

Visie op het domein Mens en Natuur, inclusief Techniek

15 december 2017

Hanno van Keulen, Ed van den Berg, Fer Coenders, Huib van Drooge, Harrie Eijkelhof, Martin Goedhart, Fred Janssen, Marijn Meijer

Deze visie op het domein Mens en Natuur (inclusief Techniek) is geschreven door een werkgroep in opdracht van de beroepsvereniging voor onderwijs in de natuurwetenschappen (NVON) en wordt meegegeven aan de ontwikkelteams bij het ontwikkelen van bouwstenen voor een herzien curriculum voor het primair en voortgezet onderwijs in het kader van 'curriculum.nu'. In deze versie zijn de resultaten verwerkt van een door de NVON onder leden en onder po leerkrachten gehouden enquête.

Karakteristieken van het leergebied

Het leergebied Mens en Natuur (inclusief Techniek) gaat in essentie over de materiële wereld.

Die wereld is deels gegeven (de kosmos; de natuur) en deels door mensen beïnvloed of gemaakt (met behulp van techniek). Onderwijs behoort eraan bij te dragen dat mensen goed kunnen leven in en met de materiële wereld; dat zij daartoe de materiële wereld steeds beter leren kennen, begrijpen en waarderen, en dat ze, waar dat zinvol en verantwoord is, de materiële wereld kunnen beïnvloeden, veranderen en aanvullen. De materiële wereld verhoudt zich tot de mens via menselijke activiteiten, houdingen en vaardigheden zoals waarnemen, verwonderen, onderzoeken, beschrijven, verklaren, verbeelden, ontwerpen, probleem oplossen, maken, gebruiken, verbeteren en waarderen.

Het leergebied kent een spanning tussen de ervaring van eenheid en de vele unieke perspectieven. De materiële wereld verschijnt aan ons mensen als een eenheid, niet als biologie, natuurkunde, scheikunde, of werktuigbouwkunde. Deze, en andere, vakperspectieven kunnen zichtbaar worden wanneer de wereld met een bepaalde, disciplinaire focus waargenomen wordt. Het energiebegrip in de biologie wijkt bijvoorbeeld af van dat van de natuurkundige. Hoe meer focus, hoe meer diepgang, maar ook hoe modelmatiger er te werk wordt gegaan, met meer reductie van de werkelijkheid, en hoe verder we ons verwijderen van de werkelijkheid zoals we die in de leefwereld ervaren. Het leergebied kenmerkt zich door deze twee gezichten: enerzijds de behoefte aan betekenisvolle samenhangen, anderzijds de drang om dieper door te dringen, op zoek naar verklaringen en beheersingsmogelijkheden. Dit

betekent dat zowel de eigenheid van de disciplines met hun eigen denk- en werkwijzen tot hun recht moeten komen als de interdisciplinaire overeenkomsten en dwarsverbanden en de noodzaak problemen interdisciplinair aan te pakken (denk aan klimaat, voeding, of gezondheid).

Het domein kent vele vakken en vakgebieden, die niet alle gerepresenteerd zijn in het huidige onderwijs. In het basisonderwijs wordt het domein in de Kerndoelen aangeduid met 'Natuur en Techniek' en is een onderdeel van 'Oriëntatie op jezelf en de Wereld' (van Graft et al, 2016). In het algemeen voortgezet onderwijs staan de examenvakken natuurkunde, scheikunde en biologie centraal, maar ook het vak aardrijkskunde gaat deels over de materiële wereld. In het vmbo worden technische en verzorgende vakken gegeven. De wiskunde is van groot belang voor het leergebied, omdat het wiskundig instrumentarium veel gebruikt wordt om de materiële wereld te onderzoeken, te beschrijven, en te modelleren. Maar de technische universiteiten, de landbouwuniversiteit, de algemene universiteiten, en het middelbaar en hoger beroepsonderwijs kennen tientallen studies die voorbereiden op honderden beroepen en nog meer beroepsactiviteiten op terreinen als landbouw, voeding, gezondheid, constructie, productie, informatie, transport, waterbeheer, onderzoek, et cetera. De burger wordt geconfronteerd met vele nieuwe objecten en processen die het dagelijks leven en de visie op de werkelijkheid ingrijpend beïnvloeden. Het is niet mogelijk voor al deze aspecten van de materiele wereld een apart vak te maken. Maar een plaats in het curriculum, als voorbereiding op vervolgonderwijs en op het leven als burger in een wereld die door deze vakgebieden gevormd wordt, is wezenlijk. Gezien de belangrijke en toenemende rol van technologie in onze huidige en toekomstige samenleving moet vooral onderwijs in techniek en technologie veel explicieter dan nu deel uitmaken van die voorbereiding.

Positie van het leergebied over tien jaar, en de invloed hiervan op het curriculum

De kennis over de materiële wereld en de technologische mogelijkheden nemen exponentieel toe. Er is sprake van een kennis-paradox: enerzijds wordt het steeds moeilijker 'alles' te weten; anderzijds wordt het steeds belangrijker om kennis te 'hebben' om mee te kunnen blijven doen. Het is niet voldoende om toegang te hebben tot informatiebronnen en in het onderwijs vooral in te zetten op de ontwikkeling van generieke vaardigheden. Die toegang tot informatie zal ongetwijfeld steeds makkelijker worden. Echter, je moet informatie op waarde kunnen schatten en je moet weten wat je er mee kunt doen in specifieke contexten en voor specifieke vraagstellingen. Een probleem oplossen in de scheikunde of de werktuigbouwkunde, maar ook een cake bakken is nooit een vaardigheid die onafhankelijk is van specifieke kennis. Kennis is en

blijft belangrijk, maar het wordt steeds moeilijker aan te geven over welke basiskennis jongeren zouden moeten beschikken. Het leergebied wordt vooral gekarakteriseerd door voortdurende uitbreiding en verdieping. Een vast programma is al verouderd voor het is ingevoerd. Een goed curriculum heeft naast een solide basis daarom ook vrije ruimte waar elke leraar/docent de aansluiting met de actualiteit en ontwikkelingen in de eigen omgeving kan en moet maken, en biedt ook ruimte aan vernieuwende activiteiten.

