



# Natuurwetenschappelijke vakken

Vakspecifieke trendanalyse 2017

SLO • nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling

slo





# Natuurwetenschappelijke vakken

Vakspecifieke trendanalyse 2017

September 2017

**slo**

nationaal  
expertisecentrum  
leerplan-  
ontwikkeling

Verantwoording



**2017 SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling), Enschede**

Mits de bron wordt vermeld, is het toegestaan zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren en/of verspreiden en om afgeleid materiaal te maken dat op deze uitgave is gebaseerd.

**Auteurs:** Vaksectie Natuur & techniek

**Informatie**

SLO

Afdeling: Vaksectie Natuur & techniek

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 840

Internet: [www.slo.nl](http://www.slo.nl)

E-mail: [info@slo.nl](mailto:info@slo.nl)

**AN:** 9.7625.731

# Inhoud

<b>1.</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Het BUG-curriculum in het natuurwetenschappelijk domein</b>	<b>7</b>
2.1	Inleiding op de BUG-analyse	7
2.2	Biologie	7
2.3	Natuurkunde	16
2.4	Scheikunde	25
2.5	Geïntegreerde vakken in de tweede fase	31
2.6	Trends en knelpunten uit de BUG-analyse	43
<b>3.</b>	<b>Trends in het natuurwetenschappelijk domein</b>	<b>45</b>
3.1	Inleiding op trends	45
3.2	Interdisciplinariteit en samenhang	46
3.3	Aandacht voor duurzame ontwikkeling	49
3.4	Concept-contextbenadering	53
3.5	Aandacht voor kennis over wetenschap	56
3.6	Aandacht voor vaardigheden	59
3.7	Aandacht voor toetsing	63
3.8	Professionalisering van docenten in regionale VO-HO netwerken	67
	<b>Referenties</b>	<b>69</b>
	<b>Bijlage: Geraadpleegde experts</b>	<b>75</b>



# 1. Inleiding

Door een tekort aan technici in het bedrijfsleven is er toenemende nadruk op het belang van onderwijs in de natuurwetenschappen en techniek, die ook door OCW wordt onderschreven. Dat versterkt de noodzaak goed zicht te hebben op de stand van zaken in het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken en op de ontwikkelingen die gaande zijn in het vakgebied. Het rapport is opgesteld door de vaksectie Natuur en Techniek van SLO, waar leerplanontwikkelaars van alle natuurwetenschappelijke vakken en alle sectoren aan deelnemen.

Dit rapport beschrijft en analyseert de huidige (2016) stand van zaken van het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken in po en vo, gevolgd door een aantal relevante trends.

## Curriculumanalyse

In hoofdstuk 2 is de stand van het curriculum van het natuurwetenschappelijke domein beschreven volgens het stramien van het beoogde, het uitgevoerde en het gerealiseerde curriculum. Het natuurwetenschappelijke domein zoals beschreven in dit document bestaat uit de vakken en domeinen natuurkunde, scheikunde, biologie, algemene natuurwetenschappen (ANW), natuur, leven en technologie (NLT), onderzoek en ontwerpen (O&O), natuur- en scheikunde (nask in vmbo) en natuur- en techniekonderwijs of natuuronderwijs (po/so). Het vakgebied is met de nieuwe examenprogramma's, voorstellen voor de kennisbasis natuurwetenschappen & technologie (onderbouw vo) en het leerplankader Wetenschap & Technologie (po/so), indaling van ANW en ontwikkeling van O&O volop in beweging.

## Trends

Uit de curriculumanalyse zijn knelpunten verzameld. Deze hebben geleid tot een zevental trends, die zijn beschreven in hoofdstuk 3 van dit rapport:

- interdisciplinariteit en samenhang;
- aandacht voor duurzame ontwikkeling;
- concept-contextbenadering;
- aandacht voor kennis over wetenschap;
- aandacht voor vaardigheden:
  - 21e eeuwse vaardigheden;
  - modelleren en modelgebruik als natuurwetenschappelijke werk- en denkwijze;
- aandacht voor toetsing;
- formatieve toetsing;
  - toetsing van vaardigheden;
  - professionalisering van docenten in regionale VO-HO netwerken.

Het hierboven genoemde zevental is uitgewerkt op basis van relevantie en urgentie, afgemeten aan de actualiteit in lopende curriculumvernieuwingen en aan maatschappelijke discussies. De trends geven daarmee tevens aan waarop leerplankundige ontwikkelingen zich in de komende jaren zouden kunnen richten.

Bij elke trend is een beschrijving gemaakt van de inhoud van de desbetreffende trend. Vervolgens zijn implicaties voor verdere ontwikkeling van de betreffende trend voor het onderwijs beschreven. Deze trendanalyses zijn een eerste aanzet in de beschrijving van ontwikkelingen in het natuurwetenschappelijke domein, waarvoor verdere analyse en onderbouwing gewenst zijn.

**Feedback**

De conceptversie van dit document is voorgelegd aan experts in het vakgebied (zie bijlage). Hun feedback is verwerkt in deze definitieve versie. Feedback betrof onderbouwing van sommige van de uitspraken gedaan in de tekst. Waar mogelijk hebben de auteurs beweringen onderbouwd op basis van bestaande literatuur, maar zij hebben zich ook gerealiseerd dat *anecdotal evidence* vaak als enige onderbouwing beschikbaar is.



## 2. Het BUG-curriculum in het natuurwetenschappelijk domein

### 2.1 Inleiding op de BUG-analyse

In de curriculumanalyse van de natuurwetenschappelijke vakken worden de drie verschijningsvormen van het curriculum per vak beschreven: het beoogde (de visie en het formele curriculum in verschillende verschijningsvormen, zoals examenprogramma's en kerndoelen), het uitgevoerde (uitwerking van de scholen en docenten) en het gerealiseerde (de leerresultaten en ervaringen van de leerlingen). Alle sectoren komen aan bod. De analyse per vak wordt afgesloten met een aantal knelpunten. De vakbeschrijvingen en knelpunten zijn gebaseerd op gesprekken met docenten, al dan niet tijdens schoolbezoeken, of komen voort uit de geraadpleegde literatuur en gesprekken met deskundigen. Ondanks deze bronnen is er maar beperkt zicht op het uitgevoerde curriculum in alle sectoren en op het gerealiseerd curriculum voor de onderbouw in het vo.

Naast de vakspecifieke knelpunten is ook een aantal trends en knelpunten gesignaleerd die over de volle breedte van het natuurwetenschappelijk domein spelen. Zo bieden de globaal geformuleerde kerndoelen en eindtermen de docenten in po en vo veel vrijheid, maar ook weinig houvast. De beschikbare tijd en deskundigheid voor natuurwetenschappen in het po verdient meer aandacht. En in het vmbo is er behoefte aan meer verbinding tussen de algemeen vormende en de beroepsgerichte vakken. Voor de tweede fase geldt een nieuw examenprogramma, met aandacht voor verschillende vaardigheden die in het CE kunnen worden geëxamineerd. In de praktijk valt de aandacht hiervoor tegen. Sowieso beschouwen leerlingen in het algemeen natuurwetenschappelijke vakken als moeilijk. Tot slot blijkt uit de resultaten van internationale onderzoeken (2015) dat de Nederlandse leerling in het algemeen goed scoort, maar lager dan in de vorige meting (2011 po en 2006 vo).

### 2.2 Biologie

#### Inleiding

Nieuwsgierigheid van leerlingen is een aangrijpingspunt voor biologie. Zij oriënteren zich op de natuurlijke omgeving en op verschijnselen die zich daarin voordoen. Bij het oriënteren op de natuur gaat het om henzelf, om dieren en planten en natuurverschijnselen.

Ook de samenleving waarin leerlingen opgroeien, stelt haar eisen. Bij het leren kennen van de wijze waarop mensen hun omgeving inrichten, spelen economische, politieke, culturele, technische en sociale aspecten een belangrijke rol. Het gaat daarbij om datgene wat van belang is voor betekenisverlening aan het bestaan, om duurzame ontwikkeling, om (voedsel)veiligheid en gezondheid en om technische verworvenheden. Kennis over en inzicht in belangrijke waarden en normen, weten hoe daarnaar te handelen en hoe problemen op te lossen zijn belangrijke aspecten van biologieonderwijs.

Waar mogelijk worden onderwijsinhouden over mensen, de natuur en de wereld in samenhang aangeboden. Dit komt het 'begrijpen' door leerlingen ten goede en draagt voorts bij aan vermindering van de overladenheid van het onderwijsprogramma (Ministerie OCW, 2006).

Door de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (CVBO) is een leerlijn biologie uitgewerkt van 4-18 jaar. Deze leerlijn spitst zich toe op een beperkt aantal biologische concepten om op

deze manier tegemoet te komen aan de overladenheid van onderwijsprogramma's in het algemeen. Door te kiezen voor een beperkte, maar verantwoorde, hoeveelheid biologische concepten is het mogelijk voldoende diepgang te realiseren in de beschikbare tijd. Samenhang ontstaat doordat in de leerlijn concepten en contexten in relatie tot elkaar worden beschreven. De leerlijn gaat uit van verschillende concepten voor vmbo-onderbouw en havo-vwo-onderbouw. In havo-vwo-onderbouw zijn het meer concepten en ook gericht op de uitstroom naar hbo en wo.

Met ingang van augustus 2013 wordt er met nieuwe, op de concept-contextbenadering geschoeide examenprogramma's gewerkt in de Tweede Fase. De CVBO heeft dit uitgewerkt door de nadruk te leggen op de biologische concepten die van belang zijn voor de leerlingen nu en later in het leven van alledag, beroep en wetenschap. De speerpunten van de vernieuwing zijn actualiteit, relevantie, samenhang en 'less is more'. Door te focussen op de centrale concepten en hun onderlinge verbanden en te laten zien waar deze gebruikt worden in de hedendaagse maatschappij en wetenschap moet biologie relevanter en samenhangender worden.

## Beoogd curriculum

### Beoogd curriculum biologie po

#### *Kerdoelen*

Biologie maakt deel uit van het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld (OJW). Biologische onderwerpen komen aan de orde in kerndoelen 34 en 39 van het domein Mens en samenleving en in kerndoelen 40 en 41 van het domein Natuur en techniek (Ministerie OCW, 2006):

- eigen lichaam (kerndoel 34): lichamelijke en psychische gezondheid van henzelf en anderen;
- milieu (kerndoel 39): met zorg omgaan met het milieu;
- biologie (40-41): over de bouw en vorm en functie van organen van planten, dieren en de mens; het kunnen onderscheiden van planten en dieren en leren over hoe ze functioneren in hun leefomgeving.

De kerndoelen zijn aanbodsdoelen die aangeven waarop basisscholen zich moeten richten bij de ontwikkeling van hun leerlingen. Het betreft een globale beschrijving van de inhoud op hoofdlijnen en geen concrete eindtermen in de vorm van te behalen leerdoelen voor groep 8. Omdat de kerndoelen globaal zijn geformuleerd is onduidelijk welke inhouden leraren precies aanbieden. De verplichte kerndoelen zijn geconcretiseerd in TULE (Beker, Van Graft, Greven, Kemmers, Klein Tank, & Verheijen, 2009). Hierin is per kerndoel een opbouw gegeven van voorbeelden van inhouden voor de groepen 1, 2 t/m 7 en 8. Scholen mogen zelf bepalen hoe de kerndoelen binnen bereik komen.

#### *Vaardigheden*

Om kennis en inzicht te krijgen in het eigen lichaam, de natuur en de omgeving zijn uit de karakteristiek en de kerndoelen de volgende vaardigheden af te leiden: verzorgen, verkennen (hetgeen kan leiden tot onderzoeken), praktisch handelen en waarderen.

Vanuit het perspectief van wetenschap en technologie is een leerplankader opgesteld voor po en so dat aansluit bij de huidige kerndoelen (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2016). Het leerplankader heeft een rol gespeeld bij de implementatie van W&T in de curricula van de opleidingen leraar basisonderwijs (2014-2016). De daarin onderscheiden vaardigheden onderzoeken en ontwerpen en onderliggende vaardigheden zijn relevant voor de aanpak van biologie in het basisonderwijs. Er worden verbanden gelegd met taal-, reken- en 21e eeuwse vaardigheden. Tevens zijn voor biologie relevante denkwijzen opgenomen. Deze zijn voorbeeldmatig uitgewerkt en sluiten aan bij de kennisbasis science voor de onderbouw vo (Ottevanger, Oorschot, Spek, Boerwinkel, Eijkelhof, Van der Hoeven & Kuiper, 2014). Het

leerplankader is geconcretiseerd in voorbeeldlesmateriaal en een aantal posters, onder andere met beschrijvingen en leerlijnen van onderzoekend en ontwerpend leren (<http://wetenschapentechnologie.slo.nl/over-wetenschap-en-technologie/leerplankader>). Deze uitwerkingen worden op veel basisscholen gebruikt om te voldoen aan de afspraken van OCW met TechniekPact dat in 2020 op alle basisscholen W&T-onderwijs wordt aangeboden.

#### *Inhouden*

Het gaat bij biologie over zorg voor de lichamelijke en psychische gezondheid en om zorg voor de omgeving. Daarnaast gaat het over de bouw van planten, dieren en de mens, over de vorm en functie van hun onderdelen en hoe planten en dieren functioneren in hun leefomgeving. Het betreft een aanbod gerichte beschrijving van de inhoud op hoofdlijnen. Op basis van deze globale beschrijving in kerndoelen en karakteristiek zijn door educatieve uitgeverij methodes ontwikkeld, die voor de onderbouw (groep 1 – 2/3) doorgaans thematisch zijn ingevuld en die vanaf groep 3/4 zijn uitgewerkt voor natuur en techniek. Naast biologie komen inhouden voor natuurkunde en techniek aan de orde. Daarnaast zijn er verschillende instanties die voor specifieke thema's binnen NT zoals duurzaamheid, gezondheid en dierenwelzijn, aparte lespakketten, -brieven en -materialen aanbieden, zowel op papier als in digitale vorm. In het po wordt voor NT nagenoeg geen lesmateriaal door leraren zelf ontwikkeld.

### **Beoogd curriculum biologie onderbouw vo**

#### *Kerndoelen*

Biologie maakt deel uit van de kerndoelen van het leergebied mens en natuur. Deze kerndoelen zijn deels gericht op natuurwetenschappelijke vaardigheden (28 t/m 31) en deels gericht op natuurwetenschappelijke inhouden (32 t/m 35).

#### *Vaardigheden*

Het gaat om 1) het zelf uitvoeren van (natuurwetenschappelijk) onderzoek door leerlingen en het presenteren daarvan, 2) het verwerven van kennis en inzicht verkrijgen in begrippen passend bij het leergebied en deze te verbinden met het dagelijks leven, 3) het zien van wisselwerking tussen natuur en technologie en het duurzaam beïnvloeden daarvan en 4) door praktisch handelen inzicht verkrijgen in processen uit levende en niet levende natuur. Er wordt in de kerndoelen relatief veel aandacht gevraagd voor vaardigheden, zoals omgaan met vakgerichte informatie en onderzoeken.

#### *Inhouden*

Bij biologie gaat het om inhouden over de bouw en functie van het menselijk lichaam en het leggen van verbanden van lichamelijke en psychische gezondheid. Daarnaast gaat het over zorg voor zichzelf, anderen en de omgeving.

De kerndoelen zijn geconcretiseerd in de Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw van het vo (Ottevanger e.a., 2014). Deze kennisbasis beschrijft de vakgebieden natuurkunde, scheikunde, biologie, fysische geografie en technologie, in termen van vakinhouden, karakteristieke werkwijzen en karakteristieke denkwijzen. Door aandacht voor werk- en denkwijzen kan samenhang in het onderwijs worden gerealiseerd, of dat nu georganiseerd is in aparte vakken, leergebieden of enige andere vorm van samenhang. De vakinhouden van de *Kennisbasis Natuurwetenschappen en Technologie voor de onderbouw vo* zijn opgenomen op de website *Leerplan in beeld*.

### **Beoogd curriculum biologie vmbo bovenbouw**

De leerlijn gaat uit van verschillende concepten voor vmbo basis-kader richting groen en het andere profiel met biologie, namelijk zorg en welzijn. In het examenprogramma biologie wordt dit onderscheid niet meegenomen. Voor gl/tl zijn er meer concepten dan voor basis en kader. Biologie is een verplicht vak binnen het profiel Zorg en Welzijn. In het profiel Groen is wiskunde verplicht en kiest de leerling tussen biologie en nask-2. Daarnaast is biologie een keuzevak in de andere profielen. Voor de basis- en kaderberoepsgerichte leerweg geldt dat de leerlingen in het algemeen geen keuzevak meer hebben, omdat ze een beroepsgericht vak volgen. Het examenprogramma biologie kent dezelfde opbouw voor de basisberoepsgerichte (bb), kaderberoepsgerichte (kb) en de gemengde/theoretische leerweg (gt). Het examenprogramma kent basisstof en verrijksstof.

### **Beoogd curriculum biologie tweede fase**

Biologie is een verplicht vak in het profiel NG en een keuzevak in de andere profielen. Als het in het profiel NT gekozen wordt, betekent dat meteen een dubbelprofiel (NG/NT), in de praktijk wordt het beperkt gekozen in Economie en Maatschappij en zelden of nooit in Cultuur en Maatschappij. De omvang is 400 sluis in havo, 480 in vwo.

De in 2013 van kracht geworden nieuwe examenprogramma's beginnen met een domein A waarin de vaardigheden beschreven zijn. De eerste negen zijn gelijk voor alle natuurwetenschappelijke vakken, de overige zeven zijn specifiek voor biologie. Daarin ligt een sterke nadruk op biologisch denken (vorm-functie-denken, ecologisch denken, evolutionair denken, systeemdenken).

De concepten uit de examenprogramma's zijn samengevat in een matrix waarbij de rijen door de organisatieniveaus van de biologie gevormd worden (van molecuul tot Systeem Aarde) en de kolommen door vijf systeemconcepten (zelfregulatie, zelforganisatie, interactie, reproductie en evolutie). In de cellen staan dan de concepten, die enigszins verschillen voor havo en vwo. In de eindtermen wordt beschreven in welke contextgebieden welke concepten waarvoor moeten kunnen worden gebruikt, bijvoorbeeld: *De kandidaat kan met behulp van de concepten genexpressie en celdifferentiatie in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze de ontwikkeling van cellen verloopt.*

## **Uitgevoerd curriculum**

### **Uitgevoerd curriculum biologie po**

Wat betreft de inhoud blijkt uit het periodieke peilingsonderzoek (PPON) dat in groep 8 de meeste aandacht uit gaat naar onderwerpen over bouw en verzorging van het menselijk lichaam (waaronder verslavend gedrag), wisselwerking mens en milieu, omgang met natuur, milieuvriendelijk gedrag. Indeling van planten en dieren en voortplanting bij de mens krijgen relatief weinig aandacht. Ongeveer 50% van de leraren heeft voeding en gezondheid geïntegreerd in het biologieonderwijs, waarbij het bespreken van het voedselpatroon een belangrijk thema is (Thijssen, Van der Schoot & Hemker, 2011).

De manier waarop biologie in de praktijk wordt uitgevoerd varieert per school, zowel in tijd als in de didactische aanpak bij de vakken. Op sommige scholen wordt er in groep 8 geen biologie gegeven, terwijl op andere scholen er op een gestructureerde manier aandacht aan, bijvoorbeeld aan de hand van thema's of met behulp van methodes of tv, zoals *Nieuws uit de natuur*. Uit Thijssen et al. (2011) blijkt bovendien dat in groep 8:

- 90% van de leraren biologie als apart vak onderwijst;
- de tijdsinvestering voor biologie 45 minuten per week is;
- de tijdsinvestering per week gemiddeld 15 minuten minder is dan in de vorige peiling in 2001.

Voor biologie ligt het percentage leraren dat van een overladen programma spreekt iets lager dan voor natuurkunde en techniek (ongeveer 70% van groep 6 tot en met 8), 80% tot 90% van de leraren zet een methode in om les te geven, waarvan de meeste leraren 80% gebruiken. Ruim 50% van leraren is tevreden over de gebruikte methodes. Daarnaast gebruikt 80% van de leraren internet om informatie op te zoeken of laten ze leerlingen internet gebruiken. Leraren voeren excursies uit naar een natuurgebied, museum, laten leerlingen huiswerk maken en spreekbeurten houden en werkstukken maken. Het doen van onderzoek komt weinig voor. Leraren geven als redenen dat het veel voorbereiding vraagt, dat er gebrek aan materiaal is en dat zij er niet vertrouwd mee zijn. Om leraren hierin ondersteuning te bieden zijn op basis van het leerplankader wetenschap en technologie leerlijnen ontwikkeld. Daarin wordt ook biologie opgenomen. Methodemakers kunnen deze leerlijnen gebruiken om de onderzoeks aanpak in hun methodes op te nemen dan wel bestaande lesactiviteiten hierop aan te passen. Ruim 30% van de leraren beschikt over onvoldoende deskundigheid om de biologielessen te kunnen verzorgen (Thijssen et al. 2011). Om de kwaliteit van de instroom op de pabo te verbeteren moeten aspirant studenten met ingang van het studiejaar 2015-2016 een toelatingstoets maken voor biologie als zij geen eindexamen hebben gedaan voor biologie (havo) of een mavo 4 diploma hebben. Om de pabo's te ondersteunen bij de implementatie van wetenschap en technologie, waaronder de onderzoeks aanpak bij biologie, is een handreiking ontwikkeld in de vorm van een website.

#### **Uitgevoerd curriculum biologie onderbouw vo**

Docententeams kiezen voor een methode. De twee meest gebruikte methodes in de onderbouw zijn *Biologie voor jou* en *Nectar*. De methodes zijn ontwikkeld volgens een dakpanmodel, met vaak combinaties in niveaus. Voor zowel vmbo, als voor havo-vwo is er een aanbod voor twee leerjaren. In havo-vwo wordt biologie in het algemeen in leerjaar één en leerjaar twee of drie aangeboden. Zo gemiddeld gaan de methodes ervan uit dat er twee uur per week per leerjaar beschikbaar is voor biologie. De methodes zijn sterk reproductie gericht, alhoewel in de nieuwere versies meer aandacht is voor inzicht en toepassingsopdrachten en wordt daarin naar hogere denkvaardigheden gevraagd.

In vergelijking met leerplan in beeld en de kennisbasis natuurwetenschappen en technologie komen de meeste onderwerpen aan de orde en is er voldoende extra stof. Docenten laten zich in veel gevallen leiden door de methode en lijken zich niet voldoende bewust van de ruimte die er in de onderbouw is voor het maken van eigen keuzes.

Door een deel van de docenten wordt eigen materiaal ontwikkeld. Dat wordt bijvoorbeeld gedeeld via de vakcommunity biologie, Wikiwijs en biologiepagina.nl. Ook in samenwerking met SLO zijn lesvoorbeelden ontwikkeld om een doorgaande lijn voor onderzoeken en ontwerpen aan te brengen in natuurwetenschappelijke vakken. Deze vaardigheden kunnen in samenhang met andere natuurwetenschappelijke vakken worden aan geboden. Incidenteel werken scholen aan deze samenhang, bijvoorbeeld ook in de scholen waar onderzoeken en ontwerpen als vak of training op het programma staat. Voor de leerling is deze samenhang van belang om transfer van hogere denkvaardigheden te bevorderen.

Biologie is onderdeel van het leergebied mens en natuur. Uit de onderbouw-monitor (2008) blijkt dat vmbo-scholen vrij sterk hebben ingezet op het creëren van leergebieden, terwijl havo/vwo-scholen de samenhang door middel van vakoverstijgende projecten willen bereiken. In totaal biedt 16% van de scholen het brede leergebied mens en natuur aan en nog eens 12% het leergebied mens en zorg, de combinatie van biologie en verzorging.

Het vak verzorging is vaak geïntegreerd in biologie en vormt daarmee dan één vak. In de praktijk blijkt dan meestal dat verzorging niet meer bestaat en ook dat de typisch passende onderdelen van de kerndoelen niet worden aangeboden.

### Uitgevoerd curriculum biologie vmbo bovenbouw

Docententeams kiezen voor een methode. Gebruikte methodes voor vmbo-bovenbouw zijn: *Biologie voor jou*, *Biologie Interactief* en *Nectar*. In de methodes zijn verwijzingen te vinden naar de eindtermen. Biologie heeft in de bovenbouw meestal de beschikking over drie à vier lessen per week per leerjaar.

Docenten laten zich in veel gevallen leiden door de methode en zijn zich niet voldoende bewust van de ruimte die er is, met name bij de SE-onderdelen voor het maken van eigen keuzes.

Biologie wordt themagericht aangeboden. Dat past goed bij de indeling van de eindtermen.

*Biologie Interactief* neemt dat bijvoorbeeld heel letterlijk door de methode op te bouwen aan de hand van de eindtermen. De andere methodes hebben hier meer eigen keuzes ingemaakt.

Sommige docenten zullen gebruikmaken van de ruimte om biologie meer in te richten naar de sector die de leerlingen hebben gekozen.

### Uitgevoerd curriculum biologie tweede fase

Biologie heeft in de bovenbouw meestal de beschikking over drie à vier wekelijkse lessen per leerjaar. Zie hiervoor de tabel hieronder.

Tabel 1. Gemiddelde tijdsbesteding biologie in lessen per week verdeeld over leerjaren.

type onderwijs	aantal lessen van 50 min (per week)
havo 4-5	3-3 tot 4-4
vwo 4-5-6	2-3-3 tot 3-3-3

In de pilotperiode van de nieuwe programma's zijn er voorbeeldmodules ontwikkeld door de zogenaamde Biologie Ontwikkel Scholen (BOS). Er zijn echter weinig docenten die deze gebruiken. Zowel tijdens de nulmeting voor de invoering van de nieuwe examenprogramma's (Michels et al., 2014) als tijdens de tussenmeting (Folmer et al., 2015) geven sommige docenten aan dat ze de pilotmodules kennen, maar niet gebruiken. De verwachting blijkt uit te komen dat veel docententeams kiezen voor een methode. Er zijn twee papieren en twee digitale methodes op de markt: *Biologie voor jou*, *Nectar*, *10voorbiologie.nl* en de methode van de *Stercollecties van VO-content*. De methodes zijn sterk vernieuwd ten opzichte van de vorige edities, en bevatten veel contexten. In de ogen van de pilotdocenten krijgt de concept-contextbenadering echter niet voldoende gestalte in de nieuwe methodes. In het BOS-materiaal was een weg ingeslagen om materiaal vanuit contexten te ordenen, maar in de nieuwe methodes wordt vastgehouden aan de meer traditionele themagerichte benadering. Dat veel docenten zich toch sterk laten leiden door de methode lijkt meerdere oorzaken te hebben: ze hebben te weinig tijd, interesse, vaardigheid of durf om eigen materiaal te ontwikkelen of ze zijn zich niet voldoende bewust van de ruimte die er is voor het maken van eigen keuzes, met name bij de SE-onderdelen. Een deel van de docenten ontwikkelt echter wel eigen materiaal, al dan niet in docentontwikkelteams (DOT), dat bijvoorbeeld wordt gedeeld via de vakcommunity biologie en Wikiwijs.

## Gerealiseerd curriculum

### Gerealiseerd curriculum biologie po

In het periodieke peilingsonderzoek voor biologie (Thijssen et al. 2011) zijn ook leerprestaties van leerlingen in groep 8 meegenomen. Kennis over de voor biologie relevante kerndoelen wordt onvoldoende gerealiseerd. De kennis is oppervlakkig en er is nauwelijks sprake van diepgang. Leerlingen kunnen feiten en verschijnselen noemen, maar geen functies of verklaringen geven. De standaard Minimum (beoogd resultaat 90-95%) wordt voor het

onderdeel Biotoop *Het Bos* gehaald door 93%. Voor andere biologieonderwerpen liggen die percentages tussen 70% en 78%, ver onder het beoogde van 90-95% van de leerlingen die de standaard Minimum zou moeten kunnen halen. De resultaten voor de biologieonderwerpen zitten met percentages tussen 29% en 59% allemaal ruim onder de standaard Voldoende, waarbij het beoogde resultaat is gesteld op 75% (PPON informeert, 20, 2012). Het peilingsonderzoek laat zien dat de leerprestaties van leerlingen in groep 8 lager zijn ten opzichte van de vorige peiling uit 2001.

Ook voor het thema Voeding en gezondheid, dat specifiek is onderzocht in bovengenoemd onderzoek, geldt dat het om oppervlakkige kennis zonder enige diepgang gaat. Verder blijkt dat scholen met veel gewichtsl leerlingen een duidelijke achterstand hebben, terwijl er nauwelijks verschillen zijn te noemen tussen jongens en meisjes. Wel is er een negatief effect gevonden van de leertijd op de leerlingresultaten, in het nadeel van vertraagde leerlingen ten opzichte van reguliere leerlingen. Dat geldt ook voor leerlingen van niet-Nederlandse afkomst.

De resultaten voor biologie in het internationaal vergelijkende onderzoek TIMSS onder leerlingen in groep 6 zijn in 2007 en 2011 vergelijkbaar met gemiddelde toetsscores 539 resp. 537 (Meelissen, Netten, Drent, Punter, Droop, & Verhoeven, 2012). In het TIMSS-onderzoek uit 2015 is de uitkomst voor biologie ten opzichte van 2007 en 2011 echter significant gedaald naar 525 (Meelissen & Punter, 2016). Ook is er een verschil in prestaties tussen jongens en meisjes. Presteren jongens in 2007 nog significant beter dan meisjes, in 2015 scoren meisjes significant beter dan jongens. Zowel jongens als meisjes van allochtone afkomst (2007 en 2011) dan wel leerlingen bij wie thuis (bijna) nooit Nederlands wordt gesproken (2015) scoren significant lager dan autochtone leerlingen of leerlingen die thuis altijd Nederlands spreken.

Ook blijkt dat de prestaties van leerlingen op de cognitieve domeinen weten en toepassen in 2015 zijn gedaald ten opzichte van 2007 en 2011, terwijl redeneren ten opzichte van 2011 is gedaald naar het niveau van 2007. Tegelijkertijd blijkt uit analyse van de resultaten dat slechts 3% van de leerlingen het meest geavanceerde niveau voor natuuronderwijs haalt, wat betekent dat er een significante daling is in het percentage excellent presterende leerlingen ten opzichte van 2007 (4%) en een halvering ten opzichte van 1995 (6%). Nederland lijkt goed in staat om zwakke leerlingen op basisniveau te brengen, maar heeft moeite om goede leerlingen te laten excelleren in exacte vakken. Deze resultaten zijn tegengesteld aan de ambitie van Nederland om in de Top 5 van de kenniseconomieën te komen.

#### **Gerealiseerd curriculum biologie onderbouw vo**

Er is, behalve de PISA scores (Feskens et al., 2016) niet veel bekend over de leerprestaties van het leergebied mens en natuur in de onderbouw.

Voor natuurwetenschappen scoren Nederlandse leerlingen bovengemiddeld, 509 punten. Binnen de EU scoren alleen Finland en Estland significant beter; Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Ierland, Slovenië en Zwitserland scoren niet significant anders. De score voor natuurwetenschappen is wel, na een periode van stabiliteit, significant gedaald. Deze daling doet zich met name voor onder vmbo-leerlingen. (Van der Hoeven, et al., 2017) In het PISA-onderzoek valt biologie onder het vakdomein 'levende natuur'. Voor Nederlandse leerlingen was dit, met een score van 509, in 2006 het laagst scorende domein, dit is, met een score van 503, in 2015, nog steeds het geval maar de verschillen met de andere domeinen zijn veel kleiner geworden.

