

Prof.dr.ir. Fred Janssen

**Grip krijgen op complexiteit.
Onderwijs voor het 'moeras'.**



**Universiteit
Leiden**

Bij ons leer je de wereld kennen

Grip krijgen op complexiteit. Onderwijs voor het ‘moeras’.

Oratie in verkorte vorm uitgesproken door

prof.dr.ir. Fred Janssen

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de

Didactiek van de Natuurwetenschappen

aan de Universiteit Leiden

op 19 juni 2017.



**Universiteit
Leiden**

Mijnheer de Rector Magnificus, dames en heren,

Ik ben nu twintig jaar betrokken bij het opleiden en professionaliseren van docenten. Gedurende deze periode heb ik docenten regelmatig gevraagd de volgende opdracht uit te voeren. Maak een top drie van wat je het belangrijkste vindt om te onderwijzen. Maak ook een top drie van zaken waaraan leerlingen of studenten de meeste tijd besteden in je onderwijs. Ik vroeg vervolgens de uitkomsten van de ideale en de bestaande top drie te vergelijken en met elkaar te bespreken. Bij de ideale top drie worden dan vaak zaken genoemd als: zelf vragen leren stellen en antwoorden leren vinden, kwesties vanuit verschillende invalshoeken kritisch kunnen bekijken, leren wat je echt belangrijk vindt en wat je goed kunt en zelfstandig keuzes leren maken en daar verantwoordelijkheid voor nemen. De top drie activiteiten waar het meeste tijd aan werd besteed zag er doorgaans heel anders uit. Daarin kwamen meestal zaken terug als: luisteren naar uitleg, kijken naar demonstraties en vooral veel oefenen met het geleerde.

De uitkomsten van deze top drie opdracht sluiten goed aan bij huidige nationale en internationale analyses van bestaand en gewenst onderwijs op alle niveaus, van basisonderwijs tot hoger onderwijs (Pellegrino & Hilton, 2013; Chu et al., 2017 voor overzichten). In het onderwijs wordt relatief veel aandacht besteed aan uitleg, demonstratie en oefening. Maar het zou zo mooi zijn als het onderwijs ook meer zou kunnen bijdragen aan het realiseren van zaken uit de zojuist genoemde ideale top drie. Deze constatering is echter helaas niet nieuw. In 1990 schreef de onderwijshistoricus Larry Cuban hierover een artikel met de veelzeggende titel *Reforming again, again and again* (Cuban, 1990). Daarin liet hij zien dat veel van de eerder genoemde onderwijsidealen al meer dan een eeuw worden voorgesteld en telkens weer terugkomen omdat ze eenvoudigweg niet worden gerealiseerd (zie ook Cuban, 2013; Janssen, Westbroek, Doyle & Van Driel, 2013). Ik zal in mijn oratie proberen te verklaren waarom docenten niet vaker doen wat ze willen

en waarom onderwijsvernieuwingen die hetzelfde beogen vaak mislukken. Ik zal ook een oplossingsrichting voorstellen hoe waardevolle zaken uit de gewenste top drie vaker kunnen worden gerealiseerd in de onderwijspraktijk.

Maar voordat ik de hardnekkige kloof tussen de bestaande en gewenste situatie kan verklaren en mogelijk verkleinen is het goed om eerst nog wat scherper beide situaties te beschrijven. Deze stand van zaken kan als volgt worden samengevat: veel bestaand onderwijs bereidt leerlingen voor op het oplossen van zorgvuldig geformuleerde puzzels en problemen terwijl veel voorstellen voor gewenst onderwijs erop gericht zijn leerlingen en studenten ook voor te bereiden op moerassen. Ik zal dit kort toelichten. Puzzels zijn heel goed gestructureerde situaties waarbij je zodra je de situatie herkent vrijwel onmiddellijk weet wat je moet doen. Problemen zijn wat lastiger. In dat geval is het doel wel duidelijk, is ook bekend waaraan de oplossing moet voldoen en welke kennis hiervoor nodig is maar moet deze kennis worden bewerkt en toegepast voor een nieuwe situatie. Leerlingen en studenten voorbereiden op puzzels en problemen is belangrijk, maar in hun toekomstige leven hebben ze ook (en steeds meer) te maken met ongestructureerde situaties (Jonassen, 2010). Ik zal dergelijke situaties, in navolging van Donald Schön, voortaan moerassen noemen (Schön, 1983). In deze situaties is nog niet duidelijk wat precies de doelen zijn, je weet ook nog niet welke kennisgebieden relevant zijn en bovendien weet je nog niet waaraan oplossingen moeten voldoen (zie Simon, 1973 en Reed, 2016 over het continuüm van heel goed tot heel slecht gestructureerde probleemsituaties).

De kwaliteiten die zowel in de ideale top drie van veel docenten als van onderwijshervormers voorkomen hebben nu precies te maken met het grip leren krijgen op dergelijke complexe moerassige situaties. Daarvoor is het namelijk van belang dat je leert een situatie vanuit verschillende kanten kritisch te bekijken. Je moet ook leren wat voor soort vragen je kan stellen, zodat je het moeras kan exploreren en structureren. Dit op zijn

beurt zorgt ervoor dat je weet wat van je bestaande kennis relevant is en welke nieuwe kennis nog moet worden ontwikkeld of gezocht. In moerassituaties zullen er bovendien vaak keuzes moeten worden gemaakt, die vaak in dialoog met betrokkenen tot stand komen. Dit veronderstelt niet alleen goede zelfkennis maar ook het afwegen van belangen en consequenties voor meerdere betrokkenen.

Hoe komt het dat onderwijs ondanks de vele onderwijsvernieuwingspogingen toch nog vooral gericht is op puzzel en probleem oplossen en er minder aandacht is voor grip leren krijgen op complexe moerassituaties? Zouden we misschien de lat hiermee te hoog leggen voor de meeste leerlingen en studenten? Ik denk het niet. Onderzoek van de laatste dertig jaar naar het denken van heel jonge kinderen laat zien dat ze op die leeftijd al beschikken over kwaliteiten die nodig zijn om moerassige situaties te exploreren (Carey, 2009; Gopnik, 2010). Ze stellen veel vragen, kunnen zaken die voor ons vanzelfsprekend zijn nog van nieuwe kanten bekijken en toetsen daarbij vaak hun verwachtingen. Gopnik (2015, p. 91) vat dit als volgt samen:

”Adults may sometimes be better at the tried and true, while children are more likely to discover the weird and wonderful. This may be because as we get older, we both know more and explore less.”

Ligt het dan misschien aan de docenten dat het telkens maar niet lukt? Deze verklaring is het meest gangbaar. Uitgangspunt is dan dat docenten bepaalde kwaliteiten missen waardoor ze niet in staat of bereid zijn om de gewenste vernieuwing te implementeren (Kennedy, 2010; Doyle & Ponder, 1977). In de afgelopen vijftig jaar zijn er wel verschillende opvattingen geweest over het type kwaliteiten dat een docent nog zou moeten ontwikkelen (Kennedy, 2016; Darling-Hammond, 2016). Gaat het om het aanleren van concrete pedagogisch-didactisch vaardigheden, of het ontwikkelen van kennis en opvattingen, of zou juist om het ontwikkelen van kernpraktijken, zoals het leiden van een

discussie, waarin kennis en vaardigheden worden geïntegreerd? Of zou het moeten gaan om het ontwikkelen van onderzoeks-, ontwerp- en reflectievaardigheden waarmee docenten(-teams) kritisch naar hun eigen onderwijs kunnen kijken en dit kunnen verbeteren? Al deze invalshoeken zijn de afgelopen vijftig jaar uitvoerig verkend maar hebben de kloof tussen visie en praktijk niet kunnen dichten (Janssen et al., 2013).

Ik denk dat een verklaring voor het hardnekkige verschil tussen de ideale en bestaande situatie niet primair moet worden gezocht in de kwaliteiten van leerlingen of docenten. Ik wil laten zien dat het vooral ontbreekt aan denkgereedschap waarmee grip kan worden gekregen op complexe moerassituaties. Mijn oratie is opgebouwd uit vier delen. In het eerste deel zal ik onder meer aan de hand van twee persoonlijke ervaringen laten zien welk type denkgereedschap leerlingen en studenten nodig hebben en waarom dit zo belangrijk is. Daarna laat ik zien welk aanvullend denkgereedschap docenten nodig hebben om hun bestaande onderwijs te kunnen ombouwen, zodat leerlingen en studenten zowel worden voorbereid op moerassituaties als op het oplossen van puzzels en problemen. Vervolgens illustreer ik hoe het denkgereedschap kan worden georganiseerd en gebruikt van basisonderwijs tot hoger onderwijs. Ik sluit af met aanbevelingen voor ontwerpactiviteiten en onderzoek, opleiden en professionalisering van docenten om de kloof tussen de feitelijke en ideale onderwijs-top drie te dichten.

Denkgereedschap voor leerlingen en studenten

Mijn onderzoek van de afgelopen vijftientwintig jaar over het belang en de aard van denkgereedschap voor leerlingen en docenten is vooral geïnspireerd door theorievorming over begrensde rationaliteit (Janssen & Verloop, 2003; Janssen et al., 2013; Janssen & Van Berkel, 2015 voor overzichten). In deze traditie staat de vraag centraal hoe mensen grip kunnen krijgen op moerassituaties. Diverse aspecten van deze brede vraag worden in deze onderzoeksbenadering binnen uiteenlopende disciplines onderzocht variërend van de economie, beleids- en ontwerpwetenschappen, biologie, psychologie, kennistheorie

tot de besliswetenschappen (zie Gobet, 2015; Klein, 2011; Kruglanski, Chernikova, Babush, Dugas, 2015; Simon, 1996; Todd & Gigerenzer, 2012; Wettersten, 2006; Wimsatt, 2007 voor overzichten).

Onderzoek naar onze begrensde rationaliteit heeft slecht en goed nieuws voor ons. Eerst maar het slechte nieuws. Aanpakken die prima geschikt zijn voor het oplossen van puzzels en problemen werken niet of zijn zelfs contraproductief als we grip willen krijgen op moeras situaties (Klein, 2011; Brighton & Gigerenzer, 2012). Ik zal dit illustreren aan de hand van een actuele en indringende moeras situatie, de vervuiling van onze oceanen met plastic, ook wel plastic soep genoemd (Law, 2017). De omvang van deze plastic soep wordt momenteel geschat op vijftien miljoen km². Daarmee heeft het de schrikbarende omvang van Rusland en de soep groeit met maar liefst acht voetbalvelden per seconde.

Hoe kunnen we nu grip krijgen op deze moerasige situatie? Hebben we wat aan de bekende adviezen die passen bij het oplossen van puzzels en problemen? Formuleer eerst de vraag of het doel zo scherp mogelijk. Zoek vervolgens alle informatie die nodig is voor het oplossen van het probleem. Ga systematisch te werk, speculeer niet en probeer fouten maken te voorkomen. Deze adviezen werken niet goed voor moeras situaties (Klein, 2011). Wat zou een scherpe vraag of doel voor de plastic soep situatie kunnen zijn? Er zijn hier namelijk heel veel doelen mogelijk die pas tijdens het exploreren van de situatie zullen worden ontdekt. Ook is het vrij hopeloos om hier eerst alle informatie te verzamelen die nodig is. Je weet namelijk nog helemaal niet welke informatie relevant is en de situatie is zo complex en kan vanuit zoveel kanten worden bekeken dat het vormen een volledig beeld van de situatie bij voorbaat kansloos is. En helpt het hier echt als je systematisch te werk gaat en probeert fouten maken te voorkomen?

Tot zover het slechte nieuws. Nu het goede nieuws. Onderzoek naar de wijze waarop bijvoorbeeld wetenschappers en profes-

sionals proberen grip te krijgen op moeras situaties heeft namelijk ook laten zien wat wel werkt. Perspectieven spelen hierbij een centrale rol (Callebaut, 2012; Giere, 2010; Kuipers, 2007; Klein et al., 2007; Popper, 1973; Schön, 1983; Schön & Rein, 1994; Wimsatt, 2007). Als je grip wilt krijgen op een moeras situatie is het belangrijk dat je eerst uitzoomt, zodat je door de bomen het bos leert zien. Perspectieven fungeren als abstractere zoeklichten die richting geven aan het exploreren en structureren van een situatie (Popper, 1973). Ze helpen bij het formuleren van doelen en het zoeken van relevante informatie.

Laten we de plastic soep eens vanuit een aantal perspectieven bekijken. Vanuit een geografisch perspectief kan de vraag worden gesteld waar het precies voorkomt en waarom daar? Vanuit een chemisch perspectief kan je je afvragen wat de samenstelling is van de plastics, hoe ze worden afgebroken en onder welke condities? Kijkend vanuit een ecologisch perspectief kun je je afvragen wat de gevolgen zijn van de plastic verontreiniging voor organismen en hun omgeving? Vanuit een technologisch perspectief staat de vraag centraal wat we eraan zouden kunnen doen, zowel preventief als curatief. Benaderen we deze situatie vanuit een ethisch perspectief dan staat de vraag centraal wat goed is om te doen en met welke betrokkenen we daarbij rekening moeten houden.

