

Visie op het Bèta-curriculum

Bijdrage aan de dialoog Onderwijs2032

Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging

Koninklijk Wiskundig Genootschap

Nederlands Instituut voor Biologie

Nederlandse Natuurkundige Vereniging

Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen

Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren

The logo for the Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV), featuring the letters 'KNCV' in a bold, blue, sans-serif font.The logo for the Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON), featuring the letters 'NVON' in a bold, black, sans-serif font.

Inhoud

Samenvatting.....	3
Op weg naar 2032	5
Preambule	6
Visie op het leergebied bèta en techniek.....	7
Scientific literacy	7
Samenhang bètavakken	9
Curriculum2032	10
Visie op implementatie en curriculumvernieuwing.....	16
Implementatie is innovatie.....	16
Rol van de leraar.....	17
Rol van het examen	19
Rol van de ondersteuningsstructuur	21
Rol van de beroepsverenigingen	22
Bronnen	23

Mei 2015

IOBT Stichting Innovatie Onderwijs in Bètawetenschappen en Technologie

Auteur: Ch.G. van Weert
Contact: Postbus 19245
3501 DE Utrecht
030-2369244
vandenoever@nibi.nl

'Shared vision or ownership is more an outcome of a quality process than a precondition'

Michael Fullan 2006

'The quality of an education system cannot exceed the quality of its teachers'

Rapportage McKinsey 2007

'Education policy and practice are better informed by evidence'

The Royal Society 2014

Samenvatting

Visie op het leergebied bèta- en techniek

- **Funderend onderwijs:** Ter versterking van de innovatiekracht van Nederland moet een hoog niveau van het onderwijs in natuurwetenschap, wiskunde en techniek de ambitie zijn van Onderwijs2032. In de doelstellingen en de uitvoering van het funderend primair en voortgezet onderwijs moet worden veiliggesteld dat de lespraktijk in deze vakken relevant is vanuit het perspectief van de leerling, de samenleving en de wetenschap.
- **Persoonsvorming:** Het onderwijs stimuleert een nieuwsgierige en onderzoekende houding bij leerlingen, en is een uitdaging voor talentvolle leerlingen om later zelf een creatieve bijdrage te leveren aan wetenschap en technologie en het vinden van oplossingen voor grote maatschappelijke vraagstukken. Bètawetenschap heeft ook een culturele dimensie als manier om de werkelijkheid te interpreteren en te begrijpen, en als vormgever van ons denken.
- **Maatschappelijke toerusting:** Voor het opstellen van een curriculum in het leergebied bèta en techniek is wetenschappelijke geletterdheid (*scientific literacy*) de leidraad. Het doel is dat leerlingen samenhangende kennis en vaardigheden verwerven over moderne wetenschap en (digitale) technologie die noodzakelijk zijn om als verantwoordelijke burger te functioneren in de toekomstige kennissamenleving (*scientific citizenship*).
- **Kennis voor leren en werk:** Het bètacurriculum voor onderwijs2032 is een doorlopende leerlijn van stapsgewijs inzicht in de aard en methode van moderne natuurwetenschap, wiskunde en technologie. Het onderwijs laat door gebruik van actuele contexten de relevantie zien en krijgt inhoud vanuit de gedachte dat de natuurwetenschappelijke vakken en de wiskunde een gemeenschappelijke kern van concepten, methode en denkwijze delen.
- **Samenhang:** Actuele natuurwetenschappelijke en technologische vraagstukken vergen vaak een brede natuurwetenschappelijke en wiskundige aanpak. Om dit in het onderwijs zichtbaar te maken is afstemming tussen de bètavakken nodig, uitgewerkt in examenprogramma's en leermiddelen. Bij docenten moet een attitude van samenwerken in doorsnijdende themagebieden en vakoverschrijdende contexten worden ontwikkeld.

Visie op implementatie en curriculumvernieuwing

- **Uitlijning:** Goed onderwijs is het product van het onderwijssysteem in al zijn complexiteit. Een curriculumherziening, zoals die nu plaatsvindt voor de bètavakken, omvat het *beoogde*, het *uitgevoerde* en het *gerealiseerde* curriculum. Voor een blijvende vernieuwing is een gerichte inspanning om deze drie aspecten van curriculumvernieuwing met elkaar in overeenstemming te brengen een absolute noodzaak.
- **Innovatie:** Succesvolle vakvernieuwing staat of valt met een actieve betrokkenheid en eigenaarschap van de docenten. Een curriculumverandering kan alleen succesvol verlopen als aan essentiële randvoorwaarden, zoals beschikbare materialen, bijscholing, tijd voor voorbereiding etc. voldaan is. De overheid moet vanuit de verantwoordelijkheid voor de kwaliteit van het onderwijs deze randvoorwaarden voor innovatie bewaken en faciliteren.
- **Kwaliteitsborging:** De invoering van een systeem van kwaliteitsborging van het schoolexamen moet een integraal onderdeel zijn van een curriculumherziening. Centrale toetsing heeft naast een kwalificerende rol ook een zeer sturende rol in het onderwijs. Het herontwerp van het onderwijscurriculum is dan ook onlosmakelijk verbonden met een herbezinning op de rol van het centraal examen (CE) en het schoolexamen (SE).

Visie op de rol van de beroepsverenigingen

- **Professionalisering:** De bètaberoepsverenigingen en de regionale bètasteunpunten waarin scholen, hoger onderwijs en bedrijfsleven deelnemen, moeten samenwerken om innovatieve kennissgemeenschappen voor docent- en talentontwikkeling tot stand te brengen. Dit partnerschap moet het tot zijn verantwoordelijkheid rekenen voor docenten van het primair en voortgezet onderwijs een breed programma van deskundigheidsbevordering aan te bieden, zowel vakinhoudelijk als didactisch.
- **Vakcommunity:** Een dynamisch bètacurriculum vereist dat docenten hun vak bijhouden en contact houden met de buitenwereld. De bètaberoepsverenigingen willen hieraan bijdragen door de relatie tussen docenten en de vakdisciplines verder te versterken. Zij kunnen een actieve rol spelen bij de professionalisering van docenten. Daarnaast kunnen zij door inzet van ledenpanels algemene criteria ontwikkelen voor de inhoudelijke kwaliteit van het bijscholingsaanbod.
- **Herijking:** Een vitaal bètacurriculum moet zich blijven vernieuwen in het brede perspectief van ontwikkelingen in de wetenschap, de samenleving, de arbeidsmarkt en het vervolgonderwijs. De bètaberoepsverenigingen kunnen met hun expertise en brede netwerken een blijvende inhoudelijke bijdrage leveren aan dit proces van herijking om kwaliteit, stabiliteit en coherentie van het bètacurriculum te waarborgen.