#### **Gerealiseerd curriculum biologie vmbo bovenbouw**

In de basisberoepsgerichte leerweg kiezen 42% van de leerlingen het vak biologie, in de kaderberoepsgerichte leerweg 44% en in de gemengde/theoretische leerweg 35%. In onderstaande tabel worden de examenuitslagen weergegeven voor biologie. Per leerweg is aangegeven wat het gemiddelde cijfer is voor biologie en welk percentage van de leerlingen een onvoldoende heeft gehaald.

Tabel 2. Examenuitslag biologie per leerweg vmbo 2012-2016 (bron [https://www.duo.nl/open\\_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig en [http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale\\_examens/examenverslagen/oude\\_verslagen](http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale_examens/examenverslagen/oude_verslagen))

<b>vmbo bb</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	38	20	1,1	6,2	6,4
<b>2013</b>	38	25	0,8	6,4	6,2
<b>2014</b>	45	32	1,3	6,5	6,2
<b>2015</b>	43	13	1,9	6,6	6,2
<b>2016</b>	44	24	1.1	6,3	6,5
<b>vmbo kb</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	37	23	0,5	6,2	6,3
<b>2013</b>	37	27	0,3	6,2	6,3
<b>2014</b>	48	22	0,3	6,1	6,3
<b>2015</b>	44	28	0,5	6,4	6,3
<b>2016</b>	45	29	0,6	6,2	6,3
<b>vmbo gl</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE*	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	60	18	0,3	6,4	6,4
<b>2013</b>	61	15	0,5	6,3	6,4
<b>2014</b>	59	18	0,2	6,2	6,4
<b>2015</b>	58	18	0,7	6,3	6,4
<b>2016</b>	59	17	0,9	6,3	6,4
<b>vmbo tl</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE <sup>1</sup>	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	55	18	0,3	6,4	6,4
<b>2013</b>	56	15	0,5	6,5	6,4
<b>2014</b>	58	18	0,2	6,3	6,4
<b>2015</b>	58	18	0,7	6,4	6,5
<b>2016</b>	58	17	0,9	6,4	6,5

\* van vmbo gl en tl examenkandidaten samen

Uit de getallen valt op dat het aantal kandidaten in de basisberoepsleerweg behoorlijk afneemt. Verder valt op dat in de kaderberoepsgerichte leerweg een groter percentage van de leerlingen een onvoldoende scoort.

Ten opzichte van andere examenuitslagen is biologie een gemiddeld vak wat betreft het percentage onvoldoendes.



De doorstroom van leerlingen van vmbo naar mbo en havo geeft geen specifieke problemen voor het vak biologie. De aansluiting is goed. SLO heeft onderzocht voor de verschillende vakken (waaronder biologie) hoe de doorlopende leerlijn is op het gebied van inhouden en vaardigheden. Voor biologie is de overstap van vmbo-tl naar havo programmatisch geen probleem.

### Gerealiseerd curriculum biologie tweede fase

De examenresultaten voor havo en vwo vertonen een stabiel beeld, ook al daalt het gemiddelde CE-cijfer op havo iets (zie onder). De praktijk bij de schoolexamens is dat alle CE-stof ook in het SE aan de orde komt, ten eerste omdat veel CE- en SE-onderwerpen sterk vervlochten zijn in het aanbod en ten tweede omdat het als goede examentraining gezien wordt. Veel docenten gebruiken oude CE-opgaven in het SE. Praktische opdrachten waarin eigen onderzoek en veldwerk aan de orde komen zijn gemeengoed. De kwaliteit van deze schoolexamenonderdelen is wisselend.

De doorstroom van leerlingen van havo naar hbo en vwo of van vwo naar WO geeft geen specifieke problemen voor het vak biologie. De aansluiting is meestal goed.

Opgemerkt dient te worden dat beheersing van scheikunde een belangrijke rol speelt in de resultaten die leerlingen behalen voor biologie. Eigenlijk kun je stellen dat biologie volgen zonder scheikunde in het pakket een heel zware dobber is.

Tabel 3. Examenresultaten havo/vwo 2012-2016 (bron

[https://www.duo.nl/open\\_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig en

[http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale\\_examens/examenverslagen/oude\\_verslagen](http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale_examens/examenverslagen/oude_verslagen))

#### havo

	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	39	20	1,0	6,2	6,4
<b>2013</b>	44	18	1,2	6,3	6,3
<b>2014</b>	44	29	0,8	6,0	6,3
<b>2015</b>	40	28	0,7	6,1	6,2
<b>2016</b>	42	31	1,0	6,1	6,2

#### vwo

	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	52	22	1,3	6,4	6,7
<b>2013</b>	57	20	1,0	6,4	6,6
<b>2014</b>	51	19	0,7	6,3	6,6
<b>2015</b>	52	19	1,1	6,4	6,6
<b>2016</b>	53	20	0,9	6,3	6,6

## Knelpunten

### Po

In het po geldt net als bij natuurkunde, dat de staat van het biologieonderwijs zorgwekkend is. De tijdsinvestering per week is gedaald van 60 (2001) naar 45 (2010) minuten per week. Ook voor biologieonderwijs geven leraren aan dat zij over onvoldoende kennis beschikken. De TIMSS-onderzoeken laten een dalende trend zien in de prestaties voor biologie in groep 6. De

prestaties van meisjes en jongens, zowel in groep 6 (TIMSS-onderzoeken) als in groep 8 (PPON 44), zijn nagenoeg gelijk. Alleen in TIMSS-2015 scoren meisjes significant hoger dan jongens.

#### *Vmbo*

In het vmbo staat biologie binnen het domein Mens en natuur onder druk. Als biologie en verzorging als één vak worden aangeboden is er geen garantie dat alle kerndoelen aan de orde komen, terwijl biologie mogelijkheden geeft voor uitstroom richting groen en richting zorg. Vmbo-gt leerlingen die doorstromen naar havo hebben een voorbereiding nodig op de concept-context methode en de vernieuwing in de examenprogramma's van de tweede fase.

#### *Tweede fase*

In de tweede fase zijn vakspecifieke vaardigheden opgenomen die proberen de denk- en werkwijzen van het vak te weerspiegelen. Veel docenten hebben (nog) geen duidelijk beeld van de inhoud van deze vaardigheden en hoe ze deze vaardigheden zouden moeten aanbieden. Ook wordt de hoeveelheid leerstof door veel docenten en leerlingen als zeer groot ervaren. Sommigen spreken van een overladen programma, hoewel het ook wordt betwist. De veranderingen in examinering volgens de nieuwe examenprogramma's zijn t.o.v. de voorgaande examens niet heel groot. Er moet aandacht zijn voor de vraag in hoeverre de kern van de vernieuwing voldoende uit de verf komt in de examens.

## 2.3 Natuurkunde

### Inleiding

Natuurkunde speelt een essentiële rol in de ontwikkeling van de natuurwetenschap in de westerse samenleving. Kennis van natuurkunde is onmisbaar bij het begrijpen van en het functioneren in die samenleving. Het natuurkundeonderwijs dat deze kennis moet overdragen kan jongeren raken in hun natuurlijke nieuwsgierigheid naar het hoe en waarom van wat zich in natuur en techniek afspeelt. Het kan bijdragen aan kennis over de rol van de natuurkunde in het moderne wereldbeeld, over beroepsmogelijkheden en over toepassingen in de leefwereld van de leerlingen. Verbreding in toepassingen en verdieping in concepten helpen leerlingen zich bewust te worden van hun eigen interesses. Voor de leerlingen is het belangrijk dat wat zij aan natuurkunde leren op school zichtbare gebruikswaarde heeft. Door onderzoek, door communicatie met anderen over de bevindingen en door reflectie ervaren leerlingen de maatschappelijke en persoonlijke betekenis van het vak natuurkunde en van beroepsactiviteiten waarin dit vak een belangrijke rol speelt.

### Beoogd curriculum

#### **Beoogd curriculum natuurkunde po**

Voor het po zijn er voor natuurkunde kerndoelen geformuleerd in het domein Natuur en techniek (NT) binnen het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld (OJW) (Ministerie OCW, 2006). Daarnaast is er bij de kerndoelen een preambule geformuleerd en is een overkoepelende karakteristiek bij het leergebied toegevoegd.

Kerndoel 42 heeft betrekking op natuurkunde, kerndoelen 44 en 45 op techniek, maar ook in de kerndoelen 43 en 46 zijn aspecten van natuurkunde en techniek aan te wijzen:

- natuurkunde (42): onderzoeken van materialen en natuurkundige verschijnselen zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur;
- het weer (43): beschrijven van het weer met behulp van temperatuur, vormen van neerslag en windkracht en windsnelheid;

- techniek (44-45): over het leggen van relaties tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik van voorwerpen uit hun omgeving en over het ontwerpen van oplossingen voor technische problemen, deze uitvoeren en evalueren;
- heelal (46): over de positie van de aarde ten opzichte van de zon en de krachten die daarbij een rol spelen, seizoenen en dag en nacht.

De inhoud hiervan heeft vooral betrekking op kennis, terwijl de vaardigheden zijn terug te vinden in de preambule (zoals goede werkhouding, gebruik van leerstrategieën, reflectie op eigen handelen en leren, kritiseren van anderen, verwerven en verwerken van informatie), in de karakteristiek (probleem oplossen) en in beperkte mate in de kerndoelen zelf (onderzoeken bij natuurkunde en ontwerpen bij techniek).

De verplichte kerndoelen zijn geconcretiseerd in TULE (Beker, Van Graft, Greven, Kemmers, Klein Tank, & Verheijen (2009). Hierin is per kerndoel een opbouw gegeven van mogelijke inhouden voor de groepen 1, 2 t/m 7 en 8.

Naast inhouden voor natuurkunde komen binnen het domein NT inhouden voor biologie en techniek aan de orde. Daarnaast zijn er verschillende instanties die voor specifieke thema's binnen NT zoals duurzaamheid, gezondheid en dierenwelzijn, aparte lespakketten, -brieven en -materialen aanbieden, zowel op papier als in digitale vorm. In het po wordt voor NT in beperkte mate lesmateriaal door leraren zelf ontwikkeld.

Vanuit het perspectief van wetenschap en technologie is een richtinggevend leerplankader opgesteld voor po en so dat aansluit bij de huidige kerndoelen (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2016). Het leerplankader heeft een rol gespeeld bij de implementatie van W&T in de curricula van de opleidingen leraar basisonderwijs (2014-2016). De daarin onderscheiden vaardigheden onderzoeken en ontwerpen en de onderliggende subvaardigheden zijn relevant voor de aanpak van natuurkunde in het basisonderwijs. Er worden verbindingen gelegd met taal-, reken- en 21e eeuwse vaardigheden. Tevens zijn voor natuurkunde relevante denkwijzen opgenomen. Deze zijn voorbeeldmatig uitgewerkt en sluiten aan bij de kennisbasis science voor onderbouw vo (Ottevanger, Oorschot, Spek, Boerwinkel, Eijkelhof, Van der Hoeven & Kuiper, 2014). Het leerplankader is geconcretiseerd in voorbeeldlesmateriaal en een aantal posters, onder andere met beschrijvingen en leerlijnen van onderzoekend en ontwerpnd leren (<http://wetenschapentechnologie.slo.nl/over-wetenschap-en-technologie/leerplankader>). Deze uitwerkingen worden op veel basisscholen gebruikt als inspiratie om te voldoen aan de afspraken van OCW met TechniekPact dat in 2020 op alle basisscholen W&T-onderwijs wordt aangeboden.

### **Beoogd curriculum natuurkunde onderbouw vmbo, havo, vwo**

In de karakteristiek voor mens en natuur (2006), geschreven bij de kerndoelen voor de onderbouw-vo, wordt benoemd dat de leerling zijn omgeving wil begrijpen en duurzaam wil beheersen. Dit krijgt vorm door het doen van onderzoek en het gebruik van achterliggende kennis en informatie, maar ook door het ontwerpen en maken van bewuste keuzes.

De vakken biologie, natuurkunde, scheikunde, nask, techniek en verzorging maken deel uit van het leergebied mens en natuur. Het leergebied sluit aan op de kerndoelen voor 'Mens en samenleving' en 'Natuur en techniek' van het po.

Voor het leergebied mens en natuur zijn de kerndoelen deels gericht op natuurwetenschappelijke vaardigheden (kerndoelen 28 t/m 31) en deels gericht op natuurwetenschappelijke inhouden (kerndoelen 32 t/m 35). Voor de onderbouw betreft het een globale aanbodgerichte beschrijving op hoofdlijnen.

De kern van dit brede leergebied is te typeren in twee verschillende perspectieven. Van kinds af aan wil de mens zijn omgeving begrijpen en zoekt hij naar verklaringen. Daarnaast wil de mens de omgeving duurzaam beheren om nu en in de toekomst in de eigen behoeften te voorzien.

De leerlingen ontwikkelen vaardigheden om verschijnselen in de levende en niet-levende natuur op een planmatige manier te onderzoeken, zo veel mogelijk uitgaande van eigen waarnemingen en verwondering brengen leerlingen dit in verband met theorieën en modellen.

Er wordt in de kerndoelen relatief veel aandacht gevraagd voor vaardigheden, zoals omgaan met vakgerichte informatie en onderzoeken. Daarnaast zijn de kerndoelen in het algemeen gekoppeld aan contexten van het dagelijks leven (Ministerie OCW, 2006).

De kerndoelen voor mens en natuur zijn geconcretiseerd in tussendoelen, inhouden en vakbegrippen, en vastgelegd in Leerplan in beeld (SLO, 2010), beschikbaar op de website <http://leerplaninbeeld.slo.nl/> In de *Kennisbasis Natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo* (Ottevanger e.a., 2014) zijn de inhouden in Leerplan in beeld verder uitgewerkt en gecombineerd met werk- en denkwijzen. Deze uitwerking is gedaan om meer houvast, richting en inspiratie te bieden zonder iets op te leggen. Bij de ontwikkeling van de kennisbasis is gebruikgemaakt van de manier van werken en denken die natuurwetenschappers en technici gemeen hebben. Die werk- en denkwijzen worden gebruikt om op een nieuwe manier naar vakinhouden te kijken. Dit maakt vakoverstijgend werken makkelijker en biedt kansen om talentontwikkeling te stimuleren. In de kennisbasis is gekozen voor de vakken biologie, natuurkunde, scheikunde, technologie en fysische geografie.

### **Beoogd curriculum natuurkunde (nask1) bovenbouw vmbo**

Natuurkunde in de bovenbouw van het vmbo wordt nask1 genoemd (scheikunde wordt nask2 genoemd). In dit vak maken leerlingen zich de kennis en principes van de natuurkunde eigen en raken zij vertrouwd met de manier waarop natuurkundige kennis in het dagelijkse leven en in de wereld van het werken gebruikt wordt. Dat betekent dat theoretische kennis zo veel mogelijk betekenis wordt gegeven door deze toe te passen in voor leerlingen herkenbare situaties. Het examenprogramma nask1 kent een gelijksoortige opbouw voor de basisberoepsgerichte (bb), kaderberoepsgerichte (kb) en de gemengde/theoretische leerweg (gt). Er is aandacht voor vaardigheden en inhouden. Voor gt zijn er daarnaast verrijksdelen benoemd in de eindtermen. Een deel van de eindtermen is toegewezen aan het centraal examen (CE) en deel aan het schoolexamen (SE). Binnen de theoretische, gemengde en kaderberoepsgerichte leerwegen tellen het schoolexamen en centraal examen even zwaar mee. Binnen de basisberoepsgerichte leerweg telt het schoolexamencijfer tweemaal mee, terwijl het cijfer voor het centraal examen eenmaal telt.

Voor de uitwerking van de CE-eindtermen voor vmbo zijn door het College voor Toetsing en Examens (CVTE) syllabi opgesteld, die als basis dienen voor de examenontwikkeling en tevens als richtsnoer voor de leraren. Voor de uitwerking van de SE-eindtermen zijn handreikingen door SLO geschreven. Uitgevers gebruiken deze bij het geven van invulling aan de SE-eindtermen.

Nask1 is een verplicht vak in de sector techniek en een keuzevak in de andere sectoren. Voor de basis- en kaderberoepsgerichte leerweg geldt dat de leerlingen naast het beroepsgerichte vak en de daarbij horende verplichte vakken, meestal geen keuzevak meer hebben. In de gemengde/theoretische leerweg kiest de leerling één tot drie keuzevakken.

### **Beoogd curriculum natuurkunde tweede fase**

Het vak natuurkunde is een verplicht profielvak in het profiel Natuur en Techniek. Het neemt daar een plaats in naast wiskunde B, scheikunde en één profielkeuzevak, te kiezen uit wiskunde D, biologie, informatica en NLT en op technasia O&O. De school mag beslissen of een profielkeuzevak aangeboden wordt, profielvakken moeten aangeboden worden.

In het profiel Natuur en Gezondheid is natuurkunde een profielkeuzevak. In de profielen Economie en Maatschappij (EM) en Cultuur en Maatschappij (CM) is natuurkunde een keuze-examenvak. Het is een school toegestaan om het vak natuurkunde (of gedeelten daarvan, bijvoorbeeld in de vorm van modules) ook in het vrije deel aan te bieden. Natuurkunde wordt in de profielen EM en CM nauwelijks gekozen.

De omvang van het vak natuurkunde is voor havo 400 studielasturen (slu), voor vwo 480 slu. In het schooljaar 2013-2014 is het nieuwe examenprogramma van start gegaan in de vierde klas van havo en vwo. In 2015 is het nieuwe programma voor het eerst geëxamineerd op de

havo, in 2016 op het vwo. De speerpunten van de vernieuwing zijn: actualiteit, relevantie, leerbaarheid en samenhang. In het nieuwe programma komt een aantal nieuwe onderwerpen aan bod, zoals biofysica, geofysica, materialen (havo) en quantumfysica en relativiteit (vwo). Verder is er meer aandacht voor natuurkundig redeneren. 60% van het programma wordt in het CE getoetst, de overige 40% komt alleen in het SE terug.

## Uitgevoerd curriculum

### Uitgevoerd curriculum natuurkunde po

De manier waarop natuurkundeonderwijs in de praktijk wordt uitgevoerd varieert per school, zowel in tijd als in didactische aanpak. Het periodieke peilingsonderzoek (Kneepkens, Van der Schoot & Hemker, 2011) laat zien dat ongeveer 50% van de leraren een keer per maand of minder natuurkundeonderwijs verzorgt en dat de lestijd per maand dan 30-45 minuten bedraagt. Driekwart van de leraren gebruikt een methode om les te geven. Er zijn maar weinig natuurkundeonderwerpen waar leraren echt aandacht aan besteden, dat wil zeggen een onderwerp in twee of meer lessen behandelen. Meestal wordt maar een les besteed aan een onderwerp. Bij natuurkunde en techniek worden onder andere proefjes uitgevoerd. Verder neemt het internetgebruik toe ten opzichte van eerdere peilingen. De tevredenheid van de leraren over de gebruikte methode varieert.

Van de leraren vindt 57% (groep 6), 54% (groep7) en 49% (groep 8) dat het hen soms of vaak aan deskundigheid ontbreekt om goed natuurkunde- en techniek onderwijs te kunnen geven (Kneepkens et al. 2011). Het kennisniveau van leraren zou verbeterd kunnen worden door nascholing. Door de globale beschrijving van de kerndoelen ondervinden leraren bij natuurkunde en techniek problemen bij de uitvoering. Het uitwerken van de kerndoelen in leerlijnen en meer concrete leerdoelen wordt zowel door veel leraren als door schoolleiders en bestuurders als een oplossing gezien. Verder vindt een meerderheid van de leraren het programma voor natuurkunde en techniek overladen (77% in groep 6; 74% in groep 7 en 83% in groep 8).

Om leraren ondersteuning te bieden bij de uitvoering van natuurkunde- en techniekonderwijs zijn op basis van het leerplankader wetenschap en technologie leerlijnen ontwikkeld voor de vaardigheden onderzoeken en ontwerpen (Van Graft et al. 2016; p. 48-53). Methodemakers kunnen deze leerlijnen gebruiken om de onderzoeks-aanpak in hun methodes op te nemen dan wel om bestaande lesactiviteiten hierop aan te passen.

Om de kwaliteit van de instroom op de pabo te verbeteren moeten aspirant-studenten met ingang van het studiejaar 2015-2016 een toelatingstoets maken voor natuurkunde en techniek als zij geen eindexamen hebben gedaan voor natuurkunde (havo) of een mbo 4 diploma hebben.

Om de pabo's te ondersteunen bij de implementatie van wetenschap en technologie, waaronder de onderzoeks- en ontwerpaanpak bij natuurkunde en techniek, is een handreiking ontwikkeld (zie: <http://wetenschapentechnologie.slo.nl/handreiking-voor-de-pabo>).

### Uitgevoerd curriculum natuurkunde onderbouw vmbo, havo, vwo

Doorgaans kiezen docententeams voor een methode. Gebruikte methodes in de onderbouw zijn *Nova*, *Nu voor straks*, *Pulsar*, *Natuurkunde overal*. Ook wordt gekozen voor de methode *Sensor of Explora*, waarin de vakken natuurkunde, scheikunde en techniek binnen thema's in samenhang aan de orde komen. Techniekmethodes zijn *Kijk op techniek*, *Technologisch en Koppeling*. Natuurkunde wordt meestal in de leerjaren 2 en 3 gegeven met een omvang van 2 lessen per week, al heet het in klas 2 vaak 'natuur- en scheikunde' en bevat het ook beperkte scheikunde inhoud. Het vak techniek wordt in het eerste leerjaar gegeven met een omvang van 2 uur per week en soms ook in het tweede leerjaar. De methodes bestaan meestal uit een handboek en een opdrachtenboek/werkboek, waarin naast opdrachten ook practica staan

beschreven. Vaak bevatten de methodes basisstof, keuzestof en extra stof. Docenten laten zich in veel gevallen leiden door de methode en zijn zich niet voldoende bewust van de ruimte die er in de onderbouw is voor het maken van eigen keuzes.

Door een deel van de docenten wordt eigen materiaal ontwikkeld. Dat wordt bijvoorbeeld gedeeld via de vakcommunities en Wikiwijs. Ook in samenwerking met SLO zijn lesvoorbeelden ontwikkeld om een doorgaande lijn voor onderzoeken en ontwerpen te ontwikkelen in natuurwetenschappelijke vakken (Spek & Rodenboog-Hamelink, 2011)

Scholen waar onderzoeken als vak of training op het programma staat (bijvoorbeeld Technasium-scholen), zoeken de samenhang in de natuurwetenschappelijke vakken.

Uit de onderbouwmonitor (Onderbouw-vo, 2008) blijkt dat vmbo-scholen vrij sterk ingezet hebben op het creëren van leergebieden, terwijl havo/vwo-scholen de samenhang door middel van vakoverstijgende projecten willen bereiken. In totaal biedt 16% van de scholen het brede leergebied mens en natuur aan, nog eens 12% het leergebied mens en zorg (biologie/verzorging) en 12% het leergebied mens en techniek (natuurscheikunde/techniek).

Er is geen recent onderzoek beschikbaar gericht op de invulling van het vak in de onderbouw van het vo.

Het vak techniek en in nog sterkere mate het vak verzorging is op weinig scholen nog een apart vak en wordt vaak geïntegreerd met een ander vak of leergebied. In de praktijk blijkt dan meestal dat voor de kerndoelen van techniek en verzorging minder of geen aandacht is.

In het vmbo wordt in het algemeen in beide leerjaren van de onderbouw biologie gegeven.

Natuurkunde volgen de leerlingen in het algemeen in leerjaar 2. Techniek en verzorging worden heel wisselend in de verschillende leerjaren aangeboden.

Bij havo-vwo worden biologie, natuurkunde en scheikunde meestal aangeboden in twee van de drie leerjaren. Ook hier is het wisselend of techniek en verzorging worden aangeboden.

### **Uitgevoerd curriculum nask1 bovenbouw vmbo**

Docenten kiezen als leidraad in de meeste gevallen voor een methode. Gebruikte methodes in het vmbo zijn *Nu voor straks*, *Natuurkunde overal*, *Nova* en *Pulsar*. Deze methodes bieden naast een papieren versie ook (extra) digitale lesmaterialen. In de methodes zijn meestal verwijzingen te vinden naar de eindtermen. Meestal wordt nask1 themagericht aangeboden, dat is in titels van hoofdstukken terug te vinden, bijvoorbeeld 'Temperatuur en warmte' of 'Geluid maken en geluid horen'. Dit themagerichte aanbod past goed bij de indeling van de eindtermen. Een deel van de docenten ontwikkelt eigen materiaal. Dat wordt bijvoorbeeld gedeeld via het Vaklokaal Natuurkunde (<http://wp.digischool.nl/natuurkunde/>) en Wikiwijs (<https://zoeken.wikiwijs.nl/startpagina/vo-natuurkunde>) hoewel er op deze websites vaak meer aandacht is voor havo/vwo dan voor het vmbo.

Leerlingen kiezen vaker biologie dan nask 1 en nask 2 (zie tabel gerealiseerd curriculum). Dat is te verklaren doordat biologie bij twee sectoren (Groen en Zorg & Welzijn) een verplicht vak is. In de praktijk wordt bij de schoolexamens voor nask 1 alle CE-stof ook in het SE getoetst. Veel docenten gebruiken oude CE-opgaven in het SE; zo kan het schoolexamen ook gezien worden als goede examentraining. Daarnaast worden leerlingen in het schoolexamen getoetst op natuurkundige vaardigheden, zoals onderzoeken, experimenteren en ontwerpen. De kwaliteit van deze praktische opdrachten en de beoordeling daarvan is wisselend.

Nask1 heeft in de bovenbouw van het vmbo meestal de beschikking over 3 à 4 lessen per week per leerjaar.

### **Uitgevoerd curriculum natuurkunde tweede fase**

Docenten laten zich veelal leiden door een methode. De keuzevrijheid in het programma wordt nauwelijks gebruikt. Deels door onbekendheid van deze mogelijkheid, deels door het traditionele denken over het lesprogramma.

Bij natuurkunde is er keuze voor circa zes methodes; veelgebruikte methodes zijn *Systematische Natuurkunde*, *Newton*, *Pulsar* en *Nova*. De uitgevers hebben hun keuze voor de

keuze-onderwerpen óf opgenomen in de boeken óf in aparte katernen uitgebracht. Uitgevers bieden soms ook een digitale versie van de methode aan, soms bieden zij alleen digitale ondersteuning aan bij de methode.

Uit de nulmeting kwamen de volgende gegevens over natuurkunde in de bovenbouw naar voren (tabel1):

Tabel 4. *Tijdsbesteding natuurkunde in minuten en lessen per week per type onderwijs.*

type onderwijs	aantal lessen van 50 min (per week)
havo 4-5	3-3 tot 4-4
vwo 4-5-6	3-3-3

Het aspect van de beoogde vernieuwing met betrekking op algemene principes en wetmatigheden komt volgens zowel docenten als leerlingen al regelmatig aan bod. Aspecten van ANW worden op dit moment minder vaak onderwezen binnen de natuurkundelessen. SLO heeft in het project Monitoring invoering nieuwe examenprogramma's in 2014 een tussenmeting (Folmer et al., 2015) uitgevoerd. De gegevens zijn verzameld onder docenten en leerlingen. Volgens de nulmeting geven de docenten aan dat zij voornamelijk klassikaal lesgeven of leerlingen individueel of in kleine groepjes begeleiden. 40% van de docenten komt regelmatig in tijdnoed. Het schrappen van tijdrovende werkvormen (bijvoorbeeld groepswork en practica) en minder tijd besteden aan contexten zijn dan de meest gekozen oplossing. Ook volgt uit de nulmeting dat docenten leerlingen in meer dan de helft van de lessen sommen laten maken. Er is aandacht voor practicum, natuurwetenschappelijk onderzoek, redeneren en beargumenteren van eigen mening door leerlingen, maar er is weinig aandacht voor ontwerpen en modelleren.

Docenten geven aan dat ze goed op de hoogte zijn van de vernieuwing en vinden dat deze vooral in de inhoud zit. Toch heeft meer dan de helft de manier van lesgeven veranderd. Het gaat dan meestal om het uitbreiden van het gebruik van contexten of practica. Contexten worden met name gebruikt om vakinhoud te illustreren of te introduceren.

## Gerealiseerd curriculum

### Gerealiseerd curriculum natuurkunde po

Voor wereldoriëntatie biedt Cito een facultatieve eindtoets aan voor leerlingen in groep 8 waarin opgaven voor natuurkunde, inclusief weer en heelal, zijn opgenomen. Ongeveer 65% van de basisscholen doet mee aan de toets, aldus een medewerker van Cito in 2013, maar deze telt niet mee bij de determinatie van leerlingen voor het vervolgonderwijs. Dat is een belangrijke reden waardoor deze toets, en daarmee het zaakvakonderwijs, een lagere status heeft binnen het basisonderwijs. De toetsresultaten geven wel een beeld van wat leerlingen van groep 8 aan kennis meenemen naar het vo. De standaard Minimum (met als beoogd resultaat dat 90-95% van de leerlingen deze toetsvragen goed kan beantwoorden) voor natuurkunde wordt gehaald door (bijna) 86% van de leerlingen. In het voorgaande peilingsonderzoek lag dat percentage op 90% (Thijssen, Van der Schoot, Verhelst, & Hemker, 2004). Voor techniek ligt dat percentage tussen 70% en 78%, ruim onder het beoogde van 90-95%. Voor de standaard Voldoende (beoogd resultaat 75%) is de situatie nog minder rooskleurig. Voor natuurkunde haalt slechts 45% van de leerlingen het niveau, terwijl dat voor 75% van de leerlingen zou moeten gelden. Voor techniek haalt slechts 22% van de leerlingen de standaard Voldoende, een discrepantie van meer dan 50%. Ten opzichte van het voorgaande peilingsonderzoek dat uitgevoerd is in 2002 laten de prestaties van leerlingen voor zowel natuurkunde als voor techniek een daling zien (Thijssen et al., 2004).

De resultaten in het internationaal vergelijkende onderzoek TIMSS (Meelissen, Netten, Drent,

Punter, Droop, & Verhoeven, 2012) onder leerlingen in groep 6 laat een significante stijging van de prestaties zien die vooral is toe te schrijven aan verbeterde resultaten in natuurkunde (en scheikunde). Het TIMSS-onderzoek dat in 2015 is uitgevoerd laat een tegengestelde uitkomst zien. De prestaties zijn ten opzichte van 2011 naar beneden gegaan, hetgeen is toe te schrijven aan de slechte prestaties voor natuurkunde (Meelissen & Punter, 2016).

Daarnaast is in 2011 een significante daling geconstateerd in het percentage excellent presterende leerlingen t.o.v. de meting in 1995, van 6% naar 3%. Meelissen (et al., 2012) concludeert dan ook dat het lijkt dat het Nederlandse onderwijs in staat is om zwakkere leerlingen op een basisoniveau te brengen, maar moeite heeft om beter presterende leerlingen te laten excelleren. Ook in 2015 is het percentage leerlingen dat excellent presteert 3% (Meelissen & Punter, 2016).

In gesprekken van de Verkenningcommissie Wetenschap en Technologie Primair Onderwijs met schoolbestuurders uit het basisonderwijs blijkt dat de Inspectie onvoldoende toeziet op de uitvoering van het zaakvakonderwijs. Schoolbestuurders worden in het inspectiegesprek niet aangesproken op de kwaliteit van het zaakvakonderwijs in scholen die onder hun bestuur vallen. Ook hebben schoolbestuurders behoefte aan een handreiking om met schoolleiders in gesprek te gaan over wetenschap en techniek, waar het domein natuur en techniek deel van uit maakt. Daartoe zijn door de verkenningcommissie aanbevelingen opgenomen in haar adviesrapport. (Verkenningcommissie wetenschap en technologie primair onderwijs, 2013).

