunnen vruchtbaar bijdragen door hun licht op de zaak te werpen. In een systeem waar de ontwikkelingen redelijk voorspelbaar zijn, en waar nog voldoende ruimte is om een stukje verderop opnieuw te beginnen als het fout gaat, kunnen die disciplines best een tijdlang langs elkaar heen werken zonder onherstelbare schade. Bij de urgente vragen waar we nu mee zitten, op de drempel van het Antropoceen met een wereldbevolking van 7,5 miljard mensen, is die speelruimte er niet meer. De problemen van deze tijd vragen om systeembrede verandering, nieuwe kennis en *disruptive change* en om deze te vinden en te implementeren is interdisciplinaire samenwerking nodig, zoveel is duidelijk. Transdisciplinair zelfs, wat wil zeggen dat professionele deskundigheden niet volstaan, maar dat ook inbreng nodig is van de gebruiker, de burger en andere partijen.

Als inter- en transdisciplinaire vraagstukken zo belangrijk zijn, dan moeten we de toekomstige beroepsbeoefenaar en de toekomstige burger daar goed op voorbereiden. Het is dan verleidelijk om te denken dat het onderwijs vanaf het begin interdisciplinair zou moeten zijn, misschien zelfs transdisciplinair, met echte problemen en echte stakeholders. Een benadering die aan populariteit wint op diverse middelbare scholen (Technasia), en ook in het hoger onderwijs (Repko 2008). Vaak ligt in dergelijke projecten veel nadruk op de procesvaardigheden en minder op specialistische vakkennis. In sommige domeinen, met name management en ict, bestaat het beeld dat kennis zo snel veroudert dat het beter is

te focussen op generieke beroepscompetenties en de eventueel benodigde kennis just-in-time aan te reiken. Deze veronderstelling is gebaseerd op een beperkt beeld van kennis als informatie die je op kunt zoeken. Onderzoek naar expertiseontwikkeling laat zien dat het opbouwen van een rijk gevulde, goed gestructureerde kennisbasis veel tijd en inspanning vergt (Boshuizen 2003; Ericsson 2009).

Maar misschien is de indeling in aparte bèta-schoolvakken dan toch wel achterhaald? Die gedachte leefde in ieder geval wel bij een deel van de studenten die begonnen aan onze nieuwe interdisciplinaire cursus over duurzaamheidseducatie in het tweede jaar van de lerarenopleiding van Instituut Archimedes, een van de eerste ontwerponderzoeken waar ons lectoraat bij betrokken is. Bij aanvang van de cursus namen we een voormeting af met daarin de stelling: "De scheiding tussen de bèta-vakken in het onderwijs is achterhaald". Op een vijfpuntschaal van geheel oneens tot geheel eens scoorden de studenten gemiddeld een 3,3. Voor studenten die gekozen hebben voor een opleiding tot leraar in een van de bèta-vakken toch een opmerkelijk resultaat. Een maand later was de bijval geslonken; de gemiddelde score was nu 2,3. Dat viel wel een beetje tegen, wat was hier aan de hand? Het betrof een eerste pilotuitvoering en het onderwijsontwerp kan zeker nog verbeterd, maar de toelichting van de studenten is wel verhelderend: het werken in interdisciplinaire teams leidde tot knip- en plakwerk, specifieke expertise over het interdisciplinaire probleem ontbrak, en er ontstond geen kritische interactie tussen de disciplinaire perspectieven. En trouwens, wij zijn helemaal nog geen disciplinaire experts, hoe kunnen we dan interdisciplinair samenwerken, zo vroegen ze zich af.

We gaan zeker door met het werken aan interdisciplinaire problemen, en ik denk dat dit een rode draad in de opleiding behoort te zijn, maar de student heeft wel een punt. Het gaat er niet per se om dat de student bepaalde disciplinaire feiten niet kende. Die had hij wellicht op kunnen zoeken en hij wist wel degelijk meer van zijn vak dan zijn partners uit de andere schoolvakken. Het punt is veel meer dat hij zich het disciplinaire

perspectief nog niet eigen had gemaakt: de eerdergenoemde 'ways of doing', het besef dat je denkt vanuit een bepaald kader waarbinnen bepaalde vragen zinvol zijn en andere niet, waarbinnen bepaalde argumenten tellen en andere niet. Een raamwerk waarbinnen je weet wat de grenzen van je kennis zijn, en wat je dus nog te leren hebt. Zonder die samenhang is wetenschappelijke kennis weinig meer dan een verzameling feiten waarmee je een partijtje Triviant kunt winnen.

**“JUIST NU HET AANDEEL
HOOGOPGELEIDEN
TOENEEMT TOT BIJNA DE
HELFTE VAN DE BEVOLKING,
IS HET ESSENTIEEL
OM OOK LEERLINGEN IN
VMBO EN MBO DEEL
TE LATEN HEBBEN AAN
POWERFUL KNOWLEDGE.”**

6 / KENNIS EN DE INCLUSIEVE SAMENLEVING

“‘You ain’t gonna get no steady work. Gonna scrabble for your dinner ever’ day. [...] Pick cotton, an’ you gonna be sure the scales ain’t honest. Some of ‘em is and some of ‘em ain’t. But you gonna be sure all the scales is crooked, an’ you don’t know which ones. Ain’t nothin’ you can do about it anyways.’ Pa asked slowly, ‘Ain’t – ain’t it nice out there at all?’ ‘Sure, nice to look at, but you can’t have none of it.’”

Uit: *Grapes of wrath* (Steinbeck 1939).

Als je het gevoel hebt dat de weegschalen steeds in jouw nadeel geijkt zijn, dat jouw ervaringen en belangen niet meetellen in het heersende denken, dan zul je weinig vertrouwen hebben in dat heersende denken (Wynne 2005). Een gedeeld denk- en interpretatiekader is wel noodzakelijk voor een samenleving om over dingen te praten die de directe waarneming en behoeften ontstijgen, in het bijzonder onze gezamenlijke toekomst op deze planeet. Zonder zo’n gedeeld kader houden de feiten zelf geen stand, zoals Latour betoogt:

“[R]ationele geesten geloven nog steeds dat feiten op eigen kracht standhouden, zonder een gedeelde wereld, zonder instituties, zonder openbaar leven, en dat heel dat lieve volkje alleen maar hoeft te worden teruggejaagd naar een ouderwetse schoolklas, met een schoolbord en schriftelijke overhoringen, waarna het verstand eindelijk zal zegevieren. [...] De vraag is niet hoe cognitieve gebreken kunnen worden opgelapt, maar hoe we in dezelfde wereld kunnen leven, dezelfde cultuur kunnen delen, dezelfde uitdagingen onder ogen kunnen zien, een landschap kunnen waarnemen dat gezamenlijk kan worden geëxploreerd” (Latour 2018, pp. 36-37).

Sociologen als Bernstein, Young en Wheelahan onderscheiden in dit verband alledaagse, praktische (‘mundane’ of ‘profane’) kennis, van theoretische (‘esoteric’ of ‘sacred’) kennis die de ervaring

overstijgt. Zoals de terminologie al duidelijk maakt was in een nog niet zo ver verleden de overheersende vorm van 'sacred knowledge' religieus van aard. Later werd deze kennis aangevuld met filosofische en literaire bildung. Nog later kwamen de 'positieve' wetenschappen op, onder andere op het gebied van natuur, techniek, economie en psychologie. Deze wetenschappen specialiserden zich steeds verder en hebben in onze huidige samenleving de dominante positie overgenomen. Zowel theoretische als alledaagse kennis zijn nodig voor het voortbestaan van de samenleving, in de woorden van Wheelahan:

"Esoteric and mundane knowledge are necessary for society's existence – each plays an indispensable role. Knowledge of, and life in, the mundane, everyday world is necessary for society to reproduce itself materially. Esoteric knowledge performs two functions. First, esoteric knowledge consists of socially produced 'collective representations' of a society that allow it to transcend the limits of individual experience to see beyond appearances to the real nature of relations in the (natural and social) world. Collective representations also allow society to make, classify and systematize connections and inner relations between things, and to connect the past, present and future by connecting the material and immaterial worlds" (Wheelahan 2012, p. 19).

Het gaat dus zowel om mechanismen in de wereld (waarmee we mogelijke en onmogelijke toekomstscenario's kunnen onderscheiden), als om betekenisgeving in die wereld (bijvoorbeeld een gedeelde geschiedenis en andere gedeelde verhalen). Zoals Latour het elders uitdrukt: we moeten van "matters of fact" naar "matters of concern" (Latour 2004). Over de noodzaak van een gedeeld kader zijn Wheelahan en Latour het eens, over de aard van dat kader verschillen zij duidelijk van mening.

