

Technologie in de leergebieden

Advies over de positie van Techniek en Technologie in primair en voortgezet onderwijs

Den Haag, 2017

VERSIE 111217

Colofon

Gerald van Dijk

Marja van Graft

Jasper 't Hart

Lou Slangen

Jeroen Sijbers

Marc de Vries (voorzitter)

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Voorwoord	4
1. Wat is techniek en technologie?	7
2. Inhouden en leerlijnen.....	12
3. Positionering	16
4. Overwegingen voor de toekomst	22
Bronnen	24
Bijlagen	
Bijlage 1 Werkwijze en samenstelling van de Verkenningcommissie Techniek & Technologie	25
Bijlage 2 Voorbeelduitwerking van een leerlijn technologie	27

Voorwoord

Voor u ligt de verkenning naar techniek en technologie in het primair onderwijs (po) en voortgezet onderwijs (vo). De verkenning is uitgevoerd door een onafhankelijke verkenningcommissie die heeft gewerkt in opdracht van de Coördinatiegroep van Curriculum.nu¹. De commissie is ondersteund door SLO. Deze verkenning is opgesteld door een kerngroep en ter becommentariëring voorgelegd aan een brede klankbordgroep, bestaande uit diverse actoren uit zowel het onderwijs- als het werkveld en aan vertegenwoordigers van leerlingen.

Achtergrond

Techniek en technologie spelen een grote rol in de moderne samenleving. In het dagelijks leven gebruiken we technologie bijvoorbeeld om ons huis te verwarmen, voedsel te bereiden, te communiceren met anderen, ons te verplaatsen en gezond te blijven. Ook op de werkvloer wordt veel technologie gebruikt. Zonder energievoorziening, communicatietechnologie en medische technologie zou de samenleving er heel anders uitzien. In de moderne samenleving is kennis van en over techniek en technologie van belang voor elke burger. Denk hierbij aan bij het aanschaffen, gebruiken en ontwerpen van producten, maar ook om mee te kunnen praten en beslissen over technische ontwikkelingen die grote gevolgen kunnen hebben voor de toekomst, zoals voor het klimaat, het milieu, de gezondheid en de beschikbaarheid van grondstoffen, voedsel en energie. Onze kenniseconomie heeft behoefte aan deskundige mensen om technologie te ontwikkelen, toe te passen en te onderhouden. Nederland is toonaangevend op het gebied van innovatie en technologie en wil dit ook in de toekomst blijven. Daarom is het belangrijk aan leerlingen de juiste bagage mee te geven.

Aanleiding

In november 2014 gaf staatssecretaris Sander Dekker het startschot voor een maatschappelijke dialoog over de toekomst van het curriculum. Hij lanceerde het Platform Onderwijs2032 dat onder leiding van Paul Schnabel vorm gaf aan deze nationale dialoog. Dit leidde op 23 januari 2016 tot het eindadvies 'Ons onderwijs2032' over toekomstgericht onderwijs (Platform Onderwijs 2032, 2016). In de verdiepingsfase die volgde werd dit advies beproefd en getoetst aan de praktijk van het huidige onderwijs. Na deze verdiepingsfase hebben verschillende landelijke partijen (Onderwijscoöperatie, PO-raad, VO-raad, AVS, LAKS en Ouders & Onderwijs) de handen ineen geslagen en een gezamenlijke aanpak voor een curriculumherziening opgesteld. De leraar vervult in deze herziening een sleutelpositie. De aanpak is tijdens landelijke ronde tafelgesprekken van de Tweede kamer op 13 en 19 april 2017 besproken met vakverenigingen², wetenschappers en leraren. In deze gesprekken en in het algemeen overleg in de Tweede Kamer is helder geworden dat de Tweede Kamer hecht aan een duidelijke plek in het curriculum met doelen binnen het vakgebied van techniek en technologie. De Kamerbrief van OCW³ die hierop volgde gaf aan dat in kaart zou worden gebracht hoe de ontwikkeling van de vakinhoud van techniek en technologie het beste kon worden geborgd binnen het leergebied Mens en Natuur. In de periode die volgde is

¹ Zie <https://curriculum.nu/>, verkregen op 30 november 2017.

² Zie het position-paper sectie techniek van NVON op https://www.tweedekamer.nl/debat_en_vergadering/commissievergaderingen/details?id=2017A00728, verkregen op 21 november 2017.

³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2017/07/07/kamerbrief-over-vervolg-curriculumherziening-primair-en-voortgezet-onderwijs>, verkregen op 21 november 2017.

echter duidelijk geworden dat het vakgebied techniek en technologie integraal aandacht verdient. Verschillende partijen uit het bedrijfsleven waaronder bijvoorbeeld VNO-NCW, de Koninklijke Metaalunie en Bouwend Nederland geven in een brief aan mee te willen denken over een integrale aanpak⁴. Na gesprekken tussen de Coördinatiegroep van Curriculum.nu en de Nederlandse Vereniging voor Natuurwetenschap in het Onderwijs (NVON), en met politieke steun, is besloten een verkenning uit te voeren naar de mogelijkheden omtrent het toekomstige curriculum op het vlak van techniek en technologie. Er bestaat een breed draagvlak om meer lijn aan te brengen in de onderwijsactiviteiten die op dit vlak ontplooid worden. Denk aan de ontwikkeling van wetenschap & technologie (W&T) in het primair onderwijs, die is ingezet met als doel dat alle basisscholen in 2020 W&T aanbieden (TechniekPact⁵). Er is duidelijk een noodzaak om de doelen inzichtelijk in kaart te brengen.

De verkenning beperkt zich niet alleen tot het leergebied Mens & Natuur. Het techniek- en technologieonderwijs zal dan ook worden bekeken in relatie tot de verschillende leergebieden.

Voor wie?

De verkenning is primair bedoeld voor de leraren die gaan deelnemen aan de ontwikkelteams voor de verschillende leergebieden. Figuur 1 toont de leergebieden zoals deze worden gehanteerd binnen Curriculum.nu. Deze verkenning heeft tot doel deze leraren te inspireren en adviseren als het gaat om doelen voor techniek- en technologieonderwijs. Het biedt handvatten en aanknopingspunten om de verschillende ontwikkelteams zicht te geven op de diverse mogelijkheden die techniek en technologie kunnen bieden. De verkenning is nadrukkelijk bedoeld voor alle ontwikkelteams. De verdere borging van de opbrengsten van deze verkenning vindt dan ook idealiter plaats binnen alle ontwikkelteams. We geven in dit stuk geen afbakening of domeinbeschrijving van techniek en technologie. Dat zal gebeuren in de volgende fase waarin de ontwikkelteams aan de slag gaan.



Figuur 1. Leergebieden binnen Curriculum.nu

⁴ <http://www.techniekpact.nl/jetnet-en-partners-schrijven-brief-aan-informateur-over-herziening-curriculum>, verkregen op 28 november 2017.

⁵ <http://www.techniekpact.nl/doelen>, verkregen op 28 november 2017.

Opdracht voor de verkenning

De opdracht voor de verkenningscommissie bestaat uit drie onderdelen.

1. Formuleer als verkenningsgroep een werkdefinitie van techniek en technologie die als vertrekpunt geldt voor de verkenning. Houd daarbij rekening met specifieke eisen van de verschillende onderwijssectoren. Geef aandacht aan samenhang zowel verticaal in leerlijnen (van po naar vo) als horizontaal over verschillende onderwijssectoren (van algemeen vormend naar beroepsperspectieven). Dit onderdeel is beschreven in hoofdstuk 1.

2. Verken vanuit deze werkdefinitie:

- welke inhoud (kennis en inzicht, vaardigheden en houding) van techniek en technologie aan de orde zouden moeten komen;
- bij welke leergebieden deze inhoud van techniek en/of technologie aan de orde zou kunnen komen. Het betreft hierbij alle leergebieden;
- hoe techniek en/of technologie binnen het curriculum kunnen worden benaderd. Schets hierin scenario's waarin techniek en technologie als apart vak, als onderdeel van (een) vak(ken), leergebieden of thematisch tot uiting kan komen. Geef bij de verschillende mogelijkheden aan hoe praktische, technische vaardigheden tot uiting kunnen komen (Motie Bruins c.s.⁶). Deze onderdelen worden beschreven in hoofdstuk 2 en 3.

3. Benoem verdere randvoorwaarden die van belang kunnen zijn om de onder 2 genoemde scenario's binnen een schoolcurriculum te kunnen implementeren. Dit onderdeel wordt beschreven in hoofdstuk 4.

De werkwijze en de samenstelling van de verkenningscommissie, bestaande uit een kern- en klankbordgroep, zijn beschreven in bijlage 1.

⁶ Kamerstukken Vergaderjaar 2015/16, 31 293 nr. 287.

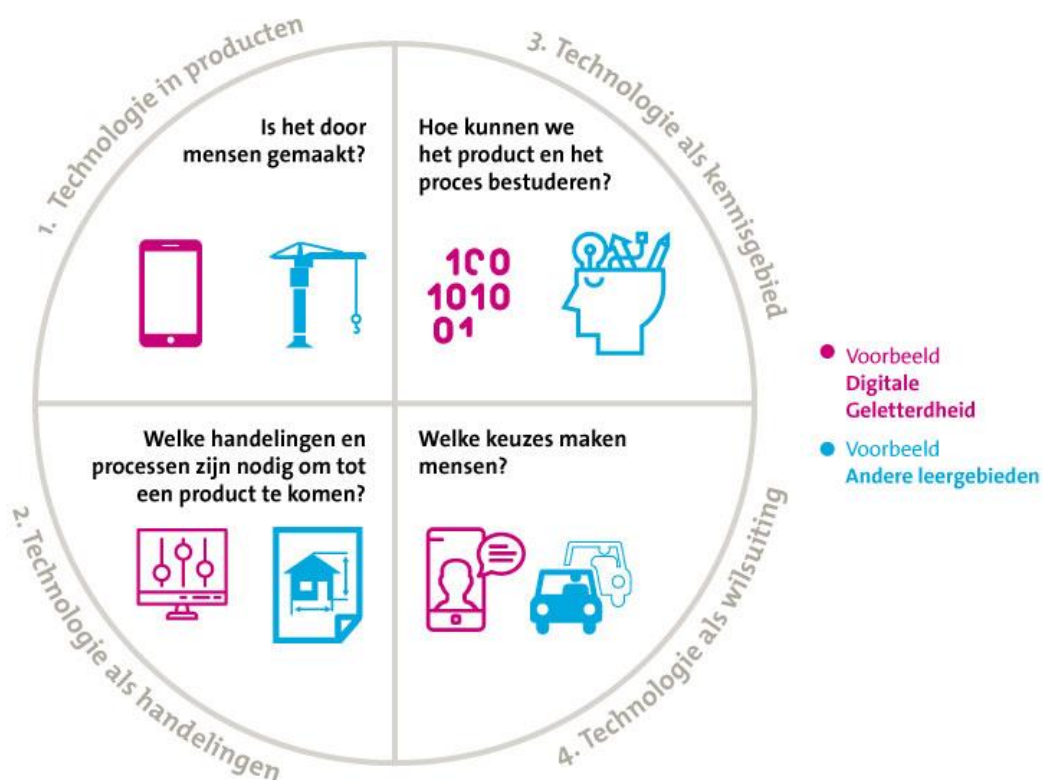
1. Wat is techniek en technologie?

