

Herziening syllabi biologie,

Met ingang van schooljaar 2022-2023 gelden voor biologie, natuurkunde en scheikunde herziene syllabi vanaf klas 4 voor havo en vwo. Dat betekent dat in 2024 voor het eerst centrale examens volgens deze syllabi worden afgenomen op havo en in 2025 op vwo. De hoofdthema's bij de herziening waren bruikbaarheid, actualiteit en relevantie.

In 2012 zijn examenprogramma's en syllabi vastgesteld die sinds de centrale examens van 2015 in gebruik zijn op havo en sinds 2016 op vwo. De afgelopen jaren zijn kleine wijzigingen doorgevoerd die in de syllabi zichtbaar waren door gele markeringen van de gewijzigde teksten. Er zijn echter geen grote wijzigingen doorgevoerd sinds 2012.

Bij het gebruik van de syllabi, zowel door docenten als examenmakers, is echter gebleken dat de syllabi niet in alle opzichten goed bruikbaar waren. Om die reden zijn wij eind 2018 gestart met een verkenning in het veld om nader in kaart te brengen welke verbeteringen nodig zijn. Bij deze verkenning zijn docenten in verschillende regio's in de vorm van focusgroepen bevraagd over hun ervaringen met de syllabi. Ook zijn vertegenwoordigers van het vervolgonderwijs bevraagd over hun ervaring met de studenten die het nieuwe programma hebben gevolgd. Daarnaast is aan de examenmakers gevraagd ervaringen en aanbevelingen met het werken met de syllabi op een rij te zetten. Meer informatie over deze verkenning en de eindrapporten van die verkenning kunt u vinden op Examenblad.nl (zie QR code A). De aanbevelingen daaruit vormen de basis voor de herziening van de syllabi. Daarnaast golden een aantal randvoorwaarden:

- De examenprogramma's mochten niet worden aangepast.
- Er mocht geen verzwarend zijn van de examenonderdelen in de syllabus; het niveau en de omvang moesten gelijk blijven.
- De consequenties van de wijzigingen voor onderwijs en lesmateriaal moesten zo klein mogelijk zijn.
- De wijzigingen in de syllabus mochten niet strijdig met en bij voorkeur in lijn zijn met uitgangspunten en inhouden van de adviezen voor de bovenbouw van curriculum.nu.
- Waar mogelijk moest afstemming plaatsvinden tussen de syllabi voor biologie, natuurkunde en scheikunde en waar nodig zou juist recht worden gedaan aan de eigenheid van de afzonderlijke vakken.

De herziening van de syllabi is uitgevoerd door drie syllabuscommissies – biologie, natuurkunde en scheikunde – en een afstemmingscommissie. Alle vier geven in dit artikel een impressie van de wijzigingen in de syllabi. Voor details

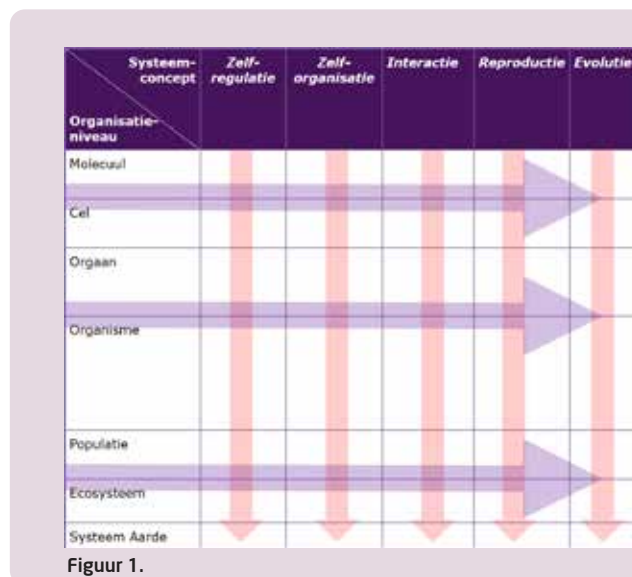
verwijzen we naar de definitieve syllabi op Examenblad.nl en een uitgebreide toelichting daarop in de bijbehorende verantwoordingsdocumenten. Voor vragen over de (wijzigingen in) de syllabi kunt op contact opnemen met het CvTE via info@cvte.nl.

Biologie

Op basis van de verkenning waren er voor de syllabi biologie zes aandachtspunten. Hieronder wordt per punt weergegeven wat de syllabuscommissie daarmee heeft gedaan.

(1) *Actualisering van inhouden*. Deelconcepten en specificaties zijn kritisch getoetst aan de nieuwste wetenschappelijke inzichten in overleg met expertgroepen, met name bij ecologie en evolutie. Als gevolg hiervan is een aantal overbodige deelconcepten en specificaties geschrapt en een beperkt aantal deelconcepten en specificaties ingevoegd (bijvoorbeeld energietransitie, microplastic en specificaties als 'uitleggen hoe bij energieproductie rekening gehouden kan worden met duurzame ontwikkeling').

(2) *Ordering van de inhoud*. De vernieuwde syllabi zijn niet meer primair geordend naar systeemconcepten, maar naar



Figuur 1.

natuurkunde en scheikunde

organisatieniveaus in de biologie omdat dit beter benadert hoe biologiedocenten denken in hun vak en hoe leermaterialen zijn opgebouwd. De wijziging is schematisch weergegeven in figuur 1. De rode pijlen geven de oude leesrichting aan (naar systeemconcept), de paarse de nieuwe indeling (organisatieniveau). Het totaal aan eindtermen is ondergebracht in drie clusters van organisatieniveaus: moleculair en cel (M), daarna orgaan en organisme (O) en tot slot populatie, ecosysteem en systeem Aarde (P).

(3) *Bruikbaarheid en leesbaarheid.* Alle specificaties zijn gesplitst per onderdeel van de eindterm zodat er slechts één eis per specificatie staat en deelconcepten zijn direct vermeld achter de betreffende specificatie. Werkwoorden zijn (zo mogelijk) vooraan de specificatie gezet waarvoor een vaste lijst van werkwoorden is gebruikt en talige voorbeeldcontexten zijn in een bijlage gezet. Herhalingen en lange zinnen zijn aangepast.

(4) *Domein A bètaprofielvaardigheden.* Naast wat beschreven wordt onder het kopje afstemming is voor biologie met name A7 aangepast om biologiedocenten te voorzien van meer handvatten in de klas om zinvol met modellen bezig te kunnen zijn. Een belangrijke omissie bij biologie was het kunnen redeneren met formules en om die reden is aan A8 een specificatie hierover toegevoegd.

(5) *Domein A biologische vakvaardigheden.* Deze vakvaardigheden zijn in de vernieuwde syllabi voorzien van specificaties. Dit maakt duidelijk wat de vaardigheid inhoudt en tegelijkertijd hoe de concepten en specificaties uit de andere domeinen er integraal onderdeel van zijn (Hoe denkt een bioloog ecologisch of evolutionair en welke concepten spelen daarbij