Op weg naar 2032

	2015	2032
Curriculum	<p>Geen vakoverstijgende inhoudelijke eindtermen bètakennisdomeinen</p> <p>NLT als keuzevak aangeboden op een beperkt aantal scholen</p> <p>Beperkte aandacht voor praktische vaardigheden</p> <p>Beperkte aandacht voor vervolgopleiding en beroep</p> <p>Geen uitlijning van het beoogde, uitgevoerde en gerealiseerde curriculum</p>	<p>Vakoverstijgende thema's en eindtermen bètakennisdomeinen</p> <p>Onderwijsdoelen gericht op wetenschappelijke geletterdheid en talentontwikkeling</p> <p>Meer leren door (digitaal) doen</p> <p>Herijking curriculum met deelname van de bètaberoepsverenigingen</p> <p>Veranderingen worden doorgevoerd als innovatiecyclus</p>
Toetsing	<p>Toetsing gedomineerd door kwalificatie-eisen</p> <p>Nadruk op summatieve toetsing</p> <p>SE gemarginaliseerd</p>	<p>Toetsing in overeenstemming met de onderwijsdoelen</p> <p>Meer nadruk op formatieve toetsing</p> <p>Kwaliteitsborging SE</p>
Kwaliteitszorg	<p>Toezicht door landelijke inspectie controlerend</p> <p>Nadruk op kwantitatieve gegevens</p> <p>CE dient als kwaliteitsborging</p>	<p>Inspectie vanuit de "kritische vriend" gedachte</p> <p>Nadruk op onderwijsverbetering en talentontwikkeling</p> <p>Kwaliteitsborgingssysteem gebaseerd op onderwijsdoelen en relevant onderzoek</p>
Professionaliteit docent	<p>Docent is vooral uitvoerder van onderwijs</p> <p>Docent heeft nauwelijks tijd om ontwikkelingen te volgen</p> <p>Weinig aandacht voor verdere professionalisering</p> <p>Lage uitstroom lerarenopleidingen</p> <p>Hoge opleiding en professionaliteit niet weerspiegeld in carrièremogelijkheden</p>	<p>Docent ook ontwerper van onderwijs en inspirator</p> <p>Samenwerking met collega's in leergemeenschappen</p> <p>Vakspecifieke deskundigheidsbevordering</p> <p>Professionaliseringseisen landelijk vastgelegd</p> <p>Het aanzien van het leraarsberoep weerspiegelt zich in de toegenomen instroom van de lerarenopleidingen i.h.b. voor de bètavakken</p>
Schoolontwikkeling	<p>Weinig invloed van docenten op schoolontwikkeling</p> <p>Verantwoordelijk ligt hoog in de organisatie</p> <p>Veel richtlijnen en regels van buitenaf</p> <p>Weinig aandacht voor invoeringsstrategie en resultaten van didactisch onderzoek</p>	<p>Docenten in ruime mate betrokken bij schoolontwikkeling</p> <p>Collegialiteit en samenwerking belangrijk</p> <p>Transparante verantwoording</p> <p>Invoeringsstrategie getoetst aan resultaten van didactisch onderzoek</p>
Ondersteuning	<p>Versnipperd, veel landelijke en regionale partijen</p> <p>Onduidelijke doelstellingen en opbrengsten</p> <p>Onzekere financiering</p> <p>Geringe investering in (vak)didactisch onderzoek</p> <p>Beperkt kwaliteitstoezicht</p>	<p>Regionale leergemeenschappen als samenwerking tussen scholen, hoger onderwijs en gelieerde lerarenopleidingen</p> <p>Breed aanbod vakinhoudelijke en didactische scholing</p> <p>Ruimte voor (vak)didactisch onderzoek door docenten</p> <p>Beroepsverenigingen hebben een inhoudelijke audit functie voor kwaliteit van het bijscholingsaanbod</p>

Preamble

In het leergebied bèta en techniek vindt op dit moment invoering plaats van nieuwe examenprogramma's in de bovenbouw van HAVO en VWO. Deze vernieuwing is in gang gezet door het KNAW Rapport 'Ontwikkeling van talent in de tweede fase' ⁽¹⁾. Dit rapport was de aanleiding voor een aantal visiedocumenten over de inrichting van het funderende bètaonderwijs vanuit de specifieke vakdisciplines Scheikunde ⁽²⁾, Biologie ⁽³⁾, Natuurkunde ⁽⁴⁾ en Wiskunde ⁽⁵⁾ gedragen door organisaties en beroepsverenigingen in de sector bètatechniek. De stuurgroep voor het nieuwe vak Natuur Leven en Technologie (NLT) ingesteld door de Minister van OCW heeft een visiedocument uitgebracht waarin het vakoverstijgende belang wordt onderstreept ⁽⁶⁾.

De nieuwe examenprogramma's voor de vakken Biologie, Natuurkunde, Scheikunde, en het vak Natuur Leven en Technologie (NLT) zijn in de jaren 2005 tot en met 2010 ontwikkeld door vernieuwingscommissies voor deze vakken en getoetst in een praktijktest op een groot aantal pilot-scholen. De nieuwe examenprogramma's zijn ingevoerd per augustus 2012 voor NLT en per augustus 2013 voor de drie overige vakken. Parallel hieraan zijn nieuwe examenprogramma's voor het vak Wiskunde in de tweede fase opgesteld door de vernieuwingscommissie cTWO die vanaf augustus 2015 van kracht worden. Voor documentatie over het vernieuwingstraject, zie de website betanova.nl.

Al aan het begin van het ontwikkeltraject in 2005 hebben de voorzitters van de vier vernieuwingscommissies Biologie, Natuurkunde, Scheikunde, Wiskunde en de stuurgroep NLT het initiatief genomen om een gemeenschappelijk overleg in het leven te roepen, het 'Bèta5-overleg'. Dit overleg had tot doel de activiteiten zo goed mogelijk met elkaar af te stemmen. Punten van gemeenschappelijk belang waren de evaluatie en implementatie van de nieuwe examenprogramma's, vorm en toezicht op de kwaliteit van de examens, uitwerking van de didactische aanpak, communicatie met het veld en contacten met het hoger onderwijs, KNAW en beroepsverenigingen. Ook de inhoudelijke afstemming van en samenhang tussen de bètavakken waren belangrijke aandachtspunten ⁽⁷⁾.

Door Bèta5 werden ook andere initiatieven genomen die bijdragen aan de doelstellingen voor goed bèta-onderwijs. Een voorbeeld is het onderzoeksprogramma Didactisch Universitair onderzoek van Docenten (DUDOC) ter ondersteuning van de bètavernieuwing en een onafhankelijke evaluatie van de effecten van het nieuwe bèta-onderwijs ⁽⁸⁾.

De uiteindelijke doelstelling van Bèta5 was de aanzet te geven voor een blijvende ontwikkeling van een actueel en relevant bètacurriculum waarin leerlingen en leraren zich optimaal kunnen ontplooiën. Dat is een ambitie die zich uitstrekt over de horizon van 2010. Daarom is in 2010 het Bèta5-overleg geformaliseerd in de stichting IOBTⁱ om namens de bètaberoepsverenigingen bij te dragen aan vernieuwingen in de bètavakken en de professionalisering van docenten in het voortgezet onderwijs. Het ontwikkelproces van de genoemde examenprogramma's in het leergebied bèta- en techniek, zowel als het nu lopende implementatietraject ⁽⁹⁾, hebben de ambitie om ervaren knelpunten in de motivatie van jongeren voor bèta en techniek weg te nemen, en in nauwe samenspraak met leraren het onderwijs in de bètavakken verder te ontwikkelen. Deze ambitie is direct relevant voor de dialoog over de hoofddoelen van Onderwijs2032.

ⁱ De stichting IOBT is opgericht namens de beroepsverenigingen KNCV (Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging), KWG (Koninklijk Wiskundig Genootschap), NIBI (Nederlands Instituut voor Biologie), NNV (Nederlandse Natuurkundige Vereniging), NVON (Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen), en NVVW (Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren).

Visie op het leergebied bèta en techniek

Scientific literacy

Natuurwetenschap, wiskunde en techniek zijn onlosmakelijk verbonden met de moderne samenleving. Ontstaan uit nieuwsgierigheid hoe de wereld om ons heen begrepen kan worden zijn de toepassingen van wetenschap en technologie nu dominante drijfveren voor economische en maatschappelijke innovatie. Innovatiekracht is in belangrijke mate bepalend voor economische groei en de internationale concurrentiepositie van Nederland. Wetenschap en technologie spelen ook een centrale rol in grote actuele maatschappelijke vraagstukken, zoals klimaatverandering, gezondheidszorg en het veilig stellen van water-, voedsel- en energievoorziening. Wetenschappelijk onderzoek en geavanceerde technologie zijn nodig om deze problemen te analyseren, het hoofd te bieden en economische vooruitgang mogelijk te maken ⁽¹⁰⁾.

Een hoog niveau van onderwijs in de exacte vakken moet de ambitie zijn van het curriculum 2032. Het moet leerlingen inzicht bieden in het hoe en waarom van structuren, verschijnselen en processen in de natuurlijke wereld en de manier waarop deze inzichten wiskundig beschreven worden en hun toepassing vinden in technologie en maatschappelijke domeinen. Kennis hierover is noodzakelijk om als burger te functioneren in de huidige en toekomstige kennissamenleving en kan tevens een intellectuele verrijking zijn in het persoonlijk leven. Het onderwijs stimuleert een nieuwsgierige en onderzoekende houding bij leerlingen, en het is een uitdaging voor talentvolle leerlingen om later zelf een creatieve bijdrage te leveren aan wetenschap en techniek.

