

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).

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 gegoochel met formules en onsamenvattend. 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 onderzoekgericht.

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 krijgen voor vervolgoopleidingen. 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 bevraagde 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.

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

Tabel 8. Examenuitslagen nask2 (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 gl

	% leerlingen	% onvoldoende CE ¹	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
2012	18	22,0	0,8	6,4	6,4
2013	19	19,6	0,2	6,2	6,4
2014	20	25,6	0,8	6,4	6,4
2015	21	22,1	0,8	6,3	6,4
2016	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, 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	37	18	1,1	6,5	6,2
2013	40	13	1,5	6,8	6,3
2014	41	16	1,4	6,6	6,3
2015	37	20	1,8	6,4	6,2
2016	42	22	1,7	6,4	6,2

vwo

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