In dit eerste hoofdstuk beschrijven we wat het domein 'techniek' of 'technologie' inhoudt. De termen 'techniek' en 'technologie' worden vaak door elkaar gebruikt. Een zinvol onderscheid zou zijn om 'techniek' te gebruiken voor de praktijk van het bedenken en realiseren van hulpmiddelen die de mens gebruikt en 'technologie' voor de kennis over techniek (net zoals biologie kennis over het leven is). Een ander woord voor 'technologie' zou 'techniekkunde' kunnen zijn (net zoals natuurkunde de kennis van natuurlijke verschijnselen is). Als het gaat om de inhoud van het domein, gebruiken we vanaf nu het woord 'technologie', omdat in het spraakgebruik de term 'techniek' al snel een ambachtelijke associatie oproept. De term 'technologie' wordt meestal breder opgevat.

Een integraal beeld van technologie is beschreven door Mitcham. Hij maakt onderscheid tussen vier verschillende perspectieven op technologie (Mitcham, 1994). Figuur 2 laat deze verschillende gezichtspunten zien.

1. Technologie als verzameling producten

Technologie als de enorme verzameling van door mensen gemaakte dingen om ons heen. Dit perspectief sluit direct aan bij het beeld dat leerlingen van technologie hebben. Al die dingen zijn in te delen in een aantal maatschappelijke contexten waarin ze functioneren en die overeenkomen met verschillende beroepsopleidingen:



Figuur 2. Perspectieven op technologie

- informatie- en communicatietechnologie (computers, internet, mobiele telefoons, maar ook boeken en bladen);

- medische technologieën (ziekenhuizen met apparatuur, maar ook de stethoscoop van de huisarts, medicijnen);
- bio- en landbouwtechnologieën (van bierbrouwerij tot biologische farm);
- bouw- en constructietechnologieën (wegen, bruggen, gebouwen);
- transporttechnologieën (trein, auto, vliegtuig, maar ook de hele infrastructuur daaromheen);
- productietechnologieën (zowel chemische productie als de productie van allerlei goederen voor huishoudens, sportbeoefening en andere hobby's);
- natuurwetenschap (van deeltjesversneller tot pipet).

Relatie met de leergebieden

Omdat al die producten om ons heen een enorme impact op ons leven hebben, geeft deze invalshoek een duidelijke link met Mens & Maatschappij. Zo is bijvoorbeeld de manier waarop we met elkaar communiceren ingrijpend veranderd door de opkomst van de mobiele telefoons. Met Mens & Natuur is ook een relatie vanwege de technologieën die in de natuurwetenschap gebruikt worden. Informatie- en communicatie technologieën in het genoemde lijstje van contexten vormen een belangrijke link naar Digitale geletterdheid. Ook in Bewegen & Sport wordt voortdurend gebruik gemaakt van producten. Expliciete aandacht voor de rol daarvan is voor dit leergebied daarom onontbeerlijk voor een goed begrip ervan.

2. Technologie als handelingen

In deze manier van kijken wordt technologie gezien als verzameling handelingen en processen. Technologische handelingen en processen zijn in drie soorten in te delen:

- handelingen in het ontwerpproces (opstellen van een programma van eisen, bedenken van oplossingen, schetsen en tekenen). Belangrijke vaardigheden zijn hier: waarnemen, verbeelden, conceptualiseren en analyseren;
- handelingen die met produceren te maken hebben (in te delen in drie soorten: handmatige bewerkingen, machinale bewerkingen en geautomatiseerde bewerkingen). Ook onderhouden en repareren kunnen daartoe gerekend worden;
- handelingen die met gebruik en beoordeling van technologie te maken hebben.

Deze invalshoek geeft zicht op de vaardigheden die in verschillende vormen van onderwijs vooral geleerd worden:

- in po, in havo en vwo, en ook in het vmbo zou een breed palet aan vaardigheden geleerd kunnen worden als oriëntatie en algemene vorming;
- in universitaire ingenieursopleidingen gaat het vooral om ontwerpvaardigheden;
- in hogere beroepsopleidingen gaat het eveneens om ontwerpen, maar vaak in combinatie met meer praktische vaardigheden (maken/produceren);
- in middelbare beroepsopleidingen vinden we meestal een mix van leren produceren en gebruiken;
- in het voorbereidend beroepsonderwijs gaat het meestal om vaardigheden en produceren.

Er zijn drie typen maatschappelijke rollen waarop het onderwijs leerlingen voorbereidt:

- mensen die technologie ontwikkelen en maken (in technische beroepen);
- mensen die in hun beroep veel gebruik maken van technologie (bijvoorbeeld in de gezondheidszorg);
- consumenten die buiten hun beroep technologie gebruiken.

De mate waarin ontwerp-, productie- en gebruiksvaardigheden in het onderwijs geleerd moeten worden, verschilt voor deze drie rollen. De verschuiving van accent tussen deze onderwijstypen kan vertaald worden in leerlijnen, die een leerling in de loop van zijn totale school- en opleidingsperiode doorloopt. Een verdere uitwerking vindt plaats in hoofdstuk 2.

Relatie met de leergebieden

Ontwerpen speelt ook een belangrijke rol in Kunst & Cultuur (daar vinden we vaak dezelfde vaardigheden als hierboven genoemd). Architectuur en industrieel ontwerpen zijn voorbeelden van grensgebieden.

Bij ontwerpen wordt vaak een beroep gedaan op rekenen en wiskunde. Er is dus een duidelijke link met het overeenkomstige leergebied. Ook speelt communicatie door middel van taal een grote rol in ontwerpen. Dat geldt voor de communicatie tussen ontwerpers, maar ook voor de communicatie naar de gebruiker (denk aan gebruiksaanwijzingen). Onderwijs over technologie draagt bij aan taalontwikkeling; dat kan zowel de moedertaal zijn als een vreemde taal.

Een relatie tot Digitale geletterdheid wordt gevormd door de toenemende rol van digitale technologieën in al deze processen en handelingen. De eerste geprinte brug voor autoverkeer is in de maak en deze is digitaal ontworpen en wordt middels digitale technologieën vervaardigd. Daarnaast hebben alle handelingen ook betrekking op (het ontwerpen, maken en gebruiken van) digitale technologieën.

3. Technologie als kennisgebied

Anders gezegd: technologie is iets dat je kunt leren en studeren. Natuurwetenschappen dragen bij aan de technische kennisbasis, maar er is ook technische kennis die niet uit natuurwetenschappen voortkomt.

Kernbegrippen in de technologie zijn (Rossouw, Hacker & De Vries, 2011):

- artefact (product), systeem, functie, structuur, werking;
- materialen, energie, informatie;
- model, optimalisatie, simulatie, abstractie, idealisering.

Naar zijn aard is technologie een kennisdomein waarin verschillende disciplines samen komen (kennis van natuurwetenschappen, kennis van de psychologie van de gebruiker, van kosten, van wetgeving, enzovoorts), maar er is ook technologische kennis 'op zichzelf' (bijvoorbeeld kennis van de werking van producten).

Relatie met de leergebieden

Deze invalshoek geeft verbindingen met Mens & Natuur (de natuurwetenschappelijke kennis die in de technologie gebruikt wordt) en Digitale geletterdheid (de technologische basisbegrippen zijn ook van toepassing op digitale technologieën en hun gebruik). Daarnaast ligt het binnen het leergebied Mens & Natuur voor de hand om te reflecteren op het verschil tussen technologische kennis en natuurwetenschappelijke kennis:

- de natuurwetenschappen beschrijven alleen de werkelijkheid zoals die is; technologie gaat over de werkelijkheid zoals we die willen maken. Het verschil is bijvoorbeeld te zien in het gebruik van het begrip 'functie'. In de biologie betekent 'functie van het hart' dat wat het hart doet (bloed rondpompen); in de technologie betekent 'de functie van een auto' dat wat ik wil dat hij kan (mij van A naar B brengen);

- natuurwetenschappelijke kennis wordt gerechtvaardigd op basis van overeenstemming van die kennis met waarnemingen; in de technologie kan ze ook gerechtvaardigd worden door bruikbaarheid (de klassieke mechanica is ook voor een brug niet 'waar'), maar wel bruikbaar, veel beter dan kwantummechanica en afspraken (bijvoorbeeld normen voor hoe sterk een brug moet zijn);
- natuurwetenschappelijke kennis wordt uitgedrukt in woorden, formules, maar ook in grafische representaties. In de technologie wordt ze vaker uitgedrukt in tekeningen en is ze voor een deel 'knowing-how' (niet goed expliciteerbare kennis over hoe je iets doet, bijvoorbeeld een spijker recht in een plank slaan);
- in natuurwetenschappen kan oorzaak-gevolg redeneren ('als ik dit voorwerp boven de grond loslaat, zal het gaan vallen') worden opgevat als een 'paraplu' voor specifiekere vormen van redeneren, zoals evolutionair denken of systeemdenken, terwijl in de technologie doel-middel redeneren een belangrijke positie inneemt ('als dit moet rollen, moet ik het rond maken'). Bij technologie ligt er een intentie ten grondslag aan het denken, bij natuurwetenschappen ontbreekt deze intentie en wordt het denken gestuurd door het verklaren van de waarneming.

Een mooi voorbeeld van de relatie tussen natuur en technologie is 'biomimetica' of 'bionica', het gebruik van de natuur als inspiratiebron voor ontwerpen.

Ook bij Digitale geletterdheid worden het doel-middel redeneren en probleemoplossend vermogen van de leerlingen aangesproken. Bovenstaande kennisbegrippen kennen bovendien een directe relatie met Digitale geletterdheid. Denk bijvoorbeeld aan het bouwen van een app. Een app is een artefact, moet passen binnen een systeem en het heeft een duidelijke functie. Daarnaast zijn sommige apps simulaties van de werkelijkheid.