Het leerdoel is dat leerlingen een robuust inzicht krijgen in de fysieke werkelijkheid om zich heen en de daarvoor noodzakelijke sleutelinzichten en -vaardigheden tot ontwikkeling brengen. In het internationale spraakgebruik heet dit *scientific literacy* ⁽¹¹⁾. De uitkomst van het onderwijsproces zou moeten zijn dat leerlingen inzicht verwerven in ⁽¹²⁾:

1. Basisprincipes en –begrippen van de natuurwetenschap en wiskunde;
2. Denkwijze en methoden van wetenschap en technologie;
3. Aard en maatschappelijke betekenis van wetenschap en (digitale) technologie.

Wetenschappelijke geletterdheid betekent ook dat er verbinding wordt gelegd met de toepassing van wetenschappelijke kennis in actuele contexten die duidelijk maken waar moderne wetenschap toe dient en wat de maatschappelijke opbrengst is. Voor leerlingen kunnen goed gekozen contexten uit de leefwereld, wetenschap of techniek, relevantie geven aan de te behandelen stof en de motivatie verhogen ⁽¹³⁾.

Deze doelstelling van wetenschappelijke geletterdheid heeft een brede internationale erkenning ⁽¹⁴⁾. In plaats van schoolvakken te zien als het voorportaal van de corresponderende studie of beroepsopleiding, verschuift het accent naar sleutelcompetenties voor een hoog opgeleide beroepsbevolking in een dynamische kennismaatschappij ^(15,16). Op het gebied van natuurwetenschap en de techniek gaat het om het vermogen om kennis en methoden die gebruikt worden om de natuurlijke wereld te verklaren, te gebruiken om problemen te identificeren en gefundeerde conclusies te trekken. Analytisch leren denken en verbanden (wiskundig) formuleren zijn belangrijke leerdoelen van het wiskundeonderwijs. Dit past in de brede doelstelling van *scientific citizenship* ⁽¹⁷⁾ van goed geïnformeerde burgers die participeren in democratische besluitvormingsprocessen over complexe maatschappelijke problemen.

De basis voor een leerlijn wetenschap en technologie (W&T) wordt gelegd in het primair onderwijs. Daar is een vernieuwing ingezet om de kerndoelen van het domein wetenschap en technologie te verhelderen en te operationaliseren onder drie inhoudelijke categorieën: houding, vaardigheden en denkwijzen, en kennis. Het leerplankader voor W&T geeft richting aan de ontwikkeling van de leerlijnen voor de vakken Aardrijkskunde, Geschiedenis en Natuur & Techniek in het primair onderwijs (¹⁸). Naast het stimuleren van de interesse voor en beheersing van (natuur)wetenschappelijke kernbegrippen wordt ingezet op onderzoekend en ontwerpnd leren van kinderen en integratie van taal- en rekenonderwijs met W&T in authentieke contexten.

Voor de onderbouw VO zijn de uitgangspunten van wetenschappelijke geletterdheid nader uitgewerkt in de Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie (¹⁹) die tot doel heeft een uitwerking te geven aan de kerndoelen en daarmee richting te geven aan het curriculum van onderbouw HAVO/VWO en VMBO. De kennisbasis is richtinggevend, in de zin van: inspirerend en toekomstbestendig, en beschrijft de vakgebieden Natuurkunde, Scheikunde, Biologie, Fysische geografie en Technologie, in termen van vakinhouden, karakteristieke werkwijzen en karakteristieke denkwijzen. Door het Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling (SLO) en de commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs (cTWO) samen is een vergelijkbaar document gemaakt ten aanzien van het eindniveau onderbouw wiskunde, de zogenaamde 'tussendoelen' (²⁰), met aandacht voor de aansluiting op de uiteenlopende vervolgtrajecten.

Ter illustratie is hieronder de domeinindeling weergegeven van de kennisbasis Biologie, Natuurkunde, Scheikunde, en van de tussendoelen Wiskunde. Leerdoelen en leerinhouden zijn geformuleerd op basis van een doorlopende leerlijn natuurwetenschappen, wiskunde en technologie van de kerndoelen primair onderwijs en onderbouw VO naar de eindtermen in de examenprogramma's.

Kennisbasis onderbouw VO			Tussendoelen VO
Biologie	Natuurkunde	Scheikunde	Wiskunde
<ul style="list-style-type: none"> • biologische eenheid • instandhouding • interactie • voortplanting en evolutie • dynamisch evenwicht 	<ul style="list-style-type: none"> • materie • energie • licht, geluid en straling • kracht en beweging 	<ul style="list-style-type: none"> • materie • schaal, verhouding en hoeveelheid • reactiviteit • energie 	<ul style="list-style-type: none"> • getallen en variabelen • verhoudingen • meten en meetkunde • verbanden en formules • informatieverwerking en onzekerheid

Deze basisstof W&T is voor velen eindonderwijs en moet daarmee de minimale wetenschappelijke geletterdheid bieden waar deze leerlingen het hun verdere leven mee kunnen doen. Wat dit laatste betreft gaat het ook om aansluiting bij de 21e eeuwse vaardigheden (²¹) en de manier waarop deze binnen vakgebieden geoperationaliseerd kunnen worden. Voor de onderbouw VO geven de gestelde doelen voldoende ruimte voor betekenisvol bèta en techniek onderwijs. De kennisbasis, die voor

docenten een leidraad is, kan het begin zijn van het bepalen van een nieuwe cognitieve inhoud. Onze visie is dat in de onderbouw VO, vanuit de recente vernieuwing van de examenprogramma's van de bètavakken en wiskunde moet worden gekeken naar een optimale aansluiting. Dit zou kunnen betekenen dat de betreffende vakken in samenhang opnieuw moeten worden ontwikkeld en dat nieuwe actuele en relevante kerndoelen moeten worden vastgesteld.

Samenhang bètavakken

Er heeft de laatste decennia een zeer wezenlijke verandering plaatsgevonden in het bèta-onderzoek en de (technische) toepassing daarvan. Nieuwe ontwikkelingen en toepassingen vinden steeds meer plaats op grensgebieden tussen de monodisciplines. Deels wordt dit gestuurd door vraagstellingen die vanuit de samenleving worden gedefinieerd, maar ook in het fundamentele onderzoek worden grenzen tussen vakgebieden overschreden. Zo heeft de deeltjesfysica aan de theoretische kant een grote affiniteit met wiskunde, en berust zij aan de experimentele kant op zeer geavanceerde technologie. In de materiaalkunde en de nanotechnologie is het onderscheid tussen natuurkunde en scheikunde vaak moeilijk aan te geven, en in de biowetenschappen spelen natuurwetenschappelijke technieken en wiskundige modellen een steeds grotere rol. Deze veranderingen weerspiegelen zich in de functies die bètawetenschappers en technici vervullen in de maatschappij.

Het is dus van belang bij het ontwikkelen van een schoolcurriculum aandacht te schenken aan de samenhang tussen de verschillende vakgebieden, en duidelijk te maken dat:

- de natuurwetenschappelijke vakken en de wiskunde een gemeenschappelijke terminologie, methode en denkwijze delen, en dat het begrip van natuurwetenschappelijke processen vaak een brede natuurwetenschappelijke en wiskundige kennis vereist;
- het leren gebruiken van (wiskundige) modellen voor het verklaren en voorspellen van verschijnselen om ons heen van direct nut is voor vakgebieden binnen en buiten de bèta-sector.

Dit vraagt om afstemming tussen de bètavakken. Het biedt leerlingen de mogelijkheid zich bewust te worden van overeenkomsten in natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden, en hen te laten ervaren dat veel natuurwetenschappelijke en technologische vraagstukken een interdisciplinaire aanpak vragen. Deze aspecten zijn de kern van het keuzevak Natuur Leven en Technologie (NLT), maar ook in de andere bètavakken moet dit aan de orde komen.