Het gekozen perspectief bepaalt niet alleen welke informatie relevant is, het helpt ook te bepalen welke informatie kan worden genegeerd. Dit is essentieel omdat we met onze beperkte vermogens nooit in staat zijn om moeras situaties in hun compleetheid te overzien. Ons inzicht is en blijft altijd perspectiefgebonden. Een 'view from nowhere' is voor ons niet weggelegd (Giere, 2010). Als we grip willen krijgen op de complexe situaties, zoals de plastic soep, zullen we dan ook vaak de situatie vanuit meerdere perspectieven moeten leren bekijken en inzichten die hieruit voortkomen verbinden (Wimsatt, 2007).

Hoe kunnen deze perspectieven nu als denkgereedschap voor leerlingen en studenten worden uitgewerkt om grip te krij-

gen op moerassituaties? Ik zal het belang en de vorm van een perspectief eerst illustreren aan de hand van een eenvoudig persoonlijk voorbeeld: mijn tennistraining. Ik heb in mijn jeugd tien jaar tennisles gehad. Ik was altijd erg gespist op de techniek. De slagen moesten er mooi uitzien. In het begin was Tom Okker daarbij mijn voorbeeld. Hoewel ik een redelijk niveau heb bereikt en mijn slagen er mooi uitzien heb ik nooit veel gewonnen. Twee jaar geleden kwam ik erachter waarom. De tennistrainer van mijn dochter vertelde me dat hij zich bij het analyseren en verbeteren van tennis slechts vier zaken afvroeg: hoe gaat het technisch? hoe gaat het tactisch? hoe gaat het mentaal? en hoe gaat het fysiek? Hiermee bood hij mij een perspectief op sport waarmee bij mij veel op zijn plek viel. Niet alleen ben ik anders naar tennis en andere sporten gaan kijken, ik heb ook veel geleerd over mezelf (zelfkennis). Mijn focus had altijd eenzijdig gelegen op de techniek en ik dacht impliciet dat ik met het verfijnen hiervan uiteindelijk wel vaker zou kunnen winnen. Op de andere punten had ik echter nog veel winst kunnen boeken. Ik liet al snel in de partij de moed zakken en suste me dan met de gedachte dat het uiteindelijk toch niet om winnen ging (mentaal). Ik trainde niet op snelheid (fysiek) en lette eigenlijk nauwelijks op het spel en de zwakke en sterke punten van de tegenstander en speelde daar dus ook niet handig op in (tactiek).

Als ik eerder de beschikking had gehad over dit perspectief was ik beter in staat geweest om zelf betere (aanvullende) doelen te formuleren voor mijn training en had ik ook veel meer kunnen leren van andere spelers die een heel ander focus hadden. Zo kan ik veel leren van mijn zoon die al voordat hij een bal over het net kon slaan met tactiek bezig was en dat nu bij basketbal ook heeft geperfectioneerd. Winnen van mijn dochter zit er niet meer in omdat ze nu al een veelzijdigere speler is. Dat dit eenvoudige perspectief echt impact heeft gehad blijkt uit het feit dat ik een jaar later zelfs een boekje ben gaan lezen getipt door dezelfde tennistrainer met de titel *Lelijk winnen* (Gilbert & Jamison, 2008).



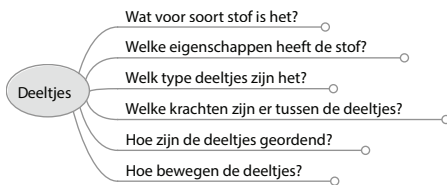
Figuur 1. Sportperspectief

Dit voorbeeld laat zien dat een perspectief voor leerlingen en studenten kan worden uitgewerkt als een boomstructuur die zich steeds verder kan vertakken (Janssen et al., geaccepteerd). Aan de basis van deze boomstructuur ligt het overkoepelende doel van het betreffende perspectief. In dit geval is dat het analyseren en verbeteren van een sportprestatie.

De hoofdtakken bestaan uit de belangrijkste aspecten die hierbij kunnen worden onderscheiden. Deze hoofdtakken zijn in vraagvorm geformuleerd om het denken in beweging te brengen. Deze richtinggevende vragen helpen je om grip te krijgen op een concrete moerassige situatie. Als perspectiefgebonden ervaring en kennis zich ontwikkelen kunnen de hoofdtakken steeds verder worden opgesplitst in deeltakken. Bij 'mentaal' kun je bijvoorbeeld denken aan discipline, eigenwaarde en concentratie. Bij 'tactiek' kun je bijvoorbeeld denken aan plaatsing, spelpatronen, inspelen op zwakke punten van de tegenstander et cetera. Elk van deze deeltakken kan zelf ook weer worden opgesplitst in meerdere takjes. Op deze manier ontwikkelt de perspectiefgebonden kennis tot een meer of minder uitgebreide hiërarchische kennisstructuur. Een perspectief kan dan ook worden beschouwd als een abstract schema bestaande uit variabelen die meerdere waarden kunnen aannemen (voor het belang van abstracte schema's voor de ontwikkeling van zowel meer theoretisch als praktisch georiënteerde kennisontwikkeling zie Craver & Darden, 2013; Ohlsson, 2011; Thagard, 2012; Wimsatt, 2007).

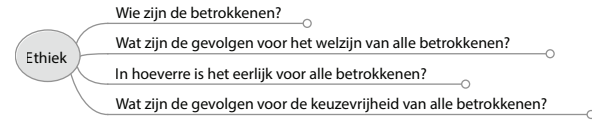
Dat perspectieven in alle domeinen een rol spelen zal ik illustreren aan de hand van twee voorbeelden van perspectieven voor uiteenlopende domeinen: een chemisch deeltjes perspectief en een ethisch perspectief. Graffen van een potlood slijp je

zonder problemen met een puntenslijper, maar bij diamant zal dat nooit lukken. Een chemisch deeltjes perspectief, zoals dit is uitgewerkt door mijn collega's kan helpen om dit vraagstuk te verkennen en te structureren (Janssen et al., geaccepteerd). Uitgangspunt hierbij is dat eigenschappen van een stof kunnen worden verklaard in termen van eigenschappen van en relaties tussen de deeltjes waaruit de stof is opgebouwd. Zou het hier gaan om verschillende type deeltjes? Dit blijkt niet het geval te zijn. Zowel grafeen als diamant bestaan beide alleen uit koolstofatomen. Werken er misschien andere krachten tussen deeltjes, zijn de deeltjes misschien anders geordend of bewegen ze anders? Ook dit perspectief kan met toenemende kennis en ervaring steeds verder hiërarchisch vertakken.



Figuur 2. Deeltjesperspectief

Nu een heel andere kwestie. De plofkip heeft nu wellicht zijn langste tijd gehad, maar zou het niet goed zijn als supermarkten alleen nog maar 'biologische' kippen zouden mogen verkopen? Bij een dergelijke kwestie waarin de vraag centraal staat wat goed is om te doen speelt het ethisch perspectief een belangrijke rol. Met de richtvragen behorende bij dit perspectief kan een dergelijke kwestie worden verkend en gestructureerd (Mephram, 2013). Bij een ethische kwestie heb je altijd te maken met betrokkenen die door de keuze worden beïnvloed. In dit geval zijn dit natuurlijk de kippen zelf en de supermarkten maar bijvoorbeeld ook de boeren, consumenten en de kipverwerkende industrie. Om tot een goede afweging te komen dient voor elk van betrokkenen te worden nagegaan wat het effect van een keuze is voor het welzijn van de betrokkene, in hoeverre het eerlijk is en of de keuzevrijheid wordt verruimd of ingeperkt.



Figuur 3. Ethisch perspectief

Wetenschappers en professionals ontwikkelen en gebruiken perspectieven om grip te krijgen op moerassige situaties. Als een perspectief succesvol is leidt dit tot een steeds uitgebreidere perspectiefgebonden kennishiërarchie (Giere, 2010; Klein, 2011; Kuipers, 2007). Wat gebeurt er nu met het perspectief als het tot leerstof wordt gemaakt in het onderwijs? De twee meest voorkomende vormen zouden kunnen worden samengevat met de termen proces- en inhoudsreductie (Bereiter, 2005).

Bij procesreductie zien we dat leerlingen en studenten wel worden geconfronteerd met moerassituaties aan het begin van hun leerproces. Ze worden daarbij gestimuleerd om zelf vragen te stellen, antwoorden hiervoor te formuleren en te toetsen. Ook is er vaak ruimte voor het zelf maken en verantwoorden van keuzes. Leerlingen en studenten worden echter niet ingeleid in de perspectieven die inhoudelijk richting kunnen geven aan deze processen. In plaats daarvan worden hen vaak alleen generieke probleem oplosstrategieën, onderzoeks- en ontwerpmethoden en evaluatie- en reflectiemethoden aangeboden (Bereiter, 2005). Deze methoden zijn weliswaar bijna overal op van toepassing, maar daarvoor moet wel een prijs worden bepaald. Omdat ze geen informatie bevatten over het domein in kwestie geven ze ook nauwelijks richting aan het denkproces (zie Newell 1990 over deze zogenaamde power-generalty trade off). Deze vorm van procesreductie is momenteel nationaal als internationaal weer heel invloedrijk onder de noemer van 21th Century Skills (Voogt & Roblin, 2010; Chu et al., 2017). Ik onderschrijf volledig het belang van kwaliteiten zoals probleem oplossen, creativiteit, kritisch denken en autonomie. Maar deze kwaliteiten zijn niet 'los verkrijgbaar' maar perspectiefgebonden (Janssen & Van Berkel, 2015).

Probleem oplossen, creativiteit en kritisch denken krijgen binnen bijvoorbeeld een sport-, deeltjes- of ethisch perspectief een heel andere invulling. Het betreffende perspectief bepaalt welke type vragen relevant zijn en wat interessante creatieve antwoorden zouden kunnen zijn en welke criteria kunnen worden gehanteerd om een antwoord kritisch te toetsen (Giere, 2010; Callebaut, 2012). Perspectieven zijn ook essentieel voor de belangrijk geachte autonomie. Immers alleen als je met behulp van perspectiefwisseling meerdere mogelijkheden leert zien in een situatie en jezelf hebt leren kennen in relatie tot deze perspectieven is er pas echt sprake van keuzevrijheid waar je ook verantwoordelijkheid voor kan nemen (Janssen & Van Berkel, 2015; Cuypers & Martin, 2011). In procesgereduceerd onderwijs waarin leerlingen niet worden ingeleid in perspectieven als denkgereedschap, kan autonomie makkelijk worden versmald tot zelf kiezen wanneer, hoe en met wie je ergens aan werkt, kritisch denken vervlakken tot gewoon overal sceptisch over zijn en creativiteit verenigen tot niet meer dan een vorm van zelfexpressie (Hirst & Peters, 1977).

Procesreductie komt relatief veel voor. De dominante vorm is echter inhoudsreductie dat resulteert in het gangbare onderwijs waarbij eerst de nieuwe stof wordt uitgelegd waarna hiermee wordt geoefend. Kennis dat ooit is ontstaan in een proces als antwoord op een vraag, wordt nu als een kant en klaar resultaat aangeboden waarna met puzzels en problemen wordt geoefend (Van Berkel et al., 2000; Bereiter, 2005). Ofwel zoals Popper het treffend karakteriseerde, in veel onderwijs worden ongewilde antwoorden gegeven op niet gestelde vragen (Popper, 1973). Bovendien valt op dat van de kennishierarchie die verbonden is aan het perspectief alleen de lagere niveaus goed worden uitgewerkt (Janssen & Van Berkel, 2015). Hierdoor krijgen leerlingen en studenten niet de beschikking over het perspectief waarmee ze vragen kunnen stellen en zich actief de leerstof kunnen maken en waarmee ze samenhang leren zien tussen de afzonderlijke kennisonderdelen. Bovendien leren ze zo niet omgaan met moerasituaties omdat deze worden vermeden.

Ik wil de effecten van inhoudsreductie en hoe het ook heel anders kan illustreren aan de hand van mijn kennismaking met evolutietheorie. Op mijn middelbare school werd evolutietheorie in twee lessen behandeld, waarbij na een korte uitleg heel veel puzzels en problemen volgden. De behandeling van evolutietheorie tijdens mijn biologiestudie verliep in essentie niet anders. Uiteraard was de leerstof wel moeilijker, waarbij vooral dieper werd ingegaan op veranderingen van de genetisch samenstelling van populaties. Ik kon de puzzels en problemen goed oplossen maar eerlijk gezegd deed de stof me niet zo heel veel. Evolutietheorie was voor mij niet wezenlijk anders dan kennis over de werking van spijsvertering en nieren, informatie waarmee je op verzoek aangeboden puzzels en problemen leerde oplossen.