Ooit was de toegang tot deze 'powerful knowledge' voorbehouden aan een kleine elite, maar in de democratische samenleving is het deel hebben aan powerful knowledge een voorwaarde voor volwaardige participatie van iedere burger. En daar wringt volgens

zowel Wheelahan als Latour de schoen: de plaats van powerful knowledge is in de samenleving en ook in het schoolsysteem steeds meer onder druk komen te staan. Dit wordt verklaard vanuit een aantal parallelle ontwikkelingen: de opkomst van relativistische kennisopvattingen (postmodernisme) en de instrumentalisering van het onderwijs – de lerende als consument, kennis als commodity (Wheelahan 2012). Ook wordt wel met de beschuldigende vinger gewezen naar competentiegericht onderwijs. Het denken in termen van competenties kan helpen om transfer te bevorderen en betekenis in het onderwijs te brengen. Maar als competentiebeschrijvingen geheel toegesneden worden op het bekwaam uitvoeren van beroepstaken wordt kennis al snel instrumenteel. Daarmee verliest de student toegang tot kennis als eigenstandig systeem van betekenis, en tot het daarbij behorende theoretische discours (De Jonge, Van Bommel & Kloppenburg 2018; Wheelahan 2012). Deze ontwikkelingen hebben het sterkst hun weerslag gehad in de lagere onderwijsniveaus en beroepsgerichte leerwegen, waar het beschrijven van eindtermen in de vorm van beroepscompetenties het verst is doorgevoerd. Juist nu het aandeel hoogopgeleiden sterk toeneemt, tot bijna de helft van de bevolking, is het essentieel dat hoog- en laagopgeleiden “dezelfde wereld kunnen delen” en het landschap gezamenlijk kunnen exploreren zoals Latour het noemt. Het is dan wel heel ongelukkig dat de sociale segregatie binnen het onderwijs toeneemt, en dat juist de scheiding tussen vmbo en havo de meest rigoureuze is, met weinig gelegenheid voor mobiliteit tussen de schoolniveaus en voor samenleven van de leerlingen in de verschillende niveaus:

“Als jongeren met verschillende sociale achtergronden elkaar op school niet meer ontmoeten, komen ze minder in aanraking met leerlingen of studenten die andere inzichten en waarden hebben. Terwijl de school een plek zou moeten zijn waar jongeren kunnen oefenen in het omgaan met conflicten, het voeren van een dialoog, afwijkende meningen en gedragingen tolereren, respect opbrengen voor andersdenkenden en tot consensus komen” (Onderwijsraad 2018).

Het tegengaan van deze segregatie vraagt allereerst consistent beleid ten aanzien van (school)huisvesting, brede brugklassen en objectief schooladvies. Daarnaast, en dat ligt meer op het terrein van dit lectoraat, is het van belang ook in de lagere onderwijs-niveau's, met name in vmbo en mbo, leerlingen deel te laten hebben aan powerful knowledge.

Dat wil niet zeggen dat we er in de huidige havo en vwo bèta-vakken wél altijd in slagen die disciplinaire samenhang afdoende over te brengen. In leerplannen en examenprogramma's wordt begrip van de aard van het vak wel als doel benoemd, maar in de concretisering naar examensyllabi, leerboeken en de klaspraktijk blijft het moeilijk om dit aspect handen en voeten te geven. Voor veel leerlingen blijven de huidige monovakken dan ook losse verzamelingen feitjes en kunstjes en ontstaat geen powerful knowledge, noch in de zin van gereedschap om de toekomst te verbeelden, noch in de zin van een verbindend narratief.

Als ik vanuit bèta- en technologieperspectief denk aan een narratief, dan bedoel ik niet per se een groot verhaal zoals het christendom of de VOC-mentaliteit. Het mogen ook kleine verhalen zijn, zoals de bescheiden natuurlyriek van Nico Tinbergen en de andere citaten in deze openbare les. De wetenschappelijke feiten laten ruimte voor vele verhalen, maar niet voor alle: van het vooruitgangsoptimisme van Louise Fresco tot de nostalgie van Johan Huizinga, van het steile atheïsme van Richard Dawkins tot de theïstische zoektocht van Cees Dekker. Het onderwijs kan aanhaken bij die verhalen, deel worden van die verhalen, zoeken naar verbindingen en helpen te onderscheiden tussen mogelijke en onmogelijke, wenselijke en onwenselijke toekomst. Ook het Big History-verhaal van mensen als Jared Diamond en Yuval Harari biedt, gezien de toenemende populariteit van Big History-cursussen in het voortgezet en hoger onderwijs, interessante aanknopingspunten voor het bèta- en technologieonderwijs.

**“WELKE KENNIS
HELPT OM ONZEKERHEID
TE VERDRAGEN EN
TE REDUCEREN?”**

7 / KENNIS, VERTROUWEN EN KRITIEK

“Het kunstmatig opgerekte zintuiglijk bereik heeft zich volledig van het handelingsbereik losgemaakt. Je kunt er handelend niet meer afdoende op reageren, met andere woorden: je kunt de opwinding niet meer in daden omzetten en afvoeren” (Safranski 2003).

Terug naar het klimaat. Wordt u ook zo moe van het klimaatnieuws? Al Gore heeft de klimaatkwestie in 2006 succesvol op de agenda gezet, met zijn verontrustende documentaire *An inconvenient truth*, maar inmiddels is er al zoveel over gezegd. Misschien moeten we er nog een schepje bovenop doen: het is echt heel urgent wat er nu allemaal in de wereld gebeurt, en u doet het met z’n allen heel erg verkeerd. Dat werkt dus niet. Alleen wie al bezorgd was wordt kortstondig nog iets bezorgder en iedereen blijft doen wat hij of zij al deed (O’Neill & Nicholson-Cole 2009)⁸. Als we geconfronteerd worden met informatie die niet verenigbaar is met ons gedrag of wereldbeeld ontstaat ‘cognitive dissonance’. Een pijnlijke situatie die we liefst zo snel mogelijk oplossen, door ons gedrag en wereldbeeld te veranderen of – als dat moeilijk is – de informatie te negeren, ontkennen, of een excuus te verzinnen dat de informatie onschadelijk maakt (Festinger 1962). Het lijkt erop dat het in dit geval, omdat er al een basisongerstheid bestaat over dit onderwerp, effectiever is om beroep te doen op een positieve emotie. Iets moois, iets hoopvol en iets mogelijks. Om van daaruit de betrokkenheid en inzet van mensen te stimuleren (O’Neill & Nicholson-Cole 2009; Rosling, Rosling & Rosling Rönnlund 2018).

⁸ Zogenaamde klimaatsceptische films zijn helaas een stuk effectiever. Daar worden sceptici nog sceptischer van, dat hebben de grote lobbyisten goed aanvoeld (Greitemeyer 2013; Oreskes & Conway 2011).

Los van het gegeven dat het klimaatnieuws een onwelkome boodschap brengt is het ook wel erg ingewikkeld, met al die mechanismen, onzekerheden en bandbreedtes, en dan zijn er ook nog eens zoveel meningen. Welke kennis en welke houding tegenover kennis heb je nodig om met die onzekerheden om te gaan? Rebecca Tauritz heeft het in haar essay 'A pedagogy for uncertain times' (2016) over '*uncertainty competences*'; het geheel van kennis, vaardigheden, attituden en vermogens dat je nodig hebt om op een constructieve manier om te gaan met onzekerheid. Zij werkt deze competenties uit naar drie deelgebieden: onzekerheid koesteren (*cherish*), verdragen (*endure*) en verminderen (*reduce*). Om deze competenties te ontwikkelen is allereerst een veilige omgeving van belang, waarin de leraar de beoogde omgang met onzekerheid voorleeft (modelleert). Dat wil zeggen dat onzekerheden en verschillen in opvatting benoemd en gewaardeerd worden, dat leerlingen gestimuleerd worden hun ideeën uit te werken en te onderzoeken, en dat er een gelijkwaardige dialoog plaatsvindt waarin ieders observaties en argumenten even serieus onderzocht worden (Genseberger 1997; Habermas 1981; Wagenschein 1968).

Ten tweede is een 'volwassen' kennisopvatting van belang: niet de naïeve idee dat er een deskundige is die alle wijsheid in pacht zou hebben, niet het postmoderne relativisme waarin ieder zijn of haar eigen feiten heeft, of waarin feiten synoniem zijn met belangen. Maar wel een committed, evaluatistisch standpunt, van waaruit je verantwoordelijkheid neemt om samen met peers en leraren te zoeken naar adequate kennis en vaardigheden 'to *reduce uncertainty*' om zo de wereld te begrijpen en te handelen. Dit alles vanuit kritisch vertrouwen, gebruikmakend van waarneming, bronnen en gedeelde redeneerregels (El-Farargy 2009; Hofer & Pintrich 1997; Perry 1970). Zo'n volwassen kennisopvatting moet natuurlijk niet ontaarden in de nieuwe naïviteit te denken dat ieder debat louter gevoerd wordt door belangeloze waarheidszoekers. Maar juist de ervaring met een niet-confronterende en machtsvrije dialoog zou kunnen helpen om conflicterende belangen en wereldbeelden tegemoet te treden (Knippels & Van Dam

2017; Van der Zande, Brekelmans, Vermunt & Waarlo 2009) en om weerbaar te zijn tegen de kracht van drogredenen en framing (Van der Goot 2009).

Ten derde is dan de inhoud van die kennis van belang. Welke kennis helpt om onzekerheid te verdragen en te reduceren? Allereerst noem ik een basaal begrip van het systeem waarin we leven, in de verschillende schaalgroottes van huishouden en buurt tot planeet, de fysieke en sociale mechanismen die daarin een rol spelen en de dynamiek die dat oplevert. Veel misconcepten die heersen over klimaatverandering zijn hieraan gerelateerd (Shepardson, Roychoudhury & Hirsch 2017). Redeneren over dit systeem doet een beroep op natuurwetenschappelijke, technologische, economische en sociaalwetenschappelijke inzichten en denkwijzen. Een totaalmodel bestaat niet en zou onhanteerbaar zijn, dus afhankelijk van je specifieke vraag zul je systeemgrenzen kiezen en inzoomen op een aspect. Een belangrijke systeemdenkvaardigheid is het bewustzijn dát je hebt ingezoomd op een deelstelsel. En dat conclusies of plannen die je binnen dat systeem bedenkt uiteindelijk zullen functioneren binnen het systeem als geheel (Verhoeff, Boersma, Knippels & Gilissen 2018). Een sleutelinzicht ten aanzien van de dynamica is dat onze leefwereld zich gedraagt als een complex niet-lineair systeem. In zulke systemen is de dynamiek maar beperkt voorspelbaar, en kunnen er kantelpunten optreden waardoor het systeem – nadat het over een drempel is gegaan – onomkeerbaar in een ander regime belandt. Dat is een belangrijke reden voor het voorzorgprincipe. Bovendien noopt dit inzicht tot intellectuele nederigheid: we kunnen kennis ontwikkelen, en we kunnen verstandiger handelen door gebruik te maken van die kennis, maar ons inzicht in de gevolgen blijft fundamenteel beperkt (Cohen 2013).