Vakoverstijgende Thema's	
Communicatie	Transport
Duurzaamheid	Veiligheid
Gezondheid	Voeding
Materialen	Wereldbeeld

Om hiertoe een aanzet te geven zijn door een werkgroep, ingesteld door het Bèta5-overleg, een aantal uitgangspunten voor samenhangend natuurwetenschappelijk bètaonderwijs in de tweede fase in een notitie uitgewerkt en de bovenstaande vakoverstijgende thema's benoemd (⁷). Het doel van deze notitie is een basis te bieden voor verdergaande ontwikkeling van samenhang tussen de natuurwetenschappelijke vakken in syllabi, handreikingen en in lesmaterialen, om zo samenhangend onderwijs voor docenten en leerlingen mogelijk te maken. Daarvoor moet wel bij docenten een attitude van samenwerken in doorsnijdende themagebieden en vakoverschrijdende contexten worden ontwikkeld.

Curriculum2032

In het onderstaande wordt curriculum2032 opgevat als een coherente verzameling van leerdoelen. Deze leerdoelen zijn globaal van aard en moeten onderscheiden worden van leerdoelen die betrekking hebben op de praktijk van de docent in de klas. Het beschreven curriculum kan in een later stadium als uitgangspunt dienen voor uitwerking in een kennisbasis, domeinen, eindtermen, lesmateriaal en toetsing.

Hierboven zijn de leerdoelen voor de natuurwetenschap en de wiskunde in algemene zin geformuleerd in de driedeling: (1) kennis van begrippen en principes die gebruikt worden in de vakdisciplines; (2) kennis van en vaardigheid in de methoden die gebruikt worden bij het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek; (3) inzicht in de functie van wetenschap en (digitale) techniek in de hedendaagse maatschappij. Deze leerdoelen kunnen direct vertaald worden naar de drie hoofddoelstellingen van Onderwijs2032:

- Kennis voor leren en werk
- Maatschappelijke toerusting
- Persoonsvorming

Om het bètacurriculum voor onderwijs2032 langs deze dimensies verder inhoud te geven nemen we de kern van de bètavakken als uitgangspunt. Die kern bestaat uit, enerzijds, een aantal vakoverstijgende concepten en, anderzijds, de karakteristieke werk- en denkwijzen van de natuurwetenschap en de wiskunde. Door aandacht voor werk- en denkwijzen kan samenhang in het onderwijs worden gerealiseerd, en tevens kunnen de bijbehorende vaardigheden als curriculum-overstijgende competenties worden geïntegreerd in de vakken van het curriculum.

Voor leerlingen presenteert de bètawetenschap zich vaak als collectie vaststaande en vastgestelde feiten over de wereld, waarbij het zicht op het grotere geheel ontbreekt. Daarom hebben de vakontwikkelcommissies voor biologie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde er voor gekozen om het curriculum op te vatten als een doorlopende leerlijn naar stapsgewijs inzicht in de aard en methode van natuurwetenschap en wiskunde (⁷). Dit inzicht is van blijvend waarde voor leerlingen, ook na hun schoolcarrière al dan niet in het bètadomein.

In deze notitie wordt gekozen voor hetzelfde uitgangspunt t.a.v. het curriculum2032 in het vertrouwen dat deze funderende leerdoelen robuust en toekomstbestendig zijn.

1. Kernconcepten

Natuurwetenschap rust op een geformaliseerd netwerk van concepten en onderlinge verbanden dat het kader geeft om de natuur te analyseren en te verklaren; de taal van de wiskunde maakt die formalisering mogelijk, en inspireert mede de ontwikkeling van nieuwe concepten.

Hieronder beschrijven we een aantal vakoverstijgende kernconcepten die voor alle bètadisciplines van belang zijn en in de schoolvakken Biologie, Natuurkunde, Scheikunde, Wiskunde en NLT onvermijdelijk aan de orde komen. De kernconcepten zijn gekozen op grond van de volgende overwegingen; deze kernconcepten:

- overstijgen de grenzen van de vakdisciplines;
- maken deel uit van het essentiële vocabulaire van de natuurwetenschap en wiskunde;
- hebben een brede verklarende functie voor de natuurwetenschap en technologie;
- zijn voor leerlingen een hulpmiddel om samenhang te zien tussen de bètavakken;
- verbinden kennis uit de diverse disciplines in een coherent en wetenschappelijk onderbouwd wereldbeeld.

De lijst komt grotendeels overeen met die in de nieuwe onderwijsstandaarden van het Amerikaanse National Research Council (²²). Daarin worden deze kernconcepten ‘*Crosscutting Concepts*’ genoemd.

Hoewel vakoverstijgende concepten en methoden het fundament leggen onder natuurwetenschap en wiskunde, wordt van leerlingen verwacht de kennis hierover te verwerven zonder dat dit in lesmethodes aan de orde komt. Dat is ook een reden om deze concepten hier expliciet te benoemen om daarmee te bereiken dat deze in de examenprogramma’s en lesmateriaal een meer prominente plaats krijgen met het uiteindelijke doel dat leerlingen een samenhangender beeld krijgen van bètawetenschap en een aantal van hen geïnspireerd worden om daaraan een eigen bijdrage te leveren.

Concept	Omschrijving
Systeem	Samenstelling van meerdere onderscheiden elementen. Een afbakening van de grenzen van een systeem, bijv. het <i>zonnestelsel</i> of een <i>cel</i> , en een eenduidige specificatie van de deelsystemen maakt systematische studie van de eigenschappen van een systeem mogelijk.
Schaal	Essentieel voor de wetenschappelijke beschrijving van systemen is de vaststelling wat de relevante maat is voor eigenschappen zoals <i>afmeting</i> , <i>tijdgedrag</i> , <i>organisatieniveau</i> en dergelijke. Een schaal wordt vaak uitgedrukt als een verhouding tot een afgesproken <i>maat of hoeveelheid</i> . Twee algemeen gangbare aanduidingen van grootteschaal zijn: <i>macroscopisch</i> (direct waarneembaar) en <i>microscopisch</i> (te klein om direct waar te nemen).
Materie	Materie is de generieke aanduiding voor alle fysieke objecten in het heelal. Materie wordt gekwantificeerd door grootheden als <i>massa</i> , <i>lading</i> , <i>dichtheid</i> en dergelijke. Het materiebegrip krijgt een grondslag in het <i>deeltjesmodel</i> , met <i>moleculen</i> , <i>atomen</i> en <i>elementaire deeltjes</i> als bouwstenen voor stoffen en materialen.

Energie	Energie is het vermogen om arbeid te verrichten. Energie manifesteert zich in veel verschillende vormen, <i>bewegingsenergie</i> , <i>chemische energie</i> , <i>thermische energie</i> , <i>stralingsenergie</i> etc. Energie kan omgezet worden van de ene vorm in de andere. Daarbij blijft de totale hoeveelheid energie constant. Dit is een voorbeeld van een <i>behoudswet</i> .
Wisselwerking	Materiële objecten beïnvloeden elkaar door direct contact maar ook op afstand. De grootheden <i>kracht</i> en <i>veld</i> kwantificeren dit algemene concept in specifieke situaties. Vanuit wisselwerking kunnen causale verbanden van <i>oorzaak</i> en <i>gevolg</i> , en <i>actie</i> en <i>reactie</i> begrepen worden. Wisselwerking verklaart de eigenschappen van stoffen en materialen, en de reacties daartussen.
Verandering	Studie van verandering, <i>stabiliteit</i> en <i>evenwicht</i> van de eigenschappen van een systeem is een essentiële activiteit in wetenschap en technologie. Verandering wordt altijd waargenomen of gemeten t.o.v. een <i>structuur</i> of <i>standaard</i> . In wiskundige formuleringen is het <i>veranderingstempo</i> meestal de belangrijke <i>variabele</i> .
Model	Een model is een conceptuele representatie van de werkelijkheid om die hanteerbaar te maken voor analyse. Een model kan visueel, of structureel zijn, of beide zoals het <i>dubbele helix model van DNA</i> . Een model kan een eenvoudig schema zijn met een beperkte geldigheid of een complexe wiskundige <i>formule</i> zoals een <i>klimaatmodel</i> , of het <i>standaardmodel van de elementaire deeltjes</i> waarmee met grote nauwkeurigheid voorspellingen kunnen worden gedaan over de uitkomsten van versnellerexperimenten.
Toeval	Toeval is een gebeurtenis waarvoor geen causaal verband voorhanden is. Toeval wordt in de wiskunde geobjectiveerd in de begrippen <i>kans</i> en <i>waarschijnlijkheid</i> . Er wordt een onderscheid gemaakt met <i>onzekerheid</i> als maat voor gebrek aan kennis.