Mijn beeld van evolutietheorie veranderde echter radicaal toen ik begin jaren negentig het boek *The Blind Watchmaker* van Richard Dawkins (1986) ging lezen. Hij behandelde juist het evolutionaire perspectief dat ten grondslag ligt aan de meer specifieke kennis over evolutietheorie die ik leerde op de middelbare school en de universiteit. Met deze evolutionaire bril ben ik vervolgens de wereld om me heen anders gaan bekijken, bevragen en benaderen. Ik zal nu kort bespreken hoe Dawkins evolutionair denken in zijn boek introduceerde. Dit geeft allereerst een indruk van hoe leerlingen en studenten kunnen worden ingeleid in een perspectief. Bovendien hoop ik dat deze inleiding u ook inspireert tot evolutionair denken.

Dawkins begon met een beschrijving van het overkoepelende doel dat Darwin met zijn evolutietheorie nastreefde. Darwin was primair geïnteresseerd in het ontwerp karakter van organismen. Hoe kan het toch dat organismen tot in de kleinste detail lijken te zijn aangepast om te overleven in de omgeving waarin ze voorkomen? Een wonderbaarlijk voorbeeld hiervan is ons oog. Darwin en zijn tijdgenoten verbaasden zich al over de vele onderdelen waaruit het oog bestaat en hoe dit allemaal prachtig op elkaar is afgestemd zodat we beelden kunnen vormen. Maar voortschrijdend inzicht maakt ons oog alleen maar

verbazingwekkender (Land & Nilsson, 2012). Zo bevat ons oog 105 miljoen lichtgevoelige cellen. Dit aantal is ongeveer zes keer de Nederlandse bevolking op de grootte van een postzegel. Vorig jaar is bijvoorbeeld ontdekt dat ons oog slechts één licht-deeltje, een foton, al kan waarnemen (Tinsley et al., 2016).

Na de bespreking van Darwin's doel, het verklaren van het ontstaan van complexe ontwerpen in de natuur, maakte Dawkins inzichtelijk wat voor soort verklaring Darwin bedacht en waarom dit zo geniaal was. Dit deed hij aan de hand van een analogie van de theoloog Paley, een tijdgenoot van Darwin. Stel je loopt in een onherbergzaam gebied en je vindt daar een zakhorloge (polshorloges hadden ze nog niet in die tijd). Het is een prachtig ontwerp met heel veel tandwielletjes en veertjes die precies op de juiste plek zitten om te kunnen doen wat een zakhorloge moet doen namelijk de tijd aangeven. Hoe denk je nu dat dit horloge daar terecht is gekomen? (a) Wind en regen hebben materie bewerkt en zo is het horloge door toeval tot stand gekomen; (b) Of is het horloge gemaakt door een vaardige horlogemaker en heeft iemand dit hier verloren? Ik neem aan dat u ook voor de horlogemaker zult kiezen omdat louter toeval te onwaarschijnlijk is. Maar dat betekent volgens Paley dat deze redenering ook voor ontwerpen in de natuur moet opgaan. Deze ontwerpen zijn immers nog veel complexer dan door de mens gemaakte ontwerpen en kunnen dus ook niet door toeval tot stand zijn gekomen, daarvoor is een alwetende ontwerper, God, nodig.

De genialiteit van Darwin bestond er nu in dat hij een alternatieve verklaring bedacht voor het bestaan van goede ontwerpen in de natuur, zonder dat er daarvoor een ontwerper aan te pas hoefde te komen. Darwin was het natuurlijk met Paley eens dat complexe ontwerpen in de natuur niet in één keer door toeval kunnen zijn ontstaan. Darwin stelde dan ook voor het toeval uit te smeren in een lang geleidelijk proces van cumulatieve selectie. Complexe aanpassingen zoals het oog kunnen uiteraard niet in één stap door toeval ontstaan. Er is echter wel een reeks mogelijk van opeenvolgende stadia van kleine toevallige

genetische veranderingen die de huidige complexe aanpassing verbindt met veel eenvoudiger structuren waarbij hiervan nog geen sprake was. Natuurlijke selectie zorgt er dan voor dat telkens de nieuwe variant die beter bijdraagt aan overleven en voortplanting wordt doorgegeven via nakomelingen. Vervolgens besprak Dawkins kort hoe het oog stapsgewijs zou kunnen zijn geëvolueerd, waarbij hij alle besproken tussenvormen illustreerde aan de hand van oogtypen van nu nog levende soorten. Hij startte met een lichtgevoelige vlek waarmee de aanwezigheid van licht kan worden waargenomen. Toen de lichtgevoelige cellen in een kommetje werden geplaatst kon ook de richting van het licht worden waargenomen. Door het kommetje verder te sluiten met maar een klein gaatje kon er zelfs een beeld worden gevormd. Het nadeel is echter dat dan bijna geen licht meer kan worden opgevangen. Met de evolutie van een lensachtige structuren werd dit nadeel ondervangen, de opening kon worden vergroot terwijl toch een scherper beeld kon worden gevormd (Land & Nilsson, 2012).

9

In tegenstelling tot mijn eerdere kennismaking met evolutietheorie, behandelde Dawkins dus vooral de top van de kennis hiërarchie, het overkoepelende doel en het bijbehorende verklaringsschema, geïllustreerd met voorbeelden. Hierdoor werd evolutietheorie voor mij veel meer dan een instrument om aangeboden puzzels en problemen mee op te lossen. Het ging functioneren als een bril waarmee ik heel veel om me heen anders ben gaan bekijken. Ik ging zelf vragen stellen over verschijnselen waar ik vroeger niet bij stilstond of die ik vanzelfsprekend vond. Waarom vinden veel kinderen zoet, vet en zout eten lekker terwijl dat eigenlijk niet goed voor ze is? Zouden bepaalde psychologische eigenschappen zoals empathie ook zijn geëvolueerd? Is er ook een evolutionaire reconstructie van leermechanismen mogelijk?

Deze manier van denken heeft me ook geholpen bij het aanpakken van moerasituaties ver buiten de biologie. In mijn promotieonderzoek stond onder andere de vraag centraal hoe je leerlingen van 5 vwo via onderzoekend leren kennis kan

laten ontwikkelen over het immuunsysteem. Ik had echt geen idee. Niet alleen is het immuunsysteem behoorlijk ingewikkeld, scholen beschikken ook nauwelijks over de benodigde onderzoeksfaciliteiten. Ik realiseerde me toen dat het immuunsysteem ook als een goed ontwerp kan worden beschouwd en dat leerlingen hier wellicht kennis over kunnen verkrijgen door het systeem stapsgewijs opnieuw te ontwerpen. Deze aanpak die ik ontwerpend leren heb gedoopt bleek later ook voor veel andere onderwerpen in de biologie heel geschikt (Janssen, 1999; Janssen & Waarlo, 2010).

Toen ik na mijn promotieonderzoek bij de lerarenopleiding van het ICLON kwam werken werd ik geconfronteerd met een ander moeras. Hoe kun je docenten helpen hun onderwijsrepertoire uit te breiden? De bestaande benaderingen spraken mij minder aan, maar ik had nog geen idee hoe het dan anders zou kunnen. Mede geïnspireerd door het evolutionair perspectief ben ik onderwijsinnovatie door docenten gaan zien als geleidelijk proces van stapsgewijs recombineren en aanpassen van reeds bestaande onderwijsonderdelen, waarbij elke nieuwe stap door de docent zelf moet worden ervaren als een verbetering van de bestaande situatie (Janssen et al., 2013).

Het evolutionair perspectief stimuleerde mij dus om telkens nieuwe vragen te stellen en hielp mij diverse moerasituaties op een nieuwe manier te bekijken en productief aan te pakken. Maar daarmee heeft het evolutionair perspectief niet alleen mijn kennis over de wereld verdiept en verbreed, het heeft ook zeker bijgedragen aan de ontwikkeling van mijn zelfkennis. Ik heb ontdekt wat ik belangrijk vind binnen dit perspectief, waar ik goed in ben en waar ik minder talent voor heb. Ik ben bijvoorbeeld opnieuw gaan nadenken over mijn levensbeschouwelijke positie. Ik ben gaan ontdekken dat herontwerpen mij goed ligt en het samenhangend inzicht dat een evolutionaire benadering van zaken biedt mij heel erg aanspreekt. Toen ik me expliciet bewust was van dit evolutionaire perspectief resulteerde dit bovendien in vele boeiende gesprekken en projecten met mensen met wie ik anders nooit in contact was gekomen.

Ik hoop dat de voorbeelden illustreren dat perspectieven een belangrijke ontbrekende schakel zijn voor het realiseren de eerder genoemde onderwijs-top drie idealen. Het is denkgereedschap waarmee leerlingen en studenten kunnen worden gestimuleerd vanzelfsprekendheden te doorbreken en moerasituaties vanuit verschillende invalshoeken te bevragen en te structureren. Perspectieven openen mogelijkheden, verdiepen zelfkennis en helpen zo om zelfstandig keuzes te maken. De voorbeelden laten hopelijk ook zien dat onderwijs waarbij leerlingen en studenten worden ingeleid in perspectieven niet moeilijk hoeft te zijn, maar dat het helemaal niet vanzelfsprekend is. Zowel inhouds- als procesreductie liggen vaak op de loer en helpen niet om studenten en leerlingen echt grip te laten krijgen op moerasituaties.

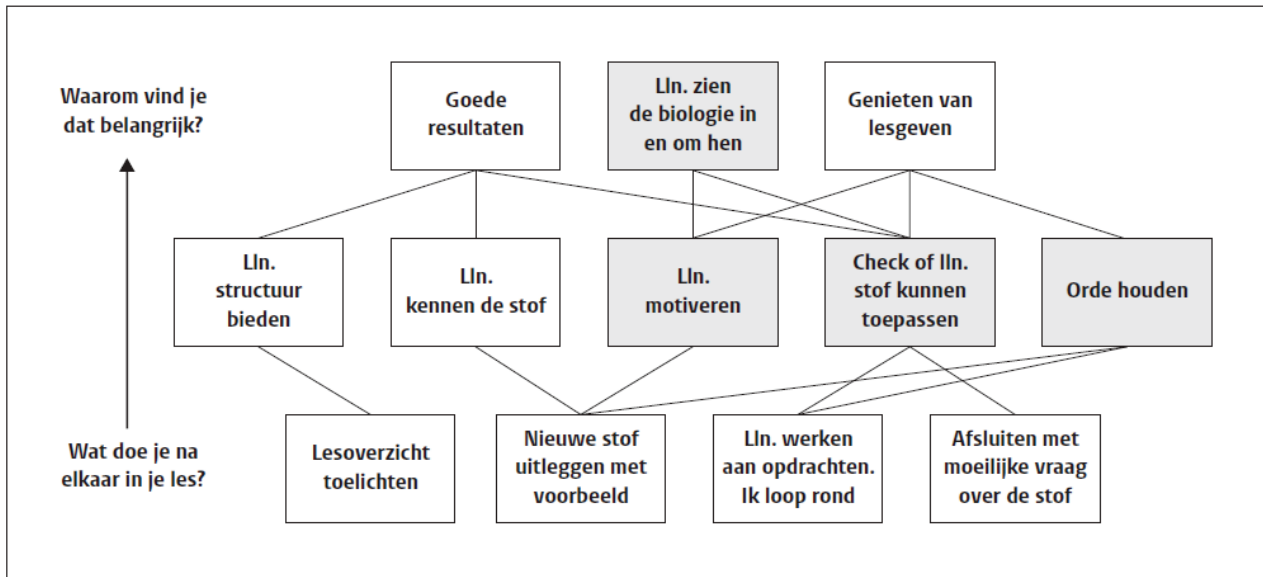
Denkgereedschap voor docenten

Als we de kloof tussen het bestaande en het ideale onderwijs willen dichten zijn perspectieven weliswaar een onmisbare schakel, maar dat is nog niet voldoende. Zoals ieder onderwijsvoorstel kan ook dit voorstel alleen slagen als het ook daadwerkelijk door docenten wordt uitgevoerd in de praktijk. En dat dat niet vanzelfsprekend is blijkt wel uit het eenvoudige gegeven dat de meeste vernieuwingen niet op grotere schaal in de praktijk worden toegepast en daarom telkens weer terugkeren zoals ik in mijn inleiding al aangaf, *Reforming again, again and again* (Cuban, 1990). Als docenten een vernieuwing niet uitvoeren dan is de gangbare wetenschappelijke verklaring hiervoor dat ze ofwel de doelen van de vernieuwing niet onderschrijven of dat het hen aan de benodigde kennis en vaardigheden zou ontbreken (Kennedy, 2010). Als we deze problematiek echter vanuit een begrensd rationeel perspectief bekijken komen we tot een heel andere verklaring en dus ook tot een andere oplossingsrichting (Janssen et al., 2013). Ik heb al laten zien dat onze kennis van een moerasituatie altijd begrensd en perspectiefgebonden is en dat we daarom nooit een compleet en zeker beeld kunnen krijgen van het geheel. Onderzoek naar begrensde rationaliteit heeft echter ook de aandacht gevestigd op twee andere beperkingen van onze rationaliteit

die ook relevant zijn voor het begrijpen en innoveren van de onderwijspraktijk van docenten: een veeleisende context (Wettersten, 2006) en meervoudige doelen (Kruglanski et al., 2015).