Ten vierde is de gewenste ontwikkelingsrichting van belang. Daarvoor zouden we kunnen kijken naar de zeventien duurzame ontwikkelingsdoelen van de Verenigde Naties (zie figuur 3 op de volgende pagina). Deze doelen zijn onderschreven door alle lidstaten van de VN en ook door de Nederlandse overheid overgenomen

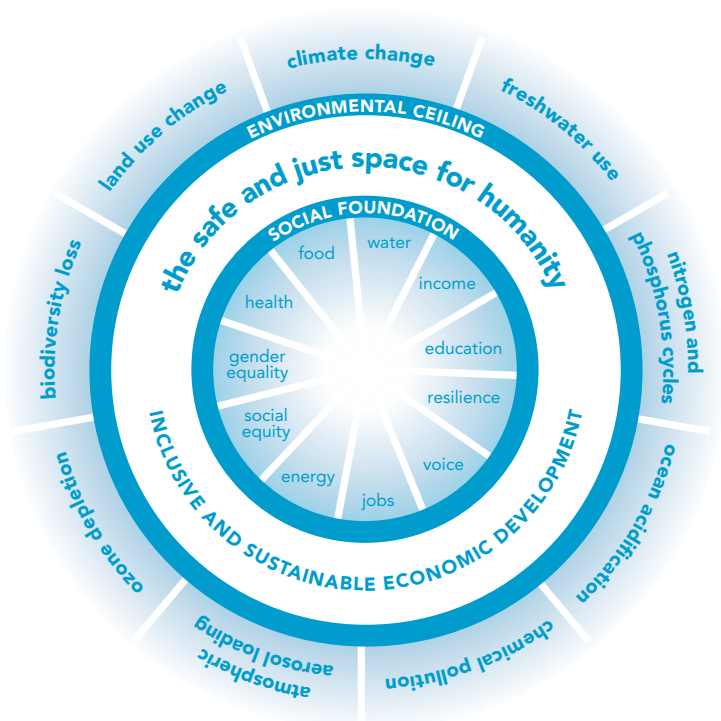
als richtsnoer (Rijksoverheid.nl 2018). Hoewel de doelen niet juridisch bindend zijn, bieden ze wel een universele taal om te praten en te rapporteren over duurzaamheid. Ook in het onderwijs wordt dit kader al wel gebruikt, in de les en ook als onderwijsbeleidsinstrument om bijvoorbeeld in het hoger onderwijs te monitoren hoe opleidingen duurzaamheid in hun curriculum inbouwen.

Figuur 3
Duurzame
ontwikkelingsdoelen-
model van de
Verenigde Naties.



Een beperking van het model van de VN vind ik wel dat er wat weinig structuur in zit. De sociale en de ecologische doelen staan willekeurig door elkaar, waarom eigenlijk samen in een model? En als je op vijftien tegeltjes vooruitgaat en op twee achteruit, is dat dan vooruitgang? In dat opzicht vind ik het beeld van de donuteconomie van Kate Raworth een inzichtelijke toevoeging (zie figuur 4 op de volgende pagina). Raworth schetst de leefruimte voor de mensheid in de vorm van een donut. De buitenrand van de donut stelt de maximum draagkracht van de planeet voor; de binnenrand stelt de minimumvoorwaarden voor sociale rechtvaardigheid. Zowel de binnenrand als de buitenrand zijn verder uitgewerkt in een aantal indicatoren die ruwweg overeenkomen met de zeventien doelstellingen. De uitdaging is om met de mensheid een bestaan op te bouwen dat aan beide kanten binnen de grenzen blijft. Wat me hierin aanspreekt is dat sociale en planetaire randvoorwaarden in één plaatje zichtbaar worden, terwijl ook duidelijk is dat ze van verschillende aard zijn.

Figuur 4
Donuteconomie-model
van Kate Raworth.



Welk model je ook kiest, om er zinvol over te redeneren en keuzes te maken, zijn naast morele waarden ook getalswaarden nodig. Hoeveel Petajoules verbruiken we? Hoeveel Gigatonnen stoten we uit? Hoeveel ppm's dragen wij bij? En, heel belangrijk als het over klimaatrechtvaardigheid gaat: reken je per land of per mens (Rosling et al. 2018)? Wat zijn de gevolgen van een halve meter zeespiegelstijging, en wat betekent een range van 26 tot 82 cm in 2100, als het misschien ook wel 2 of 3 meter kan worden over één of twee eeuwen? Het is verleidelijk om selectief te winkelen in je data. En als je maar genoeg data hebt dan kun je altijd wel een paar positieve of negatieve krenten uit de pap vissen. Zo wisten klimaatsceptici tot 2013 op kunstige wijze een dalende trend te ontwaren in de gemiddelde jaartemperaturen en presenteert

Hans Rosling in zijn boek *Feitenkennis* (2018) drie bedreigde diersoorten waar het de laatste tien jaar beter mee gaat, terwijl hij negeert dat het aantal bedreigde diersoorten jaarlijks wel toeneemt. Rosling laat wel overtuigend zien dat mensen zich zorgen maken op basis van onjuiste feitenkennis, en het ligt voor de hand dat je dan je prioriteiten verkeerd legt. Zo maken mensen zich toenemend zorgen over de lokale luchtkwaliteit, terwijl die volgens metingen van het RIVM al jaren verbetert, en denken veel mensen ten onrechte dat Nederland vooroploopt in duurzaamheid (Den Ridder et al. 2018). Vandaar het belang van kwantitatieve vragen als: wat zijn de grootste bijdragen aan mijn ecologische voetafdruk waar ik het beste iets aan kan doen, en wat is feitelijk peanuts?

Rekenen wordt lastig als cruciale informatie verstopt zit. Wat is de ecologische voetafdruk van een Happy Meal, een iPhone of een Volkswagen? Voedsel- en technologiebedrijven stellen ons graag gerust met een groen imago. Maar ze schermen intussen (informatie over) het binnenste van hun producten af, waardoor de consument comfortabel onwetend kan blijven (Wals 2015).

“WAT GAAT ER
VERANDEREN?

**VOOR WIE, WAAR,
WAAROM, WANNEER,
HOE, IS HET HEUS EN
MAG JE NOG WEL ELKE
DAG WARM DOUCHEN?”**

8 / OPLEIDEN VOOR EEN ONZEKERE WERELD

“[H]et klimaat verandert voortdurend. In de ijstijden was het veel kouder dan nu. In de tijd van de dino’s veel warmer. [...] Maar de laatste jaren verandert het klimaat nogal snel. Daarom heeft iedereen het over klimaatverandering. Terwijl dat best een ingewikkeld verhaal is, met stukjes natuurkunde, scheikunde, geologie, biologie, meteorologie... Hoe kunnen amateurs zoals jij en ik dat nou snappen? Want we willen natuurlijk wel weten hoe het zit met de ijsberen, de orkanen en al die overstromingen. [...]

Je zult zien dat het grote verhaal van klimaatverandering over veel meer gaat dan ijsberen en uitlaatgassen. Daarom duurt het ook even voor die om de hoek komen. Eerst moeten we het hebben over vulkanen, mammoeten en bibberende wetenschappers. Daarna lees je alles over de klimaatverandering van nu. Wat gaat er veranderen? Voor wie, waar, waarom, wanneer, hoe, is het heus en mag je nog wel elke dag warm douchen?”

Uit: *Palmen op de Noordpool* (Ter Horst 2018).

Wat moeten we jonge mensen meegeven om hun weg te vinden in die complexe en onzekere samenleving, en er hun bijdrage aan te leveren? Op grond van het voorgaande kom ik, vanuit het perspectief van bèta- en technologieonderwijs, tot de volgende tien aspecten, die ik zie als gewenste uitkomsten:

- Je bent verbonden met je leefwereld en wilt op een goede manier op deze planeet samenleven.
- Die ‘goede manier’ is niet in één dimensie te beschrijven. Hoe weeg je de CO₂-uitstoot van de Eemscentrale af tegen het uitsterven van witte neushoorn, of het gebrek aan schoon drinkwater in Oeganda tegen de plasticsoep in de stille oceaan?
- Mensen zullen afhankelijk van hun omstandigheden en overtuigingen verschillende afwegingen maken.