#### **Gerealiseerd curriculum natuurkunde onderbouw vmbo, havo, vwo**

Er is, behalve de PISA-scores (Feskens, Kuhlemeier, & Limpens, 2016) niet veel bekend over de leerprestaties van het leergebied mens en natuur in de onderbouw.

Voor natuurwetenschappen scoren Nederlandse leerlingen bovengemiddeld, 509 punten. Binnen de EU scoren alleen Finland en Estland significant beter; Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Ierland, Slovenië en Zwitserland scoren niet significant anders. De score voor natuurwetenschappen is wel, na een periode van stabiliteit, significant gedaald. Deze daling concentreert zich met name onder vmbo-leerlingen. (SLO, 2017) In het PISA-onderzoek valt natuurkunde onder het vakdomein 'niet levende natuur'. Op dit vakdomein scoorden Nederlandse leerlingen in 2006 uitzonderlijk goed (531), maar zijn de scores nu sterk gedaald (511).

#### **Gerealiseerd curriculum natuurkunde (nask1) bovenbouw vmbo**

De examenuitslagen van nask1 zijn hieronder weergegeven ([www.cito.nl](http://www.cito.nl)). Per leerweg is aangegeven wat de bandbreedte in het gemiddelde cijfer is voor nask1 in het tijdvak 2010-2015, samen met het percentage van de leerlingen dat een onvoldoende heeft gehaald.



Tabel 5. Examenuitslagen nask (bron:

[https://www.duo.nl/open\\_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig en

[http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale\\_examens/examenverslagen/oude\\_verslagen](http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale_examens/examenverslagen/oude_verslagen))

<b>vmbo bb</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	31	-	1,0	6,4	6,3
<b>2013</b>	29	-	1,1	6,4	6,3
<b>2014</b>	29	9	1,1	6,4	6,4
<b>2015</b>	29	32	1,6	6,4	6,4
<b>2016</b>	29	-	2,0	6,5	6,3
<b>vmbo kb</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	26	27	2,3	6,2	6,2
<b>2013</b>	25	28	1,5	6,2	6,2
<b>2014</b>	25	31	0,9	6,2	6,2
<b>2015</b>	25	29	1,3	6,1	6,2
<b>2016</b>	26	29	1,7	6,2	6,2
<b>vmbo gl</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE*	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	32	19	1,7	6,4	6,4
<b>2013</b>	29	22	1,0	6,1	6,4
<b>2014</b>	31	21	0,5	6,2	6,4
<b>2015</b>	33	19	1,4	6,3	6,4
<b>2016</b>	35	22	1,3	6,3	6,4
<b>vmbo tl</b>					
	% leerlingen	% onvoldoende CE <sup>1</sup>	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	28	19	1,7	6,5	6,4
<b>2013</b>	28	22	1,0	6,3	6,4
<b>2014</b>	30	21	0,5	6,4	6,4
<b>2015</b>	31	19	1,4	6,4	6,4
<b>2016</b>	32	22	1,3	6,5	6,4

\* van vmbo gl en tl examenkandidaten samen

Ten opzichte van andere examenuitslagen is nask1 een gemiddeld vak wat betreft het percentage onvoldoendes, bij BB 21%, bij KB en GT rond de 26%. De doorstroom van leerlingen van vmbo naar mbo geeft geen specifieke problemen voor het vak nask1. De aansluiting is goed. Er is voor de verschillende vakken (waaronder nask1) onderzocht hoe de doorlopende leerlijn naar havo is op het gebied van inhouden en vaardigheden (Jansma, van Kleunen, Schmidt, 2011). Voor nask1 is de overstap van vmbo-tl naar havo inhoudelijk geen probleem. Wel zal er speciale aandacht gegeven moeten worden aan natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen, in het bijzonder onderzoeksvaardigheden.

### Gerealiseerd curriculum natuurkunde tweede fase

De examenresultaten van 2012-2016. De gemiddelde examenresultaten SE en CE van de afgelopen jaren zijn stabiel (tabel 3).

Tabel 6. *Examenresultaten leerlingen havo/vwo 2012-2016. (bron: [https://www.duo.nl/open\\_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig en [http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale\\_examens/examenverslagen/oude\\_verslagen](http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale_examens/examenverslagen/oude_verslagen))*

havo					
	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	26	15	1,2	6,7	6,3
<b>2013</b>	26	18	1,3	6,6	6,3
<b>2014</b>	27	24	1,3	6,2	6,4
<b>2015</b>	28	22	1,2	6,4	6,3
<b>2016</b>	30	23	1,2	6,5	6,3
vwo					
	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	51	23	1,1	6,5	6,6
<b>2013</b>	51	21	1,0	6,5	6,6
<b>2014</b>	51	22	0,4	6,4	6,6
<b>2015</b>	52	19	0,9	6,5	6,7
<b>2016</b>	53	21	1,7	6,5	6,6

De praktijk bij de schoolexamens is dat alle CE-stof ook in het SE aan de orde komt, ten eerste omdat veel CE- en SE-onderwerpen sterk vervlochten zijn in het aanbod en ten tweede omdat het als goede examentraining gezien wordt. Veel docenten gebruiken oude CE-opgaven in het SE. De kwaliteit van deze opdrachten en de beoordeling daarvan is wisselend. De ervaring leert dat beheersing van wiskunde een belangrijke rol speelt in de resultaten die leerlingen behalen voor natuurkunde. Leerlingen met wiskunde A halen in het algemeen iets lagere resultaten.

### Knelpunten

#### Po

De staat van het natuurkunde-onderwijs op het po is zorgwekkend. Vaak is niet meer dan 45 minuten per maand beschikbaar en het programma wordt dan ook als overladen ervaren. De prestaties van leerlingen in groep 8 voor natuurkunde, en nog meer voor techniek, liggen onder de volgens PPON beoogde normen. Ze laten in 2010 een daling zien ten opzichte van het voorgaande peilingsonderzoek (2001). De prestaties van het TIMSS-onderzoek, dat plaatsvond bij leerlingen van groep 6, zijn wisselend. De prestaties waren in 2011 significant hoger dan in 2007 en zijn in 2015 terug op het niveau van 2007. Het po kent geen vakdocenten. Leraren geven zelf aan dat zij over onvoldoende kennis van het vak beschikken. Hierdoor zijn problemen die in meerdere sectoren spelen – hoe om te gaan met de zeer globaal geformuleerde kerndoelen en hoe vorm te geven aan (de beoordeling van) experimenten, ontwerpen en modelleren – extra ernstig in het po.

### *Onderbouw vo*

Ook in de onderbouw speelt de (te) globale formulering van de kerndoelen, waardoor docenten alleen in de methode houvast vinden. Er is daardoor te weinig aandacht voor onderzoekend leren, ontwerpen en modelleren; ook omdat het valide en betrouwbaar beoordelen van deze vaardigheden door veel docenten lastig wordt gevonden.

### *Bovenbouw vmbo*

Een doorgaande leerlijn vaardigheden in het vmbo is een aandachtspunt. Er is door het CE veel aandacht voor de kenniscomponent van nask1, terwijl onderzoekend leren, natuurkundig denken en instrumentele vaardigheden in een doorgaande lijn van belang zijn voor de loopbaan van leerlingen. Ook zou het vak natuurkunde een rol kunnen spelen door meer ondersteunend te zijn bij de beroepsgerichte vakken in de sector techniek. Dit geeft leerlingen de mogelijkheid om inzicht te krijgen in het belang van het vak.

### *Tweede fase*

De nieuwe examenprogramma's zullen een aantal culturomslagen bij docenten moeten veroorzaken. Zo zal het examen veel minder rekenwerk bevatten dan hiervoor en is ook het SE-percentage van het programma flink toegenomen. De vaardigheden ontwerpen en modelleren zijn in het nieuwe programma belangrijk en worden in de lespraktijk nog onderbelicht; hetzelfde geldt voor onderzoekend leren, dat veel minder nieuw is. Het moeilijk toetsbare karakter van deze vaardigheden speelt daar een belangrijke rol bij.

## **2.4 Scheikunde**

### **Inleiding**

Scheikunde vormt geen onderdeel van het natuuronderwijs in het po. Het wordt voor het eerst onderwezen in de onderbouw vo. Scheikunde als vak heeft een duidelijke plek in de bovenbouw vmbo (nask2) en de bovenbouw havo/vwo. De plek in de onderbouw voor scheikunde is minder duidelijk. Binnen de bovenbouw havo/vwo is het een verplicht onderdeel van de natuurprofielen, zowel voor Natuur en Gezondheid als Natuur en Techniek. In de onderbouw zien we scheikunde als domein in veel verschillende vormen terug. In sommige gevallen is het een vak dat alleen in de derde klas wordt gegeven (onderbouw havo/vwo), in andere gevallen worden natuur- en scheikunde vaak gecombineerd aangeboden (onderbouw vmbo). In het po is er de mogelijkheid scheikunde binnen het domein Wetenschap en Technologie aan de orde te stellen. Het gaat hierbij om het onderwerp 'eigenschappen van materialen' dat een klein onderdeel vormt van het domein.

Op havo/vwo is er recent een nieuw examenprogramma doorgevoerd. Dit nieuwe examenprogramma is in september 2013 ingevoerd in 4 havo/vwo. In schooljaar 2013/2014 was het oude examenprogramma voor het laatst in 5 havo en in 2014/2015 was het oude examenprogramma nog in 6 vwo van toepassing, bezemklassen buiten beschouwing gelaten. Het oude scheikundeprogramma is wel gekarakteriseerd als een 'lapjesdeken'; opeenvolgende vernieuwingen hebben het vanuit historisch perspectief opgebouwde programma versnipperd. Leerlingen vonden het programma te abstract, vol losse feiten, te veel gegochel met formules en onsamenhangend. Ze zagen geen relatie met de andere natuurwetenschappelijke vakken en nog minder het verband tussen wat ze op school over scheikunde leren en de (scheikundige) werkelijkheid van de wereld om hen heen. Daarnaast bood het schoolvak hen ook geen beeld van de carrièreperspectieven in of buiten de chemische beroepssector na een vervolgstudie waarvoor scheikundekennis nodig is.

Vanaf 2002 is *evidence-based* gewerkt aan een nieuw en vernieuwend en (continu) vernieuwbaar examenprogramma scheikunde, een programma dat past bij de scheikunde van

de 21e eeuw, vanuit een context-concept benadering, voor havo en vwo (Commissie Vernieuwing Scheikunde 2003). De formulering is dusdanig open opgesteld dat het programma zich kan blijven vernieuwen, aansluitend bij de actualiteit. Tegelijkertijd geeft het wel voldoende richting voor het maken van centrale en schoolexamens. Om recht te doen aan de verschillen tussen havo- en vwo-leerlingen zijn er afzonderlijke examenprogramma's. Voor havo meer toepassingsgericht en voor vwo meer onderzoeksgericht.

Om daadwerkelijke vernieuwing kans van slagen te geven is er voortdurend werk gemaakt van een breed draagvlak. Vandaar de keuze voor een bottom-up ontwikkelingsproces samen met docenten en toa's en ondersteund door coaches uit universiteiten, hogescholen en lerarenopleidingen en organisaties zoals de VNCI, C3, KNCV, NVON en KNAW. Zowel in het natuurwetenschappelijk onderzoek als in het bedrijfsleven zijn er de komende decennia stormachtige ontwikkelingen te verwachten, juist op de snijvlakken van vakgebieden en precies daar zijn grote innovaties te verwachten. Het examenprogramma sluit aan bij deze ontwikkelingen, afstemming en samenhang met de andere natuurwetenschappen is daarbij belangrijk.

Het examenprogramma voor nask2 is in 2003 ingevoerd en sindsdien niet vernieuwd. Het vak wordt in de bovenbouw van het vmbo alleen in de gemengde/theoretische leerweg (gt) gegeven. In de onderbouw havo-vwo wordt scheikunde vaak als vak aangeboden. In de onderbouw vo wordt scheikunde vaak geïntegreerd in het vak science of nask. Het vak nask2 bevat louter scheikunde, nask1 natuurkunde.

## Beoogd curriculum

### **Beoogd curriculum scheikunde in de onderbouw/bovenbouw vmbo (nask2)**

Nask2 is een keuzevak. Scholen geven aan het aantal leerlingen dat kiest voor nask2 uiteindelijk rond of net iets boven de 20% ligt en (nagenoeg) gelijk blijft of enigszins stijgt (ter vergelijking op havo/vwo deed in 2015 56% examen in het vak scheikunde). Redenen om het vak niet te kiezen hebben te maken met het vermeende moeilijke karakter van het vak, en het feit dat het niet verplicht is om door te stromen naar het mbo. Daarnaast speelt de relatieve onbekendheid en het vroege keuzemoment een rol bij de keuze voor nask2 (Abbenhuis, 2012). Nask2 is doorstroomrelevant voor het middelbaar laboratoriumonderwijs, maar ook voor de opleiding tot apothekersassistent, opleidingen in de procestechniek en voor doorstroom naar havo (Berger & Bal, 2012).

De kennisbasis voor natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw (Ottevanger et al., 2014) is in 2014 gepubliceerd om meer houvast, richting en inspiratie te bieden zonder iets op te leggen. Uit contacten met docenten blijkt dat het ook zo wordt ervaren. Het is aan de scholen zelf om te bepalen hoe het onderwijs ingericht kan worden: als aparte vakken of in samenhang (in welke vorm dan ook). Scheikunde is een van de vakken in dit leerplankader, naast natuurkunde, biologie, fysische geografie en technologie. Bij de ontwikkeling van de kennisbasis is gebruikgemaakt van de manier van werken en denken die natuurwetenschappers en technici gemeen hebben. Die werk- en denkwijzen worden gebruikt om op een nieuwe manier naar vakinhouden te kijken. Dit maakt vakoverstijgend werken makkelijker en biedt kansen om talentontwikkeling te stimuleren.

### **Beoogd curriculum scheikunde in de tweede fase**

*Nieuwe examenprogramma's scheikunde voor havo en vwo*

Met ingang van het schooljaar 2013/14 is het examenprogramma (nieuwe) scheikunde in de vierde klassen van havo en vwo landelijk ingevoerd. Het havo- en vwo-programma is bewust verschillend opgebouwd; het havo-programma is geen 'slap aftrekse' van het vwo-programma (zogenaamde theezakjesmodel). Een voorbeeld is de plek van groene chemie in het programma. In het havoprogramma heeft dit thema een plek binnen het domein Maatschappij

(domein G) en is het een onderdeel van het schoolexamen. In het vwo-programma daarentegen is groene chemie een onderdeel van het centraal examen binnen het domein industriële processen (domein F). Er is bovendien onderscheid gemaakt in de vereiste beheersingsniveaus en handelingswerkwoorden van de verschillende (sub)domeinen en specificaties, door gebruik te maken van de indeling in *cognitive domains*, die gebaseerd zijn op *scientific competencies* en opgesteld door en gehanteerd binnen het internationale PISA-onderzoek *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS).

De examenprogramma's zijn gebaseerd op de context-concept benadering en vormen een bouwwerk van robuuste (kern)concepten. Door variatie in contexten kan dit programma blijven aansluiten bij actuele ontwikkelingen in de samenleving, de wetenschap en kenniseconomie en kan het programma recht doen aan verschillen tussen leerlingen met een NG- en NT-profiel. In domein A worden de vaardigheden beschreven, de domeinen B t/m D zijn meer conceptueel gericht en de domeinen E t/m G meer context gericht. De nieuwe programma's leggen (meer) accent op redeneren in termen van context-concept en structuur-eigenschappen relaties (ook wel micro-meso-macro-denken of heen-en-weer-denken genoemd). De meest in het oog springende nieuwe onderwerpen zijn: duurzaamheid, groene chemie, nieuwe materialen en energieomzettingen.

Scheikunde is een verplicht vak in de natuurprofielen (NG en NT) en kan als keuzevak gekozen worden door leerlingen met het profiel CM of EM. De examenstof is voor leerlingen in beide natuurprofielen identiek, de centrale examens ook. Dit geldt zowel voor havo als vwo. Sinds 2007 is er voor het vak scheikunde sprake van een 60%-40%-verdeling van de eindtermen over centraal examen en schoolexamen. Het is een school toegestaan om het vak scheikunde (of gedeelten daarvan) ook in het vrije deel aan te bieden. De studielast van het scheikundeprogramma voor havo beslaat in totaal 320 slv, waarvan 192 slv voor CE en 128 slv voor SE, voor vwo is dat in totaal 440 slv, waarvan 264 slv voor CE en 176 slv voor SE.

## Uitgevoerd curriculum

### Uitgevoerd curriculum scheikunde in vmbo onderbouw en bovenbouw

Docenten geven aan tevreden te zijn over de inhoud van het vak zoals dat nu gegeven wordt binnen de school. Het examenprogramma is evenwichtig van opbouw en biedt de mogelijkheid om 'datgene te vertellen dat ik wil vertellen' (Abbenhuis, 2012, p. 10). Ook vinden docenten dat leerlingen een goede basis krijgt voor vervolgopleidingen. Docenten geven ook aan dat, over het gehele vmbo gezien, scheikunde relatief steeds minder uren lijkt te krijgen, 'het aandeel scheikunde is binnen nask (in de onderbouw) vrijwel nihil'. Dat geldt ook voor de methode waar de focus in nask veel meer op natuurkunde is dan op scheikunde.

Abbenhuis (2012) geeft aan dat bevroegde docenten niet echt enthousiast zijn over nask in de *onderbouw* van het vmbo. Het vak wordt saai en weinig praktisch aangeboden, men is kritisch over het niveau en de diepgang van het vak en kritisch over het niveau van de leraren. Nask in de onderbouw heeft niet bijgedragen aan het kiezen van nask2 in de bovenbouw. Het vak in de onderbouw wordt als niet echt inspirerend ervaren: te theoretisch, te weinig praktisch en onduidelijk wat je er mee kunt. Experimenten zijn vaak gedateerd, en zouden 'best spannend (mogen) zijn en daar waar mogelijk een wauwgevoel geven, zeker als leerlingen bij practica eigen onderzoek doen' (NVON-commissie NaSk2 en Nieuwe Scheikunde, 2011, p.3).

In de praktijk zijn reparatieoplossingen ontstaan voor de problemen die bij de doorstroming van vmbo naar mbo en havo optraden. Docenten op het mbo gaan ervan uit dat leerlingen nask2 niet hebben gevolgd, waardoor de leerlingen die nask2 wel hebben gevolgd, het vak op het mbo voor een tweede keer krijgen aangeboden. Bij doorstroom van vmbo naar havo verschilt de aanpak van nask2 en scheikunde op havo, het is theoretischer en behandelt wat andere onderwerpen. Bij doorstroom naar de N-profielen op havo moet altijd 'gerepareerd' worden (Berger & Bal, 2012).

### **Uitgevoerd curriculum scheikunde in onderbouw vo havo en vwo**

Scheikunde in onderbouw vo (havo/vwo) krijgt vooral vorm in de derde klas. In de meeste gevallen gebruiken docenten daarbij een van de beschikbare methodes. Andere docenten proberen met eigen lesmaterialen of materialen scheikunde aan te bieden op een manier die aansluit bij scheikunde in de tweede fase. De vernieuwingscommissie nieuwe scheikunde heeft ook steeds voor dat laatste geijverd en daartoe ook modules voor de derde klas ontwikkeld, beschikbaar via <http://nieuwescheikunde.nl/Publicaties/Inventarisatie/>.

### **Uitgevoerd curriculum scheikunde in de tweede fase**

Tijdens de ontwikkeling van het nieuwe examenprogramma is veel experimenteel lesmateriaal (circa vijftig modules) gemaakt. Verschillende modules worden nog steeds gebruikt en sommige worden aangepast en doorontwikkeld in (voormalige pilot)scholen en docentontwikkelteams (dots). Ook worden zo nu en dan nog nieuwe modules geproduceerd.

Deze modules vormden het fundament voor de uitgevoerde onderwijsprogramma's in het examenexperiment. De modules vormen een vertrekpunt voor docenten die daarmee een eigen schoolcurriculum kunnen ontwerpen/arrangeren. Afhankelijk van de onderwijsvisie van school/docenten en de door hen gekozen invulling van de eindtermen in het eigen schoolcurriculum ontstaan verschillende leerroutes door het programma, hetgeen geresulteerd heeft in verschillende voorbeeldleerlijnen (bont, geel, blauw en groen) met een eigen didactische aanpak.

De voormalige pilotscholen werk(t)en vrijwel uitsluitend met eigen lesmateriaal (modules) meestal uit één voorbeeldleerlijn, soms aangevuld met een boek van een uitgeverij als naslagwerk. Met behulp van het uitgeteste lesmateriaal is een *Overzicht van concepten en vakbegrippen* gemaakt (Stuurgroep Nieuwe Scheikunde, 2010), dat gerelateerd is aan het (nieuwe) examenprogramma en de syllabus. Veel scholen hebben ter voorbereiding op de invoering van de nieuwe examenprogramma's een of meerdere modules binnen het toen vigerende curriculum uitgevoerd.

Er zijn verschillende (papieren en digitale) methodes voor havo en vwo op de markt. Naast de ontwikkelde modules die door docenten zelf tot een schoolcurriculum gearrangeerd kunnen worden en de uitgewerkte voorbeeldleerlijnen, is uitgeverij Malmberg met een nieuwe methode *Nova Scheikunde* gekomen en Noordhoff Uitgevers met *Chemie* (een doorontwikkeling van *Pulsar Chemie*) en *Chemie Overal* (een doorontwikkeling van de oude *Chemie Overal*). Verder biedt vo-content stercollecties aan, digitaal modulair lesmateriaal (een doorontwikkeling van een aantal bestaande modules). Daarnaast is een deel van de modules beschikbaar via Wikiwijs; docenten kunnen het materiaal zelf aanpassen aan eigen inzichten en behoeften. De methodes verschillen onderling, sommige zijn vernieuwend, anderen meer behoudend. Pilotdocenten en moduleontwikkelaars vinden in het algemeen dat de vernieuwing onvoldoende gestalte gekregen heeft in de nu beschikbare delen van de methodes. In de nulmeting (Michels, 2014) geven vrijwel alle docenten aan dat ze in ruim de helft van de lessen een leerboek gebruiken, aangevuld met losse blaadjes of modules, pilot modules worden weinig gebruikt.

Uit het Nieuwe Scheikunde project is gebleken dat kwaliteitsborging van onderwijsmateriaal in hoge mate bijdraagt aan de appreciatie van vernieuwing. Een voortdurende evaluatie en (door)ontwikkeling van (nieuw) onderwijsmateriaal (modules) komt niet alleen de kwaliteit ten goede, maar bevordert de professionaliteit van de betrokken docenten. Bovendien blijft het uitgevoerde curriculum op deze manier aansluiten bij de actualiteit. Het opzetten van dots en het vormen van learning communities van docenten in vaksteunpunten, waarin hoger onderwijs, vo en industrie samenwerken, bieden een goede mogelijkheid om de vernieuwing en de kwaliteit daarvan te borgen.

Er is in het vo geen uniforme regel voor het omrekenen van studielasturen naar wekelijkse lessen (van vijftig minuten). De tabel hieronder geeft een overzicht. Leerlingen met een CM- of EM-profiel kiezen in de praktijk geen scheikunde in de vrije ruimte.

Tabel 7 Gemiddelde tijdsbesteding scheikunde in lessen per week verdeeld over leerjaren.

type onderwijs	aantal lessen van 50 min (per week)
havo 4-5	3-3
vwo 4-5-6	2-3-3 tot 3-3-3

Uit de nulmeting (Michels et al., 2014) blijkt dat scheikundedocenten de onderwerpen die behandeld worden in de klas vooral conceptueel aanduiden, en niet formuleren als contexten. Vaardigheden worden in mindere mate genoemd. Docenten maken vooral gebruik van contexten/toepassingen om onderwerpen te introduceren en/of te illustreren.

## Gerealiseerd curriculum

### Gerealiseerd curriculum scheikunde onderbouw vmbo, havo, vwo

Er is, behalve de PISA-scores (Feskens et al., 2016), niet veel bekend over de leerprestaties van het leergebied mens en natuur in de onderbouw.

Voor natuurwetenschappen scoren Nederlandse leerlingen bovengemiddeld, 509 punten. Binnen de EU scoren alleen Finland en Estland significant beter; Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Ierland, Slovenië en Zwitserland scoren niet significant anders. De score voor natuurwetenschappen is wel, na een periode van stabiliteit, significant gedaald. Deze daling doet zich met name voor onder vmbo-leerlingen. (SLO, 2017) In het PISA-onderzoek valt scheikunde onder het vakdomein 'niet levende natuur'. Op dit vakdomein scoorden Nederlandse leerlingen in 2006 uitzonderlijk goed (531), maar zijn de scores nu sterk gedaald (511).

### Gerealiseerd curriculum nask2 (scheikunde) in vmbo

De examenuitslagen van nask2 zijn hieronder weergegeven.

Tabel 8. Examenuitslagen nask2 (bron:

[https://www.duo.nl/open\\_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig en

[http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale\\_examens/examenverslagen/oude\\_verslagen](http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale_examens/examenverslagen/oude_verslagen))

#### vmbo gl

	% leerlingen	% onvoldoende CE <sup>1</sup>	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
2012	8	22,0	0,8	6,2	6,3
2013	8	19,6	0,2	6,1	6,4
2014	8	25,6	0,8	6,3	6,4
2015	9	22,1	0,8	6,2	6,4
2016	8	23,4	1,2	6,3	6,4

### vmbo tl

	% leerlingen	% onvoldoende CE*	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	18	22,0	0,8	6,4	6,4
<b>2013</b>	19	19,6	0,2	6,2	6,4
<b>2014</b>	20	25,6	0,8	6,4	6,4
<b>2015</b>	21	22,1	0,8	6,3	6,4
<b>2016</b>	22	23,4	1,2	6,4	6,4

\* van vmbo gl en tl examenkandidaten samen

Ten opzichte van andere examenuitslagen is nask2 een gemiddeld vak wat betreft het percentage onvoldoendes, namelijk rond de 24%. De doorstroom van leerlingen van vmbo naar mbo en havo geeft geen specifieke problemen voor het vak nask2. Wel zal er speciale aandacht gegeven moeten worden, ook vanwege de doorstroom, aan natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen, Dit gaat nu vorm krijgen via de kennisbasis voor natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw (Ottevanger et al., 2014).

### Gerealiseerd curriculum scheikunde in de tweede fase

De examenresultaten van de afgelopen jaren geven aanvankelijk een kleine stijging te zien, maar nemen nu weer iets af (zie tabel 6 hieronder). Het percentage onvoldoendes nam een aantal jaren over de hele linie wat af, maar is nu juist weer wat toegenomen.

Tabel 9. Resultaten centraal examens periode 2010-2016 (bron:

[https://www.duo.nl/open\\_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig en

[http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale\\_examens/examenverslagen/oude\\_verslagen](http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale_examens/examenverslagen/oude_verslagen))

### havo

	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	37	18	1,1	6,5	6,2
<b>2013</b>	40	13	1,5	6,8	6,3
<b>2014</b>	41	16	1,4	6,6	6,3
<b>2015</b>	37	20	1,8	6,4	6,2
<b>2016</b>	42	22	1,7	6,4	6,2

### vwo

	% leerlingen	% onvoldoende CE	N-term	gem. cijfer CE	gem. cijfer SE
<b>2012</b>	55	14	0,5	6,6	6,6
<b>2013</b>	60	14	1,7	6,9	6,6
<b>2014</b>	59	16	1,2	6,8	6,6
<b>2015</b>	60	14	1,7	6,9	6,6
<b>2016</b>	57	19	1,6	6,5	6,6

Wat opvalt, is dat ondanks de relatief hoge N-term in de afgelopen twee jaar het gemiddelde cijfer voor het CE wat achterblijft.

Uit de nulmeting van de monitoring en evaluatie bètavernieuwing (Michels, 2014) blijkt dat docenten vooral gebruikmaken van zelfgemaakte toetsen. Zij gebruiken voor de ontwikkeling



ervan oude examenopgaven. In die toetsen moeten leerlingen meestal berekeningen uitvoeren, veel minder wordt hen gevraagd een mening te beargumenteren. Leerlingen beamen dit. Concepten worden veelal in contexten getoetst. Docenten toetsten in het SE vooral stof die ook in het CE getoetst gaat worden, naast SE-stof. Af en toe wordt ook extra stof die niet in het examenprogramma zit, in het SE getoetst. Differentiatie tussen leerlingen in het SE komt vrijwel niet voor. Docenten zijn tevreden over het niveau van het vak en de prestaties van hun leerlingen, ook al vinden die het vak moeilijk.

## Knelpunten

### Onderbouw vo

In de onderbouw van het vmbo lijkt binnen nask de nadruk vooral te liggen op natuurkunde, ten koste van scheikunde. Dit geldt zowel voor het aantal beschikbare uren als voor de aandacht voor de twee vakken in nask-methodes.

### Bovenbouw vmbo

Nask2 wordt gekarakteriseerd als te theoretisch en te saai. Daarnaast zouden de experimenten gedateerd zijn.

### Tweede fase

Veel docenten vinden het moeilijk de ruimte die hen in het examenprogramma geboden wordt voor het SE-gedeelte ook daadwerkelijk te nemen. Door anderen wordt juist de syllabus als te dichtgetimmerd ervaren, hetgeen onder andere continue doorontwikkeling van het curriculum in de weg staat. De belangrijke rol van het examen zorgt ervoor dat veel onderdelen die alleen of met name onder het SE vallen, zoals samenhang tussen de natuurwetenschappen, andere toetsvormen en praktisch werk niet uit de verf komen. Het doen van praktisch werk wordt ook door de ondersteuning op school – denk aan lokalen, materialen en toa-ondersteuning – gehinderd.

## 2.5 Geïntegreerde vakken in de tweede fase

### Inleiding

Algemene Natuurwetenschappen (ANW), Natuur, Leven en Technologie (NLT) en Onderzoek en Ontwerpen (O&O) zijn vakken in de Tweede Fase waarin kennis van en kennis over natuurwetenschappen en technologie discipline-overstijgend wordt aangeboden. Daarnaast verschilt ook de aard van deze schoolvakken van die van de traditionele natuurwetenschappelijke vakken biologie, natuurkunde en scheikunde.

Naast deze schoolvakken, die in de wet zijn vastgelegd, biedt een deel van de scholen in de vrije ruimte eigen programma's aan op het gebied van natuurwetenschappen en techniek. Een voorbeeld hiervan is het vak 3xO dat een aantal scholen aanbiedt in samenwerking met de lerarenopleiding ELAN aan de Universiteit Twente. Een ander voorbeeld is het vak wetenschapsoriëntatie dat een aantal scholen aanbiedt in samenwerking met de stichting WetenschapsOriëntatie Nederland (WON). Voor meer voorbeelden zie <http://www.platformbetatechniek.nl/programmas>. Geen van deze voorbeelden zijn opgenomen in dit hoofdstuk, alleen de vakken die wettelijk zijn vastgelegd zijn beschreven. In dit hoofdstuk is voor het beoogd, het uitgevoerd en het gerealiseerd curriculum van de drie geïntegreerde vakken (ANW, NLT en O&O sámen) een korte inleiding opgenomen. Dit wordt gevolgd door een uitvoerige beschrijving van elk van de geïntegreerde vakken apárt.