Concepten zoals hier omschreven kunnen niet in een eenduidige simpele definitie gevangen worden. De betekenis wordt gaandeweg duidelijk door gebruik in diverse contexten ingebed in een goed doordacht didactisch kader. Daaruit volgt ook dat leerlingen niet op een bepaald moment toe zijn aan bepaalde concepten maar dat in de lesopbouw leerlingen toegroeien naar inzicht in deze abstracte begrippen. De leerlingen moeten leren appreciëren dat deze concepten verbeeldingen van de menselijke geest zijn die niet vooraf door de natuur gegeven zijn of te vatten in een eenvoudig voorschrift voor het gebruik. Maar juist door het hoge abstractieniveau kunnen deze concepten voor getalenteerde leerlingen nieuwe vensters openen op de werkelijkheid.

2. Werk- en denkwijzen

Bij de doelstelling van wetenschappelijke geletterdheid gaat het niet alleen om kennis en toepassing van die kennis, maar ook om inzicht in de manier waarop natuurwetenschappelijke kennis tot stand komt in onderzoek en hoe de betrouwbaarheid van deze kennis beoordeeld kan worden. De uitkomst van het onderwijsproces zou moeten zijn dat leerlingen kennis verwerven over de methoden die gebruikt worden bij het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek, en dat leerlingen inzicht verwerven in vragen die te maken hebben met de aard en betekenis van wetenschap voor henzelf (persoonsvorming) en de maatschappij (maatschappelijke toerusting).

Inzicht krijgen in de manier waarop wetenschap werkt en hoe wetenschappelijke verklaringen tot stand komen, betekent dat leerlingen de gelegenheid krijgen de voor de natuurwetenschappen en wiskunde karakteristieke denk- en werkwijzen toe te passen binnen de grenzen die een schoolcurriculum daaraan stelt. Leerlingen moeten de belangrijkste kenmerken van wetenschappelijk onderzoek leren herkennen en ze moeten zich een voorstelling kunnen maken van de soort van antwoorden die men kan verwachten van de wetenschap. Dat vereist inzicht in de manier waarop onderzoeksgegevens verzameld worden door waarnemingen, modelstudies en experimenten, en gebruikt worden voor het opstellen van theorieën en modellen.

Essentieel voor de wetenschap is dat verklaringen getoetst moeten worden aan de beschikbare gegevens. Als verklaringen of veronderstellingen niet kloppen met de waargenomen feiten moeten deze verworpen worden en indien nodig de theorieën en modellen bijgesteld. In de wiskunde moeten stellingen bewezen worden uit de als grondslag aanvaarde veronderstellingen.

Een doelstelling van curriculum2032 moet zijn dat leerlingen in het natuur- en wiskundeonderwijs, meer dan tot nu toe, ruimte krijgen te leren door (digitaal) te doen; dat kan onderzoeken zijn, bewijzen, experimenteren, voorspellen met modelstudies, veldwerk of iets ontwerpen; *knowing the discipline is knowing the practice*. Het goed kunnen uitvoeren van deze activiteiten vereist een aantal kernvaardigheden die gemeenschappelijk zijn voor alle bètavakken.

Kernvaardigheden		
Doen	21st century skills	Denken
<ul style="list-style-type: none"> • onderzoeken • waarnemen • meten • experimenteren • berekenen • modelleren • ontwerpen • rapporteren 	<ul style="list-style-type: none"> • creativiteit • kritisch denken • probleem oplossen • digi-geletterdheid • samenwerken • communiceren 	<ul style="list-style-type: none"> • analyseren • interpreteren • redeneren • abstraheren • mathematiseren • modelleren • hypothetiseren • argumenteren

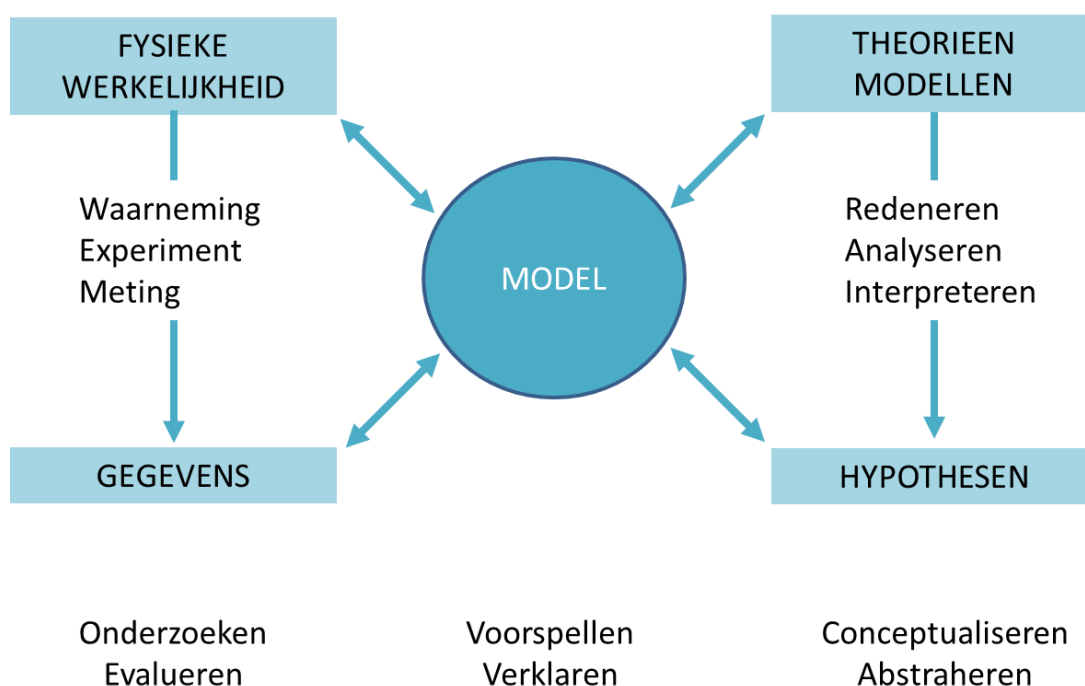
In het debat over onderwijs2032 gaat het ook over generieke vaardigheden en daaraan te koppelen kennis, inzicht en houdingen die nodig zijn om te functioneren in en bij te dragen aan de toekomstige samenleving (²¹). Een aantal van de genoemde bèta-vaardigheden sluiten direct aan bij deze 21st century skills, met name kritisch denken, probleemoplosvaardigheden en digitale geletterdheid. De bèta-kernvaardigheden vormen zo een in potentie krachtige hefboom voor koppeling aan deze gene-

rieke vaardigheden. Samenwerken en communiceren zijn generieke vaardigheden die ook voor de bètaberoepspraktijk van essentieel belang zijn.

3. Modelleren

Een centrale activiteit van wetenschappers en ingenieurs is modelleren, d.w.z. de poging om de essentie van een verschijnsel, systeem, of een constructie te vatten in een model om daarmee voorspellingen over het gedrag van een systeem te kunnen doen. In deze brede omschrijving is modelleren zowel een werkwijze als een denkwijze. Het omvat een iteratief proces dat creativiteit en inventiviteit vraagt, waarin wiskundige, natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast om nieuwe situaties te beschrijven. Hierover worden verwachtingen geformuleerd om deze vervolgens te toetsen aan de werkelijkheid. Dit omvat het doorgronden/analyseren van het probleem, het kiezen van variabelen, het opstellen van verbanden, het bepalen van een strategie, het inzetten van wiskundige en computationele middelen, en vervolgens het interpreteren van de gevonden resultaten en het verzamelen van gegevens waaraan deze resultaten getoetst worden. Het doel kan liggen in een beter begrip van de situatie op zich, maar ook in het ontwikkelen van nieuwe conceptuele kennis.