Allereerst stelt de context waarin we ons bevinden grenzen aan wat we kunnen doen, bovendien zijn beschikbare tijd en middelen bijna altijd beperkend (Wettersten, 2006). Zo geeft een docent meestal onderwijs aan een grote groep leerlingen of studenten in een relatief beperkte ruimte waarbij dan vaak in korte tijd een grote hoeveelheid stof moet worden behandeld. Niet alleen de tijd en middelen voor het uitvoeren van

het onderwijs, maar ook voor het voorbereiden hiervan en het nakijken van het werk is meestal heel beperkt (Doyle, 2015). Met deze veeleisende context is een tweede beperking nauw verbonden. Het is daarbij zelden mogelijk om slechts één doel in isolement na te streven. In veeleisende contexten moeten altijd meerdere doelen gelijktijdig worden gerealiseerd (Kruglanski et al., 2015; Lord et al., 2010). Deze doelen die in een bepaalde situatie bij een persoon worden geactiveerd vormen te samen een complexe doel-middel hiërarchie die ook wel met de term doelsysteem wordt aangeduid (zie figuur 4 voor een illustratie van een doelsysteem van een docent).



Figuur 4. Het doelsysteem van biologiedocent Ilse (Janssen et al., 2016). De onderste rij van haar doelsysteem geeft aan wat ze na elkaar doet in haar onderwijs. De rijen daarboven geven aan waarom elk van de onderdelen door haar belangrijk worden gevonden. Ilse geeft bijvoorbeeld aan dat ze de les start met een lesoverzicht omdat ze zo leerlingen de structuur kan bieden die ze nodig hebben. Dit vindt ze op haar beurt weer van belang omdat alleen dan goede resultaten op toetsen kunnen worden gehaald. Nieuwe stof uitleggen met voorbeelden is belangrijk omdat leerlingen dan de stof leren kennen en ook dit draagt weer bij aan het behalen van goede resultaten. De witte blokjes geven aan dat Ilse wel tevreden is over het realiseren van deze doelen, de grijze blokjes geven de doelen aan die ze graag beter zou willen realiseren. Voor een theoretische onderbouwing van en een interviewprocedure voor de constructie van doelsystemen zie Janssen et al., 2013.

Nu is een doelsysteem uiteraard sterk situatie- en persoonsafhankelijk, maar de eisen die de context stelt aan het onderwijzen zorgt ervoor dat de volgende doelen bij bijna alle docenten een rol zullen spelen in hun doelsysteem (Janssen et al., 2013; Kennedy, 2016; Doyle, 2015). Docenten die onderwijs geven aan groepen kunnen het zich zelden permitteren om alleen oog te hebben voor het bevorderen van het leren van een individuele leerling of student. Tegelijkertijd zullen ze ervoor moeten zorgen dat iedereen de begeleiding krijgt die hij of zij nodig heeft, dat iedereen taakgericht en redelijk gemotiveerd bezig is, dat het werkklimaat goed blijft, dat leerlingen en studenten feedback krijgen over hun vorderingen, dat hun werk kan worden beoordeeld, dat de verplichte stof tijdig wordt behandeld en dat ze uiteraard goed presteren op de toetsen.

Tegen deze achtergrond wordt het ook heel begrijpelijk waarom de kloof tussen bestaande onderwijspraktijk enerzijds en de ideale top drie van docenten en de idealen van onderwijsvernieuwingen anderzijds zo hardnekkig is. Ten eerste worden bij de idealen vaak geen procedures bijgeleverd waarmee een docent met beperkte tijd en middelen het betreffende ideaal kan vertalen in activiteiten en handelen in de klas (Janssen, Westbroek & Doyle, 2015; Doyle & Ponder, 1977). Vaak blijft het bij een aantal criteria waaraan onderwijs moet voldoen of wat voorbeeldmateriaal. Als er wel procedures worden bijgeleverd dan zijn dit vaak heel tijdsintensieve complexe methoden, waarvoor eenvoudigweg de tijd ontbreekt om ze regelmatig te gebruiken. Voor de dominante onderwijsaanpak, waarbij na uitleg geoefend wordt met puzzels en problemen, zijn daarentegen geen efficiënte procedures nodig omdat de meeste methoden of tekstboeken al grotendeels zo zijn gestructureerd.

Ten tweede conflicteren veel varianten van het ideale onderwijs vaak met de andere doelen die de docent gelijktijdig moet realiseren (Kennedy, 2010; Janssen et al., 2013). De meeste onderwijsvernieuwingen hebben namelijk gemeen dat leerlingen of studenten werken aan complexere taken waarbij ze meer zelf moeten nadenken en uitzoeken en waarbij ze

bijvoorbeeld ook meer met elkaar moeten samenwerken. Het wordt dan voor docenten moeilijker om ervoor te zorgen dat alle leerlingen of studenten de begeleiding krijgen die ze nodig hebben, dat iedereen ondertussen taakgericht en redelijk gemotiveerd blijft, de leerstof tijdig wordt behandeld et cetera. De dominante onderwijsaanpak, uitleg gevolgd door oefenen, is juist zo gangbaar omdat op deze manier wel al die doelen die grotendeels voortkomen uit de veeleisende onderwijspraktijk op een bevredigende manier kunnen worden gerealiseerd. We zien dan ook heel vaak dat als een onderwijsvernieuwing toch wordt ingevoerd deze praktisch wordt gemaakt door docenten. Dit gaat dan echter vaak weer ten koste van de essentie van de vernieuwing (Westbroek, Janssen & Doyle, 2016; Davis, Janssen & Van Driel, 2016). De complexere taken worden dan bijvoorbeeld overgeslagen of veel eenvoudiger gemaakt. Zo zien we vaak dat open onderzoekspractica al snel worden gereduceerd tot kookboekpractica.

Terwijl in de gangbare benaderingen een verklaring van de kloof wordt gezocht in ontbrekende kwaliteiten van docenten verschuift in een begrensde rationale verklaring de focus naar conflicterende doelen en ontbrekende procedures. Deze verklaring bevat ook al een belangrijke hint voor een oplossing. Docenten hebben efficiënte procedures nodig waarmee ze het gewenste onderwijs en hun meerdere doelen gelijktijdig kunnen realiseren (Janssen et al., 2013). Dergelijk denkgereedschap, wordt doorgaans aangeduid met de term heuristieken, en is uitvoerig bestudeerd binnen de begrensde rationale traditie (Simon, 1996; Shah & Oppenheimer, 2008; Gigerenzer & Gaissmaier, 2011; Wimsatt, 2007). Heuristieken zijn procedures waarbij bepaalde informatie wordt genegeerd om in een complexe context met beperkte tijd en kennis toch goede beslissingen te kunnen nemen.

Laat ik ook dit type denkgereedschap, evenals de perspectieven, eerst met een sportvoorbeeld illustreren. Een honkballer moet een hoge bal vangen in het achterveld. Niemand is in staat om de baan van de bal precies uit te rekenen op basis van snelheid,

spin, luchtweerstand et cetera. Toch lukt het honkbalspelers meestal wel op het juiste moment op de juiste plek te zijn. Hoe doen ze dat? Hiervoor hanteren ze een eenvoudige fixeerheuristiek: richt je blik op de bal, ga rennen en zorg er voor dat de hoek waaronder je de bal ziet constant blijft (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011). Een speler die deze heuristiek toepast hoeft niets te weten van windsnelheid, luchtweerstand et cetera. Alle relevante feiten zijn besloten in de belangrijkste variabele: de hoek waaronder hij de bal ziet. Een honkballer negeert dus heel veel informatie, maar benut wel essentiële informatie die voor hem makkelijk toegankelijk is om te verwerken. Onderzoek laat keer op keer zien dat heuristieken niet alleen efficiënter zijn, maar vaak ook effectiever dan veel complexere strategieën waarin wel wordt gezocht naar optimale oplossingen door alle alternatieven te genereren en af te wegen. Dit wordt ook wel het *less is more effect* genoemd (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011).

Ik ben dus op zoek gegaan naar heuristieken waarmee docenten onderwijs als inleiden in perspectieven zouden kunnen realiseren in hun praktijk zonder dat dit zou conflicteren met hun andere belangrijke doelen. Ik ben geïnspireerd door een evolutionaire benadering van innovatie die binnen de begrensd rationele benadering verder is uitgewerkt. De essentie van deze manier van innoveren kan worden samengevat als innoveren door recombineren en kleine aanpassingen van bestaande bouwstenen waarbij elke stap als een verbetering dient te worden ervaren ten opzichte van de bestaande situatie (Pollock, 2006; Simon, 1996; Holland, 2012; zie Janssen, Grossman & Westbroek, 2015 voor een overzicht). Deze evolutionaire en modulaire aanpak van innovatie vinden we niet alleen terug bij innovaties in de natuur maar ook bij heel veel culturele innovaties, zoals de productie van auto's en computers (Wimsatt, 2015; Holland, 2012). Deze manier van werken is niet alleen heel efficiënt omdat telkens wordt voortgebouwd op wat al bestaat, maar is bovendien ook generatief. Met een beperkt aantal bouwstenen kan een grote diversiteit aan innovaties worden gegenereerd (Wimsatt, 2015; Holland, 2012). Ik ben

daarom op zoek gegaan naar heuristieken waarmee docenten door recombinate en kleine aanpassingen van hun bestaande onderwijsbouwstenen stapsgewijs de kloof tussen de bestaande en gewenste top drie kunnen verkleinen. Waarbij bovendien de docent in elke stap niet alleen dichterbij de gewenste situatie benadert maar ook zijn of haar andere doelen beter kan realiseren (Janssen et al., 2013).

Ik zal nu laten zien dat twee heuristieken hierbij behulpzaam kunnen zijn: 1) *hele-taak-eerst door omdraaien* en 2) *hulp-opmaat door selectief weglaten* (Janssen & Van Berkel, 2015). Met deze heuristieken en bijbehorende perspectieven als denkgereedschap voor leerlingen en studenten kan een docent in staat worden gesteld zijn bestaande onderwijs relatief eenvoudig om te bouwen tot lessen waarin leerlingen en studenten zowel worden voorbereid op oplossen van problemen en puzzels als het exploreren en structureren van moerassituaties. Over deze beide heuristieken heb ik met achtentwintig collega vakdidactici en docenten recent een boek uitgebracht met daarin een theoretische verantwoording, praktische tips en vooral heel veel voorbeelden van onderwijs van bijna alle schoolvakken van het basis- en voortgezet onderwijs (Janssen et al., 2016). Een aantal empirische studies hebben ook laten zien dat zowel docenten-in-opleiding als ervaren docenten dergelijke heuristieken succesvol kunnen gebruiken voor het implementeren van diverse onderwijsvernieuwingen: ontwerpend leren (Janssen, Westbroek & Van Driel, 2014), open onderzoek (Janssen, Westbroek & Doyle, 2014), context-concept onderwijs (Dam, Janssen & Van Driel, 2013) en gedifferentieerd onderwijs (Janssen, Dam, Westbroek & Van Veen, ingediend).

Ik zal beide heuristieken hier eerst illustreren met een eenvoudig voorbeeld. Ik beschrijf eerst beknopt hoe de reguliere les van de docent er uitziet en laat vervolgens zien hoe deze les kan worden omgebouwd. De leerlingen krijgen in de omgebouwde les ook beschikking over denkgereedschap in vorm van het functionele perspectief. Hoe docenten aan deze perspectieven komen zal ik in het volgende deel van deze oratie bespreken.

Een docent van groep 8 wil leerlingen leren hoe spinnen een web maken. In de reguliere aanpak kijken leerlingen hierover eerst een filmpje en maken daarna nog enkele opdrachtjes op een werkblad. Eén van de opdrachten is dat leerlingen zelf een spinnenweb moeten tekenen tussen twee bomen. Nu volgt een korte beschrijving van de omgebouwde les waarbij de docent een bestaande opdracht naar voren heeft gehaald (hele-taak-eerst door omdraaien) en bepaalde lesonderdelen eerst weglaat en pas in tweede instantie aanbiedt aan leerlingen die dit nodig hebben (hulp-op-maat door weglaten). In de omgebouwde les start de docent met de tekenopdracht van het spinnenweb tussen twee bomen. Leerlingen werken daarbij in duo's. Ze krijgen daarbij het functionele perspectief als denkgereedschap aangereikt in de vorm van een eenvoudige instructie. De eerste leerling formuleert welk probleem de spin tegenkomt en bedenkt een zo eenvoudig mogelijke oplossing, terwijl de tweede leerling een nadeel van deze oplossing probeert te bedenken.