4. Technologie als wilsuiting van mensen

Deze manier van kijken beschouwt technologie als iets dat door menselijke keuzen en beslissingen bepaald wordt, zowel in de ontwikkeling als in het gebruik. Technologie zit de mens als het ware in de genen (we zijn naast een 'homo ludens' ook een 'homo technologicus'). Daarom wordt technologie door menselijke eigenschappen bepaald (waarden, doelen). Technologie is geen natuurverschijnsel maar wordt helemaal bepaald door mensen, zowel individuen als samenlevingen en culturen. Omgekeerd worden mensen, individueel en collectief, beïnvloed door de technologie die ze zelf hebben voortgebracht. Technologie heeft te maken met menselijke waarden. Dat kunnen morele waarden zijn, maar ook waarden die met milieu, menswaardigheid, schoonheid of geld te maken hebben (ecologische, antropologische, esthetische of economische waarden).

Menselijke keuzen in technologische ontwikkelingen vinden plaats op verschillende niveaus: dat van het individu (bijvoorbeeld een gebruiker die voor zichzelf beslist welk type mobiele telefoon zij gaat aanschaffen), de groep (een gezin dat afspraken maakt over internetgebruik thuis), de organisatie (een bedrijf dat een strategie ontwikkelt voor de ontwikkeling van nieuwe producten) en de politiek (de samenleving die via de politiek keuzen maakt ten aanzien van een nieuwe ontwikkeling als synthetische biologie). Het is van groot belang dat leerlingen gaan inzien dat technologie een proces van voortdurend maken van keuzen is en dat er daarom niets vanzelfsprekends of noodzakelijks aan technologische ontwikkelingen is. Morele overwegingen spelen bij die keuzen meer of minder expliciet ook een rol.

Relatie met de leergebieden

Omdat de aanwezigheid van technologie ons nieuwe morele vragen stelt (wat is netjes en wat niet in wat je van iemand anders op Facebook zet?) geeft deze invalshoek een duidelijke relatie met Burgerschap. Ook zijn er duidelijke aanknopingspunten met Kunst & Cultuur en Mens & Maatschappij. Menselijke waarden bepalen wat we

mooi of lelijk vinden, maar ook wat we maatschappelijk aanvaardbaar of onaanvaardbaar vinden. Op grond van die waarden worden keuzen gemaakt. Onder het leergebied Digitale geletterdheid vallen onder andere ook Informatievaardigheden en Mediawijsheid. Beide zijn noodzakelijk als je technologie beschouwt als iets dat door menselijke eigenschappen wordt bepaald. Het raakvlak met Digitale geletterd gaat echter nog veel verder. Technologie ontsluit een nieuwe wereld van vergaande digitalisering. Bijvoorbeeld, het hebben van een collectief geheugen is technisch mogelijk, maar zal ethisch verkend moeten worden. Het ontstaan van gemixte realiteit (Virtual Reality) staat in de kinderschoenen, maar zal zeker worden doorontwikkeld. Technologie is in staat deze toepassingen van digitale geletterdheid mogelijk te maken en andersom zal ook digitale geletterdheid technologie steeds verder doen evolueren.

Samenvattend kunnen we stellen dat hoewel technologie wordt 'ondergebracht' bij het leergebied Mens & Natuur (zie Voorwoord) laten de voorbeelden hierboven zien dat ook de andere leergebieden relevant zijn om inhoud te geven aan en context te leveren voor technologie. Dat betekent dat ook aan de ontwikkelteams van andere leergebieden dan Mens & Natuur wordt gevraagd om te verkennen hoe zij binnen hun leergebied technologie een plek kunnen geven.

2. Inhouden en leerlijnen

Probleemanalyse huidige situatie

Vanaf groep 1 in het po tot en met de hoogste klassen van het vo maken inhouden van technologie deel uit van het curriculum. In groep 1 spelen kinderen bijvoorbeeld met blokken en ander constructiemateriaal, waardoor ze eigenschappen van materialen en eenvoudige verbindingen leren kennen, leren benoemen en gebruiken. Ook raken ze dan al op school vertrouwd met het gebruik van apparaten, bijvoorbeeld als ze in hun spel het gebruik van keukenapparatuur simuleren. Inhouden voor technologie zijn voor het po globaal beschreven als onderdeel van 'Oriëntatie op jezelf en de wereld'. In de onderbouw van het vo wordt technologie soms nog als apart vak aangeboden, maar vaak ook geïntegreerd in een leergebied. De inhouden zijn duidelijk beschreven in de kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw (Ottevanger et al., 2014). Er zijn echter aanwijzingen dat deze inhouden in de lespraktijk nauwelijks aan bod komen (Folmer, Koopmans-van Noorel, & Kuiper, 2017). In de hoogste klassen van het vo is het beeld zeer divers. In de beroepsgerichte profielen van het vmbo ('Produceren, Installeren en Energie', 'Media, Vormgeving en ICT', 'Bouwen, Wonen en Interieur', 'Maritiem en Techniek' of 'Mobiliteit en Transport') wordt sterk de nadruk gelegd op inhouden die bij de betreffende beroepen horen, terwijl in het profiel 'Dienstverlening en Producten' technologie een breder karakter heeft. Voor deze profielen zijn de inhouden duidelijk beschreven. Verder komen aspecten van technologie voor in vakken zoals beeldende vorming en de natuurwetenschappelijke vakken. In de bovenbouw van de gemengde en theoretische leerweg van het vmbo staat technologie op veel scholen niet duidelijk op het programma, maar sommige inhouden komen wel voor in andere vakken. Zo wordt *ontwerpen* genoemd in het examenprogramma van zowel natuurkunde (NaSk1) als scheikunde (NaSk2) en in het nieuwe vak 'Technologie en Toepassing'. In de bovenbouw van het havo/vwo komt technologie voor in de natuurwetenschappelijke vakken, in het vak Natuur, Leven en Technologie (NLT) en in het vak 'Onderzoeken en Ontwerpen'. Verder komen in het gehele po en vo varianten van technologieonderwijs voor onder de noemer 'Maker Education'. Het gaat daarbij om een speelse benadering met veel vrijheid voor leerlingen om met 'low tech' middelen en met ICT aansprekende producten te maken.

De verkenningcommissie constateert dat er zeer grote verschillen bestaan in de mate van detaillering waarop de doelen of inhouden zijn beschreven. In officiële curriculumdocumenten, zoals de kerndoelen po en onderbouw vo en de eindtermen bovenbouw vo, zijn de inhouden globaal beschreven. De beroepsprofielen van de bovenbouw vmbo kennen een gedetailleerde uitwerking. Voor de onderbouw vo zijn de kerndoelen gedetailleerd uitgewerkt in de kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo (Ottevanger et al., 2014). Daarin is bijvoorbeeld beschreven welke inhouden voor technologie aan bod zouden kunnen komen. Voor po zijn er geen gedetailleerde uitwerkingen gemaakt. Door de verschillen in de mate van uitwerking in de verschillende onderwijssectoren wordt het realiseren van een doorlopende leerlijn bemoeilijkt.

Een uitgebreidere analyse van de huidige positie van technologie binnen het Nederlandse curriculum is te vinden in de curriculumspiegel die recentelijk is uitgebracht door de SLO (Folmer et al., 2017).

Uitgangspunten

Het voorstel in dit hoofdstuk beoogt een bijdrage te leveren aan de oplossing voor de hierboven geschetste problemen. De eerste stap is het omzetten van de zienswijzen uit hoofdstuk 1 in leerlijnen die door leerlingen in de loop van hun schoolloopbaan doorlopen worden. Daarbij heeft de commissie de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Het 'wat' van het leren (inhoudsgebieden en toepassingsgebieden) wordt geclusterd op een wijze die recht doet aan het unieke karakter van technologie en die zich leent voor nadere detaillering. De specifieke inhouden worden niet door de commissie nader beschreven. De commissie vindt een al te grote mate van detaillering niet verenigbaar met de gewenste vrijheidsgraden binnen het vakgebied, de diversiteit aan schooltypen en de verschillende faciliteiten binnen individuele scholen.
- Technologie dient een plaats te hebben in het curriculum voor alle leerlingen vanaf groep 1 po t/m de examenjaren vo.
- Het beoogd curriculum voor technologie is gericht op doorstroming en beroepsvoorbereiding (zowel technische als niet-technische beroepen), persoonsvorming en burgerschap. De doorstroming betreft van po naar vo en de beroepsvoorbereiding richting mbo, hbo en universiteit.
- De te ontwikkelen leerlijnen beschrijven de leerinhouden op een gedetailleerd niveau. Er worden dus niet alleen generieke processen zoals ontwerpen, onderzoeken en samenwerken geëxpliciteerd, maar ook concepten en vaardigheden. Deze keuze is gemaakt om scholen en uitgeverijen voldoende houvast te geven bij het implementeren van het curriculum, om leerlingen voldoende uitdaging te geven en om naar het vervolgonderwijs voldoende duidelijkheid te geven over de kennis en vaardigheden die van leerlingen mogen worden verwacht.
- Er is sprake van doorlopende leerlijnen, waarin de verbinding tussen bestaande curriculumdocumenten voor po en vo wordt gerealiseerd. In deze leerlijnen is voortdurend sprake van een ontwikkeling in het denken van leerlingen van concreet naar abstract en van een cumulatie van begrippen en vaardigheden. De commissie tekent hierbij aan dat het opstellen van leerlijnen voor technologie buitengewoon complex is en dat een detaillering zoals die voor taal en rekenen is gerealiseerd (de referentiekaders) niet binnen een tijdsbestek van enkele maanden haalbaar is.

Inhouden en toepassingsgebieden

Om meer zicht te krijgen op de inhouden gebruiken we de vier perspectieven van Mitcham (1994) uit hoofdstuk 1. Omdat het perspectief 'Technologie als verzameling producten' in een onderwijscontext alleen betekenisvol gestalte kan krijgen in combinatie met het perspectief 'Technologie als handelingen' voegen we die twee perspectieven samen en komen we zo tot drie categorieën als uitgangspunt voor leerlijnen. Deze categorieën worden ook toegepast binnen het nationale curriculum van Nieuw Zeeland waar technologie als een apart leergebied is gedefinieerd (Ministry of Education New Zealand, 2014).

Tabel 1. *Categorieën voor leerlijnen (gebaseerd op de perspectieven uit Hoofdstuk 1)*

Categorie	Perspectieven	Betekenis van de categorie
Participeren in praktijken	Technologie als product en als handeling (perspectieven 1 en 2)	Technisch kunnen handelen en omgaan met technologische processen in praktijksituaties, in het dagelijks leven en in technische en niet-technische beroepspraktijken.
Technologische kennis en vaardigheden, creativiteit	Technologie als kennisgebied (perspectief 3)	Technologische begrippen, theorieën en procedures kunnen gebruiken; vaardig zijn in het omgaan met materialen, gereedschappen, apparaten en machines, creatief zijn bij het ontwerpen en het oplossen van problemen.