De onderstaande figuur geeft een indruk van de activiteiten die bij het modelleren van belang zijn. Links staan activiteiten gerelateerd aan empirisch onderzoek. Rechts zijn de conceptuele activiteiten weergegeven die tot de constructie van een model moeten leiden, waaronder creatief denken en het formuleren van hypotheses die getest kunnen worden. Bij complexe probleemstellingen spelen moderne computertechnologie en geavanceerde digitale applicaties een centrale rol. In deze weergave is het modelleerproces vrijwel synoniem met het gehele proces van 'onderzoek doen'; *science is the name, modelling is the game* ⁽²³⁾.



Figuur 1: drie categorieën van activiteiten die modelleren typeren

In hun latere beroepsuitoefening, maar ook in hun rol als burger, zullen leerlingen met modellen en modeluitkomsten te maken krijgen. In beroepssituaties wordt vaak gebruik gemaakt van bestaande modellen, terwijl in studie en wetenschap meer accent ligt op modelontwikkeling en validering. Voor de rol als burger is het vooral van belang dat leerlingen begrip hebben ontwikkeld voor de mogelijkheden en beperkingen van modellen en de betrouwbaarheid van de bijbehorende resultaten. Modelleren is daarom niet alleen van belang als vaardigheid, maar ook als onderwerp in het curriculum²⁰³².

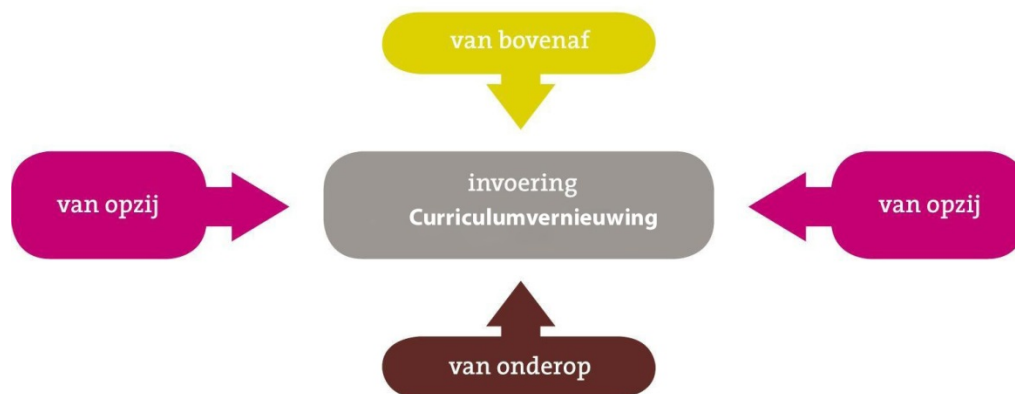
Veel realistische problemen zijn complex van aard en houden zich niet aan disciplinegrenzen. Het is didactisch zeker geen eenvoudige opgave om leerlingen in het voortgezet onderwijs iets van dit proces te laten ervaren zonder in kunstmatige over-geïmpliceerde situaties te vervallen. Anderzijds zullen aansprekende modelleeropdrachten juist een uitdaging zijn voor talentvolle leerlingen. Een goede inbedding in het curriculum vereist dat modelleren niet als geïsoleerd onderwerp binnen een enkel vak behandeld wordt, maar dat modelleren een terugkerend onderwerp is dat in inhoudelijke samenwerking en afstemming tussen de bètaschoolvakken onderwezen wordt (²⁴).

Visie op implementatie en curriculumvernieuwing

Implementatie is innovatie

Het Bèta5-overleg tussen de toenmalige vernieuwingscommissies bovenbouw HAVO en VWO voor de bètavakken, heeft in een vroeg stadium vastgesteld dat de doelstellingen van de vernieuwing van de examenprogramma's alleen gerealiseerd kunnen worden als daarvoor een breed draagvlak is. Naar de mening van de vernieuwingscommissies zou de invoeringsstrategie een minstens zo'n groot effect hebben op het bètaonderwijs als de feitelijke inhoud van het examenprogramma. Een examenprogramma geeft richting en schept ruimte voor actueel en relevant onderwijs; de leraar en de wijze waarop die wordt ondersteund in de school en externe onderwijsinstanties maken het verschil. Vernieuwing moet zijn ingebed in een breed gedeelde strategie voor een verbetercultuur op scholen ^(25,26).

In de consultaties van het veld over de nieuwe bètaexamenprogramma's is de invoeringsstrategie een centraal onderwerp van de discussie geweest. Vanuit dat perspectief is door het Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling (SLO) in nauwe samenwerking met het Bèta5-overleg een invoeringsplan opgesteld ⁽²⁷⁾. Het plan richt zich op de invoering van de nieuwe examenprogramma's en de achterliggende doelen met inachtneming van de autonomie van de scholen. Kern van het plan is om op basis van de ervaringen van de docenten op de pilotscholen optimale condities te creëren voor invoering. Ten aanzien van de uitvoering van dit plan van invoering heeft SLO de regierol ⁽²⁸⁾.



Figuur 2: Invoeringsstrategie

De invoeringsstrategie kan als volgt worden samengevat ⁽²⁹⁾:

- Bouwen van onderop;
- Ondersteunen van opzij;
- Regisseren van bovenaf.

Het bouwen van onderop is noodzakelijk voor het creëren van draagvlak en betrokkenheid. Het betekent dat docenten bouwen aan de vormgeving van hun eigen onderwijs en dat delen met anderen. Ondersteuning van opzij, met het leren van docenten als oogmerk, is wenselijk bij het vormgeven van de eigen invulling. Dit moet een stimulans zijn voor samenwerking in leergemeenschappen ter bevordering van een creatieve invulling van de vakvernieuwing waarin nieuwe inzichten vanuit de wetenschappelijke discipline en uit de vakdidactiek leiden tot een andere aanpak in de klas en in de

school. Regie van bovenaf is noodzakelijk om te zorgen voor afstemming van diverse activiteiten zodat de uiteindelijke invoering bijdraagt aan de doelen die ooit gesteld zijn voor de curriculumvernieuwing.

Zo vormgegeven, vraagt de invoering van nieuwe examenprogramma's voor de bètavakken meer van scholen dan wat voortvloeit uit de normale schoolontwikkeling. Deze verandering heeft betrekking op alle HAVO- en VWO-scholen en kan alleen succesvol verlopen als aan essentiële randvoorwaarden, zoals beschikbare materialen, bijscholing, tijd voor voorbereiding etc. voldaan is. De overheid zal vanuit de verantwoordelijkheid voor de kwaliteit van het onderwijs deze randvoorwaarden moeten bewaken en faciliteren. Daarnaast is het belangrijk om scholen ondersteuning te bieden bij het formuleren en realiseren van hun eigen wensen op het gebied van docent- en schoolontwikkeling binnen dit vakontwikkelingsproces. Dit sluit aan bij de doelen van de examenprogrammavernieuwing en de wens om scholen en docenten te stimuleren zich te professionaliseren langs eigen ambities. Een deel van de invoeringsactiviteiten zal dan ook daarop gericht moeten zijn.

Rol van de leraar

Er is op dit moment een brede maatschappelijke consensus dat de kwaliteit van het onderwijs wordt gedragen door de ervaring en het vakmanschap van goede docenten. In het invloedrijke rapport van McKinsey (³⁰) waarin de succesfactoren van onderwijssystemen in de hele wereld zijn onderzocht, wordt dit samengevat in de uitspraak *'The quality of an education system cannot exceed the quality of its teachers'*. Het curriculum moet de doelstellingen van het onderwijs goed vormgeven, het leer materiaal moet het curriculum goed uitwerken, maar opleidingsniveau en vakmanschap van de leraar vormen de dominante factor voor de onderwijsprestaties van leerlingen.