Kennis moet verbonden zijn met het genereren, valideren en toepassen van kennis, en daarmee met vaardigheden. De discussie over wat basiskennis is en wat al dan niet in een kennisbasis zal moeten staan, is belangrijk, maar moet nauw verbonden worden met het gesprek over het gebruik van kennis, en daarmee met (de ontwikkeling van) vaardigheden. Daarbij gaat het zowel om ‘algemene’ vaardigheden zoals logisch redeneren als om vakspecifieke vaardigheden zoals reactievergelijkingen opstellen of veel voorkomende organismen kunnen herkennen. Wordt de ontwikkeling van een bepaalde vakspecifieke vaardigheid belangrijk gevonden, dan is ook de ontwikkeling van een bijbehorende kennisbasis noodzakelijk.

Kennis ontwikkelt zich in contexten waar die kennis betekenisvol gebruikt kan worden. Geen enkele vaardigheid kan zonder drager en zonder context ontwikkeld worden. De gedachte dat natuurwetenschappelijke, technologische en leefwereld-concepten en werkwijzen zich ontwikkelen in betekenisgevende contexten, kan een leidende gedachte blijven, ook omdat contexten per definitie multidisciplinair zijn en zich lenen voor zowel onderwijs dat monodisciplinaire verdieping zoekt als voor onderwijs dat andere doelen heeft. Concepten ontstaan in onze pogingen om de dingen en verschijnselen in de materiële wereld te begrijpen. Wie een concept heeft, kan toepassen en in concrete contexten handelen. Maar ook de concrete context overstijgen om op een meer abstracte manier te communiceren of ‘in het hoofd te handelen’. In een goed gekozen context kunnen docenten veel kanten op.

De materiële wereld is een goede context voor de ontwikkeling van algemene vaardigheden. Algemene vaardigheden of ‘21st century skills’ (SLO, 2017), zoals samenwerken, kritisch denken, zelfregulatie, creativiteit, cultureel sensitief gedrag, ethisch handelen, ondernemende houding, communicatieve vaardigheden, et cetera, kunnen niet op zichzelf ontwikkeld worden maar vragen altijd om een drager. De materiële wereld, met al haar verscheidenheid en veelheid aan verschijnselen die verwondering wekken, leent zich buitengewoon goed om als drager te functioneren. Met de snelle ontwikkeling van kennis in het leergebied is het belangrijk dat leerlingen leervaardigheden ontwikkelen, waarmee zij het vermogen opbouwen hun eigen kennis up-to-date te houden. In het kader van Curriculum.nu is het goed denkbaar dat de

andere bouwstenen en leergebieden (denk aan Nederlands, Wiskunde, Burgerschap, Mens en Cultuur) een beroep doen op Mens en Natuur (inclusief Techniek) als context voor het bereiken van leerdoelen uit deze gebieden.

Het po heeft een goed kader om kinderen voor te bereiden op de toekomst maar moet nog een grote sprong maken. Het basisonderwijs kent geen voorgeschreven curriculum of toetsprogramma maar legt het accent via de Kerndoelen vooral op de ontwikkeling van vaardigheden, zoals voor onderzoeken en ontwerpen, en houdingen (Van Graft et al., 2016). In principe passen alle huidige en toekomstige inhouden in het huidige kader. Een goed voorbeeld is Kerndoel 45: “De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen ontwerpen, uitvoeren en evalueren”. Welke problemen en welke oplossingen dat zijn, wordt in het midden gelaten. Dit geldt ook voor Kerndoel 42: “De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, magnetisme en temperatuur”. De verschijnselen zijn bedoeld als voorbeelden; het accent ligt op onderzoek leren doen. De vraag is echter of deze kerndoelen wel gerealiseerd worden. In de afgelopen jaren zijn diverse stimulerings- en nascholingsprogramma’s uitgevoerd (zoals VTB en VTB-Pro) die ertoe hebben geleid dat de attitude voor onderwijs in Wetenschap en Techniek positiever is geworden. Zo heeft de sector in 2013 ingestemd met de ambitie van het Techniekpact, om in 2020 Wetenschap & Technologie duurzaam ingevoerd te hebben. Maar op veel scholen is nog veel nodig om deze doelstelling te bereiken. De hoeveelheid tijd besteed aan het leergebied is nog steeds uiterst beperkt (gemiddeld circa 45 minuten per week, volgens de Inspectie van het Onderwijs (Mommers et al, 2016, p33). Volgens onderzoek van TIMSS komt maar 5% van de leerlingen echt in aanraking met onderzoekend en ontwerpnd leren (Meelissen et al, 2012), en leerkrachten basisonderwijs hebben nog weinig professioneel zelfvertrouwen in hun vermogen dit onderwijs te geven (AVS, 2017). Supovitz en Turner (2000) vonden dat een effectieve training voor onderzoekend leren minimaal 100 contacturen vergde inclusief coaching in de klas. Dit wordt weliswaar gerealiseerd in CPION gecertificeerde trainingen die door diverse Pabo’s worden aangeboden, maar deze trekken nog maar kleine aantallen leerkrachten. Daarnaast is het belangrijk dat er meer samenwerking komt van po en vo. Deze samenwerking kan de vorm krijgen van de doorlopende leerlijnen waar Curriculum.nu zich voor inzet.

Het algemeen voortgezet onderwijs vertoont hiaten wat betreft de voorbereiding op veel huidige en toekomstige beroeps- en leefwereldactiviteiten. Voor het voortgezet onderwijs binnen de schoolvakken natuurkunde, scheikunde en biologie is het moeilijk om recht te doen aan alles wat er gebeurt in de farmacie, de civiele techniek, de robotica, de landbouw, de logistiek, de media, de aardwetenschappen, de gezondheidszorg, et cetera.

Diverse onderwerpen uit deze domeinen worden exemplarisch opgepakt door het vak Natuur, Leven en Technologie (NLT) (<http://betavak-nlt.nl/nl/p/>) dat op een aantal vo-scholen wordt gegeven als aanvulling op de bètavakken. De ontwikkeling van vaardigheden voor onderzoeken en ontwerpen staat centraal in het Technasium (www.technasium.nl), waar dit als het vak 'O & O' gegeven wordt. Deze vakken zijn op dit moment nog niet meer dan een keuzemogelijkheid waar lang niet alle leerlingen de mogelijkheid toe hebben.

In het licht van alle ontwikkelingen, waar internationaal de bètatechnische disciplines steeds vaker samen optrekken (als 'science' of 'STEM'), is het belangrijk dat er meer afstemming en samenwerking komt tussen de bètavakken en zo mogelijk integratie. Een verbindende schakel ligt in de ontwikkeling van onderzoeks-, ontwerp- en redeneervaardigheden en andere discipline-overstijgende attitudes en vaardigheden.

Het curriculum van het vmbo is verouderd. Inhoudelijk noch wat betreft werkvormen is het programma goed in staat aan te sluiten bij motieven en mogelijkheden van leerlingen en hen voor te bereiden op actuele beroepsuitoefening in de bètatechnische sector. Geheel in tegenspraak met de wens van de samenleving om meer bètatechnici van alle niveaus op te leiden, stagneert de instroom in vmbo-techniek. Dit is een goed moment om het curriculum te herzien en dit te doen in samenspraak met po, havo/vwo en ROC/hbo. Wij adviseren om de positie van een bètavak op het vmbo te versterken, daarbij rekening houdend met de diversiteit aan vervolgopleidingen in het mbo.

De aansluiting op de arbeidsmarkt is matig. De samenleving kent grote waarde toe aan het leergebied, vanwege de arbeidsperspectieven en de bijdrage die bètatechnische beroepsuitoefening levert aan de economie en aan de oplossing van maatschappelijke problemen. Nederland kent echter in vergelijking met andere landen een relatief lage omvang van de bètatechnische sector, hoewel die sector van zeer hoge kwaliteit is (Van Saarloos, 2014), een lage instroom in bètatechnische opleidingen en beroepen en veel openstaande vacatures. Te verwachten valt daarom dat de druk vanuit de samenleving om meer bètatechnisch gekwalificeerde jongeren op te leiden eerder toe dan af zal nemen in de komende jaren. Het gaat vanuit dit perspectief relatief goed op het vwo, waar steeds meer jongeren voor een N&T-profiel kiezen. Maar vmbo en mbo blijven achter. Ook kiezen nog steeds veel minder meisjes voor een opleiding of beroep in de bètatechnische sector: een signaal dat er in het funderend onderwijs sprake is van een 'gender-bias'. Er zijn veel aanwijzingen uit onderzoek (DeWitt, Archer & Osborne, 2014) dat kinderen al op jonge leeftijd keuzes maken voor hun toekomst. Ze doen dit onder invloed van voorbeelden, ervaringen en rolmodellen, zowel in hun leefwereld als in het onderwijs. In veel westerse landen en zeker in Nederland komen veel kinderen in de

basisschoolleeftijd dermate weinig met bètatechniek in aanraking, dat ze de deur naar studies of loopbanen in dit domein sluiten. Het Britse 'Aspires' onderzoek uit 2014 liet zien dat 80% van de jongeren in het voortgezet onderwijs de science-vakken leuk en belangrijk vindt, maar dat slechts 14% overweegt de carrière hierop te richten (DeWitt et al, 2014). "Ik wil toch niet ontploffen", is de hilarische formulering van een ernstige misvatting bij jongeren.

Beeldvorming over 'bèta' is nog steeds verre van ideaal. Op dit moment staat het basisonderwijs nauwelijks in het teken van oriëntatie op bètatechnische vaardigheden en beroepen maar is vooral gericht op brede ontwikkeling van talenten, zoals voor nieuwsgierigheid, onderzoekende houding, creativiteit, kritische houding, et cetera. Deze brede talentontwikkeling valt in principe goed in te bedden in contexten en activiteiten die ook bijdragen aan de ontwikkeling van een positieve attitude voor de bètatechnische wereld. Maar dit kan alleen wanneer leraren in het basisonderwijs hiertoe in staat zijn en zelf deze attitude in voortgezet onderwijs en beroepsonderwijs hebben kunnen ontwikkelen. Het huidige voortgezet bètaonderwijs wordt niet gewaardeerd door jongeren die 'met kinderen willen werken' en voor het basisonderwijs kiezen: moeilijk, niet relevant voor het eigen leven. Veel pabostudenten hebben op het havo vakken als natuurkunde snel laten vallen. We leggen daarmee de initiële voorbereiding van de toekomstige generatie bètatechnische wetenschappers en professionals in handen van hen die er de minste affiniteit mee hebben. De invoering van kennisbasistoetsen zoals voor Aardrijkskunde, Geschiedenis en Techniek op de pabo is zeker zinvol om een ondergrens wat betreft cognitief niveau te trekken, maar verandert niets aan de attitude, en trekt ook geen intrinsiek voor bètatechniek gemotiveerde studenten naar de pabo. Een betere beeldvorming vereist aanpassingen in po en vo curricula en lessen (Archer et al, 2012).

Het leergebied is van groot belang voor de samenleving. De verhouding van burgers tot de materiële wereld wordt ook de komende tijd steeds minder 'natuurlijk' en steeds meer gekenmerkt door de omgang met techniek. De leefwereld van de burger wordt steeds meer door de technologie beïnvloed, ook als we anders zouden willen. Techniek komt voort uit de wens tot verbetering van het leven, maar heeft vaak onverwachte, onbedoelde, maar wel ongewenste bijeffecten. Ook worden de voor- en nadelen van techniek niet altijd eerlijk en transparant over de verschillende groepen burgers verdeeld. Daardoor kan de komende jaren de maatschappelijke onrust over nieuwe, en onbegrepen, technologische ontwikkelingen groter worden. Het onderwijs heeft een grote verantwoordelijkheid deze onrust te begrijpen, de belangrijke maatschappelijke en culturele waarde van de bètatechniek over te dragen, en de ontwikkeling van een positief-kritische en op kennis van zaken gebaseerde houding tegenover met name de techniek te bevorderen. Het leergebied zal allen moeten voorbereiden op deze

omgang met de materiële wereld, en niet alleen in het teken mogen staan van voorbereiding op wetenschaps- of beroepsuitoefening, maar ook op maatschappelijke discussies en verantwoordelijk gedrag. Deze nadruk wordt gekarakteriseerd door de termen burgerschap en scientific literacy.

Het leergebied hoort bij de voor iedereen noodzakelijke algemene vorming. Er is regelmatig geëxperimenteerd met meer algemeen vormende vormen van bètatechnische vakken in het voortgezet onderwijs, zoals Algemene Natuurwetenschappen en Techniek in de Basisvorming. Ondanks steun van velen leiden deze vakken een kwijnend bestaan. Dat heeft o.a. te maken met hun status van niet-examenvak. Een vak of doelstelling serieus nemen betekent dat de leerresultaten gewaardeerd en beoordeeld moeten worden. De reden dat Natuur en Techniek in het basisonderwijs weinig onderwijstijd krijgt, is zeker voor een deel terug te voeren op het ontbreken van een serieuze vorm van beoordeling en waardering van de leerresultaten, en het ontbreken van toezicht hierop door de Inspectie van het Onderwijs. Serieuze toetsing op de te bereiken kerndoelen is van belang voor de status van schoolvakken. De vorm van de toetsing mag een schoolspecifieke invulling van het leergebied echter niet in de weg staan. Belangrijk is dat scholen zich verantwoorden, zowel voor hun keuzes als voor wat betreft de leerresultaten. Dit kan heel goed door peer review in regionale netwerken, waar ook het vervolgonderwijs en de beroepensector in vertegenwoordigd is.

Het onderwijs maakt de kwalificerende en socialiserende functie slechts ten dele waar. De kwaliteit van havo/vwo is op orde voor wat betreft kennis en vaardigheden voor een bètatechnische vervolgopleiding, maar de kwantiteit (het aantal leerlingen dat voor een bètaprofiel kiest) nog niet. Ook is het vo niet succesvol in de voorbereiding van jongeren op burgerschap en 'wetenschapswijsheid' die niet voor een bètatechnisch beroep kiezen. Ze zijn onvoldoende voorbereid op hun rol als consument en burger met betrekking tot beslissingen over voeding, gezondheid, milieu en klimaat. Het po kan nog veel winnen wat betreft het herkennen van talenten van leerlingen voor natuur- en techniek en het geven van bijpassende schooladviezen. Dat wreekt zich onder meer in een veel te lage instroom in vmbo- en mbo-techniek. Ook het vmbo-programma weet jongeren niet te boeien en te binden. Curriculumaanpassingen geven een grote kans om over deze problematiek na te denken en te komen met een curriculum dat leerlingen beter voorbereidt op hun verantwoordelijkheid voor Mens & Natuur (inclusief Techniek) in de leefwereld en in 'non-tech' opleidingen en beroepen.

Samenhang in het leergebied

Vanuit vakken en vanuit thema's en contexten denken en werken. Een goede manier om kennis te maken met natuur- en techniek is werken vanuit thema's en contexten. Dit is in het basisonderwijs al heel gebruikelijk. In het voortgezet onderwijs kan verdere verdieping door vakspecifieke uitwerking van begrippen plaatsvinden. Vanwege zingeving, motivatie, wendbaarheid van vakbegrippen, en vanwege burgerschapsaspecten is het belangrijk ook in het vo om vanuit thema's en contexten te werken. Uitleg geven en de inzichten en concepten doorgeven die vakmensen gebruiken, werkt des te beter naar gelang de leerlingen gemotiveerd zijn geraakt door activiteiten die voor hen betekenisvol zijn.

'Disciplinary core ideas' en 'cross-cutting concepts' zijn belangrijk. De vele disciplines in de materiële wereld bestaan eerder naast elkaar dan dat ze een vaste, bijvoorbeeld een hiërarchische of taxonomische relatie tot elkaar hebben. Desondanks zijn veel begrippen of perspectieven van breder belang dan voor een enkel vakgebiedje. Mechanismen in de scheikunde zijn van belang voor de biologie. Fysische wetmatigheden vinden toepassing in de techniek. Maar techniek is meer dan toegepaste natuurkunde, en de natuurkunde op haar beurt meer en anders dan toegepaste wiskunde. Hoe de ecologie zich verhoudt tot de constructie van bruggen of de zoektocht naar nieuwe geneesmiddelen, is niet door een simpele vakstructuur te vatten. Om de diverse disciplinaire perspectieven recht te doen kan een onderlegger met de belangrijkste kernconcepten van elke discipline bruikbaar zijn. De Amerikaanse 'Next Generation Science Standards' (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013) spreekt in dit verband over 'disciplinary core ideas' voor begrippen, perspectieven en redeneerwijzen die van groot belang zijn voor een discipline, en van 'cross-cutting concepts' voor concepten die gemeenschappelijk zijn maar per discipline verschillend geïnterpreteerd en gebruikt kunnen worden. Denk aan 'evenwicht', 'evolutionair redeneren', 'structuur', 'energie' of 'vorm-functie denken'. De NGSS heeft de 'core ideas' uitgewerkt en vertaald naar niveaus van onderwijs (NGSS Lead States, 2013). De Nederlandse kennisbasis voor de onderbouw VO (Ottevanger et al., 2014) heeft een soortgelijke opzet. 'Ijkpunten voor een domein in ontwikkeling' (Van Keulen, 2012) is een voorbeeld van een op kernconcepten en contexten gebaseerde domeinbeschrijving voor het po.

'Practices' zijn belangrijk. Een nadeel van een lijst met kernconcepten als vertrekpunt is het risico dat het onderwijs zich vooral gaat richten op kennisoverdracht van de betekenis van deze concepten, in plaats van op ontwikkeling en vaardig gebruik van deze concepten in betekenisvolle situaties. NGSS duidt die beoogde combinatie van ontwikkeling en toepassing van kennis en vaardigheden aan als 'practices'. Andere termen hiervoor zijn 'denk- en werkwijzen', 'habits of the mind', of 'styles of scientific reasoning' (Crombie, 1994). Belangrijk is

dat leerlingen vragen en problemen te lijf kunnen gaan met daarvoor geschikte aanpakken en daar vaardiger in worden. Het gaat om vaardigheden van belang voor wetenschapsbeoefening, voor beroepsuitoefening, voor leefwereldactiviteiten en voor burgerschap. De denk- en werkwijzen leveren verschillende en aanvullende perspectieven op de fenomenen van de materiële wereld die nader uitgewerkt kunnen worden in een samenhangende benadering voor po, vo en beroepsonderwijs. Voorbeelden van belangrijke praktijken, vaardigheden en denkwijzen zijn:

- Observeren
- Verkennen
- Meten; kwantificeren; logische deductie
- Experimenteren
- Modelleren
- Categoriseren en classificeren
- Redeneren op basis van verwachtingen (kansrekening, statistiek)
- Representeren (tabellen, grafieken, diagrammen/figuren, modellen)
- Evolutionair redeneren (biologie, neurowetenschappen; psychologie)
- Micro-macrodanken
- Ontwerpen (brede praktijk, van planologie tot kledingindustrie)
- Vorm-functiedenken en systeemdenken (ingenieurswetenschappen; biologie)
- Abductief redeneren (van belang bij ontwerpen en probleem oplossen)
- (Voedsel) bereiden, (lichaams)verzorging, construeren, controleren, bediening van gereedschap en machines (leefwereldpraktijken en praktijken in ambachtelijke beroepen)
- Natuurbeleving, milieubewustzijn, gezond leven, ethisch redeneren, meningen onderbouwen met feiten en bronnen, omgaan met onzekerheid ('burgerschapspraktijken')

Koppeling tussen kennis en vaardigheden is belangrijk. In elke context spelen begrippen, feitenkennis, en eerdere ervaringen een sleutelrol. Een goede experimentator in de microbiologie kan in een cyclotron niet veel beginnen. Een kleermaker is geen fietsenmaker. Het gaat er dus altijd om een koppeling te maken tussen begrippen, context, en vaardigheden, zodat

de leerling zowel vaardiger wordt als kennis verwerft en leert toepassen. Het is aan het nieuwe curriculum om een didactische structuur voor het onderwijs te ontwerpen waarin kennis en vaardigheden in samenhang ontwikkeld worden, en waarin efficiënt met de beschikbare hoeveelheid onderwijstijd wordt omgegaan. Daarin zal zowel gebruik moeten worden gemaakt van onderzoekend en ontwerpend leren als van directe instructie en van 'opzoekend leren'. De gemaakte keuzes moeten exemplarisch zijn voor het hele domein.

Burgerschap

De materiële wereld is een rijke context voor burgerschapsontwikkeling. In de eerste plaats is de materiële wereld een bron van ervaringen die iedereen nodig heeft om in deze maatschappij te kunnen functioneren. We willen allemaal veilig zijn, te eten hebben, warm blijven: de basale menselijke functies zijn lichamelijk en materieel. Hoe beter we de wereld begrijpen, hoe beter we aan onze primaire behoeften kunnen voldoen. Maar de praktijken in het leergebied zijn nooit waardenvrij. Oplossingen voor technische problemen hebben een kostprijs, en vaak zijn er 'trade-offs': ongewenste neveneffecten die alleen tegen een hogere prijs voorkomen kunnen worden. Ook wetenschappelijke theorieën hebben grondslagen en uitgangspunten waarover te discussiëren valt. Als dit gesprek over de 'nature of science and technology' goed gevoerd wordt, dan profiteert de maatschappij daarvan. Het vormt ook een aanknopingspunt om jongeren te leren om te gaan met verschillen in visie. Samenwerken, keuzes maken en beargumenteren, evaluatiecriteria vaststellen en nagaan of doelen bereikt zijn: het zijn vaardigheden waar een burger in een democratische rechtstaat over moet beschikken en die in de context van Mens en Natuur (inclusief Techniek) ontwikkeld kunnen (en misschien wel moeten) worden. Dit leergebied kan zichzelf daarom aanbieden aan de andere ontwikkelteams voor bouwstenen van een nieuw curriculum, om burgerschapsontwikkeling in samenhang te benaderen.

Onderwijs in en met de materiële wereld kan bijdragen aan gemeenschapsvorming. De bijdrage van Mens en Natuur (inclusief Techniek) aan burgerschapsontwikkeling kan ook betekenen dat dit onderwijs meer dan nu het geval is 'uit de klas' en uit de papieren werkelijkheid van de schoolboeken komt, en samenwerking zoekt met de omgeving. Op fietsafstand van elke school is water te vinden, verkeer, landbouw, constructiewerkzaamheden, professionele keukens, gezondheidszorg, communicatietechnologie. Gebruik van dergelijke contexten is goed voor leerprocessen, omdat een authentieke context het bestuderen van concepten en praktijken betekenisvoller en motiverender maakt (Bennett, 2005). Het is goed voor het ontwikkelen van relaties en gemeenschapszin tussen school en kinderen enerzijds, en

ouders en bedrijvigheid anderzijds. Kinderen hebben doorgaans een slecht beeld van de beroepswereld. Door bètatechnische beroepssituaties te gebruiken als startpunten voor de ontwikkeling van een curriculum kan deze oriëntatie op de wereld sterk verbeterd worden. Dit vergroot de kansen van kinderen die van huis niet veel in aanraking komen met bètatechnische praktijken of niet gestimuleerd worden. Het is een kans voor meisjes om vrouwelijke rolmodellen in de bètatechniek tegen te komen.

Passend onderwijs. Juist doordat de praktijken in en met de materiële wereld zo veelzijdig zijn, leent het leergebied Mens en Natuur (inclusief Techniek) zich ook goed voor ‘passend onderwijs’. Er kunnen accenten gezet worden die aansluiten bij de leerbehoeften en leermogelijkheden van zeer verschillende kinderen. Hoogbegaafden kunnen extra uitdagende problemen voorgeschoteld krijgen; ‘hands-on’ en ‘outdoor’ activiteiten zijn eigenlijk voor alle kinderen fijn, maar zeker voor wie minder cognitief begaafd is, moeite heeft met de taal of met stilzitten; of juist veel talent heeft voor ambachtelijk werken; en zowel een heterogene als een homogene groepssamenstelling kan in de bètatechniek functioneel zijn. Zo kan het leergebied ook bijdragen aan een inclusieve samenleving.

Digitale geletterdheid

Digitale technologie, ‘computational thinking’, programmeren en informatica horen inhoudelijk bij het leergebied Mens en Natuur (inclusief Techniek). De specifieke bijdrage ligt in de mogelijkheid leerlingen de kans te geven zich niet alleen te ontwikkelen tot consumenten van digitale technologie, maar ook tot creatieve gebruikers of zelfs producenten. Smartboards, games en virtual reality zullen in elk leergebied ingezet kunnen worden, maar in dit leergebied wordt ook gemodelleerd, geprogrammeerd, ontworpen en gebouwd met digitale techniek. Door technische problemen aan te reiken die (mede) met behulp van digitale technologie opgelost kunnen worden, kan een betekenisvolle context voor de ontwikkeling van digitale geletterdheid gecreëerd worden.

Vakoverstijgende vaardigheden

Het leergebied Mens en Natuur (inclusief Techniek) kan aan vele vakoverstijgende vaardigheden werken. Met een didactiek van onderzoekend en ontwerpnd leren worden veel natuurwetenschappelijke en technische praktijken bediend. De vaardigheden die hierbij

ontwikkeld kunnen worden zijn in onderzoekend leren vragen stellen, verwachtingen formuleren, een onderzoeksplan opstellen en uitvoeren, conclusies trekken uit resultaten, en presenteren en bediscussiëren van die conclusies. In ontwerpnd leren gaat het om problemen formuleren, een programma van eisen opstellen, oplossingen verbeelden en realiseren, beproeven en verbeteren, en het resultaat presenteren en verantwoorden. Deze vaardigheden worden in de eerste plaats gekoppeld aan het inhoudsgebied. Farmaceuten stellen andere vragen dan geofysici; architecten verbeelden andere oplossingen dan drinkwatertechnologen. Maar binnen dit onderzoekend en ontwerpnd leren is alle ruimte voor de ontwikkeling van vakoverstijgende vaardigheden die niet specifiek zijn voor activiteiten in en met de materiële wereld: samenwerken en de ontwikkeling van sociale vaardigheden en culturele sensitiviteit; zelfregulatie en de ontwikkeling van executieve functies; digitale geletterdheid; kritisch denken; en mondelinge, schriftelijke en multimediale communicatieve vaardigheden.

Beoordelen van vaardigheden is nog problematisch. Curricula en examenprogramma's op alle niveaus (po, vo) benadrukken algemene vaardigheden en denkwijzen zoals observeren/meten, experimenteren en ontwerpen, meningen onderbouwen met feiten en bronnen, specifieke vak redeneringen zoals micro-macro en vorm-functie, en attitudes zoals natuurbeleving. Toetsing van deze onderwijsdoelen is nog te beperkt en inderdaad lastig, maar er zijn goede voorbeelden in de praktijk (Van Keulen & Slot, 2014; Kruit et al., 2017). Toetsing van vakvaardigheden en van vakoverstijgende vaardigheden behoeft speciale aandacht.

Doorlopende leerlijnen

Een doorlopende leerlijn begint bij het jonge kind. Een belangrijke vraag voor doorlopende leerlijnen is, wat het vertrekpunt voor het trekken van de lijnen zal zijn: het eindpunt of het begin? Wie bij het einde begint en dan terug redeneert, bijvoorbeeld bij de eindexameneisen van de vakken natuurkunde, scheikunde of biologie, zal het hieraan voorafgaande onderwijs zien als een voorbereiding op, en toewerken naar de kennis en vaardigheden nodig voor het leveren van deze eindprestatie. De keuze om een populaire basisschoolactiviteit als 'drijven en zinken' in de leerlijn op te nemen ligt dan bijvoorbeeld in de ontwikkeling van het natuurwetenschappelijke concept 'dichtheid', en het uit de weg ruimen van eventuele 'mis'-concepties, opdat leerlingen uiteindelijk complexe vragen in dit deelgebied kunnen beantwoorden. Wie echter vanuit het begin redeneert, beoordeelt de exploraties en verwoordingen van kinderen over drijven en zinken niet vanuit het criterium dat uiteindelijk uitgekomen moet worden bij correcte dichtheidsberekeningen, maar vanuit het criterium dat er

antwoorden of oplossingen komen voor de vragen en problemen van het kind zelf. Deze benadering is meer divergent en kan tot vele verschillende vervolgstappen leiden.

Bèatechnische beroepen en beroepssituaties zijn een inspiratiebron voor leerlijnen.

Inspiratiebron voor thema's kunnen de bèatechnische beroepen zijn. Niet alle, maar wel vele, van deze beroepen zijn herkenbaar voor leerlingen van alle leeftijden, ook bij de kleuters. Denk aan bruggen bouwen, een appelsapfabriek besturen, drinkwater bereiden, spijkerbroeken ontwerpen en fabriceren, de nutsvoorzieningen en technische installaties van de school aanleggen. In deze contexten is het voor het po goed mogelijk lessen te ontwerpen die ook leerdoelen van taal en rekenen meenemen; voor het vo is het goed mogelijk hierin de monodisciplinaire verdieping aan te brengen die voorbereidend is voor hoger onderwijs in natuurkunde, werktuigbouwkunde, voedingsmiddelentechnologie, et cetera. De beroepssituaties moeten dan zodanig gekozen worden dat de belangrijkste vakconcepten en onderliggende kennisstructuren een plaats hebben. De brancheverenigingen in de bèatechnische sector (denk aan TechniekTalent voor het technische midden- en kleinbedrijf of C3 voor de scheikunde) hebben al veel van dit soort beroepssituaties ontsloten via lesbrieven, maar deze worden niet structureel gebruikt omdat er geen plaats is in het vo-curriculum, en geen tijd in het po-curriculum.

Het po heeft een tijdprobleem. De ontwikkeling van een bouwsteen Mens en Natuur (inclusief Techniek) voor zowel po als vo zal rekening moeten houden met de zeer verschillende aandacht die dit leergebied krijgt in het huidige onderwijs. In het po wordt op de meeste scholen weinig onderwijstijd besteed aan wat tot nu toe meestal Natuur & Techniek, of ook wel 'Wetenschap & Technologie' genoemd wordt. Een nieuw curriculum invoeren betekent voor het po niet zozeer vervanging van het bestaande, als wel ruimte maken voor iets nieuws, zonder dat er meer onderwijstijd bijkomt. In de landen van de OESO neemt Nederland de een-na-laatste plaats in wat betreft de hoeveel onderwijstijd in het po die gemoeid is met het domein Natuur & Techniek. De Inspectie van het Onderwijs (Mommers et al, 2016) raamt dit op ongeveer 4%, terwijl het OESO-gemiddelde 10% is. Een doelstelling van Curriculum.nu kan zijn dat de hoeveelheid onderwijstijd voor Mens en Natuur in het po naar 10% gaat. Dit kan in het po alleen bereikt worden door integratie: de Bouwsteen Mens en Natuur moet dan wezenlijk bijdragen aan het bereiken van andere leerdoelen van andere Bouwstenen. Voor het po gaat het dan vooral om leerdoelen uit Nederlands en Rekenen/Wiskunde, want daar ligt de meeste onderwijstijd. Maar ook integratie met kunst en cultuur, mediawijsheid en burgerschap is mogelijk. In veel betekenisvolle contexten die afgeleid worden van relevante beroepssituaties is het mogelijk om aandacht te vragen voor het historische perspectief, of het kunstzinnige, het

ondernemende, het sociale, of het talige aspect.

De leraar/docent

De docent/leraar speelt een sleutelrol. De positie van de leraar/docent gezien vanuit een doorlopend curriculum van po naar een vo dat zowel vmbo als havo/vwo omvat is een belangrijk aandachtspunt. De ontwikkeling van de voor alle leerlingen belangrijke bètatechnische denk- en werkwijzen vraagt om een uitgebreid didactisch repertoire. Er zal een steeds groter beroep worden gedaan op professionele competenties als onderwijs ontwerpen, complexe vaardigheden beoordelen en differentiëren. Daarom moet er meer ruimte geboden worden aan de professionele ontwikkeling van docenten.

Onderwijs is nooit af. De inhoudelijke ontwikkelingen in het domein en in de wereld vragen echter wel om leraren/docenten die deze ontwikkelingen kunnen en willen begrijpen, volgen en vertalen naar hun eigen lespraktijk, en die ook kunnen samenwerken met hun omgeving om doelen te kunnen bereiken die beter buiten het klaslokaal gerealiseerd kunnen worden. Leraren/docenten moeten de blik naar buiten hebben, open staan voor de noden en wensen van de samenleving, zoals de vragen van ouders, vervolgopleidingen en beroepsgroepen. Ze moeten die de samenleving gerust kunnen stellen dat het onderwijs bij hen in veilige, competente en verantwoorde handen is. Als het initiatief niet door de beroepsgroep genomen en behouden wordt, komt de samenleving keer op keer 'met iets nieuws' en zal er geen 'rust in de tent' zijn. Onderwijs is nooit af. De ontwikkeling waar we nu voor staan is er gelukkig niet een van 'slecht' naar 'goed', maar van 'goed' naar 'beter'.

Literatuur

Archer, L., Osborne, J. F., & DeWitt, J. (2012). *Ten science facts and fictions: The Case for Early Education about STEM Careers*. King's College London.

https://kclpure.kcl.ac.uk/portal/files/64130800/10_Facts_and_Fictions.pdf

AVS (2017). Werken met onderzoekend en ontwerpend leren vereist scholing leerkrachten. Opgehaald van de *website van de Algemene Vereniging van Schoolleiders (AVS)*:.

<http://www.avs.nl/artikelen/werkenmetonderzoekendenontwerpendlerenvereistscholingleerkrachten>.

Bennett, J. (2005). *Bringing Science to Life: The Research Evidence on Teaching Science in Context*. Research Paper 2005/12. York: Department of Educational Studies, University of York.

Crombie, A. C. (1994). *Styles of scientific thinking in the European tradition: The history of argument and explanation especially in the mathematical and biomedical sciences and arts*. London: Duckworth.

- DeWitt, J., Archer, L., & Osborne, J. (2014). Science-related Aspirations Across the Primary–Secondary Divide: Evidence from two surveys in England. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1609-1629.
- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., . . . & Eberle, J. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 5, 28-45.
- Graft, M. van, Klein Tank, M., & Beker, T. (2016). *Wetenschap & technologie in het basis- en speciaal onderwijs. Richtinggevend leerplankader bij het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld*. Enschede: SLO.
- Keulen, H. van (2012). *Wetenschap en techniek. IJkpunten voor een domein in ontwikkeling* (tweede druk). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Keulen, H. van, & Slot, E., (2014). *Excellentiebevordering door middel van onderzoekend en ontwerpend leren: Vaardigheden Rubrics Onderzoeken en Ontwerpen (VROO)*. Den Haag: School aan Zet.
- Kruit, P., Oostdam, R., Berg, E. van den, & Schuitema, J. (2017). *Assessing students' ability in performing scientific inquiry: instruments for measuring science skills in primary education*. Paper presented at the ESERA2017 Conference. Dublin, 22 August 2017.
- Meelissen, M.R.M., Netten, A., Drent, M., Punter, R.A., Droop, M., & Verhoeven, L. (2012). *Trends in leerprestaties in Lezen, Rekenen en Natuuronderwijs*. Radboud Universiteit en Universiteit Twente.
- Merriënboer, J.J.G. van, Clark, R.E., & Croock, M.B.M. de (2002). Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39-64.
- Mommers, A. Van Langen, A., Mulder, L., Netten, A., & Lamers, I. (2016). *Peilingsonderzoek Natuur & techniek, rapportage school- en leerlingvragenlijst*. Nijmegen: ITS Radboud Universiteit.
- National Research Council (NRC) (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=13165
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.nextgenscience.org/>
- Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, W., Boerwinkel, D.J., Eijkelhof, H., de Vries, M., van der Hoeven, M. & Kuiper, W. (2014). *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo. Een richtinggevend leerplankader*. Enschede: SLO. <http://natuurentechniek.slo.nl/kennisbasis-onderbouw>
- Saarloos, W. van. (2014). *Maak de 'Research and innovation delta'*: ScienceGuide, 16 september 2014. SLO (2017). <http://curriculumvandetoekomst.slo.nl/21e-eeuwse-vaardigheden>.
- Supovitz, J.A., & Turner, H.M. (2000). The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 963-980.
- Walma van der Molen, J. (2013). *Verwondering en vindingrijkheid als motor voor het leren*. Enschede: Universiteit Twente.