De vakken ANW, NLT en O&O zijn schoolexamenvakken. Daarom liggen de doelen slechts vast in globale eindtermen. Dit betekent dat er veel vrijheid is in de invulling van de vakken (zie

uitgevoerd curriculum). Hierdoor is niet voor iedereen duidelijk wat leerlingen die deze vakken gevolgd hebben, wel of niet geleerd hebben. Sommige docenten en 'afnemers' ervaren dit als knelpunt, anderen juist als bevrijdend ten opzichte van de CE-vakken. Als voorbeeld maakt bij NLT het leren van (nieuwe) natuurwetenschappelijke kennis een belangrijk deel uit van het beoogd curriculum. Het examenprogramma NLT geeft duidelijkheid over het soort kennis door de spreiding over de domeinen C t/m F, maar niet over de specifieke kennis.

## ANW

### Beoogd curriculum ANW

#### *Plaats van het vak*

Algemene Natuurwetenschappen (ANW) is een vak met een omvang van 120 sl. Daarmee is het een zogenaamd 'klein vak', dat sinds 2007 in de slaag/zakregeling wordt opgenomen in het combinatiecijfer van de kleine vakken/onderdelen. Bij de invoering, in 1998, was ANW een verplicht vak voor havo en vwo, geprogrammeerd in het gemeenschappelijk deel. Voor havo is het vak met ingang van 2007 uitgefaseerd uit het gemeenschappelijk deel, voor vwo is dat per 2015 gebeurd.<sup>1,2</sup> Het vak is daarmee niet langer verplicht, maar een school kan het blijven aanbieden als examenvak.

De belangrijkste inhoudelijke invalshoeken van ANW (grote inhoudelijke thema's uit de natuurwetenschappen) zijn voor de natuurwetenschappelijke profielvakken ook in de eindtermen van de examenprogramma's terug te vinden. Waar ANW als vak in het gemeenschappelijk deel alle leerlingen al deze invalshoeken aanbiedt, is dat bij de profielvakken alleen het geval voor wat in de vakken van de keuze van de leerling voorkomt – zo zal een leerling die geen biologie volgt, bijvoorbeeld niet met het domein Biosfeer werken. NVON en SLO onderzochten in 2014 de mogelijkheden voor vwo tot indaling van de ANW-inhoud in de overblijvende vakken van de N- en M-profielen dan wel in de vorm van niet-vakarrangementen. Verbreed naar wetenschapsoriëntatie blijken er diverse mogelijkheden te bestaan om academische vaardigheden in verbinding met wetenschapsfilosofische en -historische inhoud op school een plaats in het curriculum te geven. SLO geeft overzicht van denkbare, en hier en daar ook al gerealiseerde arrangementen op haar portal over [wetenschapsoriëntatie](#). De inhoud van ANW, met name het domein 'Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek' sluit goed aan bij de Kennisbasis Natuurwetenschappen en Technologie (NwenT) voor de onderbouw, al zal de inhoud daar uiteraard bij een ander ontwikkelingsniveau van de leerlingen moeten aansluiten. Overigens is dat domein in de Kennisbasis aanzienlijk verder uitgewerkt dan het examenprogramma ANW.

#### *Visie en doelstellingen*

ANW was bij de invoering van de Tweede Fase bedoeld om behalve bètaleerlingen ook alfa- en gammaleerlingen op havo en vwo, dus de toekomstige hoogopgeleiden, toe te rusten met kennis omtrent grote ideeën uit de natuurwetenschap, en omtrent aard, ontstaan en toepassingen van de natuurwetenschap.

<sup>1</sup> 'Uitfasering' betekent dat het cohort dat in 2007 in 4-havo startte en het cohort dat in 2015 in 4-vwo startte, ANW niet meer op hun examenlijst hoeven te hebben.

<sup>2</sup> Opheffing van ANW als verplicht vak is ingegeven door de wens van ministerie OCW om meer ruimte voor kernvakken te scheppen.

### Examenprogramma

Het examenprogramma omvat vier inhoudelijke domeinen (rond grote ideeën uit de natuurwetenschap) en een domein met eindtermen over aard, ontstaan en toepassingen van de natuurwetenschap, en over oordeelsvorming over zulke toepassingen.

### Karakteristieken

ANW behandelt canonieke inzichten in de domeinen Leven, Biosfeer, Materie en Zonnestelsel en heelal. Een hoofdkenmerk van ANW is dat het gaat over wetenschap (*about science*), in lijn met enkele doelstellingen die sinds 2000 in PISA worden getoetst (procedurele en epistemische kennis). Dat betekent dat het vak zich richt op een aantal kernvragen:

1. Hoe komt wetenschappelijke kennis tot stand?
2. Hoe wordt wetenschappelijke kennis gebruikt?
3. Hoe bepaal je de betrouwbaarheid van wetenschappelijke kennis?
4. Hoe beïnvloeden samenleving en wetenschap elkaar?
5. Mag alles wat kan?

Deze insteek maakt dat het vak voor elk van de typen leerlingen (M- en N-profielers) interessant kan zijn. Voor N-leerlingen blijkt het wel belangrijk om verdieping aan te bieden ten opzichte van de stof uit de reguliere vakken biologie, natuurkunde en scheikunde, anders dreigt het gevaar dat zij ANW als oppervlakkig ervaren.

### Uitgevoerd curriculum ANW

#### Scholen, leerlingen en docenten

Weinig scholen bieden de specifieke inhoud van ANW nog in het uitgevoerd curriculum van havo en vwo aan; een nog steeds groeiende meerderheid van scholen biedt geen ANW meer aan voor de havo, zie tabel 10. De verwachting is dat op vwo meer scholen de wetenschapsfilosofische en -historische inhoud blijven aanbieden, breder dan alleen gekoppeld aan de natuurwetenschappen, omdat daar de belangstelling voor de component wetenschapsoriëntatie groter is. Die belangstelling blijkt bijvoorbeeld uit de grote opkomst bij de conferentie *De w van vwo*, door de KNAW en de VO-raad in november 2015 georganiseerd, in samenwerking met onder andere SLO. Over de vraag in hoeverre en in welke vormen die wetenschapsfilosofische en -historische inhoud vorm krijgt, zijn te weinig gegevens beschikbaar.

Tabel 10. Het aantal scholen dat ANW aanbiedt voor vwo en havo. Bron: DUO

examenjaar	vwo		havo	
	aantal scholen	% alle scholen	aantal scholen	% alle scholen
2012	452	100	75	18
2013	452	100	89	21
2014	452	100	85	20
2015	451	100	80	19
2016	452	100	76	18

Met betrekking tot de bevoegdheid ANW is op dit moment niets geregeld. Dat betekent dat docenten die op 01-08-2006 bevoegd waren voor dit vak, bevoegd blijven. Met betrekking tot benoembaarheid vanaf dat moment geldt, dat die leraren bevoegd zijn die in het bezit zijn van een getuigschrift waaruit blijkt dat zij benoembaar zijn voor dit vak. Het diploma is dus richtinggevend. Het is de bedoeling van het ministerie om met de eerstvolgende update van *de Regeling conversietabel getuigschriften en vakken vo* iets in deze tabel over ANW op te nemen,

met name dat leraren met een eerstegraads bevoegdheid biologie, natuurkunde of scheikunde in ieder geval bevoegd zijn het vak te geven.

#### Lespraktijk

ANW als verplicht vak werd in de regel in het vierde leerjaar gegeven, meestal in twee lessen per week. Hoe scholen die het in de vrije ruimte aanbieden ANW of een variant ervan inroosteren is niet bekend.

De belangrijkste keuze van de docent is of die de inhoud meer encyclopedisch behandelt of meer vanuit de kernvragen.

Op schoolniveau is het PTA een leidend document. Op klassenniveau wordt de onderwijskwaliteit bepaald door de docent, in de regel werkend vanuit het beleid van een vaksectie, voor de ANW-docent vakgroep natuurwetenschappen.

Een groot deel van de scholen gebruikt eigen materiaal. Voor het verplichte vak ANW (tot 2015) hadden de docenten keuze uit vier methodes, *Solar* was het meest gebruikte boek. Deze boeken worden niet meer herzien, dus ze zullen geleidelijk plaatsmaken voor aangepast materiaal.

#### Ondersteuning

Tot 2006 vond jaarlijks een ANW-congres voor leraren plaats. In oktober 2012 is een werkdag georganiseerd, naar aanleiding van de dreigende opheffing van het vak. Daaraan namen 50 docenten deel. In maart en in november 2014 hebben NVON en SLO samen nog conferenties georganiseerd. In november 2015 hebben KNAW en VO-raad de conferentie *De w van vwo* georganiseerd, onder andere in samenwerking met SLO, waar ruim honderd schoolleiders en leraren aan deelnamen. Voor verdere ondersteuning in de toekomst kan de site [www.wetenschapsorientatie.slo.nl](http://www.wetenschapsorientatie.slo.nl) behulpzaam zijn.

#### Gerealiseerd curriculum ANW

De gemiddelde examencijfers in de examenjaren 2009 t/m 2013 vertonen een stabiel beeld: 7,1 à 7,2 op vwo; 6,6 à 6,8 op havo. Zie onderstaande tabel.

Tabel 11. Aantal scholen en leerlingen gemiddelde cijfer SE havo /vwo ANW 2011-2015 (bron [https://www.duo.nl/open\\_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig)

examenjaar	vwo		havo	
	% leerlingen	gem. cijfer SE	% leerlingen	gem. cijfer SE
2012	97	7,1	4	6,7
2013	96	7,1	4	6,8
2014	96	7,1	3	6,8
2015	97	7,1	3	6,9
2016	96	7,2	2	6,9

#### Knelpunten ANW

- Met de opheffing van ANW als verplicht vak, is het de bedoeling dat de aard en inhoud van ANW 'indalen' in andere vakken dan wel schoolspecifieke arrangementen. In het beoogd curriculum van de monovakken is ANW al opgenomen, maar in het uitgevoerd curriculum is dit nog niet gebeurd.
- Ontwikkelde toetsen voor ANW kunnen gebruikt worden als voorbeeldmatige uitwerking van de toetsing van typische ANW-eindtermen, die in de nieuwe examenprogramma's deel uitmaken van de vakken biologie, scheikunde, natuurkunde en van NLT. (Schalk, Paus, & Carelsen, 2015). Ook de ervaring met het maken van schoolexamens binnen ANW kunnen

docenten gebruiken voor het maken van schoolexamens. Sinds de invoering van nieuwe examenprogramma's voor de natuurwetenschappelijke monovakken wordt een omvangrijker deel van de examenprogramma's getoetst in het schoolexamen (voor natuurkunde 40% in plaats van 25%).

## NLT

### Beoogd curriculum NLT

Natuur, Leven en Technologie (NLT) is een interdisciplinair profielkeuzevak in de natuurprofielen. Het heeft in havo een omvang van 320 sluis en in het vwo 440 sluis. Het vak werd in 2007 ingevoerd op het moment van aanpassing van de tweede fase. Bij deze aanpassing verdwenen de deelvakken en was er – met uitzondering van biologie op havo – minder studielast beschikbaar voor de vakken biologie, scheikunde en natuurkunde in vergelijking met de totaalvakken voor de aanpassing. Onder andere in reactie op deze urenteruggang is door de profielcommissie (Profielcommissies, 2005) geadviseerd een nieuw geïntegreerd bètavak in te voeren. Het is een keuze van scholen om NLT wel of niet als profielkeuzevak aan te bieden.

#### *Visie en doelstellingen*

De hoofddoelstellingen van NLT zijn:

- de aantrekkelijkheid van het bètaonderwijs verhogen, om de instroom in bètastudies te vergroten;
- de samenhang tussen de verschillende bètavakken versterken.

Het onderwijs in NLT zal daartoe gericht moeten zijn op:

- verbreding en verdieping van het bètaonderwijs;
- oriëntatie op een breed spectrum van vervolgstudies en beroepen;
- leerlingen het belang laten ervaren van interdisciplinaire samenhang in de ontwikkeling van wetenschap en technologie;
- betere aansluiting van bètaonderwijs op nieuwe ontwikkelingen in samenleving, wetenschap en technologie;
- meer keuzemogelijkheden in het bètaonderwijs voor docenten en leerlingen;
- bijdragen aan permanente innovatie van het onderwijs in de bètavakken (Stuurgroep NLT, 2006).

#### *Examenprogramma*

Voor NLT is in de periode 2006-2010 in een ontwikkel- en implementatietraject (Stuurgroep NLT, 2006) een landelijk examenprogramma ontworpen en getoetst. De ontwikkeling en invoering van NLT zijn gemonitord en geëvalueerd (Folmer et al., 2010) en eind 2010 heeft de Stuurgroep NLT de minister van OCW een eindadvies aangeboden met daarin onder andere een aangepast examenprogramma NLT (Krüger & Eijkelhof, 2010). Het nieuwe examenprogramma NLT is per 1 augustus 2012 in werking getreden en staat beschreven in de bijbehorende handreiking (Bruning & Michels, 2012).

Het examenprogramma NLT bestaat uit vier delen. Domein A omvat de algemene, bètaspecifieke en vakspecifieke vaardigheden voor NLT en is afgestemd met het vaardighedendomein van de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde. Domein B beschrijft het interdisciplinaire karakter van NLT en de nadruk op de wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie en weerspiegelt daarmee de aard van NLT. De domeinen C t/m E beschrijven hoe de kandidaat interdisciplinaire vraagstukken moet kunnen benaderen vanuit verschillende invalshoeken (natuur, leven en technologie). Domein F (alleen op vwo) ten slotte, heeft betrekking op de fundamentele van de natuurwetenschap en technologie.

### *Karakteristieken*

NLT onderscheidt zich van de 'monovakken' aardrijkskunde, biologie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde op vier belangrijke kenmerken. Deze kenmerken vormen 'de aard van NLT'.

Het gaat om:

1. Interdisciplinariteit: leerlingen ervaren dat veel natuurwetenschappelijke en technologische vraagstukken een interdisciplinaire aanpak en samenwerking vragen.
2. Studie- en beroepscontext: leerlingen nemen kennis van een breed spectrum van natuurwetenschappelijke en technologische vervolgstudies en beroepen. Kennis nemen van gaat daarbij verder dan oriënteren op de inhoud: het betekent dat leerlingen daadwerkelijk en idee krijgen van de praktijk van de studie of het beroep.
3. De wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie: leerlingen ondervinden de wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie, dat wil zeggen de bijdrage van technologie aan de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis én de bijdrage van nieuwe wetenschappelijke kennis aan de vooruitgang in technologie.
4. De rol van wiskunde: leerlingen ervaren hoe wiskunde wordt gebruikt binnen natuurwetenschap en technologie, zij leren wiskunde kennen als taal van de natuurwetenschap. Het gaat daarbij zowel om wiskunde die binnen de wiskundevakken (A, B of D) aangeboden wordt, als om wiskunde die de reguliere schoolwiskunde ontstijgt (Krüger & Eijkelhof, 2010).

### **Uitgevoerd curriculum NLT**

In de periode t/m 2015 was er voor NLT een Landelijk Coördinatiepunt (LCP) waar scholen zich registreerden. Met het wegvallen van de overheidssubsidie sinds 1 januari 2016 zijn zowel de Stuurgroep Verankering NLT als het Landelijk Coördinatiepunt opgeheven. Beide organen, in 2006 gestart om NLT te ontwikkelen en te verankeren in het onderwijs, waren tijdelijk bedoeld. Verkennende gesprekken met schoolbesturen wezen uit dat grote waarde wordt gehecht aan voortzetting van de ondersteuning. Per 1 januari is om deze reden een vereniging opgericht die zorgdraagt voor de verdere ondersteuning van scholen die het vak NLT aanbieden, de vereniging NLT. Deze vereniging heeft een tweedelige doelstelling namelijk "het behoud en de verdere ontwikkeling van NLT als zelfstandig, dynamisch en kwalitatief hoogwaardig vak voor de bovenbouw havo en vwo" en "het middels NLT bijdragen aan doorgaande vernieuwing en verbetering van het onderwijs in de bètavakken op havo en vwo, conform de eigenschappen van NLT" (uit statuten Vereniging NLT, te vinden via <http://betavak-nlt.nl/nl/p/vereniging-nlt/vereniging-nlt/alv-2016/>).

De leden van deze Vereniging zijn scholen die zich aangemeld hebben als lid, NLT als examenvak aanbieden (of dat in de nabije toekomst gaan doen) en de richtlijnen NLT onderschrijven en nastreven. Lidmaatschap van de Vereniging is niet verplicht om het vak te kunnen geven, maar wordt wel aangeraden. Op 1 januari 2017 zijn 152 scholen lid van de Vereniging NLT. Ook uit de DUO-gegevens kunnen we informatie halen over het aantal scholen dat NLT aanbiedt.

In onderstaande tabel staan de DUO-gegevens voor NLT, het betreft de examenjaren 2010 en verder. Het aantal scholen dat NLT voor het vwo aanbiedt is het laatste jaar gedaald. Zowel op havo als op vwo had 36% van de scholen in 2015 examenkandidaten NLT.

Tabel 12. Aantal scholen dat NLT aanbiedt op havo en vwo.

examenjaar	vwo		havo	
	aantal scholen	% alle scholen	aantal scholen	% alle scholen
2012	191	42	172	41
2013	196	43	175	42
2014	193	43	170	41
2015	169	37	172	41
2016	173	38	167	40

### Docenten

NLT is, in tegenstelling tot ANW, een vak waarin kennis en vaardigheden op het gebied van natuurwetenschappen en techniek een belangrijke rol spelen. Mede daarom wordt NLT door een multidisciplinair docententeam gegeven. De noodzakelijkheid van een NLT-docententeam is ook in een wettelijke regeling vastgelegd. Deze regeling is in 2015 aangepast. Docenten met een eerstegraads bevoegdheid aardrijkskunde, biologie, natuurkunde, scheikunde, wiskunde en O&O (nieuw) voldoen aan de 'bekwaamheidseisen' voor het vak NLT, mits het onderwijs verzorgd wordt onder verantwoordelijkheid van een team met daarin bevoegde docenten (Staatscourant, regeling conversietabel getuigschriften en vakken vo).

Uit de gegevens van het LCP uit 2013/2014 blijkt dat 95% van de scholen voldoet aan de richtlijn van de Stuurgroep dat zij een docententeam voor NLT hebben, bestaande uit ten minste drie docenten met ten minste drie van de genoemde eerstegraadsbevoegdheden. De gemiddelde grootte van een NLT-team op de geregistreerde scholen is 5,3 docenten. Van 1067 docenten is daarmee bekend dat ze bij het geven van NLT betrokken zijn.

De meest gebruikte vorm van lesgeven is die waarbij één docent één module verzorgt en op de achtergrond ondersteund wordt door een of meerdere collega's. Een volgende module wordt door een andere collega gegeven. 60% van de scholen hanteert dit systeem. Op 15% van de scholen zijn meerdere docenten tegelijkertijd ingeroosterd per NLT-groep: het ene contactmoment wordt verzorgd door de ene docent, het andere door een andere docent. Zo'n 15% van de geregistreerde scholen geeft aan niet (volledig) te voldoen aan de richtlijn van de Stuurgroep dat leerlingen in een jaarlaag ervaren dat hun NLT-onderwijs door meerdere docenten wordt verzorgd. De meeste docententeams worden door de schoolleiding ondersteund en in de gelegenheid gesteld om te overleggen, buitenschoolse activiteiten te regelen of conferenties en nascholingen te bezoeken. Voor docententeams is het lastig om overleg in te plannen, omdat de docenten niet alleen NLT-docent zijn en dus verplichtingen hebben richting hun 'monovaksectie'.

### Lespraktijk

Het zwaartepunt van de NLT-lessen ligt op havo in klas 4 (55% van de studielast) en op vwo in klas 5 (40%). Een aantal scholen kiest ervoor om het in vwo alleen in klas 5 en 6 te roosteren vanwege het verdiepende karakter.

De lessen variëren van 45 tot 60 minuten en er worden twee tot vier lessen per week aangeboden. Veel scholen proberen ten minste een keer per week een blokkur in te roosteren. Ook wordt NLT vaak aan de randen van de dag geroosterd om parallele roostering van de verschillende leden van het team mogelijk te maken en om buitenschoolse activiteiten te faciliteren.

NLT wordt gegeven met behulp van modules. Per 1 januari 2017 zijn er 78 gecertificeerde modules beschikbaar, 26 voor havo en 52 voor vwo. Deze modules zijn ontwikkeld in ontwikkelgroepen waarin docenten vo en vertegenwoordigers van het hoger onderwijs participeerden. Voor elk domein zijn meerdere modules ontwikkeld, zodat scholen (en eventueel leerlingen) keuzevrijheid hebben wat betreft onderwerpen binnen het betreffende domein. De

doorontwikkeling van deze modules is in beheer bij regionale steunpunten. Op dit moment zijn er geen uitgeverij die methodes voor NLT op de markt gebracht hebben. Vrijwel alle scholen (97%) voldoen aan de Stuurgroep-richtlijn dat minimaal 75% van het curriculum gevuld wordt met gecertificeerde modules.

Tijdens de nulmeting voor de invoering van de nieuwe examenprogramma's (Michels et al., 2014) zijn ook NLT-leerlingen gevraagd naar hun ervaringen met dit vak. In vergelijking met de 'monovakken' wordt bij NLT vaker tijd besteed aan de natuurwetenschappelijke vaardigheden onderzoeken, modelleren en technisch ontwerpen. Ook presenteren komt vaker aan bod. Minder tijd dan bij de monovakken wordt besteed aan het maken van sommen en het leren redeneren. Werken met computers en het doen van projecten komen bij NLT meer voor, evenals het bezoek van een gastspreker. Bij NLT zoeken leerlingen vaker dan bij de monovakken dingen zelf uit, en ze mogen ook vaker zelf keuzes maken. Bij NLT wordt veel in groepjes gewerkt, de ondervraagde leerlingen geven aan dat ze in iets meer dan de helft van de NLT-lessen klassikaal les krijgen, ter vergelijking: bij de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde ligt dit boven de 90%.

In 2013 heeft het LCP voor de derde keer schoolbezoeken uitgevoerd waarbij negen scholen zijn bezocht om een beeld te krijgen van de wijze waarop scholen het vak in de praktijk vormgeven (Landelijk Coördinatiepunt NLT, 2014). De rapportage laat een divers beeld zien, maar er is overeenstemming met betrekking tot de visie dat NLT een breed, vakoverstijgend en verbindend vak is. Het beeld komt naar voren dat scholen op verschillende manieren vorm en inhoud geven aan NLT. We zien dat scholen de vrijheid nemen die ze hebben (binnen de voorschriften en het examenprogramma) om het vak naar eigen inzicht in te kleuren. Alle scholen behandelen binnen NLT een combinatie van werkvormen: zelfwerkzaamheid, samenwerken in een interdisciplinair team, presenteren en onderzoeken.

Als het gaat om verbeterpunten voor NLT noemen leerlingen het vaakst keuzevrijheid; leerlingen zouden graag vaker zelf modules willen kiezen. Ook blijkt uit de rapportage van de schoolbezoeken dat de 'aard van NLT' (interdisciplinariteit, studie & beroep, wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie, rol van wiskunde) nog (te) weinig aan bod komt, een aantal teams geeft aan dat hier nog meer aandacht aan mag worden besteed om de meerwaarde van het vak duidelijker te kunnen benadrukken.

#### *Ondersteuning door de Vereniging NLT*

Leden kunnen bij de Vereniging NLT terecht met vragen en worden voorzien van informatie (via een Nieuwsbrief). Bovendien hebben zij toegang tot de NLT-database. In deze database staan alle docent-, leerling- en toetsmaterialen. Daarnaast geeft de database ondersteuning bij het samenstellen van een curriculum zodanig dat deze aan het examenprogramma voldoet. Het lesmateriaal wordt beoordeeld op kwaliteit door een certificeringscommissie. Deze kijkt naar actualiteit, wetenschappelijke correctheid en de mate waarin de aard van NLT in het materiaal terugkomt. Ten slotte kunnen docenten via de database met elkaar en met de vaksteunpunten in contact treden. De vaksteunpunten zijn verbonden aan verschillende hoger onderwijsinstellingen. Meer informatie over NLT is beschikbaar op de website [www.betavak-nlt.nl](http://www.betavak-nlt.nl).

#### **Gerealiseerd curriculum NLT**

Uit de schoolbezoeken in 2013 blijkt dat veel leerlingen NLT leuk vinden, maar men is ook van mening dat dit sterk afhangt van de module en het groepje. De nulmeting laat zien dat leerlingen NLT in het algemeen niet moeilijk vinden, maar het soms wel lastig vinden om zich voor te bereiden op de toetsing.



### Toetsing

Uit de rapportages van de schoolbezoeken in 2013, de nulmeting en de curriculumevaluatie NLT (Folmer et al., 2010) blijkt dat de manier van toetsen in het algemeen gevarieerd is. In het algemeen is er per module een schriftelijke toets en een praktische opdracht, waarbij de weging meestal 50/50 is. De toetsopgaven zijn vaak contextrijk. De praktische opdrachten zijn verslagen/werkstukken, presentaties, portfolio's of het bouwen/ontwerpen van een voorwerp. Het zelf ontwikkelen van toetsen vinden NLT-docenten lastig.

### Resultaten

Het percentage N-leerlingen dat NLT examen doet (berekend aan de hand van het aantal leerlingen met scheikunde) blijft ongeveer constant: 19% op havo, 14-15% op vwo. Het gemiddelde eindcijfer op havo ligt rond de 6,6 en is daarmee iets hoger dan de schoolexamencijfers voor de andere natuurwetenschappelijke vakken (biologie, natuurkunde, scheikunde), maar iets lager dan de cijfers voor ANW. Op vwo liggen de cijfers voor NLT nog wat hoger, het gemiddelde schommelt rond de 7,0, wat hoger is dan de schoolexamencijfers voor biologie, natuurkunde en scheikunde, maar vergelijkbaar met de cijfers voor ANW. Zie onderstaande tabel.

Tabel 13. De leerlingen en hun gemiddelde schoolexamencijfer voor NLT op havo/vwo. (bron [https://www.duo.nl/open\\_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig).

examenjaar	vwo		havo	
	% N-leerlingen	gem. cijfer SE	% N-leerlingen	gem. cijfer SE
2012	14	7,0	19	6,6
2013	14	7,1	18	6,6
2014	14	7,0	19	6,6
2015	15	7,0	19	6,6
2016	14	7,0	19	6,6

### Knelpunten NLT

- De aard van NLT (interdisciplinariteit, studie & beroep, wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie en de rol van wiskunde in natuurwetenschap) komt in het algemeen nog onvoldoende tot uitdrukking in het uitgevoerde curriculum.
- Het werken als docententeam vraagt veel afstemming van NLT-docenten. De facilitering (zowel financieel als organisatorisch) voor deze afstemming is in de ogen van veel docenten onvoldoende. Ook de roostering van het vak is vaak moeilijk, doordat meerdere docenten op een jaarlaag staan. Vooral bij scholen met weinig klassen (bijvoorbeeld alleen havo of alleen vwo) of met kleine NLT-klassen is dit soms problematisch.

## Onderzoek & ontwerpen

### Beoogd curriculum O&O

#### Plaats van het vak

Het vak Onderzoek en Ontwerpen (O&O) is in 2004 ontwikkeld door de Stichting Technasium en vormt het hart van de onderwijsvorm met die naam. Het ministerie van OCW heeft O&O erkend als profielkeuzevak voor de beide N-profielen in de vernieuwde tweede fase op havo en vwo, op grond van artikel 29 lid 6 van de Wet op het Voortgezet Onderwijs en artikel 11, 12 en 13 (elk onder 1c) van het Eindexamenbesluit. Dat betekent dat elke school aan het ministerie van OCW toestemming mag vragen om het vak als examenvak aan te bieden in de N-profielen. In de huidige praktijk gaat die aanvraag meestal via de Stichting Technasium.

Inmiddels is het aantal technasia gegroeid van vijf in 2005 tot 91 in 2017. Hoewel de Stichting Technasium vanwege beperkte capaciteit een tijdlang een stop op de groei gezet heeft, groeit het animo om technasium te worden nog steeds. De eerste lichten technasia hebben het vak nu tot en met de examenklassen ingevoerd en de schoolexamens afgenomen.

#### *Visie en doelstellingen*

De bedoeling van het vak Onderzoek & Ontwerpen (O&O) is het voorbereiden van leerlingen op opleidingen en beroepen in de bèta-technische sector van de maatschappij door ze intensief in contact te laten komen met authentieke vragen uit bedrijven en instellingen uit die sector. Een andere doelstelling is om leerlingen kennis te laten toepassen in actuele en authentieke vraagstukken in de wereld van bèta en techniek. Met de vraagstukken wordt hun ontwikkeling tot competente ontwerper of onderzoeker gestimuleerd. De persoonlijke en professionele ontwikkeling in die richting wordt belangrijker geacht dan de resultaten van de onderzoeks- en ontwerpprojecten.

#### *Examenprogramma*

Hoewel het vak al vanaf 2004 bestaat en er zeker doelen geformuleerd zijn, is er pas in 2013 in samenwerking met SLO een in eindtermen geformuleerd examenprogramma opgesteld (Schalk en Bruning, 2014). Het competentiegerichte karakter van O&O is daarin verwerkt. De eindtermen zijn verdeeld over vier domeinen.

Domein A: Algemene vaardigheden. Dit zijn vaardigheden die een algemeen, vakoverstijgend karakter hebben, maar ook van essentieel belang zijn bij het werken in projecten.

Domein B: Denk- en werkwijzen van onderzoeken en ontwerpen. Dit zijn denk- en werkwijzen die leerlingen zich eigen dienen te maken om ze te kunnen inzetten bij het onderzoeken en ontwerpen in bèta-technische beroepen en werkzaamheden.

Domein C: Kernkwaliteiten. Hier gaat het om de competenties die leerlingen zich in het vak O&O eigen dienen te maken, het geheel van kennis, vaardigheden en houdingen voor een succesvolle carrière in een bèta-technisch beroep.

Domein D: Werelden van bèta-techniek. Dit betreft het scala aan terreinen waarop natuurwetenschap en techniek een rol spelen, er mag gekozen worden (door docent of leerling) in welke van die werelden de leerling zijn kennis en kunde tentoonspreidt.

#### *Karakteristieken*

##### *Vaardigheden*

Vaardigheden nemen een prominente plaats in binnen het vak. Uiteraard de vaardigheden om te onderzoeken en te ontwerpen, maar ook de vaardigheden om in een team een project goed op te zetten, te plannen en uit te voeren en, niet in het minst, om het resultaat te presenteren aan de opdrachtgever.

##### *Inhouden*

Het vak O&O kent geen vast omschreven vakinhouden in de zin van kennis. Bij de projecten is vakkennis zeker nodig, maar welke dat is hangt af van het specifieke project. In de onderbouw werken alle leerlingen in een klas aan dezelfde projecten, in de bovenbouw zoeken ze zelf een opdrachtgever. Daardoor varieert de benodigde kennis. Het bewaken van het inhoudelijke niveau is voorzien door het inschakelen van expert-begeleiders uit het hoger onderwijs of door afstemming met docenten van andere schoolvakken.

## Uitgevoerd curriculum O&O

### *Scholen, leerlingen en docenten*

Onderstaande tabel geeft het aantal scholen dat examenkandidaten O&O had in de afgelopen jaren en het totaal aantal kandidaten. Het aantal scholen dat als Technasium geregistreerd staat is groter, maar veel scholen hebben nog geen examenkandidaten, omdat het vak O&O na aanmelding als Technasium vanaf klas 1 wordt ingevoerd. In de komende jaren valt dan ook een verdere stijging van het aantal scholen en examenkandidaten te verwachten.