- Al deze uitkomsten zijn in een complex systeem met elkaar verbonden. Fysische, biologische, economische en sociale processen beïnvloeden elkaar wederzijds. Kennis van dat systeem stelt ons in staat om verwachtingen te ontwikkelen en scenario's af te wegen, maar verrassingen blijven mogelijk.
- Je ziet nooit het hele plaatje met alle details. Je moet in- en uitzoomen, perspectieven vullen elkaar aan.
- Kennis is nodig om onzekerheden te reduceren en om keuzes mogelijk te maken, ook als deze kennis voorlopig is. Ook nodig is de bereidheid en vaardigheid kennis op zijn waarde te onderzoeken, los van je persoonlijke voorkeur of belang.
- Het 'we' uit de vorige zinnen kan niet onbepaald blijven. De mogelijkheden voor invulling van het 'we' worden begrensd door zowel morele als feitelijke overwegingen.
- Je handelen doet ertoe (*agency*). Je zult in staat zijn je eigen leven vorm te geven.
- Macht doet ertoe en 'to talk power to truth' is iets anders dan 'to talk truth to power'.
- Je hebt alleen invloed als je samenwerkt, als burger, consument en professional; lokaal en globaal.

In vergelijking met voorstellen van sommige andere auteurs (Frijters 2016; Meer & Wals 2017; SLO 2007) leg ik daarmee een explicietere nadruk op het begrijpen van en redeneren over het complexe systeem dat onze Aarde is. Want juist daar ligt een specifieke bijdrage van het bèta- en technologieonderwijs. Aan de andere kant stelt bijvoorbeeld de Amerikaanse beroepsvereniging van bèta-leraren NSTA een veel specifiekere invulling voor op het gebied van onderwijs over klimaatverandering.

Bovenstaande doelen vormen wel een ambitieus rijtje. Het is ook niet exclusief de taak van het onderwijs om hierin te voorzien; die taak deelt de school met de ouders en met andere verbanden waarin het kind opgroeit, zoals de kerk of de sportclub. Toch heeft de school hierin een bijzondere verantwoordelijkheid, namelijk om te spreken namens de samenleving als geheel.

“HOE DRAAG JIJ BIJ
AAN DUURZAME
ONTWIKKELING?”

9 / BIJDRAGEN AAN HET BÈTA- EN TECHNOLOGIEONDERWIJS

Een rijtje met gewenste uitkomsten geeft natuurlijk nog niet voldoende richting om in het onderwijs met die taak aan de slag te gaan. Laat ik proberen om per onderwijsfase te schetsen hoe de activiteiten van het lectoraat Bèta- en technologie-didactiek kunnen bijdragen aan het realiseren van de gewenste uitkomsten uit het vorige hoofdstuk.

Basisonderwijs

Het basisonderwijs heeft veel taken op zijn bordje. Er liggen mooie, maar niet erg specifieke kerndoelen op het gebied van Duurzaamheid/Natuur en Techniek (zie tabel op pagina 56). Recent zijn daar nog doelen op het gebied van Wetenschap & Technologie (W&T) bijgekomen, maar er is maar weinig tijd voor bèta- en technologieonderwerpen. Cijfers over tijdsbesteding zijn moeilijk te interpreteren, mede doordat indeling en naamgeving van leerdomeinen per school verschillen. Het globale beeld is dat de tijdsbesteding in de laatste tien jaar licht is afgenomen en dat nu in de bovenbouw ongeveer één uur per week besteed wordt aan ieder van de drie domeinen Ruimte, Tijd en Natuur en Techniek; in de onderbouw is dat minder (Van Zanten, Van Graft & Van Leeuwen 2017).

Leraren geven aan dat zij onderwerpen uit de niet-levende natuur minder vaak onderwijzen dan onderwerpen uit andere domeinen. Er zijn diverse pogingen geweest om techniekonderwijs te stimuleren door materialen de school in te brengen, zoals techniektorens en 3D-printers. Op de meeste scholen heeft dat niet geleid tot substantieel gebruik. Leraren voelen zich onvoldoende toegerust op de gebieden van natuurwetenschappen en onderzoekend leren. De kans is dan ook groot dat zij in hun onderwijs vrij dicht bij de gebruikte methoden blijven. Nadere beschouwing van de inhoud van veelgebruikte leer- en werkboeken laat zien dat leerlingactiviteiten vooral bestaan uit het lezen van

Kerdoelen
basisonderwijs
gerelateerd aan
duurzaamheid.

Mens en samenleving	
34	De leerlingen leren zorg te dragen voor de lichamelijke en psychische gezondheid van henzelf en anderen.
39	De leerlingen leren met zorg om te gaan met het milieu.
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, elektriciteit, 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, seizoenen en dag en nacht veroorzaakt.
Ruimte	
49	De leerlingen leren over de mondiale ruimtelijke spreiding van bevolkingsconcentraties en godsdiensten, van klimaten, energiebronnen en van natuurlandschappen zoals vulkanen, woestijnen, tropische regenwouden, hooggebergten en rivieren.

inhoudelijke teksten en het schriftelijk beantwoorden van vragen over de teksten. Regelmatig worden abstracte begrippen en relaties ingevoerd zonder dat deze voor leerlingen functioneel worden (atomen en moleculen, geluidsgolven, alle energie komt van de zon) en bij vragen in het boek worden meerkeuzeantwoorden gegeven (Van Zanten et al. 2017). In de Wetenschap & Technologie-aanpak ligt wel de nadruk op onderzoeken en ontwerpen, maar daar gaat de meeste aandacht uit naar de proceskant, zoals onderzoekscyclus en ontwerpcyclus. De inhoudelijke invulling is veel minder uitgewerkt, en het risico is groot dat onderzoekend leren zo een vormoefening wordt.

Ik stel voor om de doelen realistisch te stellen en de inhoudelijke focus op waarneembare fenomenen te richten. Fenomenen waar de leraar en de leerlingen gelijkelijk toegang toe hebben, waar leerlingen waarnemingen aan kunnen doen waar ze over kunnen redeneren. Zo'n nadruk op waarnemen en redeneren over en met waarneembare verschijnselen is in overeenstemming met de geldende kerndoelen van het leergebied Oriëntatie op Jezelf en de Wereld (zie tabel op pagina 56), en sluit ook goed aan bij het, gedetailleerdere, TIMSS-framework⁹. Atomen en moleculen hoeven niet op de basisschool, onderwijs daarover komt meestal neer op aanpraten, wat resulteert in schijnweten (*"verdunklendes Wissen"*, Wagenschein 1968). Laat ook de onderzoekscyclus even voor wat hij is, dat komt later wel. Begin dichtbij. De ervaring van verbondenheid met een gedeelde leefwereld is in alle onderwijsfasen van belang, maar bij uitstek ligt hier een rol voor het OJW-onderwijs op de basisschool. Laat natuuronderwijs vooral ook onderwijs in de natuur zijn, dat mag ook stadsnatuur zijn. Leg bij aardrijkskunde de verbinding met de buurt en bij geschiedenis de verbinding met ons gedeelde heden. Duurzaamheid heeft zeker een plaats, mits er vanuit kinderperspectief een lokaal handelings-

⁹ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) is een wereldwijd vergelijkend onderzoek waarin iedere vier jaar de wiskunde en science-prestaties van kinderen tussen verschillende landen vergeleken worden. De opgaven worden geconstrueerd aan de hand van het TIMSS-framework, een synthese van de leerdoelen van de deelnemende landen.

perspectief aan te verbinden is: waterkwaliteit in een lokale sloot, energieverbruik van de school, warme-truiendag, daar kun je prima natuur en techniek van maken.

Ervaren is hier een actief ervaren, deel hebben aan, en dat geldt niet alleen de leefwereld in de les maar ook de ervaring van een gedeelde leefwereld buiten de les. Onderzoeken hoort er zeker bij, en dan niet zozeer volgens een strikt methodologisch stappenplan, maar vooral door het stellen van nieuwsgierige en kritische vragen bij waarnemingen die de leerlingen zelf kunnen doen. Krachtige onderwijsstrategieën zijn het in dialoog ontwikkelen van betekenisvolle vragen, *predict-observe-explain*, expliciete aandacht voor epistemische criteria (hoe zeker weet je dat, hoe kunnen we dit zeker weten), en het modelleren/scaffolden van de gewenste dialoog (Kaldi, Filippatou & Govaris 2011; Rivet & Krajcik 2004; Simon & Richardson 2009; Van Uum, Verhoeff & Peeters 2016). Een wezenlijk aandachtspunt in zulk dialooggericht onderwijs is de volwaardige participatie van leerlingen met diverse sociaaleconomische, culturele en talige achtergronden (Hajer, Meestringa & Tordoir 2015).

In het project *Inclusive science teaching in multilingual classrooms* – a design study ontwikkelen onderzoekers uit het lectoraat, samen met collega's van het lectoraat Meertaligheid en partners in Noorwegen en Zweden, strategieën om de volwaardige deelname en de vaktaalontwikkeling van leerlingen in een meertalige klas te bevorderen. We ontwikkelen inhouden en lesactiviteiten die dialoog uitlokken en vaktaalontwikkeling kunnen bevorderen; we trainen leerkrachten in het gebruik van taalondersteunende strategieën om de volwaardige deelname van leerlingen met een anderstalige achtergrond te bevorderen; en we onderzoeken de effecten hiervan op leraarsgedrag en -attituden.

In het promotieonderzoek van Gerard Dummer, een samenwerking met het lectoraat Didactiek van Wiskunde en Rekenen, onderzoeken we hoe leerlingen in de bovenbouw van het basisonderwijs inzicht kunnen ontwikkelen in de werking van gepro-

grammeerde systemen in de leefwereld. Dit door zelf besturingen te programmeren voor echt werkende legomodellen van zulke systemen, bijvoorbeeld een lift, een parkeergarage en een lijnvolgrobot. De eerste pilottests met kinderen uit groep 5 en groep 8 laten zien dat de gekozen modellen voor kinderen aansprekend zijn. Bij de parkeergarage en de lift hebben ze houvast aan hun ervaring terwijl de robot meer problemen oplevert. Verder helpt het fysieke model kinderen bij het redeneren en testen, en zijn de taken met een eenvoudige lineaire programmaopbouw behapbaar voor leerlingen uit groep 5. In het vervolg van het project wordt op basis van deze resultaten een leerlijn ontwikkeld en worden de leeropbrengsten geëvalueerd.