		Redeneringen kunnen formuleren zoals dat in de technologie gebruikelijk is (doel-middel).
De aard van technologie	Technologie als wilsuiting van mensen (perspectief 4)	Kunnen verwoorden hoe technologie door mensen wordt bepaald en welke waarden daarbij in het spel zijn. Kunnen beschrijven hoe technologie zich heeft ontwikkeld.

De commissie acht elk van de drie categorieën relevant op alle onderwijsniveaus. Uiteraard zijn er wel verschillen in de balans tussen de drie categorieën voor verschillende onderwijsniveaus. In het po wordt een breed palet aangeboden en wordt er georiënteerd op 'participeren in technische beroepspraktijken' en 'de aard van technologie'. Een voorbeeld: kinderen leren in groep 7 al dat robots niks doen zonder input van mensen en dat algoritmes en procedures door de programmeur worden bepaald en ingevoerd.

In de onderbouw vo en in de bovenbouw havo/vwo wordt deze lijn doorgezet, met meer nadruk op de oriëntatie op technische beroeps- en ontwerppraktijken. In de technische profielen van vmbo komt het participeren in technische beroepspraktijken en de daarbij benodigde kennis en vaardigheden nog sterker aan de orde. In de bovenbouw vmbo gt en havo/vwo zou er sprake moeten zijn van een evenwichtige verdeling tussen de drie categorieën uit tabel 1. Hierbij denken we nadrukkelijk ook aan vakken als Informatica, Technologie en Toepassing en Onderzoeken en Ontwerpen.

Wat bedoelen we met leerlijnen?

Voordat we de leerlijnen beschrijven, noemen we enkele vormen van progressie die in het bijzonder voor technologie belangrijk zijn.

1. Van eenvoudig naar complex. Dit is zowel van toepassing op producten als op kennis en processen. Een voorbeeld is: van producten die maar uit één onderdeel bestaan naar producten die uit meerdere onderdelen bestaan.
2. Van concreet naar abstract. De stap van de concrete beschrijving van een product naar een beschrijving in systeemtermen is daar een voorbeeld van.
3. Cumulatief. Een voorbeeld daarvan is een steeds grotere verscheidenheid aan materialen kunnen bewerken.
4. Cognitieve niveaus, zoals die van Marzano & Kendall (2007) en Anderson & Krathwohl (2001). Bijvoorbeeld van analyseren naar evalueren en creëren.

Al deze typen progressie geven mogelijkheden om leerlingen te laten groeien in technologische kennis, vaardigheden en attitudes. In bijlage 2 is een mogelijke uitwerking gegeven. Daarin zijn de verschillende typen progressie gemakkelijk te herkennen. De commissie kiest er bewust niet voor om te beschrijven op welke producten de leerlijnen moeten worden toegepast. De praktijken waarin leerlingen participeren verschillen immers lokaal. In het basisonderwijs gaat het er om dat kinderen hun eigen omgeving leren duiden, ook in technologisch opzicht. Die omgeving ziet er voor een school in een plattelandsomgeving totaal anders uit dan voor een school in een sterk verstedelijkt gebied. Ook de aanwezigheid van rivieren, hoogteverschillen in het landschap, lokale bedrijven kunnen rechtvaardigen dat leerlingen in de ene school iets anders ontwerpen of maken dan in een andere school. Naarmate ze verder in de leerlijn komen, zullen ook praktijken die minder nabij zijn geduid en voorzien worden. Wanneer in het curriculum al deze keuzen worden dichtgetimmerd worden kansen gemist om het onderwijs voor kinderen en leerlingen relevant te maken. Het vraagt uiteraard van leraren een goed inzicht in de aard van de begrippen en vaardigheden die geleerd moeten worden, zodat zij die op een correcte manier aan

de orde laten komen in voor hun leerlingen relevante contexten. Aan het eind van elke leerlijn zal een volledig spectrum aan contexten (zoals geschetst bij perspectief 1 van de inhoudsbeschrijving in hoofdstuk 1) aan de orde geweest zijn.

Voorbeeldleerlijn die aansluit bij de omgeving Rotterdam

In de onderbouw van de basisschool geeft de leraar een les over boten. Ze vertelt een verhaal over een havenwerker die betrokken is bij het overladen van goederen uit de enorme tankers die in Rotterdam binnenkomen. Wat een wonder dat zo'n enorm gevaarte blijft drijven! Zouden wij ook een veel kleinere boot kunnen maken die blijft drijven? Kinderen gaan onder begeleiding van de leraar van papier, karton en aluminiumfoliebootjes maken en in een teil laten varen. Hoeveel gewicht kan er eigenlijk mee in die boot? Zo ontwikkelen leerlingen intuïtieve noties van de begrippen zinken en drijven en de variabelen vorm en gewicht, naast noties over de eisen aan materiaal⁷. In de bovenbouw po komt nog een les over boten, maar nu gaan de leerlingen systematischer onderzoeken welke eigenschappen van de boot het gedrag (zinken of drijven) bepalen.

In de onderbouw van het voortgezet onderwijs gaan leerlingen daarbij de begrippen soortgelijke massa en hoeveelheid verdriven water gebruiken en kunnen ze op grond daarvan verklaren waarom de ene boot zinkt en de andere blijft drijven.

In de bovenbouw van havo en vwo kunnen ze ook berekenen welke eigenschappen de boot moet hebben om te blijven drijven. Tenslotte leren ze hoe met sensoren en computersystemen de overslag in de haven is geregeld. In deze reeks gaat het van heel concreet (de boot die in het water ligt) naar steeds abstracter (de eigenschappen van de boot eerst in termen van zichtbare eigenschappen en vervolgens naar een abstracter niveau met getallen).

De concrete invulling van leerlijnen is tevens afhankelijk van de keuze van leerlingen voor een bepaald profiel en het vakkenpakket daarin. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk voor leerlingen in het profiel vmbo 'Dienstverlening en Producten'⁸ te kiezen voor het vak robotica, waarbij het denken in termen van technologische systemen aan de orde kan komen. Ook in havo/vwo bestaat aanzienlijke vrijheid binnen de profielen. Het is onwenselijk om die keuzemogelijkheden voor leerlingen te beperken.

De uitwerking in leerlijnen in bijlage 2 is op dit moment onvolledig en zal verder uitgewerkt moeten worden in een vervoltraject. De tabel heeft slechts tot doel om de leerlijnen te illustreren. Voor elk van de vier perspectieven van Micham (1994) is een uitwerking op hoofdlijnen gemaakt in drie niveaus, die een globale indicatie geven van de leeftijden waarop een niveau kan worden behaald: niveau 1 (~ 4-8 jaar), niveau 2 (~ 9-14 jaar) en niveau 3 (~ 15-18 jaar). Niveau 3 is op twee manieren uitgewerkt: algemeen vormend en beroepsgericht.

⁷ Voor voorbeeldlesmateriaal zie: <http://downloads.slo.nl/Documenten/DrijvenEnZinken-gr34-LOOLoverdruk%2802-2016%29.pdf>, verkregen op 28 november 2017.

⁸ Zie: <https://nieuwvmbo.nl/bovenbouw/profielen/dienstverlening-en-producten/>, verkregen op 28 november 2017.

3. Positionering

In de opdracht aan de verkenningscommissie wordt de vraag voorgelegd of 'techniek en technologie' moeten worden geïmplementeerd als apart vak, als onderdeel van een vak (en welke dan?), binnen een leergebied, of thematisch. Ook wordt de vraag gesteld in hoeverre praktische vaardigheden tot uiting moeten komen. In gesprekken tussen de Coördinatiegroep en de NVON, en met politieke steun kwam naar voren dat 'techniek en technologie' zijn plek kan vinden binnen het leergebied Mens & Natuur, maar ook in andere leergebieden. Dat betekent voor de verschillende ontwikkelteams dat zij op zoek zullen moeten gaan naar mogelijkheden voor het leggen van dwarsverbanden.

Motieven voor integratie

Het gegeven dat 'technologie' in de gedefinieerde leergebieden van Curriculum.nu een plek dient te krijgen impliceert al een mate van integratie. De commissie onderschrijft de opvatting dat 'technologie' in een onderwijscurriculum vooral vanuit een integratieve benadering een plek moet krijgen. Leerlingen leven immers in een technologische en complexe samenleving die ze niet in de vorm van disciplines maar als een geïntegreerd geheel ervaren (Beane, 1995; Drake, 2000). Om daarin succesvol te kunnen participeren heeft men kennis en vaardigheden nodig die disciplines doorsnijden en overstijgen. De disciplines in basis- en voortgezet onderwijs zijn afgeleid vanuit een historisch academische indeling. Voor de commissie is het uitgangspunt dat leren en ontwikkeling ook 'technologie' vanuit een meer holistische benadering moet starten.

Gresnigt, Taconis, Van Keulen, Gravemeijer, & Baartman (2014) hebben een review studie gedaan naar integratie van wetenschap en technologie in curricula (van het po). Ze noemen verschillende motieven om te integreren zoals:

- de overladenheid van het onderwijsprogramma noodzaakt tot verbinden van vakken;
- leraren en leerlingen vinden onderwijs in een vak aantrekkelijker wanneer het vanuit een thematische benadering wordt aangepakt;
- een aanpak waarbij tijd gedeeld wordt met onderwerpen uit andere vakken verhoogt de beschikbare tijd voor beide vakken;
- er zijn indicaties dat integratie de leerresultaten verbetert.

