

Inleiding op de stand van zaken van het onderwijs (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 natuurwetenschappelijke 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).

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 ontwerpend 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 fysieke 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 verrijkingsdelen 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 uitgeverij hebben hun keuze voor de keuze-onderwerpen óf opgenomen in de boeken óf in aparte katernen uitgebracht. Uitgeverij 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 tijdnood. 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

Bron: *Natuurwetenschappelijke vakken, Vakspecifieke trendanalyse 2017*; te raadplegen via <http://natuurentechneik.slo.nl>

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 basisniveau 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). 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 Onderwijsdata/databestanden/vo/leerlingen>, gegevens 2015, 2016 voorlopig en http://www.cito.nl/onderwijs/voortgezet%20onderwijs/centrale_examens/examenverslagen/oude_verslagen)

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

Bron: *Natuurwetenschappelijke vakken, Vakspecifieke trendanalyse 2017*; te raadplegen via <http://natuurenteknik.slo.nl>

Tabel 6. *Examenresultaten leerlingen havo/vwo 2012-2016.* (bron: 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)

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

Bron: *Natuurwetenschappelijke vakken, Vakspecifieke trendanalyse 2017*; te raadplegen via <http://natuurentechneek.slo.nl>

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 cultuuromslagen bij docenten moeten veroorzaken. Zo zal het examen veel minder rekenwerk bevatten dan hiervoor en is ook het SE-percentages 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.