In de toekomst hopen we bij te dragen aan de ontwikkeling van meer samenhang en diepgang in het natuur- en techniekonderwijs, en het aardrijkskundeonderwijs op de pabo. De OJW-domeinen hebben in het pabocurriculum maar weinig uren, en zijn versnipperd over veel cursussen. Het is begrijpelijk dat de OJW-domeinen relatief klein zijn. Maar om enige kwaliteit te ontwikkelen moet het aandeel in de tijdsbesteding duidelijk groter zijn dan het tijdsaandeel van de overeenkomstige domeinen in het basisschoolcurriculum, zeker ook aangezien de meeste pabostudenten geen bèta-achtergrond hebben. Een manier om aardrijkskunde en natuur en techniek een steviger plaats te geven is het leggen van dwarsverbanden. Rekenen en taal (verhalen!) bieden aanknopingspunten voor aardrijkskunde en natuur en techniek.

Voorgezet onderwijs

In het voortgezet onderwijs ontstaat ruimte voor meer formele en abstracte begrippen. Hier wordt het belangrijk om te ervaren dat je op verschillende manieren naar de wereld kunt kijken, bijvoorbeeld vanuit de disciplinaire perspectieven. De moeilijkheid daarvan wordt nog weleens onderschat. Natuurlijk kan de natuurkundige best een onderwerp uit de biologie of scheikunde behandelen, maar als de biologieleraar een natuurkundige is (of omgekeerd) gaat er veel verloren en ontwikkelen leerlingen minder inzicht en interesse (Hobbs 2015; Nixon, Luft & Ross 2017). De schoolvakken

moeten echter niet alleen los opereren. Juist het werken aan relevante interdisciplinaire vraagstukken, en de ontmoetingen op de grensvlakken die daardoor ontstaan, kunnen voor leerlingen het verschil in perspectief betekenisvol maken. Duurzaamheidsvraagstukken zijn daarvoor een veelbelovend thema.

In het project Interdisciplinariteit in de vo-lerarenopleidingen: duurzaamheid als gevalstudie ontwikkelen onderzoekers uit mijn groep, samen met andere docenten van de Instituut Archimedes een cursus voor tweedejaarsstudenten van de lerarenopleidingen Aardrijkskunde, Biologie, Natuurkunde, Scheikunde en Techniek. Daarin vergroten zij enerzijds hun eigen kennis op het gebied van interdisciplinaire duurzaamheidsvraagstukken, en ontwikkelen zij anderzijds hun didactische visie en vaardigheden voor dergelijk onderwijs. Voor dit project zoeken we samenwerking met onder andere de Stichting Technasium. In de eerste pilot van de cursus, nog zonder aardrijkskundestudenten, werd al snel duidelijk dat studenten enthousiast zijn over de mogelijkheden en het belang van interdisciplinaire samenwerking, maar dat het helemaal niet zo eenvoudig is om die samenwerking ook met enige diepgang vorm te geven. Als je mensen uit verschillende disciplines bij elkaar zet rond een interdisciplinair vraagstuk, ontstaat niet zomaar een vruchtbare samenwerking. Dit vraagt specifieke attituden en vaardigheden, en vaak ook inhoudelijke kennis die specifiek is voor het interdisciplinaire vraagstuk. Zoals in hoofdstuk 5 al beschreven werd, zagen we in eerste instantie de verwarring bij studenten toenemen en het enthousiasme voor interdisciplinaire samenwerking afnemen. Nu, tegen het eind van de cursus, lijken de studenten langzamerhand hun weg te vinden in de complexiteit van interdisciplinaire samenwerking aan duurzaamheidsvraagstukken. Op basis van de onderzoeksbevindingen zal voor volgend jaar een verbeterde versie van de cursus ontwikkeld worden. Daaraan zullen ook de studenten van de aardrijkskundeopleiding deelnemen. Naast aandacht voor het proces van interdisciplinaire samenhang, zal er ook meer invulling gegeven worden aan de specifieke inhoudskennis die nodig is voor duurzaamheidsvraagstukken, zoals levenscyclusanalyse en dynamica van complexe systemen. Ook zal er meer aandacht zijn

voor specifieke vakdidactische modellen (bijvoorbeeld Frijters 2016) en voor specifieke werkvormen, zoals de expertmethode en *futures thinking*. Vanuit het brede perspectief van duurzaamheid, dat zowel natuurlijke als sociale aspecten kent, zou verbreding naar lerarenopleidingen in sociale en economische domeinen op de langere termijn een interessante vervolgstap kunnen zijn.

Ook de invalshoek van technisch ontwerp en *maker*-onderwijs lijkt kansrijke aanknopingspunten te bieden om de agency van leerlingen te vergroten, om duurzaamheidsaspecten een plaats te geven, en om een motief op te roepen om kennis uit de verschillende bèta-domeinen te bestuderen en toe te passen. In het kader van de stimuleringsregeling Sterk Techniekonderwijs¹⁰ zullen vmbo-scholen in de regio Utrecht gaan werken aan de ontwikkeling van ontwerp- en makeronderwijs. In de praktijk van het makeronderwijs tot nu toe, zijn makeractiviteiten veelal extracurriculair en ligt de nadruk meer op enthousiasme en creatieve vrijheid dan op conceptueel leren. Wil het makeronderwijs een structurele plaats krijgen binnen het curriculum, dan is van belang dat ook de bijdrage aan conceptueel begrip overtuigend vorm krijgt. In samenwerking met het Globe-college zoekt de onderzoeksgroep naar mogelijkheden om deze ontwikkeling vakdidactisch en onderzoeksmatig te ondersteunen.

Hoger onderwijs

Ten slotte het hoger onderwijs, en dan kijk ik vooral naar onze eigen Hogeschool Utrecht. Zoals het strategisch plan 'Hogeschool Utrecht in 2020' stelt:

"Duurzaamheid maakt deel uit van het professioneel handelen van onze studenten en medewerkers. Duurzaamheid wordt uitgelegd als het leveren van een bijdrage aan het behalen van een of meer van de Sustainable Development Goals (SDG's of Global Goals), zonder de andere doelen te schaden" (HU 2014).

¹⁰ <https://www.sterктеchniekonderwijs.nl>.

Daar wil ik vanuit het lectoraat graag aan bijdragen. De activiteiten van het lectoraat in de lerarenopleidingen noemde ik al, maar er is meer: hoe gaan wij binnen de HU professionals opleiden die bijdragen aan een duurzame toekomst? En dan denk ik niet alleen aan specifieke opleidingen zoals Life Sciences of Gebouwde Omgeving, maar ook aan onze opleidingen in den brede. Een verplicht blokje duurzaamheid in het eerste jaar of een keuzemodule in het derde jaar is niet afdoende. Als het opleiden van duurzame professionals tot onze kernwaarden behoort, dan vraagt dat een consistente boodschap op alle niveaus en vanuit alle onderdelen van de HU: van huisvesting en bedrijfsvoering tot curriculum en extracurriculaire activiteiten. Het HU-programma Duurzaamheid werkt daar hard aan, de duurzaamheidsambities zijn opgenomen in de managementafspraken met de opleidingen en vanuit het lectoraat hoop ik samen met de mensen van het programma en de opleidingen bij te dragen aan het invullen van duurzaamheid binnen de curricula.

Zoals Niko Roorda (een van de grondleggers van duurzaamheidsdenken in het Nederlandse hbo) stelt: "Iedere professional – wat je ook voor beroep hebt, of je nu hoog of laag in een organisatie werkt, en of je ervoor betaald krijgt of niet – kan actief bijdragen aan duurzame ontwikkeling" (Roorda 2015). Ook in de toekomst hebben we bekwame verpleegkundigen, ingenieurs, journalisten, leraren en ondernemers nodig. De inhoud van die beroepen zal vast verschuiven, maar de maatschappelijke rollen blijven en de beroepsbeoefenaren maken keuzes met meer of minder duurzame gevolgen. Roorda geeft als vuistregel voor een goede keuze dat:

- de voor- en nadelen voor het gehele consequentiebereik zijn vastgesteld en gewetensvol afgewogen, in samenspraak met alle stakeholders; en
- redelijkerwijs verwacht mag worden dat de mensen aan het eind van de consequentieperiode nog steeds zullen vinden dat het een goede beslissing was.

Als we die eis overnemen dan moeten we ons bewust zijn van de grenzen aan onze kennis en aan de voorspelbaarheid van het systeem waarbinnen we handelen. Dat beperkt onze handelingsruimte om drieste dingen te doen met onvoorzienbare gevolgen. Dit vraagt veel kennis, maar ook een houding van intellectuele bescheidenheid en normatieve reflectie; bildung zoals we dat bij de HU noemen.

Roorda werkt de benodigde kennis en houdingsaspecten verder uit in zijn VESTIA+D-model. Zo'n kader, of een ander kader dat past bij de HU (het strategisch plan noemt nu de VN-doelen) of bij specifieke sectoren, zou als inspiratie kunnen dienen om aan iedere opleiding, aan iedere docent en aan iedere collega van de diensten, de vraag te stellen: hoe draag jij bij?