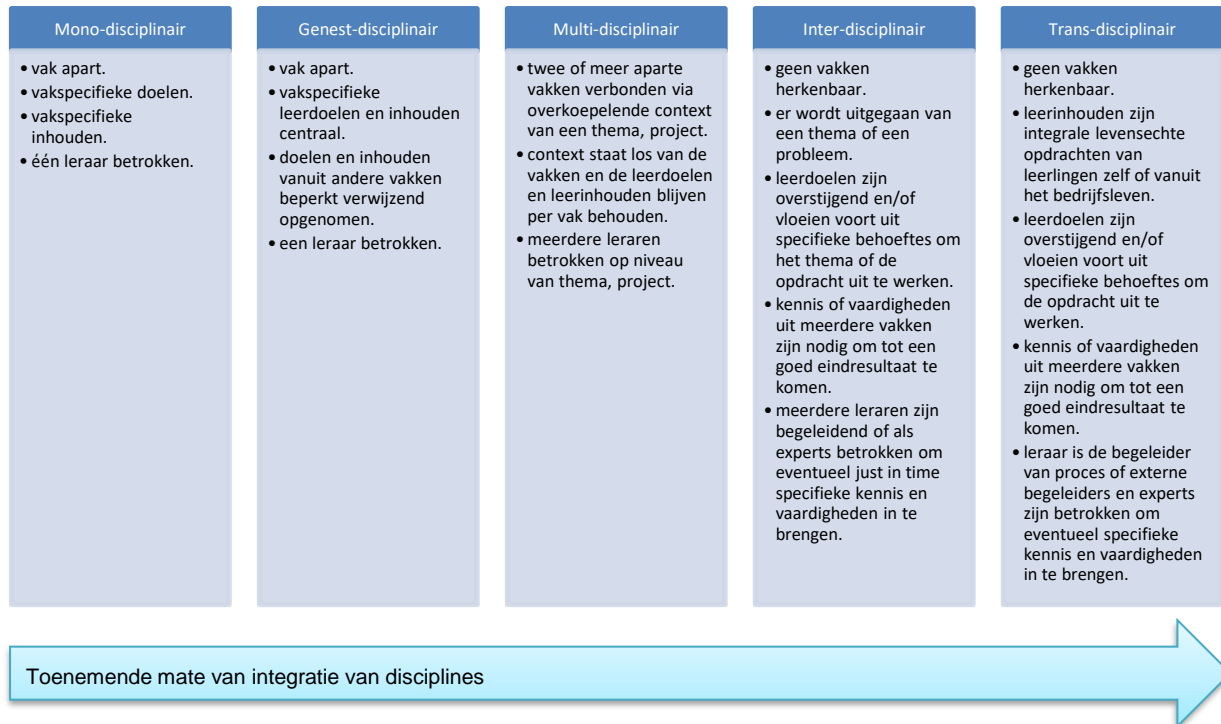
Andere motieven die genoemd worden zijn (Beane, 1995; Drake, 2000; SLO, 2017a):

- minder dubbelen van vaardigheden en concepten in verschillende gebieden;
- relevantie verhoging voor de leerling; het grote plaatje tonen i.p.v. gefragmenteerde deelaspecten aanpakken;
- overstijgende vaardigheden voor de 21^e eeuw ontwikkelen.

Wat bedoelen we met integratie?

'Geïntegreerd curriculum' is een containerbegrip en kan volgens Gresnigt et al. (2014) van alles omvatten. Daarom hebben zij een model ontwikkeld dat kan helpen bij het maken van onderbouwde beslissingen over het of en hoe ontwikkelen van geïntegreerde curriculumdelen. Het model beschrijft zes vormen met een toenemende mate van integratie. Het start bij de afzonderlijke vakken en werkt toe naar een vorm van integratie waarin geen vakken meer herkenbaar zijn.

Voor het realiseren van de opdracht van de ontwikkelteams is het model van Gresnigt et al. (2014) als denkrichting geschikt, maar is de specifieke uitwerking in verschillende stappen, naar complexiteit en onderbouwing, te gedetailleerd. Er is daarom gekozen voor een vereenvoudigd werkmodel dat voor de ontwikkelteams praktisch hanteerbaar en herkenbaar is. Het werkmodel bestaat uit vijf duidelijk te onderscheiden vormen namelijk: mono-disciplinair, genest-disciplinair, multi-disciplinair, inter-disciplinair en trans-disciplinair (zie figuur 3).



Figuur 3. Vormen van integratie naar intensiteit van integratie

Het model impliceert een toenemende complexiteit. Naarmate de integratie intenser is vraagt het operationaliseren van het concrete onderwijs steeds meer om afstemming, betrokkenheid van leraren, flexibiliteit in organisatie, meningsvorming over leerdoelen en lesinhouden, enz. Het model zou kunnen doen vermoeden dat een vorm met een intensere integratie beter is dan een minder uitvoerige integratie. Dit is niet de bedoeling en ook niet aangetoond. Het is aan de leraar om te bepalen welke *vorm van integratie* op welk moment in welke situatie het meest geschikt is om het leren maximaal te faciliteren. De commissie gaat er wel vanuit dat de meest vergaande vormen van integratie (inter-disciplinair en trans-disciplinair) het dichtste aanliggen tegen de werkelijkheid van de leerlingen en daarom preferent zijn als startpunt voor het leren. Dit wordt ondersteund door enkele leerlingen die feedback hebben gegeven op de conceptnotitie. Tegelijkertijd zijn er legitieme didactische redenen om andere vormen in te zetten. De commissie is daarmee ook voorstander van het bewust kiezen en pendelen tussen diverse vormen van integratie.

Vorm 1 van het werkmodel betreft het *mono-disciplinair* aanbieden van onderwijs. Een vak wordt aangeboden zonder in te spelen of rekening te houden met wat in andere vakken gebeurt. Er wordt gewerkt vanuit een eigen conceptueel kader. Er wordt toegewerkt naar vakspecifieke leerdoelen (kennis en vaardigheden) aan de hand van een bijpassend onderwijsprogramma. Hoewel deze vorm door voorstanders van integratie vaak als onwenselijk wordt gezien hoeft het op de juiste momenten nastreven van leerdoelen wat betreft specifieke kennis en vaardigheden niet negatief te zijn. Er kunnen goede redenen zijn om bepaalde leerdoelen apart aan te bieden, soms mono-disciplinair en soms focuserend binnen een van de andere vormen van integratie. In de te

ontwikkelen leerlijnen kan via leerdoelen en onderwijsinhouden worden vastgelegd welke doelen het best geheel of deels mono-disciplinair aangeboden worden.

Vorm 2 wordt in het werkmodel aangeduid als *genest-disciplinair*. Bij deze vorm van integratie is er sprake van een specifiek vak waarbinnen ook leerdoelen en onderwijsinhouden uit andere vakken aan de orde komen. Zo kan een leraar de leerlingen bewust maken van het geleerde bij andere vakken. Ook kunnen de leerdoelen van andere vak(ken) (deels) opgenomen worden in het centrale vak. De doelen van het hoofdvak staan nog altijd centraal. Ook kan het geleerde uit een ander vak toegepast worden.

Vorm 3 in het werkmodel wordt aangeduid als *multi-disciplinair*. Hierbij zijn twee of bij voorkeur meer vakken gekoppeld door middel van een thema, probleem of project. In deze situatie zijn de vakken gelijkwaardig geïntegreerd en behouden zij eigen leerdoelen en leerinhouden. De leerinhouden staan wel in de context van het gemeenschappelijk thema. Er is een overkoepelende context die los staat van de vakken. Er is nog geen synergie waardoor de vakken van elkaars aanwezigheid profiteren.

Vorm 4 in het werkmodel wordt *inter-disciplinair* genoemd. Hierbij wordt ook uitgegaan van een thema of een probleem. De identiteit van de afzonderlijk vakken is in deze integratievorm niet meer zichtbaar en wordt ook niet als zodanig benoemd. Bij het werken aan het project of probleem hebben de leerlingen wel kennis of vaardigheden uit meerdere vakken nodig om tot een goed eindresultaat te komen. De leerdoelen zijn algemener, overkoepelend en vakoverstijgend geformuleerd.

Vorm 5 in het werkmodel wordt *trans-disciplinair* genoemd. Ook hier zijn de leerdoelen overkoepelend en vakoverstijgend. Het verschil met inter-disciplinair onderwijs ligt vooral in de aard en bron van de opdrachten en problemen waar de leerlingen aan werken. Deze worden rechtstreeks door de leerlingen zelf vanuit hun eigen belevingswereld aangedragen of worden aangeboden via levensechte opdrachten vanuit het bedrijfsleven of hoger onderwijs. De leerlingen worden uitgenodigd een integraal probleem op te lossen.

De verschillende vormen van integratie maken mogelijk dat meerdere vakken samenwerken. Binnen de intensere vormen van integratie kan het dus soms noodzakelijk zijn te focussen op specifieke kennisonderdelen en vaardigheden die nodig zijn om een probleem, vraag, opdracht goed aan te pakken. Dit wordt niet gezien als een mono-disciplinaire benadering binnen een andere vorm maar als een wijze van 'just in time' gefocusseerd onderwijs. Ter illustratie van de verschillende vormen van integratie beschrijven we hieronder exemplarisch, maar willekeurig, van elke vorm een voorbeeldscenario.

Voorbeeldscenario van Vorm 1: Mono-disciplinair

Iedere week staat een uur Mens & Natuur op het programma van **vmbo-1**. De leerlingen werken binnen dit leergebied vooral met een techniek leerboek. Vandaag gaat het over eigenschappen van materialen zoals buigsterkte, stijfheid, elasticiteit enz. De leraar techniek die ook in de bovenbouw BWI werkt, geeft de leerlingen de opdracht om de tekst te lezen en de invuloefening in het werkboek te maken. De leerlingen lezen de tekst en maken in het werkboek een reproductie invuloefening. Op de vraag van een leerling 'waarom breken sommige materialen wel en andere niet' volgt een antwoord dat het te maken heeft met moleculen die elkaar meer of minder aantrekken. De natuurkundeleraar zal dat nog wel preciezer uitleggen. De leraar vult hierbij aan dat het in de techniekles bij het ontwerpen van een brug vooral gaat om deze kennis van de eigenschappen toe te passen zodat een sterke brug wordt gemaakt.

Dit scenario kenmerkt zich als **mono-disciplinair**. Het vak techniek wordt gegeven zonder verbindingen met andere vakken te benutten. Er wordt vanuit gegaan dat de natuurkundeleraar leerdoelen m.b.t. moleculen het beste kan aanleren en dat in de techniekles het vooral gaat over toepassing van deze inzichten in het technisch ontwerpen.

Voorbeeldscenario van Vorm 2: Genest-disciplinair

De leraar **havo-3** Mens & Maatschappij werkt aan het kerndoel dat gericht is op 'leerlingen laten leren over de verdeling van welvaart en armoede over de wereld, de scholier leert de betekenis daarvan te zien voor de bevolking en het milieu, en relaties te leggen met het (eigen) leven in Nederland'. In dit kader gaat de leraar gebruik maken van een doel uit het techniekonderwijs, namelijk dat 'leerlingen bepaalde normen t.a.v. veiligheid, milieu en arbeidsomstandigheden kunnen benoemen en daarmee een gegeven situatie kunnen beoordelen'. Hij laat leerlingen eerst benoemen wat ze vanuit het vak techniek nog weten over veiligheid, milieu en arbeidsomstandigheden. In een discussie trachten de leerlingen overeenstemming te bereiken over relevante begrippen en definities en maken daarbij gebruik van informatievaardigheden. Vervolgens wordt op zoek gegaan naar artikelen hierover en gaan de leerlingen plekken op de wereld identificeren waar de omstandigheden slecht, voldoende of goed zijn. Deze gegevens worden vergeleken met Nederland.

Dit scenario kenmerkt zich als **genest-disciplinair** en laat zien dat doelen en leerinhouden uit verschillende vakken bruikbaar in verband met elkaar kunnen staan. Wanneer een leraar zich bewust is welke doelen in andere domeinen aan de orde komen kan hier beter gebruik van worden gemaakt. Volgens de verkenningscommissie is het genest-disciplinair werken in alle sectoren van het onderwijs haalbaar wanneer duidelijk is welke leerdoelen in het curriculum op welke plek aan de orde zijn.

Voorbeeldscenario van Vorm 3: Multi-disciplinair

In het kader van team teaching organiseren de leraren van **havo-4** meerdere malen per jaar onderwijs in de vorm van gemeenschappelijke themadagen. De leraren bereiden leerdoelen uit hun eigen vak voor maar passen die in binnen de context van het thema. De afgelopen maand was het thema snel gevonden: de dag zou in het teken staan van orkaan Irma en de verwoesting op St. Maarten. In een vergadering werd afgesproken welke vakken betrokken zouden zijn. In de aardrijkskundeles wordt het ontstaan van orkanen in het kader van doelen rond weer en klimaat aan de orde gesteld. Er wordt een relatie gelegd met het vak Nederlands. De leerlingen lezen over de verwoesting van het eiland St. Maarten. Ze analyseren de teksten over de hulpverlening. Ze benoemen in de tekst welke alinea's informatief en welke alinea's argumentatief van karakter zijn. In de wiskundeles worden algoritmes bedacht om te kunnen bepalen wanneer de orkaan op welke punt is. In de techniekles worden beschermende oplossingen bedacht en ontworpen om beter voorbereid te zijn op toekomstige orkanen. Er wordt onderzoek gedaan naar windvaste constructies die toepasbaar zijn voor de wederopbouw. In de les maatschappijleer gaan de leerlingen op zoek naar de bestuurlijke relatie tussen St. Maarten en Nederland en ze onderzoeken waarom dit van invloed is op de noodhulp.

Dit scenario kenmerkt zich als **multi-disciplinair**. Binnen een thema zijn allerlei vakken actief en leraren werken leerdoelen uit binnen het thema. Volgens de verkenningscommissie is werken in thema's in alle sectoren toepasbaar maar het vraagt om flexibiliteit, zowel binnen het onderwijsprogramma als bij leraren.

Voorbeeldscenario van Vorm 4 Inter-disciplinair

Iedere maand is er een projectmiddag en de leerlingen horen de dag vooraf de opdracht. Deze keer staat op het rooster van **groep 8** de opdracht 'Ontwerp en maak in tweetallen een snelle boot. Meet enkele malen de tijd die jullie boot nodig heeft om in de waterbak een afstand van twee meter af te leggen. Geef de resultaten op een overzichtelijke manier weer in seconden, minuten en uren. Overleg hoe jullie de boot sneller kunnen maken en voer dat uit. Beschrijf jullie verbeteringen en laat door middel van een berekening zien hoeveel jullie boot sneller is geworden.' De leraar heeft een kist gevuld met materialen en gereedschappen. De tweede kist is leeg: 'Neem allemaal iets van thuis mee dat je voor de opdracht wilt gebruiken. Het moet wel in deze kist passen.' De dag erna gaan ze voortvarend aan de slag: ze redeneren over hoe de boot het beste blijft drijven, niet kantelt, snel kan varen, hoe ze de snelheid kunnen berekenen en weergeven en hoe ze een de hoofdzaak kernachtig kunnen noteren. Vakoverstijgende vaardigheidsdoelen waar in deze context aan gewerkt wordt zijn samenwerking, probleemoplossend denken, creatief denken en handelen enz.

Dit scenario kenmerkt zich als **inter-disciplinair**. De vakken zijn op het niveau van doelen functioneel met elkaar verbonden. We zien in het curriculum van het primair onderwijs dat er een sterke neiging is om techniekonderwijs meer integraal (multidisciplinair en interdisciplinair) te benaderen (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2016). Techniek is via de kerndoelen (44 en 45) opgenomen bij het domein Natuur en Techniek van het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld (Ministerie OCW, 2006) en verbindingen met biologie, natuurkunde, aardrijkskunde en geschiedenis zijn gemakkelijk te maken. Het po werkt vooral met groepsleraren, waardoor leerdoelen uit meerdere disciplines makkelijker kunnen worden verbonden. In de praktijk blijkt dat voor veel leraren niet eenvoudig te realiseren.

Voorbeeldscenario van Vorm 5: Trans-disciplinair

In het **vmbo-3** wil men leerlingen van de richting BWI inspireren en motiveren door te werken met levensechte opdrachten vanuit het bedrijfsleven. In samenwerking met een bedrijf worden de leerlingen uitgenodigd om de elektrotechnische installaties voor een aantal verschillende huizen te ontwerpen. Het ontwerp moet aangeleverd worden in een tekening aangevuld met een lijst van benodigde materialen en een globale calculatie. De leerlingen gaan naar het bedrijf waar ze een presentatie krijgen van de huizen en de specifieke klantwensen. Terug op de opleiding gaan de leerlingen met coaching van de leraar techniek al samenwerkend in groepen aan de slag met een van de huizen. Iedere groep werkt aan een ander type huis. Voor vragen bij problemen of nadere informatie kunnen ze een expert van het bedrijf per email raadplegen. De leerlingen bedenken de vereiste voorzieningen en maken de bijpassende tekening, de materialenlijst en kostencalculatie. Verschillende malen gaan ze naar het bedrijf toe om hun ideeën te toetsen, af te stemmen met de klantwensen en om geïnformeerd te worden over de allerlaatste inzichten en materialen op het gebied van elektrotechniek. Ook kunnen ze bedachte oplossingen en ideeën met betrekking tot installatie testen. Bij specifieke vragen rond teken- en calculatiesoftware krijgen ze nadere instructie van een expert uit het bedrijf of van een leraar met deze expertise. Als de leerlingen het concept klaar hebben, wordt het naar het bedrijf gemaild waar iedere groep ook het ontwerp presenteert. De medewerkers van het bedrijf beluisteren de voorstellen en samen wordt besproken in hoeverre het ontwerp voldoet aan de klantwensen.

Dit scenario kenmerkt zich als **trans-disciplinair**. Allerlei vakken zijn op het niveau van doelen functioneel met elkaar verbonden en als vak niet herkenbaar. Het samenwerken met bedrijfsleven maakt het leren voor leerlingen meer relevant. De leerlingen nemen de opdracht serieus. Ze leren ook specifieke vaardigheden en inzichten, zoals omgaan met tijdschema's, klantgerichtheid, creatieve oplossingen bedenken, presenteren en overtuigen, aanpassen van eigen werk, calculeren en anticiperen. De opdracht wordt daarmee niet alleen serieus genomen door de leerlingen, maar ze ervaren ook hoe de dynamiek in een bedrijf er aan toe gaat.

De verkenningscommissie onderschrijft de opvatting dat leerlingen in hun dagelijkse werkelijkheid overal technologie tegenkomen en dat zij hun wereld niet percipiëren als een optelsom van afzonderlijke vakken waarvan 'technologie' er een zou zijn. De verkenningscommissie vindt de keuze om technologie te integreren met

de leergebieden daarom ook vanzelfsprekend. De commissie gaat er wel vanuit dat er verschillende vormen van integratie zijn die meer of minder geschikt zijn om leerdoelen uit een leerlijn te bereiken en adviseert daarom het volgende:

1. het leren van en over technologie zoveel mogelijk te laten starten vanuit een trans-disciplinaire of inter-disciplinaire benadering waarbij overstijgende doelen centraal staan;
2. toe te werken naar het veel inzetten van op technologie gericht thema- en projectonderwijs dat kenmerken multi-disciplinariteit heeft;
3. mono-disciplinair en genest-disciplinair onderwijs alleen toe te passen wanneer de nagestreefde leerdoelen alleen vanuit een dergelijke focus het beste te bereiken zijn;
4. doelen uit technologie onderwijs bewust in te zetten binnen andere leergebieden en vakken.

Volgens de verkenningscommissie is het mogelijk in iedere sector van het onderwijs de diverse vormen van integratie te realiseren. Maar iedere sector zal zich daarbij ook gesteld zien voor de vraag welke kansen integratie biedt en welke specifieke vraagstukken binnen de eigen organisatie opgelost moeten worden om dit mogelijk te maken.

4. Overwegingen voor de toekomst

In dit laatste hoofdstuk doet de verkenningscommissie enkele aanbevelingen met betrekking tot het verdere traject en overige randvoorwaarden die ons inziens belangrijk zijn om in dit kader genoemd te hebben. De commissie heeft bewust gekozen voor een benadering waarin geen specifieke inhoudelijke details worden benoemd en er voor de leraar ruimte is voor verdere invulling van zijn/haar curriculum. Dit sluit aan bij een integrale aanpak, maar vraagt veel van leraren en scholen. Er zijn daarom een aantal randvoorwaarden die we belangrijk achten voor een succesvolle verdere implementatie.

Professionalisering

Voor de realisering van een nieuw curriculum is een gedegen professionalisering nodig. Leraren hebben voor de realisering van goed onderwijs expertise nodig voor het omzetten van de algemene richtlijnen naar concrete lesinhouden en deze expertise is niet vanzelfsprekend aanwezig. Dit heeft gevolgen voor de scholing en professionalisering van zittende leraren alsook voor de lerarenopleidingen waarin de toekomstige leraren opgeleid worden. Voor de (post-)initiële opleidingen betekent dat vaak een aanpassing in het curriculum. Daarnaast adviseren we te investeren in de technische en natuurwetenschappelijke expertise van leraren. In het huidige onderwijs zien we situaties waarin begeleiding zich beperkt tot het controleren van het al dan niet hebben doorlopen van bepaalde stappen in het proces van onderzoeken dan wel ontwerpen.

Didactische benadering

Het curriculum is niet los te zien van een didactische benadering. Een veel genoemde en passende benadering is het onderzoekend en ontwerpnd leren. Deze benadering geeft ruimte voor creativiteit, ondernemingszin, kritisch denken en samenwerken maar ook voor het vormgeven van authentieke leersituaties en opdrachten. Onderzoeken en ontwerpen horen bij technologie en maken het leuk met deze thematiek bezig te zijn. Het ontwerpen van levensechte vraagstukken maakt 'het waarom' voor leerlingen inzichtelijk en het laat hen zien hoe relevant technologie is in de maatschappij van nu. Door leerlingen te betrekken bij de invulling van het curriculum kan het nog meer betekenis voor hen krijgen. Ook kan het bijdragen aan maatwerk en gepersonaliseerd leren.

Betrekken van partijen buiten de klas

Scholen staan niet alleen bij het geven van hun onderwijs, ze maken onderdeel uit van een maatschappij waarin diverse ontwikkelingen gaande zijn. Het is van belang om over de muren van de school heen te kijken en de samenwerking en verbinding met de wereld om het onderwijs heen op te zoeken (bedrijfsleven, ouders en andere relevante partners, hobby's van leerlingen). Dit kan al vanaf het basisonderwijs. Het betrekken van de wereld buiten het onderwijs verrijkt de lesstof met actuele en relevante contexten en kan inzichtelijk maken hoe kennis en vaardigheden in de praktijk worden toegepast. Anders gezegd, de context vanuit 'die buitenwereld' geeft leerlingen en leraren antwoord op de vraag waarom ze bepaalde kennis en vaardigheden moeten leren. Buitenschoolse activiteiten kunnen hieraan bijdragen. Denk aan het bezoeken van science centra en musea. Want, bij de verwondering, begint de zoektocht naar vragen over hoe de wereld in elkaar steekt. Het benutten van wetenschapsmusea en ontdekplekken, bedrijfsbezoeken en -opdrachten verrijken de inhoud van de lessen op

school⁹. Het is belangrijk dat bezoeken en gastlessen niet op zichzelf staan. Door het lesaanbod op school hierop aan te sluiten kunnen deze activiteiten een effectieve bijdrage leveren aan het leerproces van leerlingen.

Borging

Technologie zal binnen alle leergebieden en alle ontwikkelteams geborgd moeten worden om participatie in de maatschappij, onderhoud van technologie en innovatie te kunnen waarborgen. In het bijzonder noemen we hier digitale geletterdheid: technologie en digitale geletterdheid zijn één op één met elkaar verbonden. Digitale geletterdheid is een van de concretisering van technologische geletterdheid. Er zijn ook concretisering waarbij digitalisering niet centraal staat, bijvoorbeeld synthetische biologie of het kweken van kunstvlees. Digitale technologieën zijn wel dé belangrijkste concretisering van technologieontwikkeling in onze huidige samenleving. Het kader dat we hierboven beschreven is voor het totale 'gebied' technologie kan dus ook dienen als kader voor digitale technologieën, en daarmee richting geven aan de uitwerking van het leergebied Digitale geletterdheid naast de al bestaande kaders voor Digitale geletterdheid (SLO, 2017b).

Tot slot, de verkenningcommissie hecht veel waarde aan een goede overdracht van haar advies naar de ontwikkelteams. Betrokkenheid van de verkenningcommissie zelf is daarbij zeer aan te bevelen. Het instellen van een borgingscommissie waarin verschillende partijen betrokken zijn zou een andere mogelijkheid kunnen zijn.

⁹ Voor voorbeelden zie <https://www.brainport.nl/brainport-scholen>, verkregen op 28 november 2017 en <http://www.vsc-netwerk.nl/>, verkregen op 30 november 2017.

Bronnen

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Beane, J. A. (1995). Curriculum Integration and the Disciplines of Knowledge. *The Phi Delta Kappan*, 76(8), 616-622.

Drake, S. M. (2000). *Integrated curriculum: A chapter of the curriculum handbook*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. Verkregen op 28 november 2017 van <http://www.ascd.org/publications/curriculum-handbook/425/chapters/Overview.aspx>.

Folmer, E., Koopmans-van Noorel, A., & Kuiper, W. (Red.). (2017). *Curriculumspiegel 2017*. Enschede: SLO.

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.

Gresnigt, R., Taconis, R., Keulen, H. van, Gravemeijer, K., & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula. *Studies in Science Education*, 50(1), 47-84.

Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2007). *The New Taxonomy of Educational Objectives*. London: SAGE Publications.

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. (2006). *Kerndoelen Primair Onderwijs*. Den Haag: Ministerie van OCW.

Ministry of Education New Zealand (2014). *The New Zealand curriculum online, Technology*. Verkregen op 21 november 2017 van <http://nzcurriculum.tki.org.nz/The-New-Zealand-Curriculum/Technology/Learning-area-structure>.

Mitcham, C. (1994). *Thinking through Technology*. Chicago: Chicago University Press.

Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, W., Boerwinkel, D. J., Eijkelhof, H., Vries, M. de, Hoeven, M. van der, & Kuiper, W. (2014). *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo. Een richtinggevend leerplankader*. Enschede: SLO.

Platform Onderwijs2032. (2016). *Ons onderwijs2032. Eindadvies*. Den Haag: Platform Onderwijs2032.

Rossouw, A., Hacker, M., & Vries, M. J. de. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education: an international and interdisciplinary Delphi study. *Int. J. Technol. Des. Educ.* 21(4), 409–424.

SLO (2017a). *Curriculum van de toekomst*. Verkregen op 21 oktober 2017 van <http://curriculumvande toekomst.slo.nl>.

SLO (2017b). *Leerlijnen digitale geletterdheid*. Verkregen op 9 november 2017 van <http://curriculumvande toekomst.slo.nl/projecten/lerlijnen-digitale-geletterdheid>

Bijlage 1: Werkwijze en samenstelling van de Verkenningcommissie Techniek & Technologie

De Coördinatiegroep van Curriculum.nu en de NVON hebben t.b.v. de adviesaanvraag over techniek en technologie voor primair en voortgezet onderwijs een verkenningcommissie ingericht. De verkenningcommissie bestaat uit een kerngroep, die het advies heeft geschreven en een brede klankbordgroep die door de kerngroep is geraadpleegd door feedback te geven op het conceptadvies.

Werkwijze van de verkenningcommissie

De kerngroep is vier maal bijeengekomen. Tijdens de eerste bijeenkomst is de inhoud van de adviesaanvraag besproken. Op basis hiervan is een eerste conceptadvies opgesteld. Dit concept is voorgelegd aan de leden van de klankbordgroep en op een bijeenkomst met hen besproken. De feedback van de klankbordgroep is verwerkt in het tweede concept. Op verzoek van de klankbordgroep is ook deze tweede versie aan hen voorgelegd voor schriftelijk commentaar. Met LAKS heeft een apart gesprek plaatsgevonden over het tweede concept. Het concept eindadvies is op 7 december gepresenteerd aan de opdrachtgever. Het definitieve advies is gereedgekomen op 11 december 2017.

Leden van de kerngroep

Marc J. de Vries (voorzitter van de verkenningcommissie) is hoogleraar Science Education en hoogleraar Techniekfilosofie aan de Technische Universiteit Delft. Hij is de hoofdredacteur van het International Journal of Technology & Design Education (Springer) en redacteur van de boekenreeks International Technology Education Studies (Sense/Brill).

Gerald van Dijk is lerarenopleider techniek en onderzoeker binnen het lectoraat 'didactiek van het bèta- en technologieonderwijs' aan de Hogeschool Utrecht. Zijn onderzoek richt zich onder andere op de rol van taal in het bèta-technisch onderwijs en op verbindingen tussen de bèta-technische schoolvakken.

Jasper 't Hart is adviseur onderwijs en kwaliteit bij Openbaar Onderwijs Groningen (primair, voortgezet en speciaal onderwijs). Daarnaast is hij projectleider Digitale geletterdheid en samen met de SLO, Kennisnet, universiteiten en hogescholen ontwikkelt hij doorlopende leerlijnen Digitale geletterdheid voor po/so, vo en vso.

Lou Slangen is hogeschooldocent en associate lector Science & Techniekeducatie Primair Onderwijs bij de Nieuwste Pabo te Sittard. Hij is betrokken bij professionalisering van leraren en adviseur voor regionale STEM-projecten. In de periode 2014-2016 was hij landelijk projectleider van het project Wetenschap en Technologie in de pabo. Hij publiceert hij regelmatig in boeken, vakbladen en wetenschappelijke tijdschriften over diverse W&T en N&T onderwerpen.

Marja van Graft (ondersteuning van de Verkenningcommissie) is werkzaam als leerplanontwikkelaar natuur, wetenschap & technologie bij de afdeling primair en speciaal onderwijs van SLO.

Jeroen Sijbers (ondersteuning van de Verkenningcommissie) is werkzaam als leerplanontwikkelaar scheikunde & NLT bij de afdeling tweede fase voortgezet onderwijs van SLO.

Leden van de klankbordgroep

Rachel Baan	Docent techniek onderbouw voortgezet onderwijs
Louis Bekker	Vertegenwoordiger technisch bedrijfsleven, Siemens
Henry van Bergen	NVvW, Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren
Gène Bertrand	Vertegenwoordiger musea, cube
Carla van den Brandt	Onderwijsadviseur techniek vmbo gt
Marjolein van Breemen	Manager Educatie & Onderzoek, NEMO Science Museum
Huib van Drooge	NVON, Nederlandse Vereniging voor Onderwijs in de Natuurwetenschappen
Warner Dijkhuizen	Vertegenwoordiger sector ICT, IBM
Rinie van Est	Expert technologisch burgerschap
Adriaan de Graaff	Platform Pie
Saskia Havinga	Schoolleider primair onderwijs; voorzitter Stichting Kubusschool
Marcel de Jong	Docent primair onderwijs
Robbert Kluijtmans	Docent ANW & NLT voortgezet onderwijs, coördinator Brainport
Koen Koevoets	Vertegenwoordiger uit creatieve sector
Jente Koopmans	Algemeen bestuurslid LAKS
Peter Kwakernaak	Docent technologie en toepassing, vmbo gt
Michiel Lucassen	Docent Innovatie & Prototyping, vmbo en havo
Roel Martens	Vakdidacticus technisch beroepsonderwijs
Yuri Matteman	Hoofd Educatieve Ontwikkeling / Manager Nature Learning Center, Naturalis
Tim Meijster	Vertegenwoordiger technische sector, SHELL
Henk Mulder	Schoolleider primair onderwijs
Remco Pijpers	Expert digitale geletterdheid, Kennisnet
Elise Quant	Vakdidacticus O&O en NLT voortgezet onderwijs
Micaela dos Ramos	Directeur Koninklijk Instituut Van Ingenieurs, KIVI
Ellen Rohaan	Vakdidacticus techniek primair onderwijs
Ben Sanders	Directeur-bestuurder Stichting Nutsscholen Breda
Sebastiaan Smit	Platform Bètatechniek, JET-NET, bestuurslid Vereniging NLT
Peter Smulders	Vertegenwoordiger technische sector, OTIB
Allard Strijker	Expert digitale geletterdheid, SLO
Sacha Toppel	Vakdidacticus lerarenopleiding techniek
Pim de Vente	Beleidsmedewerker LAKS
Menno de Vree	Docent techniek vmbo bb/kb
Jos Vreeker	Vertegenwoordiger technische sector, ASML
Wilco Zwennis	Netwerkcoach Stichting Technasium

Bijlage 2 Voorbeelduitwerking van een leerlijn technologie

Voorbeelduitwerking vanuit de vier perspectieven van Micham (1994). Daarbij zijn drie niveau's onderscheiden: niveau 1 (~ 4-8 jaar), niveau 2 (~ 9-14 jaar) en niveau 3 (~ 15-18 jaar). Niveau 3 is algemeen vormend en beroepsgericht uitgewerkt.

Perspectief	Onderdeel	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 Algemeen vormend	Niveau 3 Beroepsgericht
Technologie als producten (1)	Ontwerpen van producten	Ontwerpen eenvoudig product voor eigen gebruik	Ontwerpen eenvoudig product voor andere gebruiker	Ontwerpen complex product met verklaring van werking	Ontwerpen complex product voor beroepspraktijk met verklaring van werking
	Maken van producten	Maken eenvoudig product uit gemakkelijk bewerkbare of gevormde materialen	Maken complex product uit verscheidenheid aan materialen en ICT middelen	Maken complex product uit verscheidenheid aan materialen en ICT middelen met diverse verbindingstechnologieën, voor een echte opdrachtgever	Maken complex product voor beroepspraktijk uit verscheidenheid aan materialen en ICT middelen
	Onderzoeken t.b.v. ontwerpen	Effect van kleine verandering in ontwerp op de werking	Effect van veranderingen ontwerp op de werking en explicitering fysische/chemische begrippen	Effect van meerdere veranderingen in ontwerp op de werking	Effect van meerdere veranderingen in ontwerp op de werking
	Onderhouden van producten	Opruimen om onnodige slijtage te voorkomen	Eenvoudig onderhoud aan dagelijkse gebruiksvoorwerpen, inclusief computers	Periodiek standaard onderhoud evalueren	Onderhoud als onderdeel van beroepsuitoefening in specifieke technische branche
	Repareren van producten	Eenvoudige reparatiehandelingen (bijv. iets verlijmen, een moer aandraaien)	Repareren van eenvoudige dagelijkse gebruiksvoorwerpen (bijv. onderdeel fiets)	Repareren van complex product, bijv. een robot (een educatief programmeerbaar model)	Methodieken gebruiken voor vaststellen van de oorzaak van een storing
	Gebruiken van producten	Correct gebruik van eenvoudige producten, waaronder ICT-rijke producten	Correcte keuze en gebruik van producten, waaronder ICT-rijke producten, voor beoogde functie en evaluatie met gegeven criteria	Correcte keuze en gebruik van producten, waaronder ICT-rijke producten, voor beoogde functie en evaluatie met zelfbedachte criteria	Gebruiken van apparatuur voor beroepsuitoefening in specifieke technische branche

Perspectief	Onderdeel	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 Algemeen vormend	Niveau 3 Beroepsgericht
Technologie als handelingen (2)	Ontwerpmethoden	Ontwerpen volgens eenvoudig voorgeschreven proces	Af en toe afwijken van voorgeschreven ontwerpproces	Zelf bepalen van ontwerpmethode, ook voor ontwerpen van een digitaal product zoals een animatie, een audiovisuele productie of een (interactieve) website	Af en toe afwijken van voorgeschreven ontwerpproces voor de beroepspraktijk
	Schetsen en technisch tekenen	Tekenen van een eigen bouwset	Aanzichten tekenen van eenvoudige vormen, met de hand en educatieve software	Aanzichten tekenen van complexe vormen, met de hand en educatieve software	Technisch tekenen met professionele 3D software
	Creatief vormgeven	Vrij vormgeven op device	Vrij vormgeven m.b.v. software	Gericht 2D en 3D vormgeven, ook m.b.v. educatieve software	Grafische vormgeving met professionele 2D en 3D software
	Productieprocessen (hand, machine, automaat)	Handmatige bewerkingen	Handmatige en machinale bewerkingen	Handmatige, machinale en geautomatiseerde bewerkingen (bijv. 3D-printing, laser snijden)	Handmatige, machinale en geautomatiseerde bewerkingen
	Installatieprocessen	Manipuleren met aansluitbare componenten (knikkerbaan, eenvoudige elektrodozen)	Met behulp van componenten een werkende installatie samenstellen (bijv. elektrische bibberspiraal monteren, een buizenstelsel voor een waterloop aansluiten)	Installeren van randapparatuur en bijbehorende software voor een computer	Installeren van een technisch systeem voor een klant (bijv. een elektriciteits- of IT-systeem)
	Infrastructuur en technologie	Kan afhankelijkheden in de infrastructuur uitleggen en de relatie tussen onderdelen benoemen	Kan financiële consequenties van het gebruik van technische infrastructuur inschatten	Kan verschillende interactievormen gebruiken om apparaten en programma's bedienen	Kan openbaar toegankelijke relevante en bruikbare informatie ontsluiten en delen

Perspectief	Onderdeel	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 Algemeen vormend	Niveau 3 Beroepsgericht
Technologie als kennisgebied (3)	Doel-middel redeneren	Intuïtief onderscheid tussen functie en structuur (vorm-materiaal)	Eenvoudig werkend model samenstellen a.d.h.v. doel-middel en vorm-functie analyse (bijv. Lego Robot)	Functie-decompositie; heen- en weer redeneren tussen functie en structuur	Functie-decompositie; heen- en weer redeneren tussen functie en structuur in een beroepscontext
	Oorzaak-gevolg redeneren	Oorzaak en gevolg bespreken (bijv. werking van actie-reactiebaan zoals omvallende dominostenen)	Oorzaak en gevolg beschrijven, bijvoorbeeld van een oneindige lus in een computerprogramma	Oorzaak en gevolg van een storing beschrijven, bijvoorbeeld in een 'genest digitaal systeem' (bijv. Arduino / Raspberry pi)	Oorzaak en gevolg van storing in een systeem voor een klant beschrijven
	Systemen	Intuïtieve notie dat in een product onderdelen samen moeten werken	Analyse van eenvoudige systemen (formeel schema) Beschrijven hoe deelsystemen samenwerken	Systeemanalyse van complexe systemen	Systeemanalyse van complexe systemen (informeel)
	Materiaalkennis	Dagelijks materiaal en kenmerken van materiaal kunnen noemen	Toepassen van materiaalkennis bij het kiezen van een materiaal voor een onderdeel van een ontwerp	Toepassen van materiaalkennis bij het kiezen van een materiaal voor een onderdeel van een ontwerp	Toepassen van materiaalkennis bij kiezen van een machinale bewerking
	Energiekennis	Bewustzijn ontwikkelen van aanwezigheid van energie	Soorten energie en omzettingen benoemen	Het effect van maatregelen om energie te besparen	Berekening uitvoeren met rendement van een apparaat
	Informatiekennis	Bekend zijn met manieren om informatie te delen met anderen (bijv. communiceren via instrumenten, geheimschrift, braille)	Manieren waarop informatie digitaal of analoog wordt verspreid, kunnen onderscheiden, inclusief beginselen van binair stelsel	Informatie over materiaaleigenschappen opzoeken en gebruiken t.b.v. een ontwerp	Informatie over materiaaleigenschappen opzoeken en gebruiken t.b.v. een ontwerp
	Relevante natuurwetenschappelijke kennis	Intuïtieve noties expliciteren en labelen	Conceptualiseren in formele begrippen, vooral kwalitatief	Formele begrippen, kwalitatief en kwantitatief	Formele begrippen, kwalitatief en kwantitatief

	Coderen	'Unplugged' programmeren en programmeren van een eenvoudige robot	Een algoritme opstellen Programmeren van twee parallelle processen	Programmeren van meerdere parallelle processen of modulatie toepassing van algoritmes	Programmeren op concreet niveau van toepassing in de praktijk
	Modelleren (incl. abstraheren en idealiseren)	Intuïtieve notie dat een model (bijv. speelgoedauto) niet alles heeft wat het origineel heeft (echte auto)	Door bewuste abstractie- en idealiseringskeuzen eenvoudig model maken (fysiek en digitaal)	Door bewuste abstractie- en idealiseringskeuzen complex model maken (fysiek en digitaal) Beperkingen van een model beschrijven	Door bewuste abstractie- en idealiseringskeuzen eenvoudig model maken (fysiek en digitaal)
	Technische normen	Veiligheidsafspraken in de klas (bijv. niet rennen met schaar of prikpen)	Veiligheidsnormen in een praktijklokaal	Normen voor duurzaam gebruik van grondstoffen en milieubelasting	Technische- en veiligheidsnormen die gelden in een specifieke technische branche
	Automatiseren	Kan door het opstellen van een serie van geordende stappen een probleem oplossen of een bepaald doel bereiken	Kan effectieve en efficiënte stappen zetten en bronnen gebruiken om tot een uiteindelijke oplossing te komen	Kan mogelijke oplossingen identificeren, analyseren en implementeren met als doel de meest effectieve en efficiënte oplossing te vinden	Kan repetitieve taken laten uitvoeren door computers

Perspectief	Onderdeel	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 Algemeen vormend	Niveau 3 Beroepsgericht
Technologie als wilsuïting (4)	Ontwikkeling van technologie (verleden-heden-toekomst)	Verschil van technologie vroeger en nu	De impact van de ontwikkelingen van technologie op eigen handelen (voor enkelvoudig product)	Economische en andere maatschappelijke invloeden op ontwikkeling van een specifiek product	Ontwikkeling van specifieke technologie in de branche en de gevolgen voor mensen daarvan
	Wederzijdse beïnvloeding technologie - mens & samenleving	Technologie als doelbewuste verandering in de samenleving door ontwerpen	Ontwikkelingen in technische beroepen	De doelmatigheid van artefacten en systemen begrijpen met inachtneming van historische, culturele, sociale en geografische omstandigheden	De doelmatigheid van artefacten en systemen begrijpen met inachtneming van historische, culturele, sociale en geografische omstandigheden
	Waarden en ethiek	Technologie, bijv. robots, als hulpmiddel en als gevaar	Ethisch handelen bij gebruik van technologie, inclusief ICT toepassingen (mediawijsheid)	Relatie tussen technologie en duurzaamheid	Waarden die van invloed zijn op uitoefening van een beroep in een specifieke technische branche
	Relatie met natuurwetenschappen	Bewustzijn van de 'gegeven' en de 'gemaakte' wereld	Basale verschillen tussen technologie en natuurwetenschappen	De wijze waarop natuurwetenschap en technologie elkaar versterken	Relaties tussen innovaties in technische beroepspraktijk en de ontwikkeling van natuurwetenschappelijke kennis