Fotografie: Claud Biemans, www.frontlinie.nl

Ervaringen uit het verleden en onderzoek naar veranderingstrajecten in het onderwijs in binnen- en buitenland hebben geleerd dat actief eigenaarschap van docenten essentieel is bij vakvernieuwing; dat blijkt ook uit de evaluatie van de examenpilots uitgevoerd door de SLO in het kader van de huidige bèta-onderwijsvernieuwing (¹³). Iedere docent moet in dit veranderingsproces een voorbereidingsfase doorlopen die tijd kost en niet versneld kan worden. Van essentieel belang daarbij is dat de docent in zijn/haar voorbereiding niet alleen staat, maar zich gesteund weet door andere docenten en de schoolorganisatie: vakontwikkeling, docentontwikkeling en schoolontwikkeling dienen hand in hand te gaan voor een succesvolle invoering (²⁵).



Fotografie: Dick van Aalst, RU Nijmegen

De betekenis voor bètadocenten is dat zij, meer dan nu, de kans krijgen hun eigen onderwijs in te richten en samen met de andere bètadocenten een visie te ontwikkelen op het leren van natuurwetenschappen en wiskunde. Van bètadocenten, maar ook toa's, wordt zowel inhoudelijke als (vak)didactische expertise verwacht, en dat ze vorm kunnen geven aan bèta-brede en vakoverstijgende vaardigheden, vanwege (⁹):

- het actuele karakter van de bèta-examenprogramma's;
- het kunnen bieden van meer maatwerk voor talentontwikkeling;
- het kunnen kiezen voor onderwerpen die meer gericht zijn op beroep en vervolgstudie;
- de wens om meer samenhang tussen bètavakken te creëren.

Juist voor de bètavakken die continu veranderen onder invloed van wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen, is het van belang dat leraren in contact staan met de vakdisciplines, hoger onderwijs en bedrijfsleven om zo hun kennis aan te kunnen scherpen en inspiratie op te doen. Het onderwijs voor de toekomst moet leerlingen toerusten om complexe vraagstukken op te kunnen lossen en daarbij op een juiste manier de daarvoor beschikbare instrumenten te gebruiken. Het is essentieel dat leraren ook zelf op die manier kunnen denken en handelen om het ontwikkelproces van de leerlingen goed te kunnen begeleiden.

Rol van het examen

Centrale toetsing onder verantwoordelijkheid van het College voor Toetsen en Examens (CvTE) heeft naast een kwalificerende rol ook een zeer sturende rol in het onderwijs omdat deze toetsing de facto in hoge mate bepaalt wat er in de klas gebeurt. Het herontwerp van het onderwijscurriculum is dan ook onlosmakelijk verbonden met een herbezinning op de rol van het centraal examen (CE) en het schoolexamen (SE). Het schoolexamen is belangrijk voor toetsing van vaardigheden die in het examenprogramma zijn opgenomen, maar die zich slecht lenen voor toetsing in het CE, waaronder generieke vaardigheden en praktische vaardigheden die belangrijk zijn voor de bètavakken zoals onderzoeken, experimenteren, modelleren en ontwerpen. Het SE moet ook ruimte geven aan inhoud die docenten zelf kunnen kiezen op basis van eigen interesse en die van hun leerlingen.



Fotografie: Tycho Malmberg, NIBI

Bij de invoering van nieuwe natuurwetenschappelijke examenprogramma's in 2007 heeft de overheid meer vrijheid gegeven aan scholen door een vergroting van de omvang van het SE tot 40%. In principe schept dit aanzienlijke mogelijkheden voor toetsing van vaardigheden en praktisch werk, en het gedifferentieerd toetsen van activiteiten die specifiek zijn voor de school, de klas of de leerling. De eindtermen voor het SE worden alleen op hoofdlijnen geformuleerd en invulling wordt aan scholen en docenten overgelaten. Tegelijk werd de omvang van de stof voor het centraal examen beperkt tot 60% van de eindtermen. Het is echter toegestaan om binnen het SE-deel ook CE-onderdelen te examineren (³¹).

Uit de evaluaties van het nu lopende invoeringstraject voor de bètavakken blijkt dat het onderwijs voornamelijk gestuurd wordt door de vereisten van het CE, en dat schoolexamens steeds meer inge-

vuld worden met opdrachten uit centrale examens. Daardoor komt het beoogde eigen karakter van het SE in de praktijk sterk onder druk te staan en gaat de dynamiek van het curriculum verloren (⁹).

Het eerste uitgangspunt zou moeten zijn dat examinering een positieve bijdrage levert aan het onderwijs in de geëxamineerde vakken. Dus de examinering moet zo zijn ingericht dat docent en leerling het verwerven van de gewenste kennis en vaardigheden centraal stellen en dat activiteiten die gerelateerd zijn aan de andere doelstellingen van het onderwijs ook daadwerkelijk worden uitgevoerd. Dit is het uitlijnen van het *beoogde*, het *uitgevoerde* en het *gerealiseerde* curriculum (³²).



Fotografie: Keygene

In het Nederlandse onderwijssysteem zijn de verantwoordelijkheden verkaveld: de overheid is verantwoordelijk voor het beoogde curriculum, de educatieve uitgeverijen geven in belangrijke mate invulling aan de inhoud van het door docenten te geven onderwijs, en het College voor Toetsing en Examens is verantwoordelijk voor de examinering. Maar er is geen instantie of richtinggevend overleg waar toezicht wordt gehouden op de coherentie van doelstellingen en exameneisen (^{33,34}).

De Commissie Parlementair Onderzoek Onderwijsvernieuwingen adviseerde al in 2008 de waarde van het schoolexamen te objectiveren door externen te betrekken bij het vormgeven van schoolexamens en het beoordelen van de resultaten (³⁵). In hun eindverslagen hebben de bètavernieuwingscommissies in lijn hiermee, de Minister het advies gegeven om tijdens het invoeringstraject van de nieuwe examenprogramma's een begin te maken met de invoering van een systeem van kwaliteitsborging van het SE en meer werk te maken van formatieve toetsing. Uit de voortgangsevaluatie van de invoering blijkt dat dit een urgent probleem is. De stuurgroep verankering NLT is op eigen initiatief bezig een systeem van kwaliteitsborging voor het keuzevak NLT, dat alleen een SE kent, vorm te geven.

Rol van de ondersteuningsstructuur

Aan de vergroting van de waardering voor bèta en techniek hebben de afgelopen jaren naast het Platform Bèta Techniek veel instituties en organisaties een bijdrage geleverd, waaronder kennisinstellingen, bedrijven, bètaberoepsverenigingen en de KNAW. In het Jongeren en Technologie Netwerk Jet-Net werken bedrijfsleven, scholen en een aantal intermediaire organisaties samen aan interessanter onderwijs en aansluiting tussen onderwijs en arbeidsmarkt. Het doel is leerlingen in het PO en VO een reëel beeld te geven van bèta en technologie en hen te interesseren voor een bèta-technische vervolgopleiding ⁽³⁶⁾.

Met subsidie van het Platform Bèta Techniek en van de KNAW zijn twaalf Wetenschapsknooppunten opgericht waar docenten van het primair onderwijs terecht kunnen voor lesmateriaal en praktijkvoorbeelden over wetenschap en technologie op de basisschool ⁽³⁷⁾.



Daarnaast hebben de afgelopen jaren diverse bottom-up initiatieven, mede gestimuleerd door de opzet van vaksteunpunten voor het vak NLT ⁽³⁸⁾, geleid tot de vorming van regionale bètanetwerken voor samenwerking tussen voortgezet onderwijs, hoger onderwijs, en bedrijfsleven. Inmiddels zijn verspreid over Nederland tien bètasteunpunten actief voor ondersteuning van leraren en leerlingen in de vakken Biologie, Natuurkunde, Scheikunde, Wiskunde en NLT ⁽³⁹⁾. Deze regionale bètasteunpunten zijn kennisnetwerken rondom universiteiten en hogescholen in Nederland, waarin docenten uit het voortgezet en het hoger onderwijs in teams samenwerken bij de ontwikkeling en uitvoering van nieuw bètaonderwijs.