Laten we die informatie delen. Misschien doen we al dingen goed die we ons nog niet bewust waren. Ongetwijfeld gaan we van elkaar leren en we ontdekken vast ook nog blinde vlekken. Misschien ontstaat er noodzaak voor nieuw onderwijs, mono- of interdisciplinair. Klimaatwetenschap voor journalisten; social work voor bouwkundigen; een hackaton of een futures studio waarin we met professionals, studenten en gebruikers oplossingen zoeken om te leven met het stijgende water.

Laten we onderzoeken wat werkt, kennis delen over mislukkingen en successen, en leren van elkaar.

DANKWOORD 65

REFERENTIES 66

SAMENSTELLING ONDERZOEKSGROEP 73

KENNISCENTRUM LEREN EN INNOVEREN 75

CURRICULUM VITAE 77

COLOFON 79

/ DANKWOORD

Het lectoraat Bèta- en technologiedidactiek van Hogeschool Utrecht is gestart in juni 2017. Rond diezelfde tijd startten ook de vakdidactische lectoraten van Rick de Graaff (Moderne vreemde talen) en Paul Drijvers (Wiskunde en rekenen). Drie vakdidactische lectoren, alle in combinatieaanstellingen met de Universiteit Utrecht. Samen met de reeds bestaande lectoraten heeft het HU-onderwijsonderzoek daarmee een stevig vakdidactisch profiel gekregen, en ligt er een goede basis om ook de onderzoeks-samenwerking met de UU uit te bouwen.

Bij de start van dit nieuwe lectoraat dank ik het College van Bestuur van Hogeschool Utrecht voor het in mij gestelde vertrouwen. Het bestuur van het Freudenthal Instituut van de Universiteit Utrecht dank ik voor de bereidheid om mijn combinatieaanstelling mogelijk te maken. Ik dank ook de leden van de onderzoeksgroep, die met hun enthousiasme en deskundigheid een vliegende start van het lectoraat mogelijk maken. Ik zie ernaar uit om de komende jaren met deze groep in vruchtbare onderzoekssamenwerking bij te dragen aan goed bèta- en technologieonderwijs binnen en buiten de HU.

/ REFERENTIES

- Alblas, A. (1999).** *Onderwijzen voor een natuurbetrokken bestaan: didactische uitgangspunten voor natuur-en milieueducatie*. Wageningen Universiteit.
- Akker, J. van den, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (2006).** *Educational design research*. Routledge.
- American Scientist (2012).** 100 Reasons to Become a Scientist or Engineer, *American Scientist*, 100, 300.
- Bencze, L. & S. Alsop (2014).** *Activist science and technology education* (Vol. 9). Springer.
- Berg, C. van der & M. Margadant-van Arcken (1999).** *Evaluatieverslag project Earthkeepers*. Wageningen.
- Bernstein, B.B. (2000).** *Pedagogy, symbolic control, and identity: Theory, research, critique*. Rowman & Littlefield.
- Biesta, G.J.J. (2010).** Het beeld van de leraar: Over wijsheid en virtuositeit in onderwijs en onderwijzen. *Tijdschrift Voor Lerarenopleiders*, 32, 4-11.
- Bolotin Joseph, P., S. Luster Bravmann, M.A. Windschitl, E.R. Mikel & N. Stewart Green (2000).** *Cultures of Curriculum*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bormans, R. & I. Dekker (2016).** *Samenleven in de moderne samenleving*. Rotterdam.
- Boshuizen, H.P.A. (2003).** *Expertise development: how to bridge the gap between school and work*. Oratie. Heerlen: Open Universiteit Nederland.
- Chawla, L. (1998).** Significant Life Experiences Revisited: A Review of Research on Sources of Environmental Sensitivity. *The Journal of Environmental Education*, 29, 11-21.
- Cohen, L.H. (2013).** *I Don't Know: In Praise of Admitting Ignorance and Doubt (except when You Shouldn't)*. Penguin.
- Dekker, P., J. den Ridder, P. van Houwelingen & A. van den Broek, A. (2016).** *Burgerperspectieven 2016*, 4. Den Haag.
- Dekker, P., L. van der Ham & A. Wennekers (2018).** *Burgerperspectieven 2018*, 1. Den Haag.
- DeLoache, J.S., G. Simcock & S. Macari (2007).** Planes, trains, automobiles and tea sets: Extremely intense interests in very young children. *Developmental Psychology*, 43, 1579.
- Dijkstra, A.B. (2012).** *Sociale opbrengsten van onderwijs*. Amsterdam: Vossiuspers UvA.

- Dragt, T. (1967).** *De trapeze*, deel 8. Wolters-Noordhof.
- Dragt, T. (1969).** *Torenhooch mijlenbreed*. Leopold.
- El-Faragy, N. (2009).** Epistemological beliefs and intellectual development in the physical sciences. *New Directions in the Teaching of Physical Sciences*, (5), 1-6.
- Ericsson, K.A. (2009).** *Development of professional expertise: Toward measurement of expert performance and design of optimal learning environments*. Cambridge University Press.
- Fairclough, M. (2016).** *Playing with Fire: Embracing Risk and Danger in Schools*. John Catt Educational.
- Farmbrough, H. (2017).** *Hans Rosling on why rich countries need to tackle climate change differently*. Forbes. Geraappleegd van <https://www.forbes.com/sites/heatherfarmbrough/2017/12/31/hans-rosling-on-why-rich-countries-need-to-tackle-climate-change-differently/#117e84dc6078>.
- Festinger, L. (1962).** *A theory of cognitive dissonance* (Vol. 2). Stanford University Press.
- Feynman, R.P. (1965).** *The character of physical law*. Londen: BBC.
- Feynman, R.P. (1974).** *Cargo cult science*. Retrieved from <http://calteches.library.caltech.edu/51/2/CargoCult.htm>.
- Freire, P. (1972).** *Pedagogy of the Oppressed*, 1968. Trans. Myra Bergman Ramos. New York: Herder.
- Frijters, S. (2016).** *Leren voor duurzame ontwikkeling: Gewoon Doen*. Wageningen.
- Genseberger, R.J. (1997).** *Interesse-georiënteerd natuur-en scheikundeonderwijs: een studie naar onderwijsontwikkeling op de Open Schoolgemeenschap Bijlmer*. CDβ-Press.
- Ghosh, A. (2018).** *The great derangement: Climate change and the unthinkable*. Penguin UK.
- Goot, M. van der (2009).** Van Frankenstein tot de Goede Moeder: de inzet van frames in de strategische communicatie over duurzaamheid. *Tijdschrift Voor Communicatiewetenschap*, 37, 303.
- Greitemeyer, T. (2013).** Beware of climate change skeptic films. *Journal of Environmental Psychology*, 35, 105-109.
- Habermas, J. (1981).** *Theorie des kommunikativen Handelns I*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Hajer, M., T. Meestringa & A.C. Tordoir (2015).** *Handboek taalgericht vakonderwijs*. Coutinho.

- Hayek, F. von (1974).** *The pretence of knowledge – Economic Sciences Nobel prize acceptance speech*. Stockholm. Geraadpleegd van http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/1974/hayek-lecture.html.
- Heijden, C. van der (2017).** *Spiegelzaal van onze tijd - Linda. en de Nederlandse samenleving*. Atlas Contact.
- Hobbs, L. (2015).** Teaching Science Out-of-Field. In R. Gunstone (Ed.) *Encyclopedia of Science Education* (pp. 1044-1048). Dordrecht: Springer.
- Hodson, D. (2003).** Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25, 645-670.
- Hofer, B.K. & P.R. Pintrich (1997).** The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88-140.
- Horst, M. ter (2018).** *Palmen op de Noordpool: het grote verhaal van klimaatverandering*. Gottmer.
- Houtekamer, C. (2018).** EU-ministers kiezen de middenweg voor terugdringen CO₂-uitstoot auto's. *NRC-Handelsblad*, 10 oktober 2018.
- HU (2014).** *Hogeschool Utrecht in 2020*. Utrecht: Hogeschool Utrecht.
- Huizinga, J. (1935).** *In de schaduwen van morgen: een diagnose van het geestelijk lijden van onzen tijd*. Tjeenk Willink.
- Jirout, J. & D. Klahr (2012).** Children's scientific curiosity: In search of an operational definition of an elusive concept. *Developmental Review*, 32, 125-160.
- Jonge, E. de, M. van Bommel & R. Kloppenburg (2018).** Zicht op sociale complexiteit. Over het belang van wetenschappelijke perspectieven in sociaal werk. *Journal of Social Intervention: Theory and Practice*, 27, 29-47.
- Kaldi, S., D. Filippatou & C. Govaris (2011).** Project-based learning in primary schools: effects on pupils' learning and attitudes. *Education 3-13*, 39, 35-47.
- Knippels, M.-C. & F. van Dam (2017).** PARRISE, Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education, FP7. *Impact*, 2017 (5), 52-54.
- Koppen, C.S.A. van (2013).** Het laatste kind in het bos: de biografie van natuurbetrokkenheid. *Vakblad Natuur Bos Landschap*, 9 (10), 34-37.
- Kosicki, M., Tomberg, K. & A. Bradley (2018).** Repair of double-strand breaks induced by CRISPR-Cas9 leads to large deletions and complex rearrangements. *Nature Biotechnology*, 36, 765.
- Kreike, N. (2018).** 'Uitspraak over Crispr-Cas gemiste kans voor milieu en consument.' *De Boerderij*, (augustus).
- Kuhn, T. (1962).** *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Chicago University Press.