Laten we eens kijken hoe dit gaat.

Evie: Gewoon, naar beneden lopen met je draadje en dan over het gras weer omhoog tegen de andere boom.

Roos: Kan toch niet? Ik denk dat het draadje dan knapt hoor.

Evie: Eh, dan moet ie een soort vliegertje oplaten.

Roos: Moeilijk, maar wel mooi bedacht. (.....)

Roos: Ik denk nu dat die vlieg gewoon weer weg kan. Kijk, dat staat eigenlijk al als een soort tip op het bord.

Evie: Dan plakken we hem toch gewoon vast met een soort plaksel.

Roos: Ja maar dan kan de spin zelf ook geen kant meer op.

Evie: Dan smeert ie gewoon een paar, zeg maar loopdraadjes voor hemzelf, niet in met plaksel.

De docent heeft een paar aanwijzingen uit de video op het bord genoteerd in de vorm van problemen. Hoe zorg je ervoor dat de vlieg niet gewoon weer wegvliegt als deze wordt gevangen? Hoe zorg je ervoor dat de vlieg niet dwars door het web vliegt? Als leerlingen niet verder kunnen of al denken klaar te zijn dan kunnen ze nog even naar het bord kijken. Ook kun-

nen ze als er niet uitkomen nog de twee eerste opdrachten van het werkblad bekijken of maken. Na ongeveer tien minuten laat de docent alsnog de video van de spin zien en kunnen leerlingen aan de hand van de video hun eigen oplossingen 'controleren'. In de nabespreking staat niet alleen centraal wat ze hebben geleerd over spinnenwebben. De docent blikt ook kort met hen terug op het functionele perspectief dat ze hebben gebruikt als gereedschap om na te denken over het spinnenwebvraagstuk.

Ik zal nu bij de bespreking van de twee heuristieken, telkens eerst het onderwijsprincipe kort toelichten en verantwoorden dat hieraan ten grondslag ligt. Daarna laat ik zien hoe docenten met de betreffende heuristiek het onderwijsprincipe door het ombouwen van hun bestaande onderwijs kunnen realiseren. Aan de omdraaiheuristiek ligt het hele-taak-eerst principe ten grondslag. Dit principe nodigt docenten uit hun onderwijs te starten met de introductie van een motiverende taak waarvoor het grootste deel van de leerstof voor die onderwijseenheid nodig is om de taak succesvol te maken. De opdracht om een spinnenweb te tekenen is een voorbeeld van een dergelijke hele taak. Doordat de leerstof wordt geleerd in de context van deze hele taak worden leerlingen en studenten gemotiveerd voor de leerstof, wordt relevante voorkennis geactiveerd en wordt betekenis gegeven aan de leerstofonderdelen. Dit principe is op zichzelf niet nieuw, we zien het terug in veel voorstellen voor onderwijsvernieuwing (Kapur, 2016; Loibl, Roll, Rummel, 2016; Kirschner & Merriënboer, 2013; Merrill, 2012). In het kader van onderwijs waarin leerlingen en studenten worden ingeleid in perspectieven krijgt deze hele taak wel een specifieke betekenis. Dit is dan namelijk de moerasituatie waarop we leerlingen en studenten willen voorbereiden en waarmee ze door middel van perspectieven als denkgereedschap grip op leren krijgen. Leerlingen krijgen in dit geval het functionele perspectief aangereikt om grip te krijgen op de spinnenwebtaak. Bij hele-taak-eerst onderwijs kunnen drie fasen worden onderscheiden. Een introductiefase waarbij de taak wordt geïntroduceerd, een uitvoeringsfase waarbij leerlingen en studenten aan de taak werken en een reflectiefase. In

deze laatste fase wordt niet alleen nagegaan wat er is geleerd over de taak zelf, maar wordt bovendien gereflecteerd op het denkge-reedschap waarmee aan deze taak is gewerkt (i.c. het functionele perspectief).

Nu doet zich natuurlijk de vraag voor hoe docenten aan dergelij-ke hele taken kunnen komen. Hiervoor zijn wel ontwerpmethod-oden ontwikkeld maar die zijn doorgaans erg complex en kosten docenten teveel tijd en middelen om regelmatig toe te passen (Kirschner & Merriënboer, 2013; Merrill, 2012). Dit kan echter ook met een eenvoudige heuristiek worden gerealiseerd als we gebruik maken van reeds bestaande onderwijsonderdelen. Hele-taak-eerst door omdraaien verwijst naar het selecteren en naar voren aan halen van een complex probleem waar het bestaande onderwijs veelal mee eindigt (Janssen & Van Berkel, 2015). Dit is een goed gestructureerd probleem als de nieuwe kennis al eerder is aangeboden. Als je echter het onderwijs met de introductie van een dergelijk complex probleem laat beginnen dan is het voor de leerling of student nog een moerassituatie en kan het een rol vervullen als hele taak in de context waarvan de leer-lingen en studenten zich de betreffende leerstof kunnen eigen maken. De tekenopdracht van het spinnenweb is in de reguliere les zelfs niet meer dan een puzzel omdat daarvoor precies is besproken hoe een spin een web maakt. Als het onderwijs echter hiermee begint, zoals in de omgebouwde les is er sprake van een voor leerlingen nog behoorlijk ongestructureerde situatie omdat ze nog nauwelijks weten waar een web aan moet voldoen en welke problemen je daarbij kan tegenkomen.

Uiteraard kunnen leerlingen en studenten veelal niet volledig zelfstandig een hele taak maken bij aanvang van het onderwijs. Ze hebben hiervoor hulp nodig. Nu kunnen er veel verschil-lende varianten van de hele-taak-eerst aanpak worden onder-scheiden die verschillen in hoeveelheid en aard van de hulp die leerlingen krijgen aangeboden. In sommige aanpakken krijgen leerlingen meteen instructie en voorbeelden van hoe een der-gelijke taak kan worden aangepakt en gaan hiermee vervolgens met begeleiding mee aan de slag (Merrill, 2012). In andere

aanpakken gaan leerlingen eerst zelf met de taak aan de slag, ontdekken vervolgens waar voor hen de moeilijkheden liggen waarna directe instructie volgt (Loibl et al., 2016; Kapur, 2016). In weer andere aanpakken gaan leerlingen ook meteen met de hele taak aan de slag maar krijgen vervolgens diverse vormen van hulp om de taak succesvol te volbrengen, zoals in de vorm van het opdelen van de taak in deeltaken, of het aanbieden van hints et cetera (Lazonder & Harmsen, 2016; Lijnse, 2015).

Nu is dat wat leerlingen nodig hebben afhankelijk van hun eigen leerbehoeften. Idealiter zou deze hulp moeten worden aangeboden in de zone van nabije ontwikkeling (Beland, 2014; Corno, 2008; Kapur, 2016). Dat wil zeggen dat leerlingen en studenten met precies genoeg hulp, niet teveel en niet te wei-nig, in staat worden gesteld de taak wel succesvol te maken, waar ze zonder hulp niet in zouden slagen. Ook dit hulp-op-maat principe is niet nieuw. Het belang ervan wordt al lang onderkend (Corno, 2008; Belland, 2014). De docent die dit principe wil toepassen wordt echter geconfronteerd met twee praktische problemen: a) hoe bepaal je welke hulp iedere leer-ling/student nodig heeft? en b) hoe kan je ervoor zorgen dat alle leerlingen/studenten op het juiste moment de juiste hulp krijgen? (Janssen et al., 2015). De meeste hiervoor beschreven procedures worden door docenten als onpraktisch ervaren (Janssen et al., 2015). Zo is het bijvoorbeeld onwerkbaar om met grote groepen leerlingen en studenten die je niet vaak ziet eerst voor iedereen telkens de beginsituatie vast te stellen en vervolgens het betreffende onderwijs en opdrachten aan te pas-sen voor al deze verschillende leerbehoeften.

De hulp-op-maat door weglaten heuristiek is ontwikkeld als een oplossing voor dit praktische probleem (Janssen & Van Berkel, 2015). Ook deze heuristiek gaat uit van het bestaande onderwijs en geeft aan hoe dit door eenvoudige aanpassingen meer op maat kan worden ingericht. Uitgangspunt hierbij is dat je alles wat je normaal in het onderwijs leerlingen of studenten aanbiedt, beschouwt als hulp voor het maken van de hele taak. Denk daarbij aan uitleg, voorbeelden, puzzels

en problemen et cetera. Deze hulp laat je aanvankelijk weg en wordt alleen aangeboden als de leerlingen en studenten die dit nodig hebben. We zien dit terug in de spinnenweb les. De docent biedt aanvankelijk de video met uitleg over hoe een spin een web maakt en de bijbehorende opdrachten niet aan. Leerlingen krijgen de keuze als ze dit nodig hebben gebruik te maken van enkele hints die docent aan de video heeft ontleend en de opdrachten uit het werkblad. De video wordt vervolgens gebruikt als hulp op maat om leerlingen in de gelegenheid te stellen hun eigen oplossing te controleren en bij te stellen.

Met deze twee heuristische kan bijna eindeloos worden gevarieerd (Janssen et al., 2016). Zo kan bijvoorbeeld de hele taak slechts betrekking hebben op een onderwijsbijeenkomst of op grotere eenheden. De taak kan worden geformuleerd door de docent maar kan ook geleidelijk aan steeds meer door de leerling of student zelf worden geformuleerd. De taak kan vanuit een enkel of vanuit meerdere perspectieven worden benaderd. De taak kan betrekking hebben op een vak of op meerdere vakken et cetera. De hulp op maat kan strak zijn gereguleerd en maar uit een paar opties bestaan maar ook volledig worden gepersonaliseerd. De hulp kan grotendeels worden ontleend aan de gehanteerde methode of het tekstboek, maar hierbij kunnen ook veel meer verschillende bronnen worden betrokken.

De kern van de hulp die leerlingen en studenten richting geven bij het exploreren en structureren van moerasituaties zijn echter de perspectieven. In de spinnenwebles geeft het functionele perspectief richting aan het onderzoeksproces. Het perspectief bepaalt welk type vragen kunnen worden gesteld, aan welke criteria antwoorden moeten voldoen en hoe de antwoorden kritisch kunnen worden getoetst. Terwijl zowel de hele taak als veel hulp op maat eenvoudig kan worden ontleend aan bestaande onderwijsonderdelen zal het denkgereedschap in de vorm van perspectieven meestal niet beschikbaar zijn. Deze perspectieven zullen veelal nog voor leerlingen/studenten en voor docenten moeten worden ontwikkeld. Ik wil in het derde deel van mijn oratie daar enkele aanwijzingen voor formuleren.

Denkgereedschap uitwerken

Hoewel perspectieven relatief eenvoudig zijn om te gebruiken leert de ervaring dat het vrij complex is om ze te ontwikkelen. Het vraagt om een doordenking van de grondslagen van een domein en het vertalen hiervan in voor leerlingen, studenten en docenten hanteerbaar denkgereedschap (Janssen & De Hullu, 2008; Janssen & Van Berkel, 2015; zie Lijnse, 2015 voor enkele uitgewerkte perspectieven voor natuurkunde). In veel gevallen bestaat een domein uit meerdere perspectieven. In de chemie speelt bijvoorbeeld niet alleen het deeltjes perspectief maar ook het thermodynamisch perspectief een belangrijke rol. Als we perspectieven voor een domein willen identificeren is het daarom zinvol eerst een zogenaamde perspectievenboom voor het betreffende domein te ontwikkelen. Perspectieven kunnen namelijk zelf weer worden beschouwd als takken van deze perspectievenboom (Janssen et al., 2016). Ik zal dit met een perspectievenboom voor de biologie illustreren (Janssen & Van Berkel, 2015).



Figuur 5. Perspectievenboom biologie

In de perspectievenboom voor biologie herkennen we het evolutionaire perspectief (hoe is het geëvolueerd?). Zoals we ook eerder zagen is de werking (hoe werkt het?) van veel biologische eigenschappen aangepast om functies te vervullen (waarvoor dient het?) in een bepaalde omgeving (in welke omgeving komt het voor?). Maar vanwege de enorme soorten-diversiteit is ook ruimte voor een taxonomisch perspectief (wat is het?). Tevens is een ontwikkelingsperspectief toegevoegd omdat eigenschappen van organismen gedurende het leven veranderen. Deze perspectievenboom is ontwikkeld op basis van analyses van de grondslagen van de biologie door biologen

en biologiefilosofen (Tinbergen, 1968; Bateson & Laland, 2013; Mayr, 1997; Love, 2015, zie Janssen & Van Berkel, 2015 voor een verantwoording). Een perspectievenboom moet zo worden geconstrueerd dat de verschillende perspectieven binnen een domein en bijbehorende domeinkennis als vertakkingen van deze boom kunnen worden begrepen.