Tabel 14. Aantal scholen/examenkandidaten O&O 2012-2016 havo/vwo. Bron: DUO

examenjaar	vwo		havo	
	aantal scholen	% alle scholen	aantal scholen	% alle scholen
2012	16	4	19	5
2013	22	5	23	6
2014	31	7	35	8
2015	38	8	48	11
2016	60	13	58	14

### *Lespraktijk*

Kiezen voor O&O betekent aansluiten bij de Stichting Technasium. Dat biedt enerzijds toegang tot materialen en ondersteuning en impliceert anderzijds het instemmen met een aantal uitgangspunten en richtlijnen die de Stichting Technasium in aanvulling op wettelijke regels hanteert. De richtlijnen van de stichting bepalen voor een groot deel hoe het vak uitgevoerd wordt: werken met projecten die door de stichting zijn goedgekeurd, inrichten van een technasiumwerkplaats met voorgeschreven ruimtes, inrichting van het schoolexamen. Scholen steunen op en kreunen soms ook onder deze richtlijnen (De Vijlder, Bakker & Van den Blink, 2014). Toch stellen deze auteurs ook dat niets het vak zo kenmerkt als het grote enthousiasme van de deelnemers, zowel docenten als leerlingen.

Door de gestelde kaders en aangedragen formats is de uitvoering van O&O in grote lijnen op veel scholen hetzelfde. Ook de netwerken van scholen en de netwerkcoaches versterken de samenhang en integratie. Dat wil niet zeggen dat op elke school hetzelfde gebeurt, want de projecten zijn juist gekoppeld aan bedrijven en instellingen in de buurt.

Veel projecten richten zich op een ontwerp; leerlingen 'maken' graag een concreet product. In de tweede fase verschuift dat enigszins in de richting van onderzoeken. Ook O&O-docenten beschrijven onderzoek bij het vak O&O als zijnde ondergeschikt aan het ontwerp. Het einddoel is een product, waar naartoe wordt gewerkt en het onderzoek wordt dan ook meer gezien als middel om tot het einddoel te komen (Koen & Theunissen, 2011).

Lesmaterialen zijn afkomstig van de Stichting Technasium of worden ontwikkeld in de netwerken of op de individuele scholen. Kenmerkend van deze materialen, is dat ze uitgaan van de zelf-ontdekkende leerling. Het is niet de bedoeling dat leerlingen kennis krijgen aangereikt, maar dat ze deze zelf zoeken.

### *Ondersteuning*

De Stichting Technasium ondersteunt en stuurt de technasia op landelijk niveau (onder andere met behulp van materialen) opdat het vak O&O op de door hen gewenste manier en met de door hen gewenste kwaliteit uitgevoerd wordt. Dat wordt soms als regelzucht ervaren, maar vaak ook als stevige basis en een helder kader. Docenten worden geacht regelmatig door de stichting georganiseerde (na)scholing te volgen.

De regionaal opgezette netwerken van scholen vervullen een steunende en sturende functie, waarin intercollegiaal overleg en steun gestalte kunnen krijgen.

Elke school heeft een technator die de gang van zaken rond het vak coördineert en bewaakt. Zo wordt de interne consistentie van de aanpak over de klassen heen gewaarborgd.

### Gerealiseerd curriculum O&O

Met name in de onderbouw ervaren leerlingen – soms tot hun teleurstelling – dat het minder een 'knutselvak' en meer theoretisch is dan ze gedacht hadden. Er is meer aandacht voor plannen en onderzoeken dan ze verwachtten (De Vijlder et. al., 2014).

Prins, De Vos & Pilot (2011) onderzochten de mate van 'empowerment' van de leerlingen. Een hoge mate van empowerment betekent dat iemand zich competent acht voor zijn/haar opdracht, zich uitgedaagd voelt om tot succesvolle afronding te komen, zich eigenaar voelt van de opdracht en de opdrachten als betekenisvol ervaart. De resultaten laten zien dat op alle onderzochte scholen de leerlingen zich gemiddeld tot tamelijk goed empowered voelen voor de O&O projectopdrachten. Leerlingen in de bovenbouw voelen zich meer empowered dan de leerlingen in de onderbouw. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat leerlingen steeds meer verantwoordelijkheid krijgen zelf projectopdrachten aan te pakken die aansluiten op hun competentieniveau, interesses en ambities.

### Toetsing

Volgens de richtlijnen van de Stichting Technasium bestaat het examentraject uit twee keuzeprojecten (elk een omvang van een half jaar) en een meesterproef (het gehele examenjaar) die in groepsverband uitgevoerd worden. Bij de beoordeling zijn ook de opdrachtgever van een project en de expertbegeleider uit het HO betrokken. Hoewel dit een uitgebreide procedure is, is 'benchmarking' en daarmee bewaking van het niveau daarbij erg lastig.

### Resultaten

In 2009 zijn de eerste schoolexamens afgerond en technasium-certificaten uitgereikt. De cijfers voor de afgelopen vijf jaar staan in onderstaande tabel. Op havo ligt het gemiddelde cijfer net iets onder de 7, op vwo tussen 7,3 en 7,5. Hiermee liggen de O&O-cijfers hoger dan die voor de traditionele natuurwetenschappelijke vakken en die van NLT en ANW.

Tabel 15. Aantal scholen en leerlingen, gemiddelde schoolexamencijfer voor O&O 2012-2016 leerlingen havo/vwo. (bron [https://www.duo.nl/open\\_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen](https://www.duo.nl/open_onderrwijsdata/databestanden/vo/leerlingen), gegevens 2015, 2016 voorlopig).

examenjaar	vwo		havo	
	% N-leerlingen	gem. cijfer SE	% N-leerlingen	gem. cijfer SE
2012	1	7,5	1	6,9
2013	2	7,4	2	6,9
2014	2	7,3	2	6,8
2015	3	7,4	3	6,8
2016	3	7,4	4	6,9

### Knelpunten O&O

- Het vak O&O wordt ontwikkeld en ondersteund door de Stichting Technasium Scholen die zich willen aansluiten bij de Stichting Technasium moeten aan een aantal eisen met betrekking tot scholing, inrichting en didactiek (gaan) voldoen en een financiële bijdrage betalen. Niet alle scholen zijn hiertoe bereid. Verder geldt er een regionale beperking: als in de regio al een technasium bestaat, kan een andere school geen technasium meer worden. Ten slotte is er op dit moment ook nog een landelijke stop op nieuwe technasia. Elke school mag het ministerie toestemming vragen het vak O&O aan te bieden. Daartoe is er voor O&O sinds 2013 een in eindtermen geformuleerd examenprogramma. Hoe deze

eindtermen hun functie zullen gaan vervullen in de onderwijspraktijk of hoe de stichting ze zal incorporeren in de ondersteuning is nog niet duidelijk.

- Sommige O&O docenten hebben twijfels over het inhoudelijke niveau van O&O in de bovenbouw: doordat in de projecten van leerlingen vaak onderwerpen aan bod komen, die de traditionele tweede fase-kennis overstijgen, is het niet altijd mogelijk voor docenten om de inhoudelijke begeleiding te bieden die ze nodig achten

## 2.6 Trends en knelpunten uit de BUG-analyse

### *Kerdoelen, eindtermen en concretisering*

De kerndoelen voor po, onderbouw vo en SE-domeinen voor de bovenbouw vo zijn zodanig globaal geformuleerd dat veel leraren en docenten er geen houvast aan hebben. Zij baseren daardoor het curriculum met name op hun lesmethode. Uit contacten met docenten blijkt dat uitwerkingen en concretisering zoals tussendoelen en leerlijnen (tule.slo.nl) voor po, de Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor onderbouw vo en de verschillende SE-handreikingen voor de tweede fase deze rol inderdaad kunnen vervullen. De vrijheid die door deze globaal geformuleerde eindtermen wordt geboden, wordt zeker door docenten in de tweede fase ook gewaardeerd. Het is dus belangrijk te monitoren of de concretisering en uitwerkingen de ervaren curriculumvrijheid niet beperken.

### *Het natuurwetenschappelijke domein in het po*

De positie van de natuurwetenschappelijke vakken in het po is zorgwekkend. Er is te weinig tijd beschikbaar en leraren beschikken vaak niet over voldoende kennis, vaardigheden en motivatie om de methode te ontstijgen en op een onderzoekende manier les te geven. Als gevolg daarvan is er weinig diepgang in het onderwijs waardoor de kennis van leerlingen oppervlakkig is. Bij de uitvoering van het natuurwetenschappelijke onderwijs in het po wordt onvoldoende gefocust op de leeropbrengst. Er wordt weinig getoetst en leerlingvolgsystemen voor dit vak ontbreken op veel scholen. Deelname aan de Eindtoets Basisonderwijs voor de natuurwetenschappelijke vakken is facultatief en de resultaten zijn, in tegenstelling tot rekenen en taal, niet bepalend voor de overgang naar het type vervolgonderwijs. Leerlingen met een niet-Nederlandse achtergrond presteren significant lager in het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken, zowel in groep 6 (TIMSS-onderzoeken) als groep 8 (PPON 43 en 44).

### *Verbinding avo-beroepsgericht vmbo*

Op het vmbo zijn nog veel onbenutte mogelijkheden wat betreft de ondersteuning van de beroepsgerichte vakken door de algemeen vormende vakken, bijvoorbeeld natuurkunde bij techniek en biologie bij zorg en welzijn. Dit zou vorm kunnen krijgen door meer keuzeruimte in de vakken of aangepaste vakken voor de verschillende profielen.

### *Vaardigheden en het CE*

Natuurwetenschappelijke vaardigheden, zoals experimenteel onderzoek, nemen in alle examenprogramma's een belangrijke rol in. In de praktijk valt de hoeveelheid aandacht die hieraan wordt besteed tegen. Hiervoor zijn enkele praktische redenen, zoals tijdgebrek en materiaalgebrek, maar de belangrijkste reden is de rol van het CE. Omdat deze vaardigheden niet of maar zeer beperkt in het CE aan bod komen, wordt op veel scholen gekozen deze onderdelen ook niet te zwaar te laten tellen op het SE ten gunste van stof die wel op het CE wordt getoetst. Voor alle stof die alleen op het SE aan bod komt – niet alleen natuurwetenschappelijke vaardigheden, maar ook inhoudelijke SE-domeinen en SE-vakken als NLT en O&O – is er behoefte aan kwaliteitsborging.

### *Samenhang*

In de examenprogramma's van zowel de monovakken als NLT en O&O worden de vaardigheden tussen de vakken op een samenhangende manier beschreven. In de praktijk op school komt deze samenhang maar moeizaam uit de verf.

### *Internationaal Onderzoek*

Nederland haalt met 509 een goede PISA-score voor natuurwetenschappen in de onderbouw vo, maar de score is wel significant gedaald. Deze daling komt voornamelijk voor op het vmbo. De gemiddelde TIMSS-score van 2015 (517) is ten opzichte van 2011 (531) significant gedaald naar het laagste niveau sinds het begin van de TIMSS-studies in 1995 (530). Deze daling is significant voor de inhoudelijke domeinen biologie en natuurkunde, maar het grootst in het laatstgenoemde domein. Ook bij de cognitieve domeinen weten en toepassen zijn de prestaties significant lager dan in 2011. De afgelopen jaren presteerden jongens beter dan meisjes. In 2015 zijn er geen verschillen meer omdat jongens meer achteruit zijn gegaan dan meisjes. Allochtone leerlingen presteren nog steeds significant lager dan autochtone leerlingen.

# 3. Trends in het natuurwetenschappelijk domein

## 3.1 Inleiding op trends

In de volgende hoofdstukken wordt een aantal trends beschreven in het domein Natuur en Techniek, respectievelijk in het onderwijs daarover. Het gaat om thema's waarin we in of buiten het onderwijs zoveel activiteit zien, dat we er een trend in zien die mogelijk leerplankundige implicaties heeft. We zullen de mogelijke implicaties van die trends aangeven, los van de vraag of er dan ook op korte termijn extra curriculumontwikkeling in zou *moeten* plaatsvinden.

Het gaat om de volgende thema's:

1. **interdisciplinariteit en samenhang:** Zowel in onderzoek als technologie zien we samenwerking tussen disciplines steeds sterker worden. Tegelijkertijd streven leraren en schoolleiders steeds duidelijker naar samenhang in het aanbod aan leerlingen.
2. **duurzame ontwikkeling:** Duurzame ontwikkeling is een thema dat in verschillende niveaus van de samenleving tot uiting komt. Natuurwetenschappen en technologie zijn onontbeerlijk voor inzicht in de (on)mogelijkheden en grenzen van een duurzame ontwikkeling.
3. **concept-contextbenadering:** Realistische contexten laten de relevantie en actualiteit van natuurwetenschap en techniek zien, bovendien leren leerlingen concepten wendbaar gebruiken door ze in verschillende contexten te hanteren.
4. **kennis over wetenschap:** De snelle ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek maakt dat leerlingen naast kennis van feiten en regels ook inzicht in de werkwijze van de wetenschap moeten verwerven.
5. **vaardigheden:** Bij de implementatie van (de 21e eeuwse) vaardigheden in het curriculum van de natuurwetenschappelijke vakken is het van belang deze vaardigheden te integreren, zichtbaar te maken in het curriculum en te komen tot doorlopende leerlijnen.
6. **toetsing:** Er is een groeiende aandacht voor formatieve toetsing als manier om meer grip te krijgen op het onderwijsleerproces. De toegenomen aandacht voor vaardigheden en hogere denkvaardigheden betekent ook dat deze explicieter moeten worden beoordeeld.
7. **professionalisering in netwerken:** In het vertalen van landelijk curriculumbeleid naar de school spelen de regionale VO-HO netwerken een schakelrol. Zij dragen op regionaal niveau bij aan het professionaliseren van docenten.

De thema's verschillen duidelijk van karakter, sommige spelen in maatschappij en onderzoek (1 en 2, andere in het natuurwetenschappelijke onderwijs zelf (3, 4, 5, 6), weer een andere in de ontwikkeling zelf van het natuurwetenschappelijke onderwijs (7). Alle thema's zijn terug te vinden in internationaal opvallende ontwikkelingen in het natuurwetenschappelijk/technisch onderwijs. We hebben deze selectie gemaakt op basis van een eigen wegging van de aandacht voor dit soort thema's in literatuur en conferenties over natuurwetenschappelijk onderwijs en in beleid inzake wetenschap en technologie. De BUG-analyses van de vakken zijn hier ook in meegenomen.

In het proces van die selectie passeerden meer thema's de revue, zoals: tekort aan bèta's, excellentie, digitale geletterdheid, en de maatschappelijke en wetenschappelijke aandacht voor gezondheid, veiligheid, voedselveiligheid, het brein, gedrag, stabiliteit en labiliteit van systemen. Deze lijst mag best langer worden. De *shortlist* met de nader te bestuderen selectie uit die groslijst mag ook anders worden dan bovenstaande zeven thema's. Kortom, de komende jaren kunnen heel goed (deels) andere trends aan de orde komen in een vakspecifieke trendanalyse voor Natuur en Techniek.

## 3.2 Interdisciplinariteit en samenhang

*Wat is de trend?*

In het vervolgonderwijs heerst al jaren de trend naar meer interdisciplinaire studie- en opleidingsrichtingen. Te denken valt aan de bacheloropleidingen Bèta-gamma (UvA), Liberal Arts and Sciences (UU), Science Business and Innovation (VU), Science (RUN); masteropleidingen: Forensic Science (UvA), Neuroscience and Cognition (UU), Bio-Pharmaceutical Sciences (UL) Binnen deze interdisciplinaire gebieden raken disciplines elkaar, maar behouden ze hun eigen inbreng. Met deze trend bereidt het vervolgonderwijs studenten voor op beroepen en onderzoeksgebieden waarin het werk doorgaans een interdisciplinair karakter heeft. Interdisciplinaire samenhang is goed te zien in ontwikkelingen in maatschappij en wetenschap. Zo benadrukt het topsectorenbeleid (daterend uit 2012) het belang van sectoren die we in het onderwijs herkennen als contextgebieden en het belang van crosssectoraal werken. Ook de *Wetenschapsvisie 2025* (Ministerie van OCW, 2015a) pleit voor meer kruisbestuiving tussen disciplines. De [Nationale wetenschapsagenda](#) vloeit voort uit die Wetenschapsvisie, en is voor het onderwijs vooral interessant als onderzoek naar vragen die burgers graag onderzocht zouden zien. De Nationale wetenschapsagenda geeft door filtering (bijvoorbeeld op haalbaarheid in termen van onderzoeksvragen) en bundeling van de duizenden suggesties een mooi overzicht van thema's in 140 clustervragen. De [digitale agenda](#), opgesteld door groepen wetenschappers, biedt een aantal routes door die clustervragen. Daarin wordt ook zichtbaar hoe niet alleen disciplines, maar ook vraagstellingen weer met elkaar kunnen samenhangen, onder andere door gemeenschappelijke concepten of verwante onderzoeksmethodes. Over het begrip interdisciplinariteit is veel te zeggen, we geven in het kader hieronder een aantal kenmerken van interdisciplinariteit, afgezet tegen disciplinariteit.

### Disciplinair versus interdisciplinair

In het onderwijs, het onderzoek of bij ontwerp- of beheerstaken in bedrijven en maatschappelijke organisaties kunnen we verschillende aanpakken onderscheiden.

- A. De individuele of gezamenlijke aanpak van een vraagstuk uit het *domein van één discipline*, waarbij het individu of het team *de vakkennis, denk- en werkwijzen uit die ene discipline* inbrengt of verwerft.
- B. De individuele of gezamenlijke aanpak van een vraagstuk uit een *overlappend domein van meer dan één discipline*, waarbij het individu of het team *vakkennis, denk- en werkwijzen vanuit alle relevante disciplines* inbrengt, verwerft en verbindt.

Aanpak A noemen we (mono)disciplinair, aanpak B interdisciplinair. Voor aanpak B is samengaan van denk- en werkwijzen uit verschillende discipline invalshoeken een voorwaarde. Dat kan plaatsvinden in het hoofd en het handelen van dat ene individu, of op het niveau van een team, maar zonder integratie werkt aanpak B niet: dan gaan problemen van loket naar loket zonder dat ze beter begrepen worden, laat staan opgelost. Voor het onderwijs betekent dit dat leerlingen zowel inzicht in relevante denk- en werkwijzen per discipline moeten verwerven, als dat zij oefenen met integratie van die verschillende denk- en werkwijzen. Leerlingen zullen kennis die zij hebben verworven bij de betrokken disciplines wendbaar leren toepassen.

Als aanpak B door een team wordt gebruikt, kunnen er nog twee manieren worden onderscheiden. Het kan zijn dat elk teamlid *inhoud, denk- en werkwijzen vanuit alle relevante disciplines* inbrengt of verwerft (aanpak B1). Wat ook kan, is dat elk teamlid *denk- en werkwijzen vanuit een eigen discipline* inbrengt of verwerft (aanpak B2). Bij B1 is elk teamlid integralist, bij B2 is elk teamlid specialist, en vindt de integratie van denk- en werkwijzen op teamniveau plaats. Voor de integratie van specialistische kennis op teamniveau bij B2 is het wel noodzakelijk dat de specialisten elkaar begrijpen en de inbreng van de anderen kunnen



koppelen aan hun eigen inzichten. Om dit proces te ondersteunen kan het team worden aangevuld met een integralist of een 'interdisciplinarian', die bij het proces ondersteuning biedt en zoekt naar overeenkomsten. Complexe maatschappelijke vraagstukken (en dat zijn maatschappelijke vraagstukken al gauw) vragen in de regel om een aanpak van samenwerkende specialisten die elkaar begrijpen en inzichten kunnen koppelen. De kennis van dat soort specialisten wordt aangeduid met de term 'T-profiel' (Horvathova, 2015): een profiel waarbij specialisten diepgaande kennis van de denk- en werkwijzen in het domein van één discipline hebben, maar tegelijkertijd wel in staat zijn om de taal van andere specialisten te verstaan en de inzichten van die anderen te koppelen aan hun eigen inzichten.

In po en vo komt de thematiek van een interdisciplinaire aanpak dikwijls naar voren als onderdeel van de discussie over samenhang in het onderwijs. 'Samenhang' staat daarin voor meer dan alleen afstemming tussen vakken, maar met name ook voor samenhang tussen ervaringen in het dagelijks leven van leerlingen en wat ze op school leren. In dit hoofdstuk beperken we ons bij samenhang echter tot het aspect van afstemming van inhoud tussen vakken, waarbij interdisciplinariteit een van de opties is. Andere soorten samenhang, zoals tussen ervaringen in het dagelijks leven van leerlingen en wat ze op school leren, komen nog wel naar voren in het hoofdstuk over leren in contexten.

Voor het po en de onderbouw van het vo zijn de kerndoelen leidend. Deze zijn uitgewerkt in een preambule en leergebieden met een eigen karakteristiek. Voor het domein Natuur en Techniek zijn dat respectievelijk het leergebied 'Oriëntatie op jezelf en de wereld' en het leergebied 'Mens en Natuur'. De kerndoelen geven docenten handvatten om vakoverstijgend te werken aan vaardigheden en inhouden (Ministerie van OCW, 2006a en b). In de preambule wordt aangegeven dat leerlingen in samenhang dienen te leren. Docenten dienen relaties aan te brengen tussen inhouden van vakken of leergebieden, niet alleen voor de mens- en natuurvakken, maar ook naar bijvoorbeeld taal/Nederlands of rekenen/wiskunde. Voor po en so is het *Leerplankader wetenschap en technologie voor het basis- en speciaal onderwijs* (Van Graft et al., 2016) ontwikkeld. Dit kader benadrukt dat onderwijs in wetenschap en technologie bestaat uit een integratie van vakken uit verschillende leergebieden. Het onderscheidt de volgende componenten, waarin de onderwijsdoelstellingen vanuit die leergebieden met elkaar samenhangen:

1. onderzoeken en ontwerpen (dit worden de *leidende activiteiten* genoemd, naast onderliggende vaardigheden zoals denkwijzen hanteren en observeren en meten);
2. houding;
3. kennis (procedureel en disciplinair);
4. context (zowel vanuit interesses van leerlingen als vanuit de kerndoelen);
5. generieke (21e eeuwse) en basisvaardigheden in rekenen-wiskunde en taal.

Voor de onderbouw van het vo is de *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie* (Ottevanger e.a., 2014) ontwikkeld om de kerndoelen een richtinggevende invulling te geven voor natuurkunde, scheikunde, biologie, fysische geografie en techniek. De kennisbasis bouwt voort op het *Framework for K-12 Science Education* van de Amerikaanse National Research Council (2012) en op het science deel van het PISA 2015 raamwerk (OECD, 2016), de basis voor het PISA-onderzoek onder 15-jarige leerlingen in 2015. De auteurs van de kennisbasis hebben de '3D-structuur' van het K-12-framework (*Practices, Cross-cutting concepts, Core Ideas*) ontwikkeld tot een benadering in (1) karakteristieke werkwijzen, (2) karakteristieke denkwijzen en (3) vakinhouden. Daarmee biedt de kennisbasis een instrument om zowel vakspecifieke als interdisciplinaire inhoud in samenhang te ontwerpen.

Ook in de tweede fase van het vo is de trend naar interdisciplinariteit zichtbaar, daarbij wordt interdisciplinariteit dikwijls aangeduid als 'samenhang tussen de vakken'<sup>3</sup>. We schetsen een paar ontwikkelingen.

Voor de per 2013, voor wiskunde 2015, landelijk ingevoerde havo- en vwo-examenprogramma's voor de bètavakken is samenhang een van de uitgangspunten, op een wijze die interdisciplinaire afstemming mogelijk maakt, zonder daartoe te verplichten. De visiestukken van de vakvernieuwingscommissies, die de basis vormden voor deze examenprogramma's, benadrukten deze samenhang en werkten hem op sommige onderdelen uit. Het duidelijkst is zij tussen de bètavakken zichtbaar in het zogenaamde A-domein van de examenprogramma's, zowel voor havo als vwo, waarin de eindtermen voor vaardigheden omschreven zijn. Daarin zijn voor de natuurwetenschappelijke vakken en wiskunde enkele belangrijke vaardigheden identiek geformuleerd: onderzoeken, ontwerpen, en voor havo/vwo ook modelvorming en oordeelsvorming. Om naast de vaardigheden ook inhoudelijke domeinen in samenhang te kunnen afstemmen hebben de vier natuurwetenschappelijke vernieuwingscommissies voor de tweede fase gezamenlijk de samenhang, verschillen en samenwerkingsmogelijkheden tussen de vakken in beeld gebracht aan de hand van vakoverstijgende kernconcepten, vaardigheden en thema's (Boersma et al., 2011). Voor elk daarvan is per vak aangegeven hoe de verschillende vakken daaraan bijdragen – waarmee tevens de eigen identiteit van elk vak is belicht. Ook zijn per vakkencombinatie voorbeelden uitgewerkt. Toch verschillen de examenprogramma's nog steeds in ordening en typering van eindtermen. De uitwerking in syllabi, lesmateriaal en centraalexamenopgaven vertoont zulke verschillen nog sterker, al wordt de samenhang tussen vakgebieden zowel in boeken als examens wel zichtbaar door het gebruik van contexten. Hoe sterk onderwijs in contexten (zie ook het hoofdstuk concept-contextbenadering in deze publicatie) aanknopingspunten biedt voor samenhang wordt het meest duidelijk bij de discipline-overstijgende schoolvakken NLT en O&O (het kernvak van het Technasium) en bij wetenschap & technologie (W&T) in het basisonderwijs. Merk wel op dat volgens het PISA-onderzoek van 2015 slechts 16% van de Nederlandse leerlingen een geïntegreerd natuurwetenschappelijk vak volgde (Feskens et al., 2016). Dit is aanmerkelijk lager dan het OESO gemiddelde van 35%, en zal bovendien naar verwachting nog verder dalen met het afschaffen van ANW als verplicht vak in het VWO vanaf september 2016. Ook is er geen significante correlatie tussen het volgen van een geïntegreerd natuurwetenschappelijk vak en de PISA-score voor natuurwetenschappen.

Ook het advies van het Platform Onderwijs2032 (2016) sluit aan bij de tendens naar meer samenhang in het onderwijs en duidt die aan als *interdisciplinaire aanpak* (p. 40). Als doelen van een interdisciplinaire aanpak noemt het Platform dat leerlingen:

1. een dieper en meer samenhangend inzicht in de leerstof verwerven;
2. interdisciplinair leren denken en (samen)werken;
3. meer gemotiveerd zijn om te leren.

#### *Implicaties voor verdere ontwikkeling*

Op het niveau van het formele leerplan (kerndoelen, eindtermen) lijkt er genoeg geregeld te zijn. Om dit in de praktijk ook uitgevoerd te krijgen is onderwijsmateriaal nodig dat binnen de vakken aandacht besteedt aan samenhang tussen de vakken. Die samenhang kan aandacht krijgen als contextrijke onderwerpen worden benut, maar ook uitdrukkelijker, als leerlingen oefenen met samenhang tussen de verschillende concepten binnen een vak, of met gelijksoortige concepten in verschillende vakken. Voor uitvoering van zo'n curriculum zullen docenten van verschillende secties hun programma's met elkaar moeten vergelijken en afstemmingsmogelijkheden moeten uitwerken.

<sup>3</sup> Bij samenhang worden echter vaak de raakvlakken en overeenkomsten bedoeld en niet zozeer de verschillen tussen de vakken.

Daarvoor moeten zij voldoende tijd krijgen, de noodzaak daarvan bleek onder meer in de 'multipilot-projecten' waaraan een tiental scholen tussen 2007 en 2011 deelnam (Genseberger, 2012). Op scholen kan interdisciplinariteit bijvoorbeeld vormgegeven worden in projecten, in projectweken, tijdens excursies, of bij (de voorbereiding op) het sector- of profielwerkstuk. De keuze om NLT aan te bieden op school levert een bijdrage aan meer samenhang tussen de monovakken. De schoolboeken voor de monovakken in het vo (biologie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde) besteden niet of nauwelijks aandacht aan zulke samenhang in de vorm van afstemming tussen vakken van concepten, contexten of vaardigheden. De boeken worden per vak geschreven en door de scholen meestal ook per vak voorgeschreven, waardoor er geen garantie is dat eventuele afstemming tussen vakken bij één uitgever ook de scholen bereikt. De SLO-projecten in het kader van het thema *Curriculum van de toekomst*, die mede voortbouwen op de discussie rond Onderwijs2032, kunnen concrete voorbeelden van de aanpak van scholen (het 'uitgevoerd curriculum') in beeld brengen. En niet alleen sprekende voorbeelden, ook professionaliseringswensen en ondersteuningsbehoeften/-mogelijkheden, bijvoorbeeld in de vorm van regionale VO-HO netwerken (inclusief vaksteunpunten voor de bètavakken). Doordat de steunpunten gekoppeld zijn aan hogescholen en universiteiten, kan de scholing ook vakoverstijgend worden aangeboden. Deze samenwerking VO-HO speelt ook een belangrijke rol in de doorgaande ontwikkeling van het vak NLT voor met name scholing en de ontwikkeling van modules.

In 2020 moeten alle po-scholen techniek in hun curriculum hebben opgenomen. Vanuit Kiezen voor Technologie ondersteunen acht Regionetwerken voor wetenschap en technologie scholen met een aanbod van W&T-activiteiten voor leerlingen en professionaliseringsmogelijkheden voor leraren. Wetenschapsknooppunten spelen daarbij een belangrijke rol. Ook hier is aandacht voor het vakoverstijgende karakter van W&T-onderwijs.

De pabo's hebben van OCW de opdracht gekregen om vanaf het curriculumjaar 2015-2016 wetenschap & technologie aan te bieden. Ook dit vraagt om een vakoverstijgend aanbod van vakken binnen het leergebied 'Oriëntatie op jezelf en de wereld' enerzijds, en tussen deze wereldoriënterende vakken en de basisvakken taal en rekenen anderzijds. SLO heeft input gegeven aan deze ontwikkeling middels workshops over wetenschap en technologie voor de projectleiders en bij enkele opleidingen. Anderzijds hebben sommige opleidingen ook input gegeven bij de ontwikkeling van het leerplankader W&T. Tevens gebruiken pabostudenten het voorbeeldlesmateriaal van SLO.

### 3.3 Aandacht voor duurzame ontwikkeling

*Wat is de trend?*

Het begrip *duurzame ontwikkeling* (*sustainable development*) werd voor het eerst, in 1987, gedefinieerd door de World Commission on Environment and Development (WCED) in het Brundtland-rapport als "*a development in which the needs of present generations are met, while leaving the possibilities intact for future generations to meet their own needs.*"<sup>4</sup> De WCED bedoelde met die generaties: generaties van mensen. In de discussies kreeg de waarde van de natuur – of van de rest van de natuur, afhankelijk van de semantische vraag of de mens deel van de natuur is – een plaats in die definitie door de behoefte van mensen aan natuur op te nemen in wat onder *needs* verstaan werd. Vooral de erkenning van biodiversiteit als bestaansvoorwaarde voor de mens heeft eraan bijgedragen dat 'groen' en 'grijs', natuurbeschermers en maatschappijcritici, tegenwoordig minder tegenover elkaar staan dan in de jaren 70 en 80, en dat is zeker als een trend aan te merken.

<sup>4</sup> De termen 'duurzame ontwikkeling' (*sustainable development*) en 'duurzaamheid' (*sustainability*) worden in de praktijk zo veel door elkaar gebruikt, dat we er voor deze beknopte analyse geen onderscheid tussen maken.