- Kurzweil, R. (2010).** *The singularity is near*. Gerald Duckworth & Co.
- Latour, B. (2004).** Why has critique run out of steam? From matters of fact to matters of concern. *Critical Inquiry*, 30, 225-248.
- Latour, B. (2018).** *Waar kunnen we landen – Politieke oriëntatie in het nieuwe klimaatregime*. Octavo.
- Mathijssen, M.A.J. (1982).** *De elite en de mythe: een sociologische analyse van strijd om onderwijsverandering*. Deventer: Van Loghum Slaterus.
- Meer, S. van der & A.E.J. Wals (2017).** *Leren voor Duurzame Ontwikkeling, een Verkenning van een Learnscape : gebaseerd op interviews met uiteenlopende experts op het gebied van leren voor duurzame ontwikkeling*. Geraadpleegd van <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/514302>.
- Mentink, D., B.P. Vermeulen & P.J.J. Zoontjens (2018).** Commentaar op artikel 23 van de Grondwet. In E.M.H. Hirsch Ballin & G. Leenknegt (Eds.), *Artikelsgewijs commentaar op de Grondwet, webeditie 2018*. Geraadpleegd van <http://www.nederlandrechtsstaat.nl>.
- Multatuli (1879).** *Ideeën I*. Amsterdam: Funke.
- Nixon, R.S., J.A. Luft & R.J. Ross (2017).** Prevalence and predictors of out-of-field teaching in the first five years. *Journal of Research in Science Teaching*, 54, 1197-1218.
- NOS (2018).** *Extra banen in hernieuwbare energie en energiebesparing*. Geraadpleegd op 12 december 2018 van <https://nos.nl/artikel/2262986-extra-banen-in-hernieuwbare-energie-en-energiebesparing.html>.
- O'Neill, S. & S. Nicholson-Cole (2009).** 'Fear won't do it' – Promoting positive engagement with climate change through visual and iconic representations. *Science Communication*, 30, 355-379.
- Onderwijsraad (2007).** *Leraarschap is eigenaarschap*. Den Haag: Onderwijsraad.
- Onderwijsraad (2018).** *Doorgeschoten differentiatie in het onderwijsstelsel*. Den Haag: Onderwijsraad.
- Oreskes, N. & E.M. Conway (2011).** *Merchants of doubt: How a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming*. Bloomsbury.
- Perry, W. (1970).** *Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Piaget, J. (1936).** *Origins of intelligence in the child*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Repko, A.F. (2008).** *Interdisciplinary research: Process and theory*. Sage.
- Raworth, K. (2017).** *Donut Economics*. Vermont, USA: Chelsea Green.
- Ridder, J. den, E. Boonstoppel & P. Dekker (2018).** *Burgerperspectieven 2018*, 2. Den Haag.

- Rijksoverheid.nl (2018).** *Sustainable Development Goals: Werelddoelen voor duurzame ontwikkeling*. Geraadpleegd op 17 december 2018 van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/ontwikkelingssamenwerking/internationale-afspraken-ontwikkelingssamenwerking/global-goals-werelddoelen-voor-duurzame-ontwikkeling>.
- Rivet, A. E. & J.S. Krajcik (2004).** Achieving standards in urban systemic reform: An example of a sixth grade project-based science curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 669-692.
- Roorda, N. (2015).** *Afscheidscollege: De duurzaam competente professional*. Geraadpleegd van <https://niko.roorda.nu/presentations/de-duurzaam-competente-professional>.
- Rooy, P. de (2018).** *Een geschiedenis van het onderwijs in Nederland*. Amsterdam: Wereldbibliotheek.
- Rosling, H., O. Rosling & A. Rosling Rönnlund (2018).** *Feitenkennis*. Het Spectrum.
- Roth, W.-M. & J. Désautels (2002).** Science education as/for sociopolitical action: Charting the landscape. *Counterpoints*, 210, 1-16.
- Ryan, R.M. & E.L. Deci (2000).** Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68.
- Safranski, R. (2003).** *Hoeveel globalisering verdraagt de mens? Atlas*. Savelsbergh, E.R., G.T. Prins, C. Rietbergen, S. Fechner, B.E. Vaessen, J.M. Draijer & A. Bakker (2016). Effects of innovative science and mathematics teaching on student attitudes and achievement: A meta-analytic study. *Educational Research Review*, 19, <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.07.003>.
- Schijndel, T.J.P. van, E. Singer, H.L.J. van der Maas & M.E.J. Raijmakers (2010).** A sciencing programme and young children's exploratory play in the sandpit. *European Journal of Developmental Psychology*, 7, 603-617.
- Schoenaker, N. & F. Notten (2018).** *De impact van de energietransitie op de Nederlandse werkgelegenheid 2008-2017*. Den Haag.
- Sennett, R. (2008).** *The craftsman*. Yale University Press.
- Shepardson, D., A. Roychoudhury & A. Hirsch (2017).** *Teaching and Learning about Climate Change*. New York: Routledge.
- Simon, S. & K. Richardson (2009).** Argumentation in School Science: Breaking the Tradition of Authoritative Exposition Through a Pedagogy that Promotes Discussion and Reasoning. *Argumentation*, 23, 469-493.
- SLO (2007).** *Duurzame ontwikkeling is leren vooruitzien. Kernleerplan Leren voor Duurzame Ontwikkeling*. Enschede.
- Steinbeck, J. (1939).** *Grapes of wrath*. USA: Viking.

- Tauritz, R. (2016).** A pedagogy for Uncertain Times. In W. Lambrechts & J. Hindson (Eds.), *Research and Innovation in Education for Sustainable Development. Exploring collaborative networks, critical characteristics and evaluation practices* (pp. 90–105). Vienna: Environment and School Initiatives – ENSI.
- Tinbergen, N. (1958).** *Curious Naturalists*. Country Life. Herdrukt in R. Dawkins (2008). *The Oxford Book of Modern Science Writing*. Oxford University Press.
- Tjeenk Willink, H. (2018).** *Groter denken kleiner doen: Een oproep*. Prometheus.
- Uum, M.S.J. van, R.P. Verhoeff & M. Peeters (2016).** Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38, 450-469.
- Venville, G., L.J. Rennie & J. Wallace (2012).** Curriculum Integration: Challenging the Assumption of School Science as Powerful Knowledge. In *Second International Handbook of Science Education* (pp. 737-749). Dordrecht: Springer.
- Verhoeff, R.P., K.T. Boersma, M.-C. Knippels & M. Gilissen (2018).** The theoretical nature of systems thinking. Perspectives on systems thinking in biology education. In *Frontiers in Education* (Vol. 3, p. 40). Frontiers.
- Vermeulen, M. & S. Waslander (2017).** Excellence in Emancipation, a Century-Long Search for Balance. In: E. Hooge, G. Biesta, M. Snoek, M. van der Meer, S. Waslander, M. Vermeulen, I. de Wolf, J. Verkroost, H. Franssen, C. Hummels, R. Wolff, J. Doornenbal, A. Harris en M. Jones. *The Dutch Way in Education*. Uitgeverij OMSJ.
- Waal, M.E. van der, A.E. van den Berg & C.S.A. van Koppen (2008).** *Terug naar het bos. Effecten van natuurbelevingsprogramma 'Het Bewaarde Land' op de natuurbeleving, topervaringen en gezondheid van allochtone en autochtone kinderen* (Vol. 1702). Alterra.
- Wagenschein, M. (1968).** *Verstehen lehren*. Beltz.
- Wals, A.J. (2015).** *Beyond unreasonable doubt education and learning for socio-ecological sustainability in the anthropocene*. Oratie. Wageningen: Universiteit Wageningen.
- Walton, C. (2015).** Childhood awaits every person. *International Journal of Children's Spirituality*, 20, 4-14.
- Weisberg, D.S., K. Hirsh-Pasek & R.M. Golinkoff (2013).** Guided play: Where curricular goals meet a playful pedagogy. *Mind, Brain, and Education*, 7, 104-112.
- Wheelahan, L. (2012).** *Why knowledge matters in curriculum: A social realist argument*. Routledge.
- Wulf, A. (2016).** *De uitvinder van de natuur: het avontuurlijke leven van Alexander von Humboldt*. Atlas Contact.

Wynne, B. (2006). Public Engagement as a Means of Restoring Public Trust in Science – Hitting the Notes, but Missing the Music? *Public Health Genomics*, 9, 211-220.

Zande, P. van der, M. Brekelmans, J.D. Vermunt & A.J. Waarlo (2009). Moral reasoning in genetics education: Educational research. *Journal of Biological Education*, 44, 31-36.

Zanten, M. van, M. van Graft & B. van Leeuwen (2017). *Leerplankundige verkenning van TIMSS-trends – Rekenen-wiskunde en natuurwetenschappen*. Enschede: SLO.

/ SAMENSTELLING ONDERZOEKSGROEP

Jantien Smit is senior-onderzoeker bij het lectoraat Bèta- en Technologiedidactiek. Binnen haar onderzoek richt ze zich op talige componenten in het bèta-onderwijs, zoals inclusief W&T-onderwijs in meertalige basisschoolklassen, het bieden van taalondersteunende scaffolding-strategieën door leraren, en de relatie tussen taal en denken bij W&T. Jantien studeerde Nederlands en promoveerde in 2013 aan de Universiteit Utrecht op een onderzoek naar taalgericht rekenonderwijs.