Een perspectievenboom vormt niet alleen een richtinggevend kader voor het ontwikkelen van perspectieven voor een domein. Het kan tevens worden beschouwd als een leerkiem voor het betreffende domein. Ontwikkeling van het denken binnen een domein kan al vroeg starten met de eenvoudige vragen behorend bij de stam van de boom en geleidelijk aan differentiëren perspectieven met bijbehorende kennis en zelfkennis zich steeds verder uit. Ik zal dit voor biologie kort illustreren. Vanaf de basisschool kunnen de vragen al worden gebruikt om het denken over bepaalde biologische eigenschappen in beweging te brengen. Kinderen horen een vogel zingen. Wat is dat voor vogel? Waarvoor dient het zingen? Hoe werkt dat eigenlijk? Waar zingt een vogel? Hoe leert een vogel een liedje zingen? De laatste vraag over evolutie van vogelzang is in dit geval wat te hoog gegrepen voor een basisschool. Dezelfde vragen spelen echter ook een richtinggevende rol aan het front van de wetenschap over vogelzang (Bolhuis & Everaert, 2013) en biologie in het algemeen (Bateson & Laland, 2013).

Ik zal nu in vogelvlucht en exemplarisch laten zien voor een paar hoofdtakken van deze perspectievenboom hoe deze zich steeds verder kunnen vertakken en kunnen worden gebruikt voor leerlingen van het basisonderwijs tot studenten in het hoger onderwijs. Als leerlingen in het basisonderwijs met behulp van deze vragen nadenken over verschillende organismen, kan onder meer worden geleerd dat organismen allemaal een drie-

tal functies moeten vervullen. Deze worden soms ook wel aangeduid met de drie v's : voeding, voortplanting en verdediging. Deze nadere uitwerking van het functionele perspectief kan heel krachtig zijn bij het verder verkennen van allerlei organismen (Zwiers & Janssen, 2005; Boerwinkel et al., 2009). Zo kan een kookboekpracticum waarbij leerlingen een inktvis bekijken volgens een vaststaand voorschrift worden omgebouwd met de twee heuristieken tot een meer open onderzoekspracticum als leerlingen eerst wordt gevraagd hoe een inktvis zich zou kunnen voeden, voortplanten en verdedigen (zie ook Janssen et al., 2014). Om ze vervolgens met deze zoeklichten gericht naar de inktvis te laten kijken en van de onderdelen die ze zien op te laten schrijven of die bijdragen aan voeding, voortplanting of verdediging. Daarna kan het voorschrift (geheel of in delen) worden aangeboden indien leerlingen deze hulp nodig hebben bij hun onderzoek.

Een belangrijke vorm van verdediging waar bijna ieder organisme mee te maken heeft is verdediging tegen ziekteverwekkers. In het voortgezet onderwijs kan deze 'tak' nader worden uitgewerkt resulterend in een afweerperspectief (Janssen, Vermeulen & Van Driel, 2017). Daarbij kan gebruik worden gemaakt van een herontwerpstrategie die is afgeleid van het functionele perspectief die we ook al tegenkwamen bij het voorbeeld van het spinnenweb (Janssen & Waarlo, 2010; Green, Levy & Bechtel, 2015). Daartoe wordt in dit geval de functie van het immuunsysteem als geheel als eerste ontwerpprobleem geformuleerd: hoe kunnen we ons beschermen tegen ziekteverwekkers? Daarna worden telkens zo eenvoudig mogelijke oplossingen bedacht, waarvan wordt nagegaan wat de nadelen zijn voor het betreffende organisme. De nadelen van de oplossing met de minste nadelen worden vervolgens weer als een nieuw ontwerpprobleem geformuleerd.

17



Figuur 6. Afweerperspectief

Bescherming tegen ziekteverwekkers kan allereerst worden gerealiseerd door eenvoudigweg te voorkomen dat ze het lichaam binnendringen. Als dit niet lukt dan roept dit de vraag

op hoe kan worden voorkomen dat je ziek wordt van eenmaal binnengedrongen ziekteverwekkers. Hetgeen weer resulteert in de vraag hoe binnengedrongen ziekteverwekkers onschadelijk

kunnen worden gemaakt. Maar omdat deze mechanismen zich potentieel ook tegen cellen van het eigen lichaam kunnen keren, is het belangrijk dat er herkenning van de ziekteverwekker plaatsvindt. Dit kan via een aangeboren meer specifiek systeem maar dit is niet altijd afdoende en daarom is specifieke herkenning ontstaan. Hierbij doen zich tenminste weer de volgende vier problemen voor: hoe kan voor iedere ziekteverwekker een specifieke herkenningsstructuur worden gemaakt? hoe kan daarbij het onderscheid tussen lichaamseigen materiaal en de ziekteverwekker worden geleerd? hoe kan de trefkans tussen de ziekteverwekker en de specifieke herkenningsstructuur worden vergroot? en hoe kan herkenning gekoppeld worden aan een adequate manier van onschadelijk maken? (Janssen & Waarlo, 2010; Cohn, 2016).

Deze set van vragen vormt te samen een afweerperspectief waarmee verdediging tegen ziekteverwekkers diepgaand kan worden verkend (Janssen et al., 2017). Dit afweerperspectief geeft niet alleen richting aan kennisontwikkeling over het immuunsysteem op niveau van het voortgezet onderwijs maar ook in het hoger onderwijs. We zien dus dat de eenvoudige vraag naar de functie uit de perspectievenboom zich geleidelijk differentieert in drie belangrijke functies (drie v's) waarvan verdediging tegen ziekteverwekkers weer kan differentiëren tot een specifiek afweerperspectief.

Tijdens een biologiestudie kan deze perspectievenboom uiteraard nog veel verder worden gedifferentieerd, daarbij kunnen ook hoofdtakken worden verbonden tot geheel nieuwe vakgebieden. Denk bijvoorbeeld aan de evolutionaire ontwikkelingsbiologie, ofwel evo-devo, dat de laatste jaren een stormachtige ontwikkeling doormaakt (Love, 2015). Ik wil laten zien hoe aan de hand van een eenvoudige taak het evo-devo perspectief-in-wording kan worden geïntroduceerd. Tevens kunt u met deze taak nagaan hoever u inmiddels al gevorderd bent met biologisch denken. Heeft u wel eens naast een fiets gerend? Iedereen die dit wel eens heeft gedaan weet dat benen veel minder efficiënt zijn dan wielen voor voortbeweging. Toch

hebben wij benen en geen wielen. Kunt u hiervoor een drietal mogelijke verklaringen bedenken? De perspectievenboom kan hierbij behulpzaam zijn. Een wiel lijkt functioneel maar is het dit wel in elke omgeving? Op een fietspad en de verharde weg werkt het prima, maar in veel andere omgevingen wordt het lastiger. De vraag naar de werking verlegt de aandacht naar de manier waarop wielen hun functie zouden moeten vervullen. Hoe zorg je bijvoorbeeld voor een soort as? En als die er al is hoe worden dan alle onderdelen van een wiel voorzien van zuurstof en voedingsstoffen en hoe worden afvalstoffen afgevoerd? De vraag naar hoe het is geëvolueerd roept bij u nu wellicht de vervolgvraag op hoe een wiel stapsgewijs tot stand zou moeten zijn gekomen waarbij iedere stap wel voordelen heeft gehad voor overleven en voortplanting van de drager ten opzichte van alternatieven.

Deze benadering van evolutie is echter volgens vertegenwoordigers van evo-devo eenzijdig. Zij benadrukken dat voor een goed begrip van de evolutie van complexe eigenschappen ook moet worden gekeken naar ontwikkelingsprocessen die aan een eigenschap ten grondslag liggen (Love, 2015). Generatieve verankering is daarbij een belangrijk richtinggevend idee (Wimsatt, 2015). Laat ik dit toelichten aan de hand van een eenvoudig voorbeeld van de bouw van een huis. De bouw van een huis verloopt in een aantal opeenvolgende stappen startend met een fundament, dan worden er muren geplaatst en ramen en ten slotte het dak. De zaken die eerder in het proces plaatsvinden bepalen meer wat er daarna mogelijk is en kunnen ook moeilijker worden veranderd omdat veel van wat later komt daarvan afhankelijk is. Een dak kan later nog wel worden aangepast maar veranderingen aan het fundament van het huis zijn wel heel risicovol. Een element is nu meer generatief verankerd als er meer elementen die erna komen van afhankelijk zijn.

Nu zijn vroege genetische ontwikkelingsprogramma's diep verankerd en daarom ook conservatief. Wij lijken op het eerste gezicht toch niets gemeenschappelijk te hebben met de vliegjes die op het overrijpe fruit op uw fruitschaal afkomen. Hoewel

we voor een gemeen voorouder honderden miljoenen jaren terug moeten gaan, blijken bij de aanleg van onze ledematen dezelfde ontwikkelingsgenen betrokken te zijn als bij de fruitvliegjes (Wagner, 2014). Veranderingen in een dergelijk diep verankerd ontwikkelingsprogramma zijn al snel fataal, hetgeen om een andere reden begrijpelijk maakt waarom we geen wielen hebben. Binnen de evolutionaire ontwikkelingsbiologie wordt nu enerzijds nagegaan hoe ontwikkelingsprocessen de evolutie van eigenschappen begrenzen en bevorderen (de ontwikkelingsbasis van evolutie). Anderzijds wordt nagegaan hoe ontwikkelingsprocessen zelf kunnen veranderen (de evolutie van ontwikkeling) (Love, 2015).

Aan de hand van deze voorbeelden heb ik geprobeerd een indruk gegeven hoe een perspectievenboom van een domein eruit zou kunnen zien en wat het belang hiervan is. Als we perspectieven voor docenten willen ontwikkelen dan vormt een perspectievenboom voor een domein hiervoor het oriënterende kader. Mijn collega moedertaal didactiek Hans Hulshof heeft voor het domein taal ook een perspectievenboom uitgewerkt (zie Janssen et al., 2016). De perspectieven binnen een domein kunnen vervolgens worden uitgewerkt als vertakkingen van de stam van een dergelijke perspectievenboom. Elk perspectief dient zo te worden uitgewerkt dat docenten deze relatief eenvoudig kunnen inzetten bij hun onderwijs dat ze met de twee heuristieken hebben herontworpen. Een uitwerking van een perspectief zou daarvoor in ieder geval moeten bestaan uit een overkoepelend doel en bijbehorende vertakkingen met richtinggevende vragen zoals ik eerder aan de hand van veel voorbeelden heb laten zien.

Daarnaast is het van belang dat voor elk perspectief een korte module wordt uitgewerkt die docenten kunnen gebruiken bij de introductie van of reflectie op het betreffende perspectief. Een dergelijke module moet suggesties bevatten voor inhouden en taken die een docent met leerlingen of studenten zou kunnen ondernemen om hen in te leiden in het betreffende perspectief. De benen-of-wielen taak zou bijvoorbeeld onderdeel

kunnen uitmaken van een module voor de introductie van het *evo-devo* perspectief. De introductie van evolutionair denken zoals ik die in het eerste deel van mijn oratie heb gepresenteerd zou bijvoorbeeld onderdeel kunnen uitmaken van een module voor de introductie van het (klassieke) evolutionaire perspectief. Een voorbeeld van een dergelijke module voor de introductie van klassieke mechanica perspectief is uitgewerkt door Klaassen en collega's (Klaassen et al., 2008). Ik heb zelf een module voor het functionele perspectief uitgewerkt (Janssen et al., 2007).

De voorbeelden in dit deel hebben laten zien dat een perspectievenboom niet alleen een oriënterend kader is voor het ontwikkelen van perspectieven voor een domein. Een perspectievenboom kan ook worden beschouwd als een leerkiem voor leerlingen en studenten. Een leerproces in een domein begint bij de stam en kan worden beschreven als een steeds verder vertakkende boom waarbij zowel nieuwe perspectieven worden ontwikkeld als daarbij behorende domeinkennis en zelfkennis.

Tot besluit

Ik kom nu tot een afsluiting. Ik heb verteld over mijn zoektocht om de hardnekkige kloof tussen de bestaande en de ideale onderwijs-top drie beter te begrijpen en te verkleinen. Voor die zoektocht had ik zelf ook een zoeklicht nodig en dat is altijd in een of andere vorm het begrensde rationalisme geweest. Deze stroming lijkt in eerste instantie vooral een onplezierige boodschap voor ons in petto te hebben. Zekere complete kennis en perfecte beslissingen kunnen we wel vergeten (Wettersten, 2006). Daarvoor zijn de moerassituaties waar we grip op willen krijgen te complex en is onze rationaliteit te begrensde. We worden begrensde door de veeleisende context inclusief de beperkte tijd en middelen, de meervoudige doelen die we gelijktijdig moeten realiseren en de altijd beperkte perspectiefgebonden kennis.