De vraag hoe zwaar elk van die *needs* in de Brundtlanddefinitie moeten wegen, wordt door de definitie uiteraard niet beantwoord, dat blijft een zaak van politiek en onderhandeling. Dat laat zien dat duurzame ontwikkeling geen zaak is van natuurwetenschap alleen.

In de jaren 90 werd het gangbaar om het concept duurzame ontwikkeling uit te drukken als een evenwicht van drie P's: *People, Planet, Profit*. Dit houdt in dat duurzame ontwikkeling een balans vraagt tussen ecologische (Planet), economische (Profit) en sociale aspecten van menselijk gedrag (People). Ook deze indeling beantwoordt de vraag niet, waar dat evenwicht dan ligt, maar zij verheldert het soort aspecten waarmee rekening gehouden moet worden. Overigens zijn de drie P's inmiddels vervangen door *People, Planet, Prosperity*, onder andere in de terminologie van de [Decade of Education for Sustainable Development](#), die de UNESCO had geproclameerd voor de periode 2005-2014.

Met die UNESCO-*Decade* naderen we de actuele internationale context van de trend 'Aandacht voor duurzame ontwikkeling'. Doel van dat decennium was, mensen bewust te maken van *the knowledge, skills, attitudes, and values necessary to shape a sustainable future*. UNESCO en het *UN Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) zijn vervolgens een set *Sustainable Development Goals* overeengekomen in de 2030 [Agenda for Sustainable Development](#). Deze agenda breidt het concept zoals geformuleerd in het Brundtlandrapport uit met nog een fors aantal respectabele maatschappelijke doelen. Doel 4.7 uit deze agenda stelt over de rol van onderwijs:

*"(...) by 2030, ensure that all learners acquire the knowledge and skills needed to promote sustainable development, including, among others, through education for sustainable development and sustainable lifestyles, human rights, gender equality, promotion of a culture of peace and non-violence, global citizenship and appreciation of cultural diversity and of culture's contribution to sustainable development."*

Duurzaamheid is inmiddels een vast aandachtspunt voor het bedrijfsleven geworden. Dat zien we in marketing, waar duurzaamheid van producten als koopargument gebruikt wordt, soms alleen maar appellerend aan een behoefte aan eerlijk, ambachtelijk, puur, zonder duidelijke invulling. We zien het ook in innovatiestrategieën van bedrijven, waar bijvoorbeeld geanticipeerd wordt op klimaatverandering en bijdragen aan de beperking daarvan gezien worden als bijdragen aan duurzaamheid. Bedrijven en andere maatschappelijke organisaties laten als trend ook aandacht voor de *kringlooeconomie* of *circulaire economie* zien, een manier van produceren die het mogelijk maakt dat gebruikte materialen opnieuw nuttig worden ingezet in hetzelfde of een ander product, zonder kwaliteitsverlies. Zulke strategieën worden tot 'maatschappelijk ondernemen' gerekend. Ook deze ontwikkelingen laten zien dat aandacht voor duurzame ontwikkeling in het onderwijs aandacht voor meer dan alleen natuurwetenschappen en techniek vraagt, en tegelijk ook dat natuurwetenschappen en techniek onontbeerlijk zijn voor inzicht in de mogelijkheden en grenzen van een circulaire economie.

Ook in de Nederlandse politiek en in het regeringsbeleid speelt duurzame ontwikkeling als thema in het onderwijs een rol. Eind 2014 nam de Tweede Kamer een motie aan die het kabinet opriep "te onderzoeken hoe duurzame ontwikkeling op integrale wijze in het Nederlandse onderwijs gefaciliteerd zou kunnen worden, gebruikmakend van de reeds aanwezige kennis binnen de onderwijssector ...".<sup>5</sup> Daarop is in juni 2016 het rapport *Rapportage onderzoek Duurzaam onderwijs* aangeboden aan de kamer (Heideveld, 2015). Het geciteerde doel 4.7 van 2030 *Agenda for Sustainable Development* maakt duidelijk dat ook onderwijs als middel voor het stimuleren van duurzame ontwikkeling wordt beschouwd, als één van de sociale instrumenten om duurzaamheid te bevorderen.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Kamerstukken II 2014/15, 34 000 XII, nr. 46

<sup>6</sup> De *Agenda* beschouwt goed onderwijs voor iedereen als een van de doelen die tezamen duurzame ontwikkeling karakteriseren. Onderwijs is voor de VN organisaties dus zowel doel als middel.

Voor dit onderdeel van de trendanalyse over aandacht voor duurzame ontwikkeling beperken we ons tot doelen waarvan de realisering via de biosfeer verloopt, ofwel: alles waarbij de ecologie (de *planet*) *onmisbaar* is voor een goed inzicht.

De leerplanontwikkeling rond duurzame ontwikkeling in Nederland kent een lange traditie, die minstens terug gaat naar het project NME (natuur- en milieueducatie in het basis- en voortgezet onderwijs, 1986-ca.1992), waarin de natuur- en milieuoorganisaties IVN en SME, SLO en de universiteiten van Groningen en (pervoerder) Utrecht samenwerkten met leraren uit verschillende scholen en van verschillende vakken. Het NME-project leverde een kernleerplan op, deelleerplannen voor po en vo en lesmateriaalvoorbeelden voor diverse vakken. Daarnaast zijn voorbeelden ontwikkeld van een praktijkstudie naar een geïntegreerde aanpak van duurzaamheid in het curriculum en in de schoolcultuur, vormgegeven in kwaliteitsbeleid, en deelstudies naar besluitvorming en waardenontwikkeling. De opbrengsten van het project zijn terug te vinden in kerndoelen en eindtermen van po en onderbouw en bovenbouw van het vo, te herleiden als overerving van formele doelstellingen van programma naar programma. Uiteraard speelt ook overname van het gedachtegoed door de verschillende betrokken organisaties een rol, en aan het feit dat dit gedachtegoed niet op zichzelf stond, getuige bijvoorbeeld de hierboven beschreven ontwikkeling van het Brundtland-rapport naar de *2030 Agenda for Sustainable Development*. In het po hebben de ontwikkelingsspanningen geresulteerd in de volgende leerplandocumenten die verwijzingen naar milieu en duurzaamheid insluiten:

- Het domein Milieu met twee kerndoelen als onderdeel van het leergebied *Oriëntatie op mens en wereld* over respectievelijk De wisselwerking van mens – milieu (kerndoel 21) en Milieugedrag (kerndoel 22) (Ministerie van OCW, 1998). Deze zijn bij de herziening van de kerndoelen in 2006 gereduceerd tot een kerndoel.
- In de huidige kerndoelen in de karakteristiek bij het leergebied *Oriëntatie op jezelf en de wereld*. In het domein Mens en samenleving is een kerndoel opgenomen: De leerlingen leren met zorg om te gaan met het milieu (kerndoel 39; OCW, 2006b). Voor de onderwijspraktijk zijn uitwerkingen daarvan te vinden op de website <http://tule.slo.nl/>.
- In het leerplankader voor wetenschap en technologie voor basis- en speciaal onderwijs (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2016) wordt het begrip duurzaamheid bij de component *Kennis* genoemd onder 'Natuur' en onder 'Mens/Maatschappij'. Bij de component *Vaardigheden* is duurzaamheid is een van de criteria bij de onderliggende vaardigheden Reflecteren, waarderen en oordelen.

Hoewel een recente analyse ontbreekt, laat een analyse van methodes uit 2007 zien, dat er in natuuronderwijsmethodes voor po aandacht is voor duurzaamheid, met name vanuit de perspectieven betekenis van het milieu voor de mens en invloed van de mens op het milieu, evenals duurzame ontwikkeling als oplossing voor problemen met betrekking tot natuur en milieu (Van Graft & Volkering, 2007).

Een beknopte actuele beschrijving voor vo laat het volgende zien.

- De kerndoelen voor onderbouw vo (OCW, 2006a), met name kerndoelen 30 en 31, geven 'in globale termen aan waar het (daarbij) om gaat: een onderzoekende houding ten opzichte van de natuur, herkennen van samenhangen en wisselwerkingen, verbinden van theorieën en modellen met praktisch werk en waarneming, bevorderen van duurzaamheid'.
- De recent ontwikkelde kennisbasis voor natuurwetenschappen en technologie (Ottevanger et al., 2014) heeft duurzaamheid geformuleerd als een denkwijze: 'wetenschappers en technici denken in termen van duurzaamheid'. Daarbij gaat het over ingrijpen in het milieu (stoffen onttrekken, toevoegen, transporteren): zorgen dat er niet meer wordt onttrokken dan het milieu kan aanvullen, de hoeveelheid en soort stoffen die worden toegevoegd zodanig worden beheerst zodat het milieu deze kan verwerken en dat de effecten van veranderingen worden gecompenseerd. Maar ook komt aan de orde dat het milieu veel kan leveren, onder andere een voortdurende instroom van zonne-energie, een groot vermogen tot afbraak door

micro-organismen en kringlopen van water. Daarnaast moeten overheden gestimuleerd worden om: de beschikbare ruimte duurzaam te beheren, maatregelen te nemen tegen illegale dumping van afval en duurzame energievormen te gebruiken.

- De vmbo examenprogramma's en syllabi voor nask 1 en nask 2 noemen verschillende vaardigheden en begrippen die samenhangen met duurzaamheid (evenals het begrip duurzaamheid zelf). Bij biologie ligt het accent meer op vaardigheden en op enkele inzichten uit de ecologie. Het examenprogramma bouw-breed werkt 'milieuzorg/duurzaam bouwen' uit, consumptief-breed en zorg-en-welzijn-breed doen dat met 'milieubewust handelen'. Het examenprogramma voor de sector Groen (landbouw-breed) heeft de eindterm "de begrippen duurzaamheid en kringloop (her)kennen, benoemen en toepassen. ... kan de kandidaat bewuste afwegingen maken en relaties leggen tussen milieu, mensen en werkprocessen in arbeid en beroep met het oog op concepten als people, planet en profit".
- De nieuwe examenprogramma's in de tweede fase geven aandacht aan duurzaamheid, bijvoorbeeld in het scheikundeprogramma: redeneren in termen van duurzaamheid (subdomein A14), groene chemie en duurzame productieprocessen (domein F). Bij biologie ligt onder meer een duidelijk verband bij ecologisch redeneren en kringlopen. Het systeemdenken heeft een belangrijke rol in zowel het biologie examenprogramma als bij het leren voor duurzame ontwikkeling. Natuurkunde bevat diverse, meer verspreide, aanknopingspunten naar duurzaamheid. Ook in het examenprogramma aardrijkskunde voor havo/vwo is aandacht voor duurzaamheid (subdomein C2: mondiaal milieuvraagstuk en B2: mondiaal verdelingsvraagstuk; bij economie is aandacht voor het schaarste begrip (B2: concept schaarste).
- Zeker ook relevant in de examenprogramma's voor havo en vwo is het A-subdomein 'Waarderen en oordelen', met als eindterm: "De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen."

#### *Implicaties voor leerplanontwikkeling*

Het zou goed zijn, de analyses en de ontwerpen van duurzame ontwikkeling in het onderwijs door de decennia heen naast elkaar te leggen om na te gaan welke conceptualisering van duurzame ontwikkeling zich in de praktijk het best hebben bewezen in het beoogd curriculum: formulering van kerndoelen en eindtermen, uitwerkingen in lesmateriaal. In het uitgevoerd curriculum zou de aanpak in de onderwijspraktijk kunnen worden geëvalueerd. De intenties van onderwijs over duurzame ontwikkeling lijken sinds de jaren 80 niet veranderd, hooguit is het besef toegenomen dat voor inzicht in duurzame ontwikkeling de inzet van verschillende disciplines nodig is. Voor het onderwijs houdt dat een beroep in op verschillende vakken of leergebieden, uit de alfa-, bèta- en gammasfeer. Toegespitst op de sector Natuur en Techniek zal dat een accent betekenen op ecologie (begrippen als *biodiversiteit* en *kringlopen* en alles wat daarmee samenhangt, zoals materiestromen en energieomzettingen), aardwetenschappen (met name het klimaatvraagstuk en de notie van uitputbaarheid van hulpbronnen) en technologie (de oplossingen die technologie biedt, en de eventuele problemen die deze weer kunnen veroorzaken). In de beste tradities van natuurwetenschappelijk en techn(olog)isch onderwijs worden zulke inhouds niet los behandeld van ethische of sociale aspecten, maar vindt het problematiseren van zulke aspecten met respect voor de professionaliteit in die kennisdomeinen plaats (Van Driel, Bulte, & Verloop, 2008, Roberts, 1982).

Nieuwe ontwerpen voor onderwijs over duurzame ontwikkeling moeten zich oriënteren op de inzichten en conceptualisering die in en buiten het onderwijs zijn ontwikkeld.

- Inhoudelijk liggen er aanknopingspunten met begrippen als circulair ondernemen, *cradle to cradle*, over het gebruik van grondstoffen gekoppeld aan het schaarsebegrip, of met technologische ontwikkelingen als *lab on a chip* (miniaturisering, nanotechnologie).
- Duurzaamheid als thema voor vakoverstijgend werken kan voortbouwen op de ervaringen met projectweken en met vakken als ANW, NLT en O&O.
- De uitwerking van duurzaamheid in de kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo, daarin als denkwijze geformuleerd, kan in principe ook andere domeinen, zoals aardrijkskunde en economie insluiten. Dat zou recht doen aan de aard van het thema.
- Voor een goed begrip van duurzaamheid is de ontwikkeling van *systemdenken* belangrijk, het denken in termen van deelsystemen die elkaar beïnvloeden, en het inzicht dat systemen ('emergente') eigenschappen hebben die hun onderdelen zelf niet hebben. In de biologie-examenprogramma's voor havo en vwo is dit denken beschreven als *ecologisch* denken, maar ook in andere vakken spelen systemen en hun relaties en eigenschappen een rol. Het kan in projectonderwijs of andere vormen van vakoverstijgend onderwijs verder uitgewerkt worden.
- Goede voorbeelden blijven van groot belang. Daarbij moet ook gekeken worden naar materiaal ontwikkeld door natuur- en milieuorganisaties of andere maatschappelijke organisaties. Universiteiten ontwikkelen, al dan niet samen met vwo-docenten, course ware. Zowel UNESCO als IVN bieden scholen een programma. Daarnaast zijn er websites met informatie over duurzaamheidsonderwijs, zowel praktisch als meer theoretisch en reflecterend van aard, zoals de portal Duurzaamheid.nl, GroenGelinkt en op de website van ECENT, het Expertisecentrum Lerarenopleidingen Natuur en Techniek.
- Duurzaamheidsvraagstukken zijn vraagstukken met vertakkingen in veel richtingen en op verschillende schalen, vaak van lokaal tot mondiaal. Het is daarom van belang leerlingen een reëel handelingsperspectief te bieden, dat past bij de sociale kaders van de leerlingen, en dat ze helpt ervaren en begrijpen wat ze wel en niet zelf kunnen bijdragen aan duurzaamheid (Van Eijck, z.j.).
- De Engelse term *Education for sustainable development* laat een meervoudige doelstelling zien, waarin opvoeding in duurzaam gedrag en onderwijs over duurzame ontwikkeling door elkaar lopen. In dit kader is het relevant om de zogenaamde '*Whole School Approach*' te vermelden. Deze aanpak richt zich op een integrale ontwikkeling van het schoolcurriculum in relatie tot de leeromgeving in nabijheid van de school. Deze aanpak wordt onder meer genoemd in de gezamenlijke reactie die wetenschappers hebben gegeven op het preadvies van de commissie Schnabel ten aanzien van de positie van duurzaamheid in het onderwijs. De wetenschappers bepleiten dat deze integrale aanpak nodig is om de nieuwe generatie voor te bereiden op de uitdagingen van de toekomst.

### 3.4 Concept-contextbenadering

*Wat is de trend?*

Twee adviezen van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (KNAW, 2003a en b) vormen de basis voor de recente aandacht voor concepten en contexten in het onderwijs in Nederland. Een motief voor die aandacht is dat realistische contexten de relevantie en actualiteit van natuurwetenschap en techniek laten zien, en daar was in het begin van de eeuw behoefte aan, gezien de terugloop in interesse van jongeren voor die vakken. Een tweede motief is dat leerlingen concepten wendbaar leren gebruiken door ze in verschillende contexten te hanteren, en dat ze daarmee ook het generieke karakter van concepten leren kennen. Onderzoek laat overigens zien dat een concept-context-benadering niet per se leidt tot betere leerresultaten,

maar dat zij het onderwijs wel aantrekkelijker maakt voor leerlingen (Bennett, Lubben & Hogarth, 2006).

In Nederland is de ontwikkeling naar meer contextrijk onderwijs in de natuurwetenschappen al sinds de jaren zeventig gaande (Kuiper, 2009). Ook internationaal is er al langer sprake van deze trend, die in de Engelstalige literatuur bekend staat als *context-based science education* (Bennett, Gräsel & Parchmann, 2005). Het Nederlandse PLON-project (*Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde*, 1972-1986) ontwikkelde een groot aantal natuurkundemodules vanuit realistische contexten (Eijkelhof & Kortland, 1988). Diverse scheikundeleraren werkten met *Chemie in Producten*. De Verenigde Staten kende onder meer het programma *ChemCom*. In Engeland zijn programma's voor *context-based science education* binnen de zogenaamde Salters-familie ontwikkeld. Duitse contextrijke programma's zijn *ChiK (Chemie im Kontext)*, *Piko (Physik im Kontext)* en *BiK (Biologie im Kontext)*. De huidige ontwikkelingen rond concepten en contexten bouwen voort op onderzoek en ervaringen uit deze Nederlandse en internationale programma's en projecten.

Voor po zijn voor het leergebied *Oriëntatie op jezelf en de wereld* concepten en contexten uitgewerkt (Boersma et al., 2007; Van Graft, Boersma, Goedhart, Van Oers, & De Vries, 2009). Tevens zijn op basis van de concept-contextbenadering enkele lesvoorbeelden uitgewerkt (Van Graft, 2009). Over de implementatie van deze benadering in het basisonderwijs, bijvoorbeeld in methodes, en op pabo's zijn geen onderzoeksgegevens beschikbaar. Wel zijn bij de totstandkoming van de Toetswijzer voor de wereldoriëntatie de systeemconcepten van de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (CVBO) uitgangspunt geweest voor de kerndoelen die betrekking hebben op biologie (Boersma et al., 2007; College voor Examens, 2012). Ook in het leerplankader wetenschap en technologie voor het basisonderwijs is de concept-contextbenadering genoemd als een mogelijke redenering om te komen tot een voor leerlingen relevante keuze van de inhoud van het onderwijs (Van Graft, Klein Tank & Beker, 2016).

In het vmbo is de concept-contextbenadering voor de natuurwetenschappelijke vakken niet voorgeschreven. Wanneer het wordt toegepast is dat vanuit de interesse van de docent. Het is mogelijk dat dit verband houdt met het feit dat vmbo-leerlingen meer achteruitgaan in het PISA-onderzoek dan havo/vwo-leerlingen (SLO, 2017)

Bij het opstellen van de nieuwe examenprogramma's voor havo en vwo had de concept-contextbenadering invloed op het selecteren en ordenen van doelen en inhouden – het beoogde curriculum. Dat is op uiteenlopende wijze gebeurd. Bij biologie is een nieuw opgezette conceptuele structuur van systeemconcepten en organisatieniveaus gevuld met eindtermen die expliciet de verbinding met globaal aangeduide contexten leggen. Bij natuurkunde zijn voor enkele domeinen met name genoemde contexten in het naar concepten georganiseerde programma opgenomen; in de andere domeinen beperkt de aanduiding zich tot 'in contexten kunnen gebruiken'. Bij scheikunde zijn naast vanuit de vakinhoud georganiseerde domeinen drie domeinen opgenomen die vanuit maatschappelijke contexten zijn gevuld.

De examenprogramma's schrijven inhoud voor, dus het noemen van contexten in de examenprogramma's houdt in dat leerlingen het gebruik van bepaalde concepten in al dan niet bepaalde contexten moeten leren beheersen. Bij de planning en uitwerking van het curriculum echter staat het leraren en auteurs vrij om zowel concepten als contexten naar eigen voorkeur in te voegen. Voor de ordening van de inhoud kunnen ze zowel groepen concepten als contexten als uitgangspunt nemen. Ook voor de didactische uitwerking per onderwerp kunnen zij zelf kiezen of ze voortdurend eenzelfde grote context opzoeken, of dat ze wisselende contexten als illustraties bij verschillende concepten gebruiken. De varianten die dit oplevert zijn door Bruning en Michels (2013) beschreven als het *concept-contextvenster*.



Docenten herkennen dat de concept-contextbenadering een belangrijk aspect van de vernieuwing is. In de tussenmeting van de monitoring van de invoering van de nieuwe bètaprogramma's (Folmer, Ottevanger & Kuiper, 2015) noemt van de docenten biologie en scheikunde elk ongeveer negentig procent het gebruik van contexten als vernieuwingskenmerk, bij natuurkunde is dat iets minder dan zestig procent. Docenten verschillen van mening over het al dan niet verplichtende karakter van de concept-contextbenadering voor de lespraktijk. In de tussenmeting was twee derde van de biologiedocenten, een derde van de scheikundedocenten en een vijfde van de natuurkundedocenten (onterecht) van mening dat zij *moeten* werken volgens een concept-contextbenadering. Wellicht is dit bij biologie terug te voeren op het feit dat in het examenprogramma biologie aan de eindtermen vaak is toegevoegd 'in contexten' (bijvoorbeeld: 'de kandidaat kan met behulp van het concept afweer ten minste in contexten op het gebied van gezondheidszorg en voedselproductie benoemen op welke wijze eukaryoten zich te weer stellen tegen andere organismen'). Vergelijkbare formuleringen zijn overigens ook te vinden in het scheikunde-examenprogramma, zij het minder frequent.

In de pilotprojecten van de nieuwe examenprogramma's voor havo en vwo zijn voorbeelden van concept-contextonderwijs ontwikkeld.

Op het niveau van het lesmateriaal en de lessen is de invloed van de concept-contextbenadering waar te nemen, op uiteenlopende wijze. Uitgevers bieden methodes met verschillende aanpakken, wat scholen en docenten de mogelijkheid biedt te kiezen wat bij hun onderwijsvisie en -praktijk aansluit. Bij de ontwikkelde methodes valt op dat de meeste een voorzichtige aanpak kiezen. De ordening en inrichting van de boeken worden bepaald door de concepten, waarbij contexten als illustratie van of verbinding tussen de concepten fungeren. In termen van varianten volgens het concept-contextvenster (Bruning & Michels, 2013) wordt een context dus niet of nauwelijks aangeboden als 'centrale context' die selectie en ordening van de leerstof bepaalt. De tussenmeting (Folmer e.a., 2015) bevestigt dat beeld. De meeste docenten geven aan dat ze in veel lessen contexten gebruiken, maar de docenten die de inhoud van de lessen door een context laten bepalen zijn ver in de minderheid. Het gebruik van contexten in de les verhoogt ook de door docenten ervaren druk op de uitvoerbaarheid van de programma's, met name bij biologie en scheikunde. Dertig (scheikunde) tot vijftig (biologie) procent van de docenten vindt dat het werken met contexten (erg) veel tijd kost.

De concept-contextbenadering heeft ook invloed op de examens. Een analyse van het eerste centraal examen havo biologie volgens het nieuwe programma (Michels & Folmer, in voorbereiding) laat zien dat niet bij alle opgaven sprake is van een wisselwerking tussen concepten en contexten zoals bedoeld door de vernieuwingscommissie. Voor de schoolexamens vragen docenten nog steeds om goede voorbeelden van toetsen in context.

Voor vakken met een centraal examen worden voor de centraalexameneindtermen in de syllabi veel voorschrijvende specificaties van concepten en deelconcepten gegeven. Die kunnen niet altijd op een authentieke manier met een beperkt aantal centrale contexten verbonden worden. Aan de schoolexameneindtermen zijn geen voorschrijvende specificaties verbonden en dat maakt uitwerking in centrale contexten makkelijker. Duidelijk is dat te zien bij het vak NLT, dat immers alleen maar schoolexamendomeinen kent. De modules van NLT zijn dan ook bijna allemaal schoolvoorbeelden van *centrale contexten*, dat wil zeggen van inhoudsselectie vanuit één context in combinatie met een uitwerking die de verbinding van de concepten met die context ook steeds laat zien.

#### *Implicaties voor verdere ontwikkeling*

Voor po/so kunnen lesvoorbeelden die al ontwikkeld zijn nader gekarakteriseerd worden in varianten van de concept-contextbenadering, en wellicht met ideaaltypische voorbeelden van andere varianten aangevuld.

Als suggestie voor verder ontwikkelwerk in het vo hebben uitgevers en lerarenopleiders in gesprekken over de verschillende kwadranten van het concept-contextvenster (Bruning &

Michels, 2013) al aangegeven dat ideaaltypische voorbeelden van lesmateriaal bij elk van de kwadranten uit het concept-contextvenster welkom zouden zijn. De gesprekken hierover gingen vooral over de bovenbouw vo, maar deze suggestie geldt ook voor de onderbouw vo. Deze voorbeelden zijn verzameld en ontsloten op de SLO-website (Sanders & Pieters, 2016). Op [www.eцент.nl](http://www.eцент.nl) worden in het dossier *concept-contextbenadering* deze en andere voorbeelden toegelicht, aangevuld met diverse beschouwingen en literatuurverwijzingen. Deze vormen van ontsluiting moeten actief onder de aandacht van leraren en auteurs gebracht worden in handreikingen en in activiteiten voor professionalisering.

Uitgevers gaven verder aan dat zij inzicht in de waardering door docenten én leerlingen van verschillende varianten van de concept-contextbenadering op prijs zouden stellen en ook zouden gebruiken bij nieuwe of herziene methodes. Dit vraagt om specifiek onderzoek dan de literatuur tot nu toe oplevert, al zegt die er al wel iets over, zoals hierboven al genoemd.

Uit de contacten met uitgevers en auteurs van tweedefasemateriaal blijkt inderdaad dat – zoals hierboven al vermeld – de detaillering van concepten in de syllabusspecificaties hen voor een benadering vanuit een 'centrale context' bij CE-onderwerpen in de weg staat. Zo'n benadering, waarbij de concepten die aan de orde komen voortvloeien uit de gekozen context, kan makkelijker gevolgd worden vanuit de globaal omschreven eindtermen voor het SE. Voor die mogelijkheid is blijvend voldoende ruimte voor SE-onderwerpen dus gewenst. Hiermee moet rekening gehouden worden in de discussies over detaillering van eindtermen en reikwijdte van centrale examinering. Ook kan dit een rol spelen in de herziening van de kerndoelen voor po en vo-onderbouw.

Ook als boeken een variëteit aan concept-contextbenaderingen aanbieden, blijkt uit gebruikersonderzoek (mondeling door uitgevers gerapporteerd) en contacten van SLO-collega's met docentontwikkelteams, dat leraren bij het gebruik ervan in de klas vaak de veilige route van een sterk conceptuele ordening kiezen, hier en daar met een illustratieve context verlevendigd. Vanuit uitgevers, lerarenopleiders en steunpunten is de behoefte aangegeven aan oefenmateriaal ten behoeve van lerarenopleiding en verdere professionele ontwikkeling. Dat oefenmateriaal hoeft niet allemaal ontwikkeld te worden, het kan ook bestaan in een andere schikking van beschikbaar materiaal, met een goede begeleidingsaanpak in opleiding en professionele ontwikkeling (zie bijvoorbeeld Janssen, Westbroek, Doyle, & Van Driel, 2013).

Ook de discussie over het Curriculum van de toekomst laat de behoefte aan goede uitwerkingen van contextrijk vakonderwijs zien. In die discussie (met name in Onderwijs2032) leggen veel mensen en organisaties nadruk op samenhang tussen de vakken en leergebieden. Tegelijk wordt ook het belang van diepgang van vakken of leergebieden onderstreept. Leren in contexten maakt het mogelijk vakoverstijgende vragen uit realistische contexten vanuit verschillende vakspecifieke invalshoeken met voldoende diepgang voor elk vak te benaderen. Zie ook de trend over interdisciplinariteit.

### 3.5 Aandacht voor kennis over wetenschap

#### *Wat is de trend?*

Natuurwetenschappelijke kennis ontwikkelt zich snel. Leerlingen die bijvoorbeeld over twintig jaar een rol in natuurwetenschap of techniek zullen spelen, moeten nu op school leren hoe je natuurwetenschap beoefent en welke rol deze, met haar technologische toepassingen, in de samenleving speelt, naast de traditionele kennis van begrippen, feiten en regels. Aansluitend bij een zevental *curriculum emphases* (min of meer vertaald als *curriculumaccenten*) voor *science education* die Roberts (1982) onderscheidt, heeft Van Berkel (2005) een driedeling gemaakt in *Fundamentele natuurwetenschap* (FN), *Kennisontwikkeling in de natuurwetenschap* (KN) en *Natuurwetenschap, technologie en samenleving* (NTS).<sup>7</sup> Al sinds de jaren zeventig laten

<sup>7</sup> Van Berkel spitst dat toe op de scheikunde. Lesley de Putter (2012) verbreedt die categorieën weer naar de natuurwetenschappen in het algemeen.

vernieuwingen van de beoogde curricula in binnen- en buitenland zien, dat men de traditioneel sterk benadrukte FN (met name kennis van natuurwetenschappelijke theorieën) wil aanvullen met KN en NTS. Meest recente uitingen in internationaal kader van deze trend, die ook in Nederland zelf zijn geadopteerd, zijn de 21st Century Skills (Van den Oetelaar, 2012) en het framework van het PISA-programma – respectievelijk bij de vaardigheid Kennisconstructie en bij de kennisgebieden *Procedural Knowledge* en *Epistemic Knowledge*.

Voor het basis- en speciaal onderwijs heeft SLO in opdracht van het ministerie van OCW voor het domein *Oriëntatie op jezelf en de wereld*, waar natuurwetenschappen onderdeel van zijn, een leerplankader voor wetenschap en technologie (W&T) ontwikkeld (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2016). W&T-onderwijs bestaat uit de componenten houding, vaardigheden en kennis. De (wetenschappelijke) houding is uitgewerkt in gedragskenmerken van leerlingen volgens de indeling van Van der Rijst, Van Driel, Kijne, & Verloop (2007). Naast de vaardigheden onderzoeken en ontwerpen, die zijn uitgewerkt in leerlijnen, worden onderliggende vaardigheden beschreven, onder andere het hanteren van denkwijzen, die grotendeels overeenkomen met de denkwijzen bij de hieronder beschreven kennisbasis voor de onderbouw vo. De component kennis is uitgewerkt in concepten en onderliggende begrippen en gekoppeld aan de kerndoelen po.

De *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo, een richtinggevend leerplankader* (Ottevanger et al., 2014) legt de relaties uitdrukkelijk door middel van de beschrijving van de gemeenschappelijke denk- en werkwijzen. Deze kennisbasis is in 2015/16 verder uitgewerkt in voorbeelden die in de lespraktijk beproefd zijn en beschikbaar zijn voor docenten.

Bij de natuurwetenschappelijke vakken in de tweede fase benoemen de A-eindtermen (de vaardigheden) in de examenprogramma's deze aspecten, in elk van de vakken zijn domeinen aan te wijzen die KN en NTS mogelijk maken. Mogelijkheden voor uitwerking van het curriculum worden zichtbaar gemaakt in de handreikingen voor het schoolexamen. Dat geldt nog sterker voor de vakken ANW en NLT, die elk op hun eigen wijze op maat gesneden zijn voor de curriculumaccenten KN en NTS.