Gerald van Dijk is hoofddocent aan de lerarenopleiding techniek bij Instituut Archimedes. Zijn onderzoek binnen het lectoraat richt zich op de didactiek van de techniekvakken, in het bijzonder ontwerpen en taalgericht vakonderwijs. Gerald volgde de lerarenopleiding techniek aan de SOL (een voorloper van Instituut Archimedes) en heeft ruime ervaring als docent in het vmbo. Hij is in 2018 gepromoveerd op een onderzoek naar opleiden van taalbewuste docenten natuurkunde, scheikunde en techniek.

Peter Duifhuis is curriculumverantwoordelijke en lerarenopleider natuurkunde bij Instituut Archimedes. Zijn onderzoek binnen het lectoraat richt zich op interdisciplinair onderwijs in de lerarenopleidingen van de exacte vakken. Peter studeerde Kunstmatige Intelligentie en Natuurkunde aan de Rijksuniversiteit Groningen.

Gerard Dümmer is hogeschooldocent ICT en onderwijs bij Instituut Theo Thijssen. Hij ontwerpt en onderzoekt in samenwerking met het lectoraat Didactiek van Wiskunde en Rekenen een leerlijn voor het verklaren en ontwerpen van de technisch geprogrammeerde leefwereld in de bovenbouw van het basisonderwijs. Gerard studeerde onderwijskunde.

Jeff Gradener is curriculumverantwoordelijke en lerarenopleider biologie bij Instituut Archimedes. Binnen het lectoraat wil hij zich graag verder verdiepen in wat tweede- en eerstegraadsdocenten in hun opleiding nodig hebben om succesvol te kunnen zijn in het ontwikkelen, implementeren en uitvoeren van eigentijds en interdisciplinair onderwijs. Jeff studeerde biologie-scheikunde aan de SOL en chemische biologie aan de Universiteit Utrecht.

Yvette Sol is hogeschoolhoofddocent aan de lerarenopleiding primair onderwijs bij Instituut Theo Thijssen. Haar onderzoek binnen het lectoraat richt zich op versterking van het Mens en Natuuronderwijs binnen de pabo. Yvette is afgestudeerd als onderwijskundige en in 2012 gepromoveerd op een onderzoek naar het pedagogisch-didactisch handelen van docenten in het voortgezet onderwijs. Daarnaast heeft zij diverse onderzoeken uitgevoerd en nascholingsprojecten verzorgd op het gebied van Wetenschap en Technologie (W&T) in het basisonderwijs.

Remco Vasterink is curriculumverantwoordelijke en lerarenopleider scheikunde bij Instituut Archimedes. Zijn onderzoek binnen het lectoraat richt zich op interdisciplinair onderwijs in de lerarenopleidingen van de exacte vakken. Remco Vasterink studeerde Technische Scheikunde aan de Rijksuniversiteit Groningen. Hij heeft gewerkt in het chemisch onderzoek en in de industrie, en heeft onderwijs gegeven in de chemische en farmaceutische industrie.

Michael van der Vlist is docent werktuigbouwkunde en onderwijskundig projectleider bij het ROC Midden Nederland. Zijn onderzoek binnen het lectoraat richt zich op het gebied van hybride leren binnen techniekonderwijs. Michael werkte na een mts-opleiding werktuigbouwkunde als onderhoudstechnicus bij de luchtmacht, en heeft na een bedrijfskundige vervolgopleiding de master Professioneel Meesterschap aan de Hogeschool van Amsterdam afgerond.

/ KENNISCENTRUM LEREN EN INNOVEREN

Het lectoraat Didactiek van Bèta- en Technologieonderwijs maakt deel uit van het Kenniscentrum Leren en Innoveren, een van de vier kenniscentra van Hogeschool Utrecht (HU). Dit kenniscentrum is in februari 2017 opgericht. De HU heeft in 2016 de kwaliteit van samenleven in de stedelijke omgeving als centraal thema voor onderwijs en onderzoek gekozen. Voor het Kenniscentrum Leren en Innoveren is het vraagstuk daarbij hoe mensen en organisaties overeind blijven én waarde toevoegen in een complexe en dynamische samenleving. Een klimaat van leren en innoveren vormt een belangrijke voorwaarde voor de verdere ontwikkeling van de stad en regio. Het hoger beroepsonderwijs heeft daar een belangrijke rol in. Om die rol te kunnen vervullen is kennisontwikkeling over leren in brede zin noodzakelijk. Tegelijkertijd is kennisontwikkeling over vorm en inhoud van het leren binnen de hogeschool nodig. Het kenniscentrum Leren en Innoveren richt zich daarom tegelijkertijd naar buiten en naar binnen.

Al ons onderzoek heeft directe waarde voor de beroepspraktijk: docenten en andere opleiders, professionals en organisaties die (willen) leren en innoveren. De resultaten van ons onderzoek leiden niet alleen tot wetenschappelijke inzichten, maar worden ook praktisch toegepast. De samenwerkingspartners van het Kenniscentrum Leren en Innoveren zijn opleidingen, docenten en studenten van Hogeschool Utrecht, het regionale onderwijs- en opleidingsveld en (inter)nationale organisaties. In samenwerking met deze partners levert het centrum een bijdrage aan het verder verhogen van de docentkwaliteit binnen Hogeschool Utrecht en docenten en andere opleiders in het brede veld van onderwijs en scholing. Vertegenwoordigers uit de beroepspraktijk nemen op eigen verzoek en op verzoek van het kenniscentrum deel aan onderzoek en werken actief mee bij het toepasbaar maken en benutten van ontwikkelde kennis. Doorwerking van onderzoek ontstaat

mede door het samen te doen: gezamenlijk kennis opbouwen, kennis delen, impliciete kennis externaliseren, verschillende soorten kennis combineren en nieuwe kennis internaliseren.

Lectoren zijn de dragende krachten van het kenniscentrum. Zij zetten kennis en ervaring in voor onderzoek en innovatie van de beroepspraktijk. De lectoren werken samen met onderzoekers, die hun functies doorgaans combineren met die van docent. Deze combinatie leidt tot goede verbindingen tussen de lectoraten en opleidingen, en tot overdracht van nieuwe kennis uit het onderzoek naar het onderwijs. Hogeschool Utrecht stimuleert haar docenten om in onderzoek te participeren en zelf promotie-onderzoek te verrichten binnen hun vakgebied. Ook worden studenten actief betrokken bij het uitvoeren van het praktijkgericht onderzoek. Het Kenniscentrum Leren en Innoveren bestaat uit negen lectoraten. Voor een overzicht zie <https://www.onderzoek.hu.nl/Kenniscentra/Leren-en-Innoveren>.

/ CURRICULUM VITAE

Elwin Savelsbergh (1968) is sinds juni 2017 lector Bèta- en technologiedidactiek. Met zijn onderzoeksgroep werkt hij aan versterking van de bèta- en technologiedidactiek in het primair en voortgezet onderwijs en in het hoger beroepsonderwijs. Het gaat daarbij om vragen als: welke bèta-technische kennis, vaardigheden en attituden hebben leerlingen in de hedendaagse maatschappij nodig als voorbereiding op de arbeidsmarkt, in de samenleving en als bijdrage aan hun persoonlijke ontwikkeling? Hoe kunnen deze inhouden motiverend en in samenhang onderwezen worden? Welke vakdidactische vaardigheden heeft een docent daarvoor nodig?

Elwin Savelsbergh studeerde natuurkunde aan de Universiteit Utrecht en promoveerde op een leerpsychologisch onderwerp aan de Universiteit Twente. Hij was postdoc bij het Max Planck Institut für Bildungsforschung in Berlijn, de Universiteit van Amsterdam en de Universiteit Utrecht. Daarna was hij universitair docent aan de Universiteit Utrecht, onderwijsdirecteur van de bèta-lerarenopleidingen aldaar en betrokken bij diverse initiatieven op het gebied van onderwijsinnovatie. Zijn functie als lector combineert hij met een aanstelling als universitair hoofddocent op hetzelfde vakgebied aan de Universiteit Utrecht.

/ COLOFON

Auteur

Dr. Elwin Savelsbergh

Eindredactie

Mariek Hilhorst Tekstredactie en Productiebegeleiding

Fotografie

Femke van den Heuvel

Vormgeving

Vuur, Utrecht

Drukwerk

Grafisch bedrijf Tuijtel, Hardinxveld-Giessendam

Lectoraat Bèta- en Technolgieididactiek

Hogeschool Utrecht

31 januari 2019

Openbare les

De wereld maken – Bèta- en technologiedidactiek voor een onzekere toekomst

Bezoekadres

Kenniscentrum
Leren en Innoveren
Padualaan 97
3584 CH Utrecht

Postadres

Kenniscentrum
Leren en Innoveren
Postbus 14007
3508 SB Utrecht

Telefoon

088 - 481 7373

E-mail

lectoraatDBT@hu.nl
elwin.savelsbergh@hu.nl

Website

<https://www.onderzoek.hu.nl/Kenniscentra/Leren-en-Innoveren/Didactiek-van-het-Beta-en-Technologieonderwijs>

ISBN (EAN) 978-90-8928-135-7
Januari 2019, Hogeschool Utrecht
Kenniscentrum Leren en Innoveren



Op deze uitgave is de CC-BY-NC-licentie van toepassing.
Het is toegestaan om deze uitgave te kopiëren, distribueren,
vertonen en op te voeren, en om afgeleid materiaal te maken dat
op dit werk gebaseerd is zolang dit geen commerciële doeleinden
heeft en uitsluitend als de auteurs vermeld worden als maker:
dr. Elwin Savelsbergh/Hogeschool Utrecht.