Ik heb echter in deze oratie willen laten zien dat juist door de erkenning van de beperkingen er veel meer mogelijk wordt. Je

krijgt daardoor zicht op krachtig denkgereedschap waarmee de kloof tussen het bestaande en gewenste onderwijs stapsgewijs kan worden gedicht. Nemen we de beperkingen niet serieus dan schrijven we teleurstellende resultaten, vaak ten onrechte, toe aan kwaliteiten van leerlingen/studenten en docenten. Bovendien worden hierdoor keer op keer zaken uitgevonden die wel mooi werken in principe maar niet in de alledaagse onderwijspraktijk: *Reforming again, again and again*. Ofwel zoals Wimsatt (2007; p. 21) het kernachtig uitdrukt in zijn kritiek op wetenschapsfilosofen die onvoldoende oog hebben voor de begrensdte rationaliteit:

“If we try to follow methods that require things far beyond our capacities, we may miss more effective tools appropriately tuned to our true abilities”

Als leerlingen of studenten niet in staat zijn om grip te krijgen op moerassituaties moet dit mijn inziens dan ook niet primair worden toegeschreven aan ontbrekende kwaliteiten. In plaats daarvan moeten ze worden ingeleid in perspectieven. Met dit krachtige denkgereedschap kunnen ze moerassituaties bevragen, verkennen en structureren. Hierdoor ontdekken ze telkens nieuwe aspecten over de wereld maar ook van zichzelf. Dit op zijn beurt is weer voorwaardelijk om zelfstandig richting te geven aan onderdelen van hun leven. Wanneer ze zijn ingeleid in perspectieven beschikken ze bovendien over denkgereedschap om mee verder te leren. Ofwel zoals Peters (1965, p.110) het kernachtig verwoordde:

“To be educated is not have arrived at a destination; it is to travel with a different view”

Als docenten bepaalde onderwijsidealen niet realiseren is het eveneens verstandig dit niet meteen toe te schrijven aan ontbrekende kwaliteiten. Maar in plaats daarvan de vraag te stellen of ze wel beschikken over denkgereedschap waarmee ze deze hogere doelen in hun praktijk kunnen realiseren gegeven de beperkt beschikbare tijd en de andere praktische doelen die ze

gelijktijdig moeten realiseren. Heel nadrukkelijk houd ik hier dus geen pleidooi voor een onderwijsrevolutie. Daar zijn er al veel te veel van geweest die doorgaans heel veel tijd en energie hebben gekost, zonder dat de kloof hiermee echt is gedicht. In plaats daarvan stel ik hier een onderwijsrevolutie voor waarbij docenten met behulp van heuristische stapsgewijs door kleine aanpassingen van hun bestaande onderwijs de kloof dichten.

In de afgelopen vijftientwintig jaar heb ik veel van deze ideeën samen met docenten, opleiders en onderzoekers ontwikkeld, uitgeprobeerd, beproefd, bijgesteld, geïmplementeerd en gepubliceerd. Nog niet eerder was ik echter in staat om al deze elementen tot deze, hopelijk coherente visie op onderwijs en onderwijsinnovatie door docenten uit te werken. Nu ik deze overzichtskaart in handen heb tekent zich ook een daarbij behorende ontwerp- en onderzoeksagenda af. Drie lijnen kunnen daarbij worden onderscheiden die zich alleen in relatie tot elkaar kunnen ontwikkelen.

Allereerst is het van belang dat er meer perspectieven als denkgereedschap voor het onderwijs worden geïdentificeerd en gevalideerd. Deze perspectieven zijn op hun beurt weer georganiseerd in de zojuist besproken perspectievbomen. Tevens is het van belang dat bijbehorende modules voor de introductie van en reflectie op een perspectief worden ontwikkeld. Ervaring leert dat voor het ontwikkelen van dit materiaal teams nodig zijn waarin de volgende expertise is verenigd: vakexpertise; grondslagenexpertise, vakdidactische expertise, en pedagogische- en onderwijspsychologische expertise. Onderzoek zou zich moeten richten op het ontwikkelen van effectieve methoden voor het ontwikkelen en valideren van perspectiefbomen, perspectieven en ondersteunende modules.

Voor de docentenopleiding en docentprofessionalisering is het van belang dat docenten leren hun onderwijsrepertoire stapsgewijs uit te breiden zodat leerlingen en studenten niet alleen worden voorbereid op het oplossen van problemen en puzzels maar ook grip leren krijgen op moerassituaties. De perspectie-

venbomen, perspectieven en modules spelen daarbij een belangrijk rol, evenals de twee heuristische hele-taak-eerst door omdraaien en hulp-op-maat door weglaten. De doelsystemen van docenten dienen als uitgangspunt te worden genomen voor deze stapsgewijze uitbreiding van het onderwijsrepertoire (Janssen et al., 2013). Daarbij dient de praktische bruikbaarheid en generativiteit voor docenten van dergelijke leertrajecten nader te worden onderzocht.

Tot slot is het van belang dat meer gedetailleerd inzicht wordt verkregen in het leerproces en de leerresultaten van leerlingen en studenten als ze op deze manier worden ingeleid in perspectieven. Daarbij gaat het niet alleen om hun prestaties bij het oplossen van problemen en puzzels. Tevens dient te worden vastgesteld in hoeverre leerlingen en studenten in staat zijn om moerassituaties effectief te exploreren en te structureren. Ook is het zinvol nader te verkennen hoe perspectievenbomen en perspectieven door leerlingen en studenten in toenemende mate kunnen worden gebruikt om richting te geven aan hun eigen leertraject.

Dankwoord

Ik wil afsluiten met enkele woorden van dank. Allereerst wil ik het College van Bestuur van de Universiteit Leiden bedanken voor mijn benoeming tot hoogleraar Didactiek van de Natuurwetenschappen. Ik hoop dat ik met de hier gepresenteerde benadering van onderwijs en innoveren door docenten een bijdrage kan leveren aan het realiseren van de universitaire onderwijsvisie. Ik wil ook graag het faculteitsbestuur van de faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen en de voormalig hoogleraar-directeur Jan van Driel van het ICLON bedanken voor het in mij gestelde vertrouwen.

Sinds september maak ik ook deel uit van het managementteam van het ICLON. Ik wil de andere leden van het management team heel erg bedanken voor de prettige en productieve sfeer en ik kijk uit naar verdere samenwerking.

De hier gepresenteerde benadering van onderwijs en onderwijsinnovatie kent een heel lange wordingsgeschiedenis waarvan heel veel mensen hebben bijgedragen. Daarbij hebben heel veel docenten-in-opleiding, beginnende en ervaren docenten een belangrijke rol gespeeld. Mijn collega's van het ICLON en daarbuiten, inclusief mijn promovendi en post-docs, waren altijd bereid om weer een nieuw idee aan te horen, indien nodig lek te prikken en vervolgens te helpen om het weer te verbeteren en dat alles in een heel prettige collegiale sfeer. Ik hoop dat we samen nog veel ideeën zullen ontwikkelen en implementeren.

Een aantal mensen wil ik in het bijzonder bedanken omdat ze vanuit hun perspectief de contouren van de benadering mede hebben bepaald. Twee van hen zijn helaas te vroeg overleden. Peter Voogt die mij het biologisch denken heeft voorgeleefd en Agnes Jacobs-Schepers met wie ik met veel plezier perspectievenwielen voor het ontwerpen van biologielessen heb gemaakt, uitgetprobeerd en bijgesteld. Arend Jan Waarlo heeft er voor gezorgd dat de humanistische levensoriëntatie ook altijd een rol is blijven spelen in mijn werk. Door Nico Verloop is mijn onderzoek zich gaan richten op de docent. Hij zorgt ook altijd voor een stip aan de horizon als ik denk dat ik er bijna ben. Door Berry van Berkel ben ik gaan ontdekken dat de grondslagen van een vakgebied de belangrijkste inspiratiebron vormen voor de didactiek, bovendien heeft hij mijn zoektocht altijd op de voet gevolgd. Met Hans Hulshof werk ik al jaren heel productief en plezierig samen om het vakdidactische vertaalproces handen en voeten te geven. Ik ben ook heel dankbaar dat ik de laatste zeven jaar intensief hebben kunnen samenwerken met Walter Doyle en Hanna Westbroek. Als een soort drie musketiers presenteerden we onlangs tijdens een internationaal symposium ons boek-in-woording *Reforming Teacher Reform*.

Tot slot wil ik vrienden en familie bedanken waarmee ik al dit werk weer erg kan relativeren. In het bijzonder wil ik mijn ouders en schoonouders bedanken omdat ze altijd voor ons klaar staan. Mijn vader heeft me geïnspireerd om met humor

in mogelijkheden te denken. Mijn moeder heeft van kleins af aan mijn soms bizarre projecten gesteund en zorgde altijd voor gezelligheid. Mijn zus wil ik bedanken omdat ze me eraan herinnert dat ik weliswaar veel perspectieven probeer te integreren maar ondertussen hele dimensies vergeet. En natuurlijk Cas en Loes waar ik heel veel van hou en die me elke dag een spiegel voorhouden die ook weer veel over hen zegt. Cas vroeg zich oprecht af waarom ik me druk maak over een verhaal van maar vijftien minuten voor mensen die waarschijnlijk meer voor mij komen dan voor mijn verhaal. Volgens Loes moest ik er ook niet zo'n punt van maken omdat er waarschijnlijk na een tijdje wel weer nieuwe ideeën zouden opborrelen. Lieve Anja een betere match kan ik me niet voorstellen. We delen de diepste waarden, terwijl je me toch in heel veel opzichten aanvult, dat maakt me heel gelukkig.

Ik dank u allen voor uw aandacht.

Literatuur

- Bateson, P. & Laland, K.N. (2013). Tinbergen's four questions: an appreciation and an update. *Trends in ecology & evolution*, 28 (12), 712-718.
- Belland, B.R. (2014). Scaffolding: Definition, current debates, and future directions. In Spector, M., Merrill, M.D., Elen, J. & Bishop, M.J. (eds.). *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 505-518). Springer New York.
- Bereiter, C. (2005). *Education and mind in the knowledge age*. London: Routledge.
- Brighton, H. & Gigerenzer, G. (2012). Are rational actor models "rational" outside small worlds. In Okasha, S. & Binmore, K. (eds.). *Evolution and rationality: decisions, cooperation and strategic behaviour* (pp. 84-109). Cambridge University Press.
- Campitelli, G. & Gobet, F. (2010). Herbert Simon's decision-making approach: Investigation of cognitive processes in experts. *Review of General Psychology*, 14, 454-464.
- Callebaut, W. (2012). Scientific perspectivism: A philosopher of science's response to the challenge of big data biology. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 43(1), 69-80.
- Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. Oxford University Press.
- Chu, S.K.W., Reynolds, R.B., Tavares, N.J., Notari, M. & Lee, C.W.Y. (2017). Twenty-First Century Skills and Global Education Roadmaps. In Chu, S.K.W., Reynolds, R.B., Tavares, N.J., Notari, M. & Lee, C.W.Y. *21st Century Skills Development Through Inquiry-Based Learning* (pp. 17-32). Singapore: Springer
- Cohn, M. (2016). Core principles characterizing immune function. *European Journal of Immunology*, 47(1), 35-40.
- Corno, L. (2008). On teaching adaptively. *Educational Psychologist*, 43, 161-173.
- Cuban, L. (1990). Reforming again, again, and again. *Educational researcher*, 19(1), 3-13.
- Cuban, L. (2013). *Inside the Black Box of Classroom Practice: Change without Reform in American Education*. Harvard Education Press. Cambridge, MA.
- Cuypers, S.E. & Martin, C. (Eds.) (2011). *Reading RS Peters on Education Today*. New York: Wiley-Blackwell.
- Craver, C.F. & Darden, L. (2013). *In search of mechanisms: Discoveries across the life sciences*. Chicago: University of Chicago Press.
- Dam, M., Janssen, F.J.J.M. & Van Driel, J.H. (2013) Concept-context onderwijs leren ontwerpen en uitvoeren - een onderwijsvernieuwing praktisch bruikbaar maken voor docenten. *Pedagogische Studiën*, 90(2), 63-77.
- Darling-Hammond, L. (2016). Research on teaching and teacher education and its influences on policy and practice. *Educational Researcher*, 45(2), 83-91.
- Davis, E.A., Janssen, F.J.J.M. & Van Driel, J.H. (2016). Teachers and science curriculum materials: where we are and where we need to go. *Studies in Science Education*, 52(2), 127-160.
- Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker*. Longman. London.
- Doyle, W. & Ponder, G. (1977). The ethic of practicality and teacher decision-making. *Interchange*, 8, 1-12.
- Doyle, W. (2015). Ecological approaches. In W.G. Scarlett (Ed.), *The SAGE Encyclopedia of classroom management* (pp. 291-305). Singapore: Sage Publications, Inc.
- Giere, R.N. (2010a). *Scientific perspectivism*. Chicago: University of Chicago Press.
- Giere, R.N. (2010b). An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172(2), 269-281.
- Gigerenzer, G. & Gaissmaier, W. (2011). Heuristic decision making. *Annual Review of Psychology*, 62, 451-482.
- Gilbert, B. & Jamison, S. (2008). *Lelijk winnen*. Alkmaar. Tennischool Toptennis
- Gobet, F. (2015). *Understanding expertise: A multi-disciplinary approach*. London: Palgrave Macmillan.
- Gopnik, A. (2010). How babies think. *Scientific American*, 303(1), 76-81.
- Gopnik, A., Griffiths, T.L. & Lucas, C.G. (2015). When younger learners can be better (or at least more open-minded)