Deze regionale netwerken bevorderen zowel de interactie tussen scholen onderling als tussen scholen en hoger onderwijs en bedrijven met als doel:

- vergroten van de belangstelling voor bèta bij leerlingen;
- bijdragen aan blijvende professionalisering van docenten;
- bijdragen aan blijvende ontwikkeling van het onderwijs in de bètavakken;
- talentontwikkeling en versterken van de kwalitatieve aansluiting tussen VO en HO.

De vorming van deze netwerken is de laatste jaren gestimuleerd door het Platform Bèta Techniek als een investering in de onderwijsketen om een goede in-, door- en uitstroom van bètatechniekstudenten te bereiken. Vanuit universiteiten, hogescholen en het Sectorplan Natuurkunde en Scheikunde worden deze regionale steunpunten concreet met middelen en menskracht gesteund. Door OCW en het Platform Bèta Techniek zijn initiatieven genomen om deze netwerken voor de bètavakken te verduurzamen ⁽⁴⁰⁾.

Rol van de beroepsverenigingen

De bètavakverenigingen die zich hebben verenigd in de Stichting IOBT juichen deze ontwikkeling toe. Om goede samenwerking te waarborgen hebben de beroepsverenigingen de landelijke coördinatie van de regionale vaksteunpunten op zich genomen. De bètaberoepsverenigingen en de regionale bètasteunpunten waarin scholen, hoger onderwijs en bedrijfsleven deelnemen, willen zich inspannen om innovatieve kennissgemeenschappen voor docent- en talentontwikkeling tot stand te brengen. Dit partnerschap heeft als inzet voor docenten van het primair en voorgezet onderwijs een breed programma van deskundigheidsbevordering aan te bieden, zowel vakinhoudelijk als didactisch. Daarbij kunnen de bètaberoepsverenigingen door inzet van ledenpanels algemene criteria ontwikkelen voor de inhoudelijke kwaliteit van het bijscholingsaanbod.

Deze nieuwe coalitie van partners in het onderwijsveld kan een solide basis geven aan de innovatie van het bètaonderwijs, zowel op scholen die meer aandacht willen geven aan bètatechniek als in de bacheloropleidingen bètatechniek ⁽⁴¹⁾. De samenwerkende beroepsverenigingen kunnen zo een inhoudelijke bijdrage leveren aan de lerarenagenda van de overheid ⁽⁴²⁾ en de Nederlandse universiteiten ⁽⁴³⁾ door de relatie tussen leraren en de vakdisciplines te versterken.

Anderzijds zou de overheid ervoor moeten zorgen dat er algemene afspraken komen over de financiering, hoe deze deskundigheidsbevordering een structureel deel kan zijn van de onderwijstaak en hoe dit zich kan vertalen in het carrièreperspectief van docenten binnen de school. Met een dergelijke zekerheid krijgt het leraarsberoep nieuw elan. Dit zal een positieve uitwerking hebben op het aanzien van het beroep van leraar en op de toestroom van jonge leraren in de natuurwetenschappelijke vakken.

In de visie van de bètaberoepsverenigingen moet het bètacurriculum zich ook op de langere termijn blijven vernieuwen in het brede perspectief van ontwikkelingen in de wetenschap, samenleving, arbeidsmarkt en vervolgonderwijs ⁽⁴⁴⁾. Een vitaal bètacurriculum moet met enige regelmaat herijkt worden om:

- de inhoud actueel en relevant te houden;
- de samenhang tussen de natuurwetenschappelijke vakken en de wiskunde te borgen;
- de examinering te toetsen aan de doelstellingen van het onderwijs.

De bètaberoepsverenigingen willen met hun inhoudelijke expertise en brede netwerken een blijvende inhoudelijke bijdrage leveren aan dit proces van herijking, om kwaliteit, stabiliteit en coherentie van het bètacurriculum waarborgen.



Bron: Rijk aan betekenis ⁽⁵⁾

Bronnen

- ¹ Advies van de KNAW-klankbordgroep voortgezet onderwijs Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (2003)
- ² Commissie Vernieuwing Scheikunde Havo en Vwo, Chemie tussen context en concept, SLO (2003)
- ³ Biologische Raad, Biologieonderwijs: een vitaal belang, KNAW (2003)
- ⁴ Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo, Natuurkunde leeft, NNV (2006)
- ⁵ cTWO, Rijk aan betekenis. Visie op vernieuwd wiskundeonderwijs (2007)
- ⁶ Stuurgroep NLT, De contouren van een nieuw bètavak (2007)
- ⁷ K. Boersma e.a., Samenhang in het natuurwetenschappelijk onderwijs voor havo en vwo, IOBT (2010)
- ⁸ www.dudocprogramma.nl/
- ⁹ Curriculumspiegel, SLO (2015)
- ¹⁰ Horizon 2020, The EU Framework Programme for Research and Innovation (2014)
- ¹¹ Nuffield Foundation, Science Education in Europe (2008)
- ¹² D. Hodson, In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education* 14 (1992)
- ¹³ Curriculumevaluatie Bètaonderwijs Tweede Fase, SLO (2011)
- ¹⁴ OECD, PISA Assessment and Analytical Framework (2012)
- ¹⁵ Aanbeveling van het Europees Parlement en de Raad, Sleutelcompetenties voor een leven lang leren (2007)
- ¹⁶ The Royal Society Science Policy Centre report, Vision for science and mathematics education (2014)
- ¹⁷ A. Irwin, *Citizen Science*, Routledge (1995)
- ¹⁸ Wetenschap & technologie in het basis- en speciaal onderwijs, SLO (2014)
- ¹⁹ Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw VO, SLO (2014)
- ²⁰ Overzicht tussendoelen wiskunde havo en vwo, SLO (2010)
- ²¹ J. Voogt en N. P. Roblin, *21st Century Skills*, Discussienota, Universiteit Twente (2010)
- ²² National Research Council, *Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards* (2012)
- ²³ David Hestenes, *Proceedings GIREP Conference* (2006)
- ²⁴ Elwin Savelsbergh e.a., *Modelleren en computermodellen in de β -vakken*, Freudenthal Instituut (2008)
- ²⁵ Michael Fullan, *Change theory, A force for school improvement*, CSE (2006)
- ²⁶ *Samen leren: aanbevelingen uit het onderwijs* (2014)
- ²⁷ Invoeringsplan nieuwe bèta-examenprogramma's, SLO (2010)
- ²⁸ www.betanova.nl/
- ²⁹ W. Kuiper, *Curriculumevaluatie en verantwoorde vernieuwing van bètaonderwijs*, SLO (2009)
- ³⁰ McKinsey & Company, *How the world's best-performing school systems come out on top* (2007)
- ³¹ Kamerbrief Sander Dekker, *Examens VO 2014* (25 november 2014)
- ³² Fenwick W. English, *Deciding What to Teach and Test*, Corwin Press (1992)
- ³³ *Toekomstgericht funderend onderwijs*, SLO (2014)
- ³⁴ Onderwijsraad, *Een eigentijds curriculum* (2014)
- ³⁵ Commissie Parlementair Onderzoek Onderwijsvernieuwingen, *Tijd voor onderwijs* (2008)
- ³⁶ www.jet-net.nl/
- ³⁷ wetenschapsknooppunten.nl/
- ³⁸ Stuurgroep NLT, *Advies beproefd examenprogramma NLT* (2010)
- ³⁹ www.betasteunpunten.nl/
- ⁴⁰ Platform Bèta Techniek, *Verduurzamen* (2009)
- ⁴¹ Advies Commissie Breimer, *Implementatie sectorplan Natuur- en Scheikunde* (2010)
- ⁴² *Lerarenagenda 2013-2020: de leraar maakt het verschil*, OCW (2013)
- ⁴³ *Actieplan Lerarenagenda Nederlandse Universiteiten*, VSNU (2013)
- ⁴⁴ Kamerbrief Sander Dekker, *Toekomstgericht funderend onderwijs* (17 november 2014)