

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).

Geïntegreerde vakken in de tweede fase

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.

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.

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 tentoonstelt.

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*

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

% alle scholen	4	5	7	8	13
-----------------------	---	---	---	---	----

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_onderwijsdata/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