- than older ones. *Current Directions in Psychological Science*, 24(2), 87-92.
- Green, S., Levy, A. & Bechtel, W. (2015). Design sans adaptation. *European Journal for Philosophy of Science*, 5(1), 15-29.
- Hirst, P.H. & Peters, R.S. (1977). *The logic of education*. London: Routledge.
- Holland, J.H. (2012). *Signals and boundaries: Building blocks for complex adaptive systems*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Janssen, F.J.J.M. (1999). *Learning Biology by Designing. Exemplified and tested for the topic of immunology in secondary education*. Utrecht. CD-β Wetenschappelijke Bibliotheek.
- Janssen, F.J.J.M. & Verloop, N. (2003). De betekenis van perspectieven voor leren leren. *Pedagogische studiën*, 5, 375-391.
- Janssen, F.J.J.M. (2006/2014). *BioLogen. Denkgereedschap voor het biologieonderwijs*. Leiden: ICLON.
- Janssen, F.J.J.M. (2007). Adaptief leren denken. In Boersma, K., Geraedts, C., De Hullu, E., Janssen, F.J.J.M. & De Jonge, C. *Evolutie in het voortgezet onderwijs*. Groningen: NVON.
- Janssen, F.J.J.M. & De Hullu, A.E. (2008). A toolkit for stimulating productive thinking. *Journal of Biological Education*, 43, 21-28.
- Janssen, F.J.J.M. & Waarlo, A.J. (2010). Learning biology by designing. *Journal of Biological Education*, 44(2), 88-92.
- Janssen, F.J.J.M., Westbroek, H.B., Doyle, W. & Van Driel, J.H. (2013). How to make innovations practical. *Teachers College Record*, 115 (7), 1-42.
- Janssen, F.J.J.M., Westbroek, H.B. & Van Driel, J.H. (2014a). How to make guided discovery learning practical for student teachers. *Instructional Science*, 42, 67-90.
- Janssen, F.J.J.M., Westbroek, H.B. & W. Doyle (2014b) The practical turn in teacher education. Designing a preparation sequence for core practice frames. *Journal of Teacher Education*, 65(3), 195-206.
- Janssen, F.J.J.M., Grossman, P. & Westbroek, H. (2015). Facilitating decomposition and recomposition in practice-based teacher education: The power of modularity. *Teaching and Teacher Education*, 51, 137-146.
- Janssen, F.J.J.M. & Van Berkel, B. (2015). Making philosophy of science education practical for science teachers. *Science & Education*, 24(3), 229-258.
- Janssen, F.J.J.M., Westbroek, H.B. & Doyle, W. (2015). Practicality studies: How to move from what works in principle to what works in practice. *Journal of the Learning Sciences*, 24(1), 176-186.
- Janssen, F.J.J.M., Hulshof, H. & Van Veen, K. (2016). *Uitdagend gedifferentieerd vakonderwijs. Praktisch gereedschap om je onderwijsrepertoire te blijven uitbreiden*. Leiden/Groningen: UFB. <https://www.universiteitleiden.nl/onderzoek/onderzoeksoutput/iclon/uitdagend-gedifferentieerd-vakonderwijs>
- Janssen, F.J.J.M., Vermeulen, M. & Van Driel, J.H. (2017) *Leerprogressies voor bètadocenten. Ontwikkeling van expertise voor onderzoekend leren*. Reviewstudie in opdracht van NRO. Leiden: ICLON.
- Janssen, F.J.J.M., Westbroek, H.B., Landa, I., Van der Ploeg, B.D. & Muijlwijk-Kroezen, J.E. (geaccepteerd). Perspectives as searchlights for knowledge development. In McComas, W.F. (ed.). *The nature of science in science education*. New York: Springer.
- Jonassen, D.H. (2010). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. New York: Routledge.
- Kapur, M. (2016). Examining productive failure, productive success, unproductive failure, and unproductive success in learning. *Educational Psychologist*, 51(2), 289-299.
- Kennedy, M.M. (2010). Attribution error and the quest for teacher quality. *Educational Researcher*, 39(8), 591-598.
- Kennedy, M. (2016). Parsing the practice of teaching. *Journal of Teacher Education*, 67(1), 6-17.
- Kirschner, P.A. & Van Merriënboer, J.J.G. (2008). Ten steps to complex learning: A new approach to instruction and instructional design. In Good, T.L. (ed.), *21st century education: A reference handbook* (pp. 244-253). Thousand Oaks, CA: Sage.

- Klaassen, K., Westra, A., Emmett, K., Eijkelhof, H. & Lijnse, P. (2008). Introducing mechanics by tapping core causal knowledge. *Physics education*, 43(4), 433.
- Klein G., Phillips J.K., Rall E. & Peluso D.A. (2007). A data/frame theory of sensemaking. In Hoffman, R.R. (ed.), *Expertise out of context* (pp. 113-155). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Klein, G.A. (2011). *Streetlights and shadows: Searching for the keys to adaptive decision making*. Cambridge MA: MIT Press.
- Kruglanski, A.W., Chernikova, M., Babush, M., Dugas, M. & Schumpe, B. (2015). The architecture of goal systems: Multifinality, equifinality, and counterfinality in means-end relations. *Advances in Motivation Science*, 2, 69-98.
- Kuipers, T.A. (2007). Laws, theories and research programs. In Gabbay, D.M., Thagard, P., Woods, J. & Kuipers, T.A. (eds). *General philosophy of science: focal issues* (pp. 1-97) Amsterdam: Elsevier.
- Land, M.F. & Nilsson, D.E. (2012). *Animal eyes*. Oxford: Oxford University Press.
- Law, K.L. (2017). Plastics in the Marine Environment. *Annual Review of Marine Science*, 9, 205-229.
- Lazonder, A.W. & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718.
- Lee, H.S. & Anderson, J.R. (2013). Student learning: What has instruction got to do with it? *Annual review of psychology*, 64, 445-469.
- Lijnse, P.L. (2014). *Omzien in verwarring. Een persoonlijke terugblik op 40 jaar werken in de natuurkundendidactiek*. Utrecht: Fisme Scientific Library.
- Loibl, K., Roll, I. & Rummel, N. (2016). Towards a Theory of When and How Problem Solving Followed by Instruction Supports Learning. *Educational Psychology Review*, 28, 1-23.
- Lord, R.G., Diefendorff, J.M., Schmidt, A.M. & Hall, R.J. (2010). Self-regulation at work. *Annual Review of Psychology*, 61, 548-568.
- Love, A.C. (2015)(ed.). *Conceptual change in biology. Scientific and Philosophical perspectives on evolution and development*. Boston Studies in Philosophy of Science (vol. 307). Berlin: Springer.
- Mayr, E. (1997). *This is biology. The science of the living world*. Cambridge, MA: Harvard University press.
- Mepham, B. (2013). Ethical principles and the ethical matrix. In Clark, J.P. & Ritson, C.. *Practical Ethics for Food Professionals: Ethics in Research, Education and the Workplace* (p. 39-56). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Merrill, M.D. (2012). *First principles of instruction*. New York: John Wiley & Sons.
- Pellegrino, J.W. & Hilton, M.L. (eds) (2013). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington DC: National Academic Press
- Peters, R.S. (1965). Education as initiation. In Archambault, R.D. (ed.). *Philosophical analysis and education*. (pp. 87-113). London: Routledge & Kegan Paul.
- Pollock, J.L. (2006). *Thinking about acting. Logical foundations for rational decision making*. Oxford: Oxford University Press.
- Popper, K. (1973). *Objective Knowledge*. Oxford: Clarendon.
- Reed, S.K. (2016). The structure of ill structured (and well structured) problems revisited. *Educational Psychology Review*, 28, 691-716.
- Schön, D.A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Schön, D.A. & Rein, M. (1995). *Frame reflection: toward the resolution of intractable policy controversies*. New York: Basic Books.
- Simon, H.A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial intelligence*, 4, 181-201.
- Simon, H.A. (1996). *The sciences of the artificial*. Cambridge MA: MIT press.
- Shah, A.K. & Oppenheimer, D.M. (2008). Heuristics made easy: an effort-reduction framework. *Psychological bulletin*, 134 (2), 207-222.

- Thagard, P. (2012). *The cognitive science of science: Explanation, discovery and conceptual change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Tinsley, J.N., Molodtsov, M.I., Prevedel, R., Wartmann, D., Espigulé-Pons, J., Lauwers, M. & Vaziri, A. (2016). Direct detection of a single photon by humans. *Nature communications*, 7, 12172.
- Todd, P.M., Gigerenzer, G. & The ABC Research Group. (2012). *Ecological rationality: Intelligence in the world*. New York: Oxford University Press.
- Todd, P.M., Hills, T.T. & Robbins, T.W. (eds) (2012). *Cognitive search: Evolution, algorithms, and the brain*. Strüngmann Forum Reports (vol. 9). Cambridge, MA: MIT Press.
- Van Berkel, B., De Vos, W., Verdonk, A.H. & Pilot, A. (2000). Normal Science Education and its Dangers: The Case of School Chemistry. *Science & Education*, 9 (2), 123-159.
- Voogt, J. & Roblin, N.P. (2010). *21st Century Skills. Discussienota*. Zoetermeer: Kennisnet.
- Wagner, G.P. (2014). *Homology, genes, and evolutionary innovation*. Princeton: Princeton University Press.
- Westbroek, H.B., Janssen, F.J.J.M. & Doyle, W. (2016). Perfectly Reasonable in a Practical World: Understanding Chemistry Teacher Responses to a Change Proposal. *Research in Science Education*.
- Wettersten, J. (2006). *How do institutions steer events? An inquiry into the limits and possibilities of rational thought and action*. Burlington: Ashgate Publishing, Ltd.
- Wimsatt, W.C. (2007). *Re-Engineering philosophy for limited beings: Piecewise approximations to reality*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wimsatt, W.C. (2015). Entrenchment as a theoretical tool in evolutionary developmental biology. In Love, A.C. (ed.). *Conceptual change in biology. Scientific and Philosophical perspectives on evolution and development* (pp. 365-402). Boston Studies in Philosophy of Science (vol. 307). Berlin: Springer Netherlands
- Zwiers, J. & Janssen, F.J.J.M (2005). *Natuur is overal. Een praktijkgerichtdidactiekboek natuuronderwijs*. Heeswijk-Dinther: Uitgeverij Esstede.

PROF.DR.IR. FRED JANSSEN



- 1986-1992 Universiteit Wageningen, Doctoraal Biologie (cum laude)
1992-1994 Universiteit Utrecht, Vakdidactisch onderzoeker
1994-1999 Universiteit Utrecht, Promotie (*Learning Biology by Designing. Exemplified and tested for the topic of immunology in secondary education*)
1998-2010 Universiteit Leiden, Universitair docent, Interfacultair Centrum voor Lerarenopleiding, Onderwijsontwikkeling en Nascholing (ICLON)
2010-2016 Universiteit Leiden, Universitair hoofddocent, ICLON
2016 Universiteit Leiden, Hoogleraar Didactiek van de Natuurwetenschappen, ICLON

In veel onderwijs worden leerlingen en studenten voorbereid op het oplossen van netjes geconstrueerde puzzels en problemen. Veel situaties die mensen buiten het onderwijs tegenkomen hebben echter meer het karakter van een 'moeras'. Het zijn complexe ongestructureerde situaties waar je alleen grip op kunt krijgen door de situatie vanuit verschillende kanten te benaderen en te bevragen. Hierdoor ontdek je welke bestaande kennis relevant is en welke nieuwe kennis nog moet worden ontwikkeld. Bovendien wordt zo duidelijk wat mogelijk en wenselijk is in een situatie. Veel docenten en onderwijshervormers vinden het belangrijk dat onderwijs leerlingen en studenten ook voorbereidt op moerassituaties. Toch gebeurt dit niet veel in de onderwijspraktijk. Vaak wordt dit toegeschreven aan ontbrekende kwaliteiten van docenten of leerlingen en studenten. In deze oratie wordt echter beargumenteerd dat vooral krachtig denkgereedschap ontbreekt. Eerst wordt denkgereedschap besproken en geïllustreerd waarmee leerlingen en studenten grip kunnen krijgen op moerassituaties. Daarna wordt nader ingegaan op aanvullend denkgereedschap waarmee docenten door kleine aanpassingen van hun bestaande onderwijs leerlingen en studenten kunnen voorbereiden op zowel puzzels, problemen als moerassen.



Universiteit
Leiden