

Onderstaand visiedocument is een conceptversie waar nog volop aan gewerkt wordt. Mede naar aanleiding van de uitslag van de door de NVON uitgezette enquête zal het document aangepast worden. Op 1 december a.s. moet een definitieve versie worden aangeleverd.

## Visie op het domein Mens en Natuur, inclusief Techniek

*Versie 27 oktober 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 die aan de slag gaan met het ontwikkelen van bouwstenen voor een herzien curriculum voor het primair en voortgezet onderwijs.*

### 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, ontwerpen, probleem oplossen, maken, gebruiken, verbeteren en waarderen. Daarmee is de omgang met de materiële wereld een belangrijk context voor de cognitieve ontwikkeling.

**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 een verzameling monodisciplinaire aspecten of perspectieven. Deze perspectieven kunnen zichtbaar worden wanneer de wereld met een bepaalde, disciplinaire focus waargenomen wordt. Het energiebegrip in de biologie wijkt 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.

**Het domein kent vele vakken en vakgebieden, die niet alle goed 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'. 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. 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 al deze aspecten van de materiele wereld een plaats te geven in een curriculum natuur en techniek.

## 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 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 daarom veel vrije ruimte waar elke leraar/docent de aansluiting met de actualiteit kan en moet maken.

**Kennis moet verbonden zijn met de ontwikkeling en het gebruik 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 als om vakspecifieke vaardigheden.

**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 moeten ontwikkelen in 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 vakoverstijgende doelen heeft.

**De materiële wereld is een goede context voor de ontwikkeling van algemene vaardigheden.** Algemene vaardigheden of '21st century skills', 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 interessante verschijnselen, leent zich buitengewoon goed om als drager te functioneren. In het kader van curriculum.nu is het goed denkbaar dat de andere bouwstenen en leergebieden (denk aan Nederlands, Wiskunde, Burgerschap, Kunst 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 realiseert te weinig.** 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. 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 het leren doen van onderzoek. Het probleem is dat we er in de onderwijspraktijk maar weinig van terugzien. De hoeveelheid tijd besteed aan het leergebied is uiterst beperkt (circa 45 minuten per week, volgens de Inspectie van het Onderwijs begin 2017) en volgens onderzoek van TIMSS komt maar 5% van de leerlingen echt in aanraking met onderzoekend en ontwerpnd leren, en leerkrachten hebben weinig professioneel zelfvertrouwen in hun vermogen dit onderwijs te geven.

**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, Technologie (NLT) 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. 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 komt tussen de betavakken.

**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 en havo/vwo.

**De aansluiting bij 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), 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 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 sciencevakken leuk en belangrijk vindt, maar dat slechts 14% overweegt de carrière hierop te richten. "Ik wil toch niet ontploffen", is de hilarische formulering van een ernstige misvatting bij jongeren.

**Beeldvorming over 'bèta' is nog steeds verre van ideaal.** Er is sprake van een vicieuze cirkel in de processen die tot beeldvorming over de materiële wereld en de bètatechnische activiteiten. Op dit moment staat het basisonderwijs nauwelijks in het teken van voorbereiding op bètatechnische beroepen maar is vooral gericht op brede ontwikkeling van talenten. Ontwikkeling van een adequate attitude voor bètatechniek past hier in principe goed bij. 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 onderwijs wordt door jongeren die 'met kinderen willen werken' en voor het basisonderwijs kiezen, niet gewaardeerd: 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.

**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 en onbedoelde negatieve bijeffecten. Ook worden voor- en nadelen niet altijd eerlijk en transparant 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.

**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 en weinig bereikt, 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.