Binnen het PISA-onderzoek is kennis over wetenschap, daar geformuleerd als 'procedurele kennis' – over het opzetten en uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek - en 'epistemische kennis' - over de processen en concepten die een rol spelen bij de constructie van kennis in de wetenschap – zeer belangrijk. Op havo en vwo scoren leerlingen significant beter op deze categorieën dan op vakinhoudelijke kennis; op vmbo bb en kb is dat juist andersom (SLO, 2017). Op de meeste schooltypes is de score op kennis over wetenschap ook meer gedaald dan de score op vakinhoudelijke kennis.

Ook aandacht voor redeneren en verschillende soorten van vakmatig denken lijkt ruimte te bieden voor de werkwijzen en denkwijzen in de natuurwetenschappen. SLO is de mogelijkheden die de vaardigheden in de programma's bieden als bijdrage aan kennis over wetenschap aan het uitwerken in voorbeeldmateriaal en -toetsmateriaal, vooral over redeneervaardigheden. Daarmee wordt aangesloten bij de examenprogramma's voor vmbo en voor havo/vwo, die in de A-domeinen (die verschillende inhoudsdomeinen overkoepelen) uitwerkingen bieden van de vaktaal waarvan bij oriëntatie op kennis over wetenschap gebruik kan worden gemaakt.

In het **uitgevoerde** curriculum in Nederland winnen de categorieën KN en NTS terrein, maar in de strijd om de schaarse uren delven zij nog wel vaak het onderspit. De kloof tussen beoogd en uitgevoerd curriculum wordt verwoord in de perceptie bij veel leraren dat wetenschapsfilosofische en -historische inhoud ten koste gaat van 'echte' scheikunde, natuurkunde, biologie. Tegelijk laat onderzoek van Van Driel e.a. (2008) zien dat, zeker voor het vwo, veel scheikundeleraren kennis

over de aard van de scheikunde een belangrijk onderdeel van hun vak vinden. Voor leraren in andere vakken is een dergelijk onderzoek ons niet bekend, maar we kunnen wel aanwijzingen vinden in de tussenevaluatie van de invoering van de natuurwetenschappelijke examenprogramma's havo/vwo (Folmer e.a., 2015). Gevraagd naar de aandacht voor de wetenschapsfilosofische en -historische aspecten van hun vak ('ANW-aspecten') geeft de meerderheid van de respondenten in alle drie de vakken aan dat zij aan deze aspecten in enkele lessen aandacht besteden. Daarbij:

- krijgt bij biologiedocenten de vraag hoe wetenschappelijke kennis gebruikt wordt de meeste aandacht; bij 37% van de docenten in een kwart of meer van de lessen (ibid., p. 21)
- krijgen bij natuurkundedocenten de vragen hoe wetenschappelijke kennis gebruikt wordt en hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt de meeste aandacht, door 40% van de docenten resp. 19% van de docenten in een kwart of meer dan de helft van de lessen (ibid., p. 59);
- krijgt bij scheikunedocenten de vraag hoe wetenschappelijke kennis gebruikt wordt de meeste aandacht; door 25% van de docenten in een kwart of meer dan de helft de lessen (ibid., p. 97).

Aandacht voor KN en NTS speelt een rol in alle vakken die een wetenschappelijke achtergrond hebben en/of (zoals het taalonderwijs) een methodische aanpak ontwikkelen. Die rol is duidelijk af te lezen in de analyse van inpassingsmogelijkheden van ANW-inhoud in andere vakken, onder de brede noemer *wetenschapsoriëntatie* (een overzicht van die analyses staat op [www.wetenschapsorientatie.slo.nl](http://www.wetenschapsorientatie.slo.nl)). De interesse van vooral vwo-scholen voor wetenschaps-oriëntatie als vakoverstijgend thema blijkt uit de grote deelname van schoolleiders aan de conferentie *De w van vwo*, die de KNAW in november 2015 voor de derde keer sinds 2011 organiseerde, in samenwerking met onder andere de VO-Raad en SLO. Bij die conferentie bleek ook dat enkele scholen uit het netwerk van de [WON Academie](http://www.wonacademie.nl) actief zijn, en dit wordt bevestigd in contacten met een docentontwikkelteam aan de Universiteit Twente, eind 2015.

#### *Implicaties voor verdere ontwikkeling*

Kennisontwikkeling in de natuurwetenschap (KN) en Natuurwetenschap, technologie en samenleving (NTS) hebben zoals gezegd al een duidelijke plaats in de curriculumdocumenten voor natuurwetenschap en technologie. Voor het accent NTS is een versterking van aandacht in lesmateriaal te zien, met de verschillende uitwerkingen van de concept-contextbenadering, vooral bij contexten als ordenend principe of als startpunt voor leerstofselectie ('verbindende' of 'centrale' context, zie Bruning & Michels, 2013). De concept-contextbenadering draagt in de methodes maar in geringe mate bij aan het curriculumaccent KN, zij blijft daarin veelal beperkt tot enkele historische contexten.

Doordat de betekenis van concepten in verschillende contexten verschillen, ook in de tijd, kan het volgen van die betekenis bijdragen aan meer kennistheoretisch inzicht in kennisontwikkeling in de natuurwetenschap.

Behalve in de concept-contextbenadering liggen er kansen bij activiteiten van leerlingen in onderzoeken, ontwerpen en modelleren. Bij zulke uitwerkingen kan gebruik worden gemaakt van diverse vakdidactische onderzoeken naar de kwaliteit van onderzoek door leerlingen (Schalk, 2006; Van der Valk e.a., 2005, Van der Jagt, 2016). Allereerst staan die activiteiten, zeker in de bovenbouw vo, onder druk door de altijd dreigende overladenheid. In het basisonderwijs staat de nadruk op taal- en reken-wiskundeonderwijs aandacht voor *Wetenschap en Techniek* en zeker ook voor KN en NTS in de weg, evenals de handelingsverlegenheid van veel leerkrachten bij deze onderwerpen. Vervolgens is voor een goede behandeling van KN en NTS ook reflectie en verbreding nodig, om van eigen ervaringen tot inzicht in onderzoeken, ontwerpen en modelleren als activiteit van de natuurwetenschap als geheel te komen. Ook de stap naar toetsing is van belang, maar die wordt, vooral bij centrale examens, niet zo makkelijk gemaakt, vooral omdat het verschil tussen goede en foute antwoorden op deze gebieden lastiger te maken is dan bij strikt

natuurwetenschappelijke vragen. Docenten en ontwikkelaars kunnen hiervoor te rade gaan bij andere vakken, waarin men meer ervaring heeft met vragen waarop de antwoorden die niet altijd duidelijk goed of fout zijn.

### 3.6 Aandacht voor vaardigheden

#### 21e eeuwse vaardigheden

##### *Wat is de trend?*

De samenleving waarin we leven ondergaat een transformatie. Niets nieuws onder de zon als we terugkijken in de tijd. Het dichtstbij op de tijdlijn liggen verschuivingen van landbouwsamenleving naar de industriële samenleving en vervolgens naar de huidige kennis- of informatiesamenleving. Deze maatschappelijke veranderingen hebben in elk geval één gemeenschappelijk kenmerk: ze hebben enorme invloed op de manier waarop we leven, leren en werken. Vanwege de impact worden deze overgangperiodes 'industriële revolutie' en 'digitale revolutie' genoemd (Lamers & Van den Oetelaar, 2012). Volgens het World Economic Forum, een internationale denktank van bedrijven, academici en politici, zitten we midden in de 'vierde industriële revolutie'. Bij de huidige – vierde – industriële revolutie gaat het onder andere om ontwikkelingen in de genetica, kunstmatige intelligentie, robotica, nanotechnologie, 3D-printen en biotechnologie, maar vooral ook om de toenemende informatisering (waarbij het verwerven en kanaliseren van informatie belangrijker is dan het produceren van goederen) en de integratie van machines met internet (World Economic Forum, 2016). Globalisering, toename van de rol van technologie, de nadruk op ICT en (het verwerken van) informatie, maar ook de toenemende individualisering van de maatschappij verlangen vaardigheden van leerlingen, nu en in de toekomst.

Tabel 16 *Onderwijsontwikkeling. Bron: Van den Oetelaar (2012)*

Onderwijs in een industriële samenleving	Onderwijs in een kennissamenleving
Gericht op kennisoverdracht	Gericht op kennisconstructie
Leerkracht en boeken als bron van kennis	Leerkracht als coach van leerling gestuurde leerprocessen
Lessen gebaseerd op de lagere niveaus van de taxonomie van Bloom: Kennis, Inzicht en Toepassing	Lessen gebaseerd op de hogere niveaus van de taxonomie van Bloom: Analyse, Synthese en Evaluatie
Passief leren	Actief leren
Gefragmenteerde lessen en curriculum	Vakoverstijgende projecten
Gebaseerd op behoeften van werkgevers in een industriële samenleving	Gebaseerd op behoeften van werkgevers en maatschappij in een kennissamenleving
Boeken, schriften, pennen staan centraal	Blended learning met rijk gebruik van ICT
Vindt vooral plaats binnen klaslokalen	Interactie binnen en buiten school

Thijs, Fisser en van der Hoeven (2014) hebben in 2014 een onderzoek uitgevoerd naar de mate van aandacht voor en integratie van de 21e eeuwse vaardigheden in het funderend onderwijs (het basisonderwijs en de onderbouw van het vo). De 21e eeuwse vaardigheden die onderscheiden worden zijn: ICT-(basis)vaardigheden, mediawijsheid, informatievaardigheden, computational thinking (deze samen zijn de digitale vaardigheden), creatief denken en handelen,

probleemoplossend denken en handelen, kritisch denken, zelfregulering, sociale en culturele vaardigheden en communiceren en samenwerken.

Uit het onderzoek blijkt dat de 21e eeuwse vaardigheden nog weinig doelgericht en structureel aan de orde komen in het onderwijs. Er is beperkte aandacht voor de vaardigheden in landelijke leerplankaders, en in reguliere methodes komen ze weinig substantieel en systematisch voor. Vooral creatief en probleemoplossend denken en handelen en digitale geletterdheid zijn nog weinig uitgewerkt. Dit zijn ook de vaardigheden die leraren noemen als zij aangeven behoefte te hebben aan meer kennis en inzicht in wat de vaardigheden concreet inhouden en aan lesmaterialen voor concrete houvast in de praktijk.

In onderstaand figuur worden de 21e eeuwse vaardigheden gepresenteerd. Ze kunnen zowel los als in samenhang gezien worden, maar altijd in combinatie met vakspecifieke kennis en vaardigheden.



In het rapport *Ons Onderwijs2032*, uitgebracht in april 2016 wordt gepleit voor onderwijs waarin aandacht is voor 21e eeuwse vaardigheden. Deze vaardigheden behoren volgens dit rapport tot de vaste basis voor alle leerlingen. De samenleving en de arbeidsmarkt doen een steeds groter beroep op beheersing van vaardigheden die niet zijn gebonden aan een specifiek vak. Leerlingen hebben ze nodig om in de maatschappij te kunnen functioneren, ter ondersteuning van een leven lang leren en de vorming van hun persoonlijkheid. De volgende vijf worden daarbij genoemd: leervaardigheden, creëren, kritisch denken, probleem oplossen en samenwerken (Platform *Onderwijs2032*, 2016).

Natuur en technologie is het leergebied waar 21e eeuwse vaardigheden een plaats kunnen krijgen.

In het nieuwe leerplankader Wetenschap en technologie (van Graft e.a., 2014) komen de 21e eeuwse vaardigheden nadrukkelijk en ruim aan de orde.

In de onderbouw vo is in het leergebied mens en natuur aandacht voor 21e eeuwse vaardigheden, zowel in de kerndoelen als in de 'geïntegreerde' methode. In de kennisbasis natuurwetenschappen & technologie (Ottenvanger et al, 2014) voor onderbouw vo zijn 21e vaardigheden uitgewerkt in werkwijzen, die op hun beurt weer in combinatie met denkwijzen en vakinhouden gepresenteerd worden.

In de bovenbouw van het vmbo schenken scholen aandacht aan vaardigheden die voorbereiden op de benodigde mbo-vaardigheden. Deze vaardigheden beschrijven de competenties die leerlingen nodig hebben om de verschillende vereiste werkprocessen te kunnen uitvoeren.

In de nieuwe bètavakken in de tweede fase zijn de vaardigheden die in domein A zijn uitgewerkt, identiek voor alle bètavakken en krijgen die ook aandacht in de beschikbare methodes. In de nieuwe bètavakken in de tweede fase is er aandacht voor 21<sup>e</sup> eeuwse vaardigheden in domein A, waaronder informatievaardigheden, communiceren, redeneervaardigheden, digitale geletterdheid en problemen oplossen.

#### *Sociale media en andere ICT-toepassingen in het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken*

In het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken worden diverse ICT-toepassingen gebruikt, waaronder sociale media. Het is een verzamelbegrip voor online platformen waar de gebruikers, zonder of met minimale tussenkomst van een professionele redactie, de inhoud verzorgen. Hoofdkenmerken zijn interactie en dialoog tussen de gebruikers. Het biedt docenten uitbreiding van vooral het didactische repertoire. Zij bieden de mogelijkheid om het leerplan op een nieuwe manier, wellicht meer passend bij de individuele leerling, uit te voeren. Het gebruik van sociale media heeft invloed op hoe, waar en wanneer er geleerd wordt, zelfs op een 24/7-achtige wijze als dat wenselijk mocht zijn. Voor het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken geldt in het bijzonder dat op relatief eenvoudige wijze een grote hoeveelheid gegevens(data) voor een experiment verzameld kunnen worden, waardoor resultaten betrouwbaarder worden.

Voorbeelden van toepassing van sociale media in het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken:

*Citizen Science*, burgerwetenschap, is een nieuwe opkomende manier van onderzoek doen. Dankzij Citizen Science is het mogelijk om veel mensen die normaal niet zo snel met wetenschap in contact komen er toch kennis mee te laten maken en belangrijker nog om ze zelf mee te laten werken aan dat onderzoek. De wetenschap vergroot haar bereik en krijgt de mankracht om sommige grote onderzoeken uit te voeren die op andere manieren niet mogelijk zijn. Citizen science kan worden ingezet om grote hoeveelheden data te onderzoeken. *iSPEX* bijvoorbeeld is ingezet voor fijnstofmeting binnen Nederland. Zo'n 10.000 *iSPEX*-opzetstukjes zijn verspreid over *iSPEX*-gebruikers over heel Nederland. Met behulp van de bijbehorende gratis app zijn over een periode fijnstof-metingen uitgevoerd en vergeleken met metingen van het reguliere netwerk van meetpunten in Nederland (Snik e.a., 2014). Citizen Science wordt o.a. toegepast binnen NLT.

*Coast watch app*, waarmee leerlingen gegevens verzamelen over dieren en afval en deze opsturen naar Stichting De Noordzee.

*HiSPARC* is een project waarbij middelbare scholen samen met wetenschappelijke instellingen een groot netwerk vormen om kosmische straling met extreem hoge energie te kunnen meten. HiSPARC wordt o.a. toegepast binnen NLT.

*Boinc* is een programma dat niet de tijd van de internetmenigte zelf maar de ongebruikte computertijd gebruikt. Via Boinc kan je je computer beschikbaar stellen om data te analyseren voor wetenschappelijke projecten zoals *seti@home*, *climateprediction.net* en kankerbestrijding.

*Globe* is een initiatief waarbinnen leerlingen metingen doen aan bijvoorbeeld natuur en klimaat. Deze data worden vervolgens ook echt door de wetenschap gebruikt.

Er zijn nog maar sporadisch voorbeelden van docenten die sociale media zoals Twitter of Facebook gebruiken in de les als didactisch instrument. Dat wordt vooral interessant als je grotere aantallen leerlingen wilt bereiken in bijvoorbeeld meerdere klassen via videolessen (UTwente).

#### *Implicaties voor verdere uitwerking*

Bij de implementatie van de 21e eeuwse vaardigheden in het curriculum van de natuurwetenschappelijke vakken doen zich een aantal uitdagingen voor:

- hoe deze vaardigheden te integreren en zichtbaar te maken in het curriculum;
- hoe te komen tot doorlopende leerlijnen voor 21e eeuwse vaardigheden;
- hoe vaardigheden te toetsen of te evalueren;
- de noodzaak van professionele ontwikkeling van docenten om 21e eeuwse vaardigheden te verwerken in de les (Voogt & Pareja Roblin, 2012).

## Modelleren en modelgebruik als natuurwetenschappelijke werk- en denkwijze

#### *Wat is de trend?*

Modelleren (en modelgebruik) is naast onderzoeken en ontwerpen een van de belangrijke natuurwetenschappelijke werk- en denkwijzen. Ook in andere vakgebieden, zoals kunst en economie, speelt modelleren een belangrijke rol. Met de komst van computers met grote rekenkracht zijn de mogelijkheden en het belang van modelleren als wetenschappelijke activiteit alleen maar toegenomen.

Voor wat betreft modelleren kunnen we onderscheid maken tussen het ontwikkelen en gebruiken van een tastbaar (al dan niet geschaald), een conceptueel en een wiskundig, (al dan niet) dynamisch model. Voorbeelden zijn torso's, stroomschema's en klimaatmodellen.

Het redeneren met behulp van modellen en het ontwikkelen van modellen is een belangrijke hogere orde denkvaardigheid en maakt deel uit van een curriculum dat 21e eeuwse vaardigheden centraal stelt. Het past goed in onderwijs waarin meer nadruk gelegd wordt metacognitieve vaardigheden of denkvaardigheden. Modelleren is namelijk bij uitstek een activiteit waarbij leerlingen probleemoplossende vaardigheden leren en gebruikmaken van ICT als doel en als middel. Daarnaast is modelleren uitermate geschikt als activiteit binnen concept-contextonderwijs (Savelsbergh, 2008).

Internationaal is het belang van modelleren in het onderwijs doorgedrongen. In de Verenigde Staten bijvoorbeeld maakt modelleren deel uit van de zeven werk- en denkwijzen in de [\*Common Core State Standards\*](#) en de [\*Next Generation Science Standards\*](#) (Pratt, H. (2013).

In Nederland maakt modelleren deel uit van het beoogde curriculum. In het basisonderwijs in het leerplankader Wetenschap & Technologie voor po/so is modelleren opgenomen (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2014). In de onderbouw is modelleren opgenomen als een van de werkwijzen binnen de kennisbasis natuurwetenschap & technologie (Ottevanger e.a., 2014), zowel in po als in onderbouw vo gaat het daarbij meer om modelontwikkeling en -gebruik dan om dynamisch modelleren. *Het leren van modelleeropdrachten in de bovenbouw vmbo is in kaart gebracht* (Schaik, van e.a., 2014). In de tweede fase havo/vwo is er vanuit zowel de vernieuwing van de natuurwetenschappelijke vakken als de vernieuwing van het wiskunde- en economieonderwijs meer nadruk komen te liggen op het belang van modelleren als werk- en denkwijze. Bij wiskunde wordt modelleren als een van de zes belangrijkste vaardigheden genoemd in de



examenprogramma's die vanaf augustus 2015 van start zijn gegaan (cTWO, 2012). Problemen oplossen, abstraheren en modelleren zouden volgens Drijvers (2015) daarbinnen leidend moeten zijn. In het bètaonderwijs maakt modelleren in de nieuwe examenprogramma's deel uit van de vaardigheden in domein A.

In het beoogde curriculum voor de bètavakken in de tweede fase worden drie belangrijke vakoverstijgende vaardigheden in een adem genoemd: onderzoeken, ontwerpen en modelleren. Voor wat betreft practicum en onderzoeken is er in de natuurwetenschappelijke vakken al jarenlang sprake van een waardevolle schoolpraktijk. Modelleren heeft met de invoering van de nieuwe basisvorming en de invoering van de tweede fase een plek gekregen in de leerplandocumenten, boeken en examenopgaven. Modelleren, met name dynamisch modelleren, wordt in de bovenbouw havo/vwo steeds vaker toegepast. In het Centraal Examen vwo natuurkunde 2015 en 2016 is de vaardigheid van het lezen en aanpassen van een model getoetst.

Meer aandacht voor modelleren in het uitgevoerde curriculum kan bijdragen aan het vormgeven van uitdaging 1 in de *OCW Kennisagenda 2015: Optimaal voorbereiden op de toekomstige kennissamenleving* (Ministerie OCW, 2015b).

#### *Implicaties voor verdere ontwikkeling*

Uit een onderzoek onder docenten en leerlingen in de tweede fase (Michels, Bruning, Folmer & Ottevanger, 2014) blijkt dat de vaardigheid modelleren als activiteit nauwelijks aan bod komt in de schoolpraktijk. Docenten hebben in hun eigen opleiding destijds geen ervaring opgedaan met (met name dynamisch) modelleren. *Voor docenten is het werk maken van modelleren in de klas een extra uitdaging. Binnen verschillende vaksteunpunten hebben docenten zich binnen een DOT bezig kunnen houden met de didactiek van het modelleren. Hoewel er steeds meer expertise komt, is er onder docenten nog wel sprake van een handelingsverlegenheid.* Voor het bètaonderwijs in de tweede fase adviseert Savelsbergh (2008) om (dynamisch) modelleren uit te werken in de hieronder genoemde doelstellingen.<sup>8</sup>

- De leerling kan een realistische contextsituatie analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren en het model toetsen en beoordelen.
- De leerling kan bij het oplossen van een modelleerprobleem gebruikmaken van passende modelleersoftware.
- De leerling kan weergeven hoe modellen ontwikkeld worden, hoe ze gebruikt worden bij verklaren en voorspellen, hoe ze getoetst worden, en wat mogelijkheden en beperkingen zijn van computermodellen bij het vinden van modeluitkomsten.

Er is daarbij behoefte aan zowel een vakoverstijgende als een vakinhoudelijke doorlopende leerlijn voor modelleren in het primair en vo. In de bovenbouw gaat het met name om het dynamisch modelleren en het uitwerken van een vakoverstijgende en doorlopende leerlijn voor de hierboven genoemde doelstellingen. Daarnaast is er – vanwege de geconstateerde handelingsverlegenheid onder docenten – binnen verschillende vakken behoefte aan concrete voorbeelden van lesactiviteiten en een nascholingsaanbod voor verschillende vakken, zoals economie, aardrijkskunde en de bètavakken.

### **3.7 Aandacht voor toetsing**

#### **Formatieve toetsing**

##### *Wat is de trend?*

Formatieve toetsing, ook wel aangeduid als *assessment for learning* (versus *assessment of learning* als het gaat om summatieve toetsing) wordt als verzamelterm gehanteerd voor alle

<sup>8</sup> Dit advies van Savelsbergh (2008) wordt gedragen vanuit de vijf bètavakvernieuwingscommissies.

toetsingsinstrumenten, activiteiten en procedures die gebruikt kunnen worden om het leerproces van leerlingen te ondersteunen. Naast de enorme aandacht voor summatieve toetsing (om de opbrengsten van het leerproces in kaart te brengen) via proefwerken, schoolexamens, centrale examens en internationale toetsing zoals TIMSS en PISA is er ook meer en meer aandacht voor formatieve toetsing (om indien nodig het leerproces in de gewenste richting bij te sturen), als onderdeel van het leerproces, zie bijvoorbeeld Castelijn, Segers en Struyven (2015), Noteboom (2013) en Van den Berg en Westbroek (2014).

Ook tussentijdse toetsing en diagnostische toetsing lijken onder deze verzamelnaam te vallen. Volgens een review (van 250 studies) van Black en Wiliam (1998) zou het ook tot betere leerresultaten kunnen leiden. Zij observeren overigens ook dat formatieve toetsing niet goed begrepen wordt door docenten en dat de uitvoering in de praktijk niet geweldig is.

Tien principes voor formatieve toetsing zoals geformuleerd door de *Assessment Research Group* (ARG, 2002) benadrukken onder meer formatieve toetsing als een centraal onderdeel van klassenpraktijk, een belangrijke professionele vaardigheid voor docenten, het belang van motivatie voor leerlingen, en het ontwikkelen van het vermogen van leerlingen om zichzelf te beoordelen (*self-assessment*) en te reflecteren.

Formatief toetsen bevordert ook het leergedrag in de zin dat het leren niet alleen aan het eind voor een schriftelijke toets wordt geconcentreerd, maar juist gespreid over een langere periode. Zwakke en sterke punten worden voor de leerlingen sneller duidelijk (Saab, 2014). Daarnaast wordt formatieve toetsing vaak ook verbonden met het geven van feedback aan leerlingen (zie bijvoorbeeld de uitgebreide review van Hattie & Timperley, 2007), met *self-assessment* en met *peer learning*. Dit sluit aan bij de suggesties van Wiliam en Thompson (Nilsson & Loughran, 2013) die vijf strategieën voor effectieve formatieve toetsing hebben ontwikkeld:

- verheldering leerdoelen en delen van *criteria for success*;
- ontwikkeling van effectieve klassendiscussie, vragen en opdrachten die leeropbrengsten laten zien;
- geven van feedback om leerlingen verder te brengen;
- activeren van leerlingen als eigenaar van hun eigen leren;
- activeren van leerlingen als peer instructeur.

Ook in het eindrapport van het Platform Onderwijs 2032 (2016) wordt het belang van formatieve toetsing benadrukt: "Het is belangrijk dat leerlingen toetsing ervaren als een manier van leren." (p.56). Het sluit ook aan bij het pleidooi van het Platform om niet alleen aandacht te schenken aan wat meetbaar is, ook voor wat 'merkbaar' is. "Daarbij gaat het bijvoorbeeld om de verantwoordelijkheid die leerlingen hebben genomen, de betrokkenheid die ze hebben getoond, het zelfvertrouwen dat ze hebben ontwikkeld en ervaringen die ze hebben opgedaan (ook buiten de school). Dergelijke merkbare in plaats van meetbare kwaliteiten moeten op een andere manier worden gewaardeerd. (...) Scholen verzamelen gegevens, kennen daar waarde aan toe en betrekken leerlingen, docenten en ouders in dat proces." (p.56).

#### *Implicaties voor verdere ontwikkeling*

De aandacht voor 21e eeuwse vaardigheden en procesmatige onderwijsbenaderingen (zie trend 'Kennis over wetenschap'), waarbij de ontwikkeling van houding, denk- en werkwijzen een belangrijk onderdeel zijn van de leerinhoud, vragen om formatieve toetsing.

Voor de algemene kenmerken van effectieve, formatieve toetsing geeft de reviewstudie van Sluijsmans, Joosten-ten Brinke en Van der Vleuten (2013) aanknopingspunten. Voor het natuurwetenschappelijke domein tonen Van den Berg en Westbroek (2014) aan hoe formatieve toetsing via snelle *concept checks* met korte vragen, een grafiek of een schets vormgegeven kan worden. Voorbeelden van dit soort concept checks zijn: *Zet op volgorde van klein naar groot: cel, gen, chromosoom, atoom* (Van den Berg & Westbroek, 2014) en *Which one is the odd-one-out – bird, cat, fish, elephant? Why?* (in Black, 2013).

Voor het in kaart brengen van de niet meetbare, maar wel merkbare resultaten van onderwijs, zowel summatief als formatief, zullen mogelijkheden verzameld, ontwikkeld en beschikbaar gemaakt moeten worden. Dit is een nog grotendeels onontgonnen terrein, al zijn er enkele aanzetten. 'Merkbaar' zou kunnen worden uitgewerkt in hoe je dan iets kunt merken in termen van observeerbaar gedrag of een performance.

Uit een eerste onderzoek dat Cito in 2008 heeft gedaan in een project met Platform Midden Nederland op een aantal vmbo scholen blijkt dat bij een vaardigheid als samenwerking docenten en leerlingen na enige oefening tot een behoorlijke overeenstemming kwamen over hoe gevorderd iemand was in samenwerken. Deze vaardigheid was uitgewerkt met concrete gedragsindicatoren en een vierpuntschaal. Een en ander was gebaseerd op de Protocol Portfolio Scoring van Gerard Straetmans (Straetmans, 2004).

Daarnaast is het belangrijk om te investeren in de toerusting van leraren. Die toerusting betreft het kunnen inzetten van formatieve toetsingsinstrumenten en -procedures en het kunnen benutten van toetsgegevens ter ondersteuning en inrichting van het verdere leerproces van leerlingen.

Tevens is het belangrijk om oog te hebben voor de inhoudelijke afstemming tussen toetsing en curriculum, dat wil zeggen dat duidelijk wordt wat de implicaties van de formatieve toetsing zijn voor curriculumbeslissingen op klas- en schoolniveau.

## Toetsing van vaardigheden

### *Wat is de trend?*

Als vaardigheden belangrijker worden (zie de trend over vaardigheden) neemt ook het belang van de toetsing ervan toe. Die trend is ook te zien in internationale onderzoeken zoals PISA en TIMSS, waarin meer aandacht voor vaardigheden is. Dat lijkt een kentering ten opzichte van de kleinere plaats die toetsing van vaardigheden in de schoolexamens voor de natuurwetenschappelijke vakken kreeg in 1997. Want hoewel vaardigheden nog steeds onderdeel vormen van de examenprogramma's, zijn toen de voorschriften vervallen m.b.t. het aandeel van vaardigheidstoetsen in de schoolexamens. Dat leidde op scholen tot een afname van het aantal practica in de lessen (Van Goor & den Hertog, 2001). In een enquête in het kader van de kwaliteit van schoolexamens in 2013 meldde echter ongeveer de helft van de biologiedocenten dat ze veel vaardigheden regelmatig toetsen, met uitschieters naar boven (informatie- en onderzoeksvaardigheden, vaardigheden m.b.t. wisselen van organisatieniveau) en naar beneden (ontwerpvaardigheden en vaardigheden rond studie en beroep). In Engeland is er sprake van toenemende kritiek op het huidige systeem waarin veel praktische vaardigheden in streng gereguleerde *School Based Assessments* getoetst worden. De trend is daar een van afnemende regeldruk (zie o.a. Evans, 2013; Watts, 2013), opdat er meer ruimte komt om van practica te leren.

In het kader van de vernieuwingen van de examenprogramma's voor havo en vwo wordt in het DUDOC programma o.a. onderzoek gedaan naar het (zelf) beoordelen van vaardigheden voor het doen van onderzoek (Van der Jagt, van Rens, Schalk, Pilot, & Beishuizen, 2013).

De grotere aandacht voor het toetsen van vaardigheden beperkt zich echter niet tot de practicumvaardigheden, zoals al in het deel over 21e eeuwse vaardigheden beschreven is. Ook hogere denkvaardigheden zoals redeneren, worden expliciet benoemd in de examenprogramma's. Deze vaardigheden worden deels getoetst in de centrale examens. Cito (mondelinge mededeling) doet momenteel een onderzoek naar een classificatie van de examenopgaven volgens enkele veel gehanteerde gedragstaxonomieën. Uit een eerste inzicht blijkt dat examens ook opgaven bevatten die een beroep doen op 'hogere orde' vaardigheden zoals analyseren, evalueren en creëren.

Er lijkt in het onderwijs ook meer oog voor een geïntegreerde aanpak van leren en toetsing. In de Verenigde Staten leggen de nieuwe *Next Generation Science Standards* (NRC, 2012) de nadruk op integratie van kernbegrippen (*core ideas*), denkwijzen (*crosscutting concepts*) en werkwijzen (*practices*) van de natuurwetenschappen. De *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie* (Ottevanger e.a., 2014) bouwt voort op dit gedachtegoed. Het *3D learning* dat hierbij hoort, wordt ook voor de toetsing bepleit (NRC, 2014). Toetsing zou uit meer componenten moeten bestaan dan het toetsen van kennis en praktische vaardigheden. Om te bepalen in hoeverre leerlingen zich de kernbegrippen, denk- en werkwijzen van de natuurwetenschappen eigen hebben gemaakt, zou een mix van verschillende toetsinstrumenten moeten worden ingezet. Ook in Nederland krijgt breder evalueren steeds meer aandacht (Castelijns, Segers, & Struyven, 2011; Joosten-ten Brinke, 2011; Sluijsmans, 2008).

In het beroepsonderwijs heeft het beoordelen van competenties bijvoorbeeld op basis van portfolio's vaste grond onder de voeten gekregen (Oosterheert, van Eldik, & Kral, 2007). In het vo staat dat nog in de kinderschoenen. Een voorloper op dat terrein zijn de technasia waar naast gebruik van portfolio's (Ketelaar, 2013) ook op andere manieren geïntegreerde toetsing van opgedane kennis, vaardigheden en professionele ontwikkeling plaatsvindt (Schalk & Bruning, 2014). Daarbij is aandacht voor evenwicht tussen het beoordelen van proces en product en tussen beoordelen van het geheel en de delen.

#### *Implicaties voor verdere ontwikkeling*

Meer aandacht voor vaardigheden betekent meer ruimte ervoor in de lessen, ze explicieter onderwijzen en ze explicieter beoordelen. Om het belang ervan te onderstrepen zou een (nog) explicietere vermelding van vaardigheden in doelen, examenvoorschriften en PTA's wenselijk zijn.

Docenten vinden het toetsen van vaardigheden vaak lastig. Hoewel er op veel scholen een praktijk gegroeid is van bijvoorbeeld het beoordelen van praktische opdrachten en profielwerkstukken, blijven docenten onderzoeksvaardigheden noemen als moeilijkst te beoordelen vaardigheid waarbij ze graag ondersteuning zouden willen. SLO werkt aan die ondersteuning door gebenchmarkte beoordelingsinstrumenten op te stellen, zodat docenten kunnen zien wat hun collega's in deze doen en belangrijk vinden. Zij kunnen dan een gefundeerde keuze maken welke criteria zij zelf gebruiken in verschillende fasen van het leerproces. Andere voor ondersteuning van docenten hoog scorende vaardigheden zijn redeneren, reflecteren en waarderen. Ook daarvoor lijkt een soortgelijke aanpak gewenst. SLO werkt aan een 'SPA+', een systematische probleemaanpak voor redeneren, die ook als basis kan dienen voor de beoordeling ervan.

Met betrekking tot de denk- en werkwijzen uit de kennisbasis voor de onderbouw zou ingezet moeten worden op het ontwikkelen van (voorbeelden van) de genoemde mix van toetsvormen.

### 3.8 Professionalisering van docenten in regionale VO-HO netwerken

*Wat is de trend?*

In het vertalen van landelijk curriculumbeleid naar de school spelen de regionale VO-HO netwerken een schakelrol. Zo speelden zij een belangrijke rol bij het ontwikkelen en invoeren van het nieuwe vak NLT (2007). In het kader van professionalisering ontwikkelden docenten van voortgezet en hoger onderwijs en externe experts van kennisinstellingen en het bedrijfsleven tientallen NLT-modules. Sinds 2011 spelen de netwerken een belangrijke rol bij de invoering van de nieuwe examenprogramma's voor natuurkunde, scheikunde, biologie, wiskunde en informatica. Zij dragen op regionaal niveau bij aan het professionaliseren van docenten op het gebied van nieuwe onderwerpen uit de examenprogramma's; het doorontwikkelen van onderdelen van examenprogramma's in de vorm van lesmateriaal, practica, toetsmateriaal en op het gebied van de concept-contextbenadering. De regionale VO-HO netwerken als partner in het onderwijs zijn belangrijk voor een betere aansluiting tussen voortgezet en hoger onderwijs en leggen verbindingen met bedrijfsleven, onderzoeksinstituten en andere ketenpartners.

Belangrijke elementen die een rol spelen bij de functie van regionale netwerken in de curriculumontwikkeling:

- Kerndoelen, eindtermen en andere landelijke curriculumformuleringen hebben een globaal karakter en moeten nog op allerlei manieren worden uitgewerkt voor ze vorm kunnen krijgen in de lespraktijk. Leraren hebben bij die uitwerking baat bij het uitwisselen van voorbeelden en ervaringen, en bij het beproeven van curriculumversies met groepen van collega's. Doorontwikkeling van curricula naar praktijkniveau en professionele ontwikkeling van leraren gaan zo hand in hand.
- De inbreng van inhoudelijke en didactische expertise vanuit het HO is van belang voor de professionalisering die vereist is voor curriculumvernieuwingen. Die kan het best op regionaal niveau worden aangeboden. Het werk vindt immers dicht bij de scholen plaats in de nabijheid van collega's. Door de regionale organisatie van de VO-HO netwerken worden de verschillende soorten expertise (praktijkervaring, vakinhoudelijke en vakdidactische onderzoeksexpertise) bij elkaar gebracht. De meerwaarde van het verbinden van de expertise en de betrokken instellingen zorgt voor continuïteit en ontwikkeling. Het contact tussen onderzoekers en leraren versterkt de ontsluiting van kennis uit wetenschappelijk onderzoek in de praktijk van het onderwijs.
- VO-HO netwerken dragen bij aan inzicht van HO-docenten in de ontwikkelingen in het formele én uitgevoerde vo-curriculum, waarmee de aansluiting tussen voortgezet en hoger onderwijs beter kan verlopen.
- In de netwerken zijn lerarenopleiders en hun studenten betrokken; dat versterkt de aansluiting van de opleidingspraktijk van aanstaande leraren op de actualiteit van het vo-curriculum.
- Goed gedocumenteerde ervaringen in docent-netwerken kunnen leiden tot bijstellingen van landelijke kaders. Het kan gaan om verheldering van behoeften van leraren met betrekking tot inhoud of uitvoerbaarheid, of het testen van ideeën voor landelijke kerndoelen of eindtermen. Zo kunnen regionale netwerken een rol spelen in een systematiek van periodieke herijking van het curriculum, die de staatssecretaris van OCW zich voor het funderend onderwijs heeft voorgenomen.

Anno 2016 bestaan er 10 regionale VO-HO netwerken, die samen een landelijke dekking bieden. Bij deze netwerken zijn 12 universiteiten, 19 hogescholen en circa 360 vo-scholen (ca. 60% van de havo/vwo-scholen) aangesloten. Op dit moment zijn er binnen de VO-HO netwerken vaksteunpunten voor biologie, informatica, natuurkunde, NLT, scheikunde, wiskunde. Voor O&O is een vaksteunpunt in ontwikkeling. In Amsterdam bestaat een vaksteunpunt aardrijkskunde.

Het aanbod van de vaksteunpunten is gevarieerd. Er zijn masterclasses over specifieke onderwerpen voor zowel docenten als leerlingen. Daarnaast zijn er de docentontwikkelteams (DOTs), waarbij een team van docenten rond een thema lesmateriaal ontwikkelt of bestaande materialen geschikt maakt voor gebruik in de (eigen) lespraktijk. In de BedrijfsDOTs wordt in samenwerking met bedrijven materiaal ontwikkeld met als bijkomend voordeel dat hierbij de materialen en contacten ook kunnen worden ingezet in de LOB-trajecten. Rond de vaksteunpunten worden vaknetwerken gecreëerd die functioneren als professionele community.

Scholen die deelnemen dragen financieel bij aan het netwerk waardoor het eigenaarschap van de netwerken ook bij de scholen ligt en scholen invloed hebben op het aanbod van de netwerken. Scholen worden ook betrokken bij de kwaliteitszorg van de aangeboden activiteiten en programma's. De VO-HO netwerken zijn laagdrempelig; elke school en elke docent kan instappen op het gewenste niveau.

Uit de *Evaluatie implementatie Wetenschap en Techniek PO en VO* (Raaijman, et al., 2016) komt naar voren dat scholen de VO-HO netwerken positief waarderen. Men staat positief tegenover kennisdeling, toegang tot een regionaal netwerk met andere scholen, contacten met bedrijven en de profilering van de school door middel van bèta-techniekactiviteiten. Men spreekt wel de behoefte uit dat meerdere docenten van een school aan het netwerk deelnemen, dat er meer aandacht komt voor bèta-techniek als een vakoverstijgend thema en dat er meer kennismaking met de beroepspraktijk ingepast wordt in het curriculum.

#### *Implicaties voor verdere ontwikkeling*

De activiteiten van de netwerken dragen bij aan de ontwikkeling van goed onderwijs: goede curricula in handen van goede leraren op goede scholen, die goed aansluiten op het hoger onderwijs.

In de ontwikkelplannen van het onderwijs moeten de netwerken systematisch worden betrokken: *infrastructuring* als vast onderdeel. Een ontwerp is pas af als de infrastructuur mee is ontworpen.

De VO-HO netwerken worden steeds meer als metanetwerken gezien, waarlangs landelijke projecten/doelen regionaal kunnen worden geïmplementeerd. Het is de verwachting dat andere netwerken meer zullen gaan samenwerken/verbinden met de VO-HO netwerken. Ook kunnen de bèta VO-HO netwerken als model genomen worden voor het verbreden/uitbreiden naar alfa- en gammanetwerken voor talen, maatschappijwetenschappen en bedrijfseconomie. De bestaande praktijken kunnen verstevigd worden, good practices van specifieke netwerken kunnen overgenomen worden door andere netwerken en er zal meer aandacht komen voor verbreding naar VMBO-MBO en een verdieping van de havo-hbo-samenwerking. Hierbij zal samenwerking met scholen centraal staan en richtinggevend zijn.

Tot slot dient opgemerkt te worden dat de Tweede Kamer op 1 juni 2016 heeft ingestemd met de motie van de leden Van Meenen en Ypma om docenten minder lestijd te geven bij een volledige aanstelling, opdat er tijd en ruimte is om zich te verbeteren, verdiepen en vorm te geven aan onderwijsvernieuwing. De VO-HO netwerken kunnen hier een belangrijke rol in spelen.

# Referenties

- Abbenhuis (2012). *Nask2; Scheikunde?? Keuzegedrag van leerlingen in het vmbo*. Enschede: SLO.
- ARG (2002). *Assessment for learning: 10 principles*. Cambridge UK: University of Cambridge School of Education.
- Bennett, J., Gräsel, C., Parchmann, I., & Waddington, D. (2005). Context based and conventional approaches to teaching chemistry: Comparing teachers' views. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1521-1547.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2006). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91, 347-370.
- Berg, E. van den, & Westbroek, H. (2014). Formatieve toetsing en feedback tijdens de les. *NVOX* 39(5), 225-227.
- Berger, J., & Bal, J. (2012). *Een vak apart? Doorstroomrelevantie van tien vakken in het vmbo*. Zoetermeer: Ministerie van OCW.
- Berkel, B. van. (2005). *The structure of current school chemistry* (Dissertatie). Utrecht: Utrecht University.
- Black (2013). Pedagogy in theory and in practice: Formative and summative assessments in classroom and in systems. In D. Corrigan, R. Gunstone, A. Jones (Eds). *Valuing Assessment in Science Education: Pedagogy, Curriculum, Policy*. pp. 207-229. Dordrecht: Springer.
- Black, P., & William, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74.
- Boersma, K., Bulte, A., Krüger, J., Pieters, M., & Seller, F. (2011). *Samenhang in het natuurwetenschappelijk onderwijs voor havo en vwo*. Utrecht: IOBT.
- Boersma, K.Th. (2009). *Overladenheid bij uitwerking van de nieuwe examenprogramma's voor de natuurwetenschappelijke vakken*. Utrecht: CVBO.
- Boersma, K.Th. Kamp, M.J.A., Oever, L. van den, & Schalk, H.H. (2010). *Naar actueel, relevant en samenhangend biologieonderwijs*. Utrecht: CVBO.
- Boersma, K.Th., Graft, M. van, Hartevelde, A., Hullu, E. de, Knecht-van Eekelen, A. de, Mazereeuw, M., Oever, L. van den, & Zande, P.A.M. van der (2007). *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar. Uitwerking van de concept-contextbenadering tot doelstellingen voor het biologieonderwijs*. Utrecht: NIBI.
- Boswinkel, N., & Schram, E. (2011). *De toekomst telt*. Enschede: SLO.
- Bruning, L., Meijs, L., & Veldhuis, J.G.F. (2005) *Kortetermijnadvies*. Enschede: Profielcommissies Natuur en Techniek/Natuur en Gezondheid / Economie en Maatschappij/Cultuur en Maatschappij.
- Bruning, L., & Michels, B. (2012). *Handreiking schoolexamen natuur, leven en technologie in de tweede fase*. Enschede: SLO.
- Bruning, L., & Michels, B. (2013). *Concept-contextvenster: Zicht op de wisselwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs*. Enschede: SLO.
- Castelijns J., Segers, M., & Struyven, K. (red.) (2011). *Evalueren om te leren: Toetsen en beoordelen op school*. Bussum: Coutinho.

- College voor Examens. (2012). *Toetswijzer bij de centrale eindtoets po. Wereldoriëntatie. Inhoudsverantwoording van de centrale eindtoets voor de wereldoriënterende vakken aardrijkskunde, geschiedenis en natuur en techniek*. Utrecht: CvE.
- Commissie Vernieuwing Scheikunde (2003). *Chemie tussen context en concept: Ontwerpen voor vernieuwing*. Enschede: SLO.
- cTWO. (2012). *Denken & doen; wiskunde op havo en vwo per 2015*. Utrecht: commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs.
- De Jonge Akademie (2015). *Grensverleggend. Kansen en belemmeringen voor interdisciplinair onderzoek*. Amsterdam: KNAW.
- Driel, J.H. van, Bulte, A.M.W., & Verloop, N. (2008). Using the curriculum emphasis concept to investigate teachers' curricular beliefs in the context of educational reform. *Journal of Curriculum Studies*, 40(1), 107–122.
- Drijvers, P. (2015). Kernaspecten van wiskundig denken. *Euclides*, 90(5) 4-8.
- Eenhoorngroep (2002). *Hoofddlijnen notitie over een fundamentele herziening van het scheikundeprogramma voor de bovenbouw havo en vwo*.
- Eijck, M. van (z.j.) *Natuurwetenschappelijk onderwijs voor duurzame ontwikkeling*. Gedownload van: <https://elbd.sites.uu.nl/2012/09/07/natuurwetenschappelijk-onderwijs-voor-duurzame-ontwikkeling/>
- Eijkelhof, H.M.C., & Kortland, J. (1988). Broadening the aims of physics education. In P.J. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 282-305). London: Falmer Press.
- Evans, S. (2013). *A report on perceptions of current practical assessment in science GCSEs and IGCSEs*. Cambridge: Cambridge Assessment.
- Feskens, R., Kuhlemeier, H., & Limpens, G. (2016). *Resultaten PISA-2015*. Arnhem: Citogroep
- Folmer, E., Ottevanger, W., & Kuiper, W. (2015). *Monitoring en evaluatie invoering bètavernieuwing: Tussenmeting docenten 2014-2015*. Enschede: SLO.
- Folmer, E., Ottevanger, W., Bruning, L., & Kuiper, W. (2010). *Curriculumevaluatie bètaonderwijs tweede fase: Ontwikkeling en invoering NLT 2007-2010*. Enschede: SLO.
- Genseberger, R. (2012). *Op weg naar meer samenhang in het bètaonderwijs*. Enschede: SLO.
- Giessen, C. van de, Hengeveld, T., Kooij, H. van der, Rijker, K., & Sonneveld, W. (2008). *Eindverslag van Werkgroep Afstemming Wiskunde-Natuurkunde aan vernieuwingscommissies Wiskunde cTWO en Natuurkunde NiNa*. Utrecht/Amsterdam: Commissie Toekomst WiskundeOnderwijs / Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs.
- Goor, A. van, & Hertog, J. den (2001). Redden we het practicum? *Niche* 31(3), 15-20.
- Graft, M. van (2009). *De concept-contextbenadering in het primair onderwijs. Deel II: Voorbeeldlesmateriaal voor natuur en techniek*. Enschede: SLO.
- Graft, M. van, & Volkering, C. (2007). *Natuur- en milieueducatie en duurzame ontwikkeling onder de loep*. Enschede: SLO.
- Graft, M. van, Boersma, K., Goedhart, M., Oers, B. van, & Vries, M. de (2009). *De concept-contextbenadering in het primair onderwijs. Deel I: Een conceptueel kader voor natuur en techniek*. Enschede: SLO.
- Graft, M. van, Klein Tank, M., & Beker, T. (2016). *Wetenschap en technologie in het basis- en speciaal onderwijs: Een richtinggevend leerplankader bij het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld*. Enschede: SLO.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77, 81-112.
- Heideveld, A. (red.) (2015) *Rapportage onderzoek Duurzaam Onderwijs*. Z.pl.: Het Groene Brein. Gedownload via [www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2015D25797&did=2015D25797](http://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2015D25797&did=2015D25797)
- Hoeven, M. van der, Schmidt, V., Sijbers, J., Silfhout, G. van, Woldhuis, E., & Leeuwen, B. van (2017). *Leerplankundige analyse PISA 2015 (in voorb.)*. Enschede: SLO.



- Horvathova, M. (2015). *Review study OECD Dutch Curriculum: #Onderwijs2032: Paper #1: Evidence about Knowledge and Skills for Work and Learning*. Paris: OECD.
- Jagt, S.A.W. van der (2016). *Evaluating the Quality of Inquiries. An approach for self-evaluation of accuracy, reliability and validity in school science inquiries by pre-university students*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Jagt, S.A.W. van der, Rens, L. van, Schalk, H.H., Pilot, A., & Beishuizen, J.J. (2013). Een instrument voor bovenbouw vwo-leerlingen om de kwaliteit van hun natuurwetenschappelijk onderzoek te evalueren [with summary in English]. *Pedagogische Studiën*, 90(2), 47-62.
- Jansma, N., Kleunen, E. van, & Schmidt, V. (2011). *Scenario's voor de aansluiting tussen vmbo-tl en havo*. Enschede: SLO.
- Janssen, F. J. J. M., Westbroek, H. B., Doyle, W., & Driel, J. H. van (2013). How to make innovations practical. *Teachers College Record*, 115(7), 1-43.
- Joosten-ten Brinke, D. (2011). *Eigentijds toetsen en beoordelen*. Lectorale Rede. Tilburg: Fontys Lerarenopleiding Tilburg.
- Ketelaar, E. (2013). *Het technasium portfolio: Een handreiking om ermee aan de slag te gaan*. Groningen: Stichting Technasium.
- KNAW (2003a). *Ontwikkeling van talent in de tweede fase: Advies van de KNAW-klankbordgroep voortgezet onderwijs*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW).
- KNAW (2003b). *Robuuste profielen in het voortgezet onderwijs: Advies van de KNAW aan de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen over het curriculum in de tweede fase van het voortgezet onderwijs*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW).
- Koen, L., & Theunissen, C. (2011). *Leerling-onderzoek op het technasium: Authenticiteit, perspectieven en docentrollen*. Eindhoven: TUE Eindhoven School of Education.
- Krüger, J., & Eijkelhof, H. (2010). *Advies Beproefd Examenprogramma NLT: Eindrapportage Stuurgroep NLT*. Utrecht: Stuurgroep NLT.
- Kuiper, W. (2009). *Curriculumevaluatie en verantwoorde vernieuwing van bètaonderwijs*. (oratie). Utrecht, Universiteit Utrecht.
- Kuiper, W., Hoeven, M. van der, Folmer, E., Graft, M. van, & Akker, J. van den (2010). *Leerplankundige analyse van PISA-trends*. Enschede: SLO.
- Kuiper, W., Folmer, E., Ottevanger, W., & Bruning, L. (2010). *Curriculumevaluatie bètaonderwijs tweede fase: Samenvattend eindrapport*. Enschede: SLO.
- Lamers, H., & Oetelaar, F. van den (2012). *21st century skills in het onderwijs*. Gedownload van: <http://www.21stcenturyskills.nl/whitepaper/> op 28 juni 2016.
- Landelijk Coördinatiepunt NLT (2014). *Schoolbezoeken NLT 2013 Eindrapportage*. Gedownload van: <http://betavak-nlt.nl/nl/p/over-nlt/feiten-en-cijfers/>
- Legierse, A. (2007). *Handreiking schoolexamen algemene natuurwetenschappen vwo (tevens havo)*. Enschede: SLO.
- Legierse, A., & Heijnen, L. (2006). *Handreiking algemene natuurwetenschappen in het schoolexamen van de vakken natuurkunde, scheikunde en biologie*. Enschede: SLO.
- Meelissen, M., & Punter, A. (2016). *Twintig jaar TIMSS. Ontwikkelingen in leerlingprestaties in de exacte vakken in het basisonderwijs 1995 – 2015*. Enschede: Universiteit Twente.
- Meelissen, M.R.M., Netten, A., Drent, M., Punter, R.A., Droop, M., & Verhoeven, L. (2012). *Trends in leerprestaties in Lezen, Rekenen en Natuuronderwijs. PIRLS TIMSS 2011*. Nijmegen: Radboud Universiteit, Enschede: Universiteit Twente.
- Michels, B., & Folmer, E. (in voorbereiding). *Analyse van de eerste centrale examens na de bètavernieuwing*. Enschede: SLO.
- Michels, B., Bruning, L., Folmer, E., & Ottevanger, W. (2014). *Monitoring en evaluatie invoering bètavernieuwing: Nulmeting docenten en leerlingen 2012-2013*. Enschede: SLO.

- Ministerie van OCW (1998). *Kerdoelen basisonderwijs 1998*. Gedownload van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2005/10/14/kerdoelen-basisonderwijs-1998>
- Ministerie van OCW (2006a). *Besluit vernieuwde kerndoelen WPO*. Gedownload op 2 maart 2015 van <http://wetten.overheid.nl/BWBR0018844/2012-12-01>
- Ministerie van OCW (2006b). *Besluit kerndoelen onderbouw vo*. Gedownload van <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/besluiten/2010/09/17/kerndoelen-onderbouw-voortgezet-onderwijs.html>
- Ministerie van OCW (2015a). *Wetenschapsvisie 2025; keuzes voor de toekomst*. Den Haag: Ministerie van OCW.
- Ministerie van OCW (2015b). *OCW Kennisagenda editie 2015*. Gedownload van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2015/03/13/kennisagenda-ocw-2015>
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Gedownload van [http://sites.nationalacademies.org/dbasse/bose/framework\\_k12\\_science/index.htm](http://sites.nationalacademies.org/dbasse/bose/framework_k12_science/index.htm)
- National Research Council (2014). *Developing Assessments for the Next Generation Science Standards*. Washington DC: National Academies Press.
- Nilsson, P., & Loughran, J. (2013). Formative assessment in learning to teach science. In D. Corrigan, R. Gunstone, A. Jones (Eds). *Valuing Assessment in Science Education: Pedagogy, Curriculum, Policy*, pp. 325-345. Dordrecht: Springer.
- Nooij, L., & Wijnhoven, L. (2003). *Actieplan voor de aanpak van het tekort aan bèta's en technici*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.
- Noteboom, A. (2013). Profiteren van evalueren. Evalueren óm te leren in de rekenles. *Volgens Bartjens* 33(2), 4-8.
- NVON-commissie NaSk2 en Nieuwe Scheikunde (2011). *Eindrapportage Nask2 en Nieuwe Scheikunde*.
- OECD (2016), *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, Paris: OECD.  
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- Oetelaar, F. van den, (2012). *Whitepaper 21st Century Skills in het onderwijs*. Gedownload van: <http://www.21stcenturyskills.nl/whitepaper>
- Onderbouw-VO (2008). *Blijvend in beweging: vier jaar onderbouwontwikkeling: Monitor 2005-2008*. Zwolle: Onderbouw-VO.
- Oosterheert, I., Eldik, S. van & Kral, M. (2007). *Het digitaal portfolio als instrument voor summatieve competentiebeoordeling*. Nijmegen: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.
- Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, W., Boerwinkel, D. J., Eijkelhof, H., Vries, de, M., ... Kuiper, W. (2014). *Kennisbasis Natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo: Een richtinggevend leerplan*. Enschede: SLO.
- Overbeek, M. (2016) *Rapport Peer review regionale VO-HO netwerken 2016*
- Platform Onderwijs2032 (2016). *Ons onderwijs2032. Eindadvies*. Den Haag: Platform Onderwijs2032. Gedownload van: <http://onsonderwijs2032.nl/advies>.
- Pratt, H. (2013). *The NSTA Reader's Guide to the Next Generation Science Standards*. Arlington: NSTA press.
- Prins, G.T., Vos, M.A.J., & Pilot, A. (2011), *Leerlingpercepties van Onderzoek & Ontwerpen in het technasium*. Utrecht: Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht.
- Putter, L. de. (2012). *Science teachers designing context-based curriculum materials* (dissertatie). Eindhoven: Technische Universiteit.
- Raaijman, J., Druten, L. van, Sligte, H., Petit, R., Casteren, W. van, & Frietman, J. (2016), *Evaluatie implementatie Wetenschap en Techniek PO en VO 2012-2015*. Nijmegen: Kenniscentrum Beroepsonderwijs Arbeidsmarkt.

- Rijst, R.M. van der, Driel, J.H. van, Kijne, J.W., & Verloop, N. (2007). *Scientific research dispositions in research, teaching and learning*. In J.H. van Driel (chair), *University teachers' conceptions of relations between teaching and disciplinary research*. Symposium conducted at the biennial meeting of the European Association of Research in Learning and Instruction, Budapest, Hungary.
- Roberts, D.A. (1982). Developing the concept of "curriculum emphases" in science education. *Science Education*, 66(2), 243-260.
- Saab, N. (2014). *Formatieve evaluatie*. (presentatie). Geraadpleegd op 23 mei 2017 van: <https://www.slideshare.net/itslearningNL/itslearning-onderwijsdag-2014-formatieve-toetsing-evalueren-om-te-leren>
- Sanders, G., & Pieters, M. (2016). *Het implementeren van contexten in onderwijsmateriaal: Een ontwerp- en analyse-instrument voor de natuurwetenschappelijke vakken*. Enschede: SLO.
- Savelsbergh, E. (Eds) (2008). *Modelleren en computermodellen in de bètavakken: Advies aan de gezamenlijke bètavernieuwingscommissies*. Utrecht: Freudenthal Instituut.
- Schalk, H., & Bruning, L. (2014). *Handreiking schoolexamen Onderzoek & ontwerpen in de tweede fase*. Enschede: SLO.
- Schalk, H., Paus, J., & Carelsen, F. (2015). Niet vastlopen in de context. Hoe je examencontexten kunt verrijken. *NVOX*, 40(7), 350-351.
- Schalk, H.H. (2006). *Zeker weten? Leren de kwaliteit bewaken van biologie-onderzoek in 5 vwo* (dissertatie). Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Sluismans, D., Joosten-ten Brinke, D., & Vleuten, D. van der (2013). *Toetsen met leerwaarde. Een reviewstudie naar de effectieve kenmerken van formatief toetsen*. Maastricht: Universiteit van Maastricht.
- Sluismans, D.M.A. (2008). *Duurzaam beoordelen in vraaggestuurd leren* (Lectorale rede). Nijmegen: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.
- Straetmans, G.J.J.M. (2004). *Protocol Portfolio scoring: een methode voor het systematisch scoren en vaststellen van competenties*. Arnhem: Citogroep.
- Stuurgroep Nieuwe Scheikunde (2010). *Overzicht van concepten en vakbegrippen: Intern document examenexperiment 2007-2010*. Z.pl.: Stuurgroep Nieuwe Scheikunde. Gedownload van: <http://nieuwescheikunde.science.ru.nl/Documenten/Overzicht%20van%20concepten%20en%20vakbegrippen%20havo-vwo.doc>
- Stuurgroep NLT. (2007). *Contouren van een nieuw bètavak. Visie op een interdisciplinair vak: Natuur, Leven en Technologie*. Utrecht: Stuurgroep NLT.
- Thijs, A., Fisser, P., & Hoeven, M. van der (2014). *21e eeuwse vaardigheden in het curriculum van het funderend onderwijs*. Enschede: SLO.
- Thijssen, J., Schoot, F. van der, Verhelst, N., & Hemker, B. (2004). *Balans van het natuurkunde- en techniekonderwijs aan het einde van de basisschool 3*. Arnhem: Citogroep.
- Thijssen, J., Schoot, F. van der, & Hemker, B. (2011). *Balans van het biologieonderwijs aan het einde van de basisschool 4*. Arnhem: Cito.
- Valk, T. van der, Broekman, H., Frederik, I., Abels, M., & Jambroes, A. (2005). Een discourse community van docenten rond onderzoekende houding in de bètavakken. *Tijdschrift voor didactiek der  $\beta$ -wetenschappen* 22 (1&2), 22-50
- Verkenningcommissie wetenschap en technologie primair onderwijs. (2013). *Advies Verkenningcommissie wetenschap en technologie primair onderwijs*. Utrecht: PO-raad; Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Vijlder, F. de, Bakker, D., & Blink, M. van den (2014). *Innoveren vanachter de keukentafel. Een onderzoek naar de ontwikkeling van het technasium 2003 – 2013*. Dordrecht: Convoy Uitgevers.

- Voogt, J., & Pareja Roblin, N. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44:3, 299-321.
- Watts, A. (2013). *The assessment of practical science: a literature review*. Cambridge: Cambridge Assessment.
- World Economic Forum (2016). *Future of Jobs Report*. <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/> gedownload op 29 september 2016

# Bijlage: Geraadpleegde experts

Prof. dr. Kerst Boersma  
Emeritus Hoogleraar Biologie didaktiek Universiteit Utrecht

Dr. Fer Coenders  
Chemistry Teacher Educator, ELAN, Department of Teacher Development, University of Twente

Prof. dr Harrie Eijkelhof  
Emeritus Hoogleraar natuurkunde didaktiek education Universiteit Utrecht

Antoine Heideveld MSc  
Directeur Het Groene Brein

Agnes Kemperman MSc  
Programmamanager Bètapartners, Its academy, Innovatie Impuls Onderwijs

Drs.Koos Kortland  
Assistant Professor Emeritus Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education

Ir. Berenice Michels  
Programmadirecteur U-Talent

Drs. Arjen Nawijn  
Hogeschool Aeres Wageningen

Drs. Remco Pijpers  
Strategisch adviseur st Kennisnet

Lody Smeets msc  
Clustermanager Cito Exacte vakken

Drs. Marc den Elzen  
Leerplanontwikkelaar Economische vakken, SLO

Dr. Jos Tolboom  
Leerplanontwikkelaar Rekenen Wiskunde, SLO

Drs. Alderik Visser  
Leerplanontwikkelaar Geschiedenis, M&M, SLO





Als landelijk kenniscentrum leerplanontwikkeling richt SLO zich op de ontwikkeling van het curriculum in het primair, speciaal en voortgezet onderwijs in Nederland. We werken met het onderwijsveld aan de doelen, kaders en instrumenten waarmee scholen hun opdracht vanuit een eigen visie kunnen vervullen.

We brengen praktijk, beleid, maatschappelijke ontwikkelingen en onderzoek samen en stellen onze expertise beschikbaar aan onderwijs en overheid, bijvoorbeeld in de vorm van leerplannen, tools, voorbeeldlesmaterialen, conferenties en rapporten.



Fotografie: Shutterstock





**Hoofdlocatie**  
Piet Heinstraat 12  
7511 JE Enschede

**Nevenlocatie**  
Aidareef 4  
3561 GE Utrecht

**Postadres**  
Postbus 2041  
7500 CA Enschede

T 053 484 08 40  
E [info@slo.nl](mailto:info@slo.nl)  
[www.slo.nl](http://www.slo.nl)

 [company/slo](https://www.linkedin.com/company/slo)  
 [SLO\\_nl](https://twitter.com/SLO_nl)