**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 die niet voor een bètatechnisch beroep kiezen op burgerschap. Ze zijn nog onvoldoende voorbereid op hun rol als consument en burger m.b.t. natuur- en techniek gerelateerde maatschappelijke zaken als voeding, gezondheid, milieu en klimaat. Het po schiet vooral tekort wat betreft het inspireren van leerlingen voor natuur-en techniek. 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.** Een spontane manier om kennis te maken met natuur- en techniek op de basisschool is vanuit thema's/context. Later in het voortgezet onderwijs vindt de noodzakelijke verdieping van vakbegrippen plaats. Vanwege zingeving, motivatie, wendbaarheid van vakbegrippen, en vanwege burgerschapsaspecten is het belangrijk ook in het vo om regelmatig in thema's/contexten te werken en heen-en-weer te pendelen tussen contexten en begrippen en onderzoeken en ontwerpen/probleem oplossen.

**'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' (NGSS) 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 gepubliceerd in een omvangrijk document.

**'Practices' zijn belangrijk.** Een nadeel van een lijst met kernconcepten als vertrekpunt is het risico dat het onderwijs zich vooral gaat richten op het overdragen van de betekenis van deze concepten, in plaats van op hun gebruik in betekenisvolle situaties. Kennis wordt immers ontwikkeld in praktijken en ontleent zijn betekenis en bruikbaarheid aan die praktijken. Samenhang moet daarom, in navolging van de NGSS, ook gezocht worden in de verzameling praktijken waarmee mensen denken en handelen in en met de materiële wereld. De NGSS noemt dit 'practices'; andere termen zijn 'denk- en werkwijzen', 'habits of the mind', of 'styles of scientific reasoning'. 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:

- verkennen;
- meten; kwantificeren; logische deductie;
- experimenteren;
- modelleren;
- categoriseren en classificeren;
- stochastisch redeneren;
- representeren (van belang om over het niet-direct waarneembare te communiceren);
- evolutionair redeneren (biologie, neurowetenschappen; psychologie);
- micro-macrodenken;
- ontwerpen (brede praktijk, van planologie tot kledingindustrie);
- vorm-functiedenken en systeendenken (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 concepten en praktijken is belangrijk.** Door een praktijk uit te oefenen worden leerlingen vaardiger. Maar het gaat hier niet om algemene, lege procesvaardigheden. In elke praktijk spelen concepten, feitenkennis, en eerdere ervaringen een sleutelrol. Een goede experimentator in de microbiologie kan in een cyclotron niet veel beginnen. Het gaat er dus altijd om een koppeling te maken tussen inhoud en praktijk, zodat de leerling zowel vaardiger wordt als kennis verwerft en leert toepassen. Omdat kennis helpt om in praktijken vooruit te komen, kan in het onderwijs een passend moment worden gevonden waarop leerlingen open staan voor uitbreiding van hun kennisbasis. 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. 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 de 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 voor jongeren om te leren omgaan 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. 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 beroepenwereld. Door bètatechnische beroepsituaties 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 groepsamenstelling 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 ontwerpend 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 ontwerpend 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 geofysici; architecten verbeelden andere oplossingen dan

drinkwatertechnologen. Maar binnen dit onderzoekend en ontwerpend 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. 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'-concepten, opdat leerlingen uiteindelijk complexe vraagstukken in dit deelgebied correct kunnen oplossen. Wie echter vanuit het begin redeneert, beoordeelt de exploraties en verwoordingen van kinderen over drijven en zinken niet vanuit het criterium dat uiteindelijk dichtheidsberekeningen gedaan moeten kunnen worden (een convergerende strategie), maar vanuit het criterium dat er antwoorden of oplossingen komen voor de vragen en problemen van het kind zelf. Deze benadering is echter meer divergent en kan tot vele vervolgstappen leiden.

### **Bètatechnische beroepen en beroepssituaties zijn een inspiratiebron voor leerlijnen.**

Inspiratiebron voor thema's kunnen de bètatechnische 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 zodanig gekozen worden dat de belangrijkste vakconcepten en onderliggende kennisstructuren een plaats hebben. De brancheverenigingen in de bètatechnische 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 nauwelijks 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 (2017) 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 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. Het is in veel betekenisvolle contexten die afgeleid worden van relevante beroepssituaties 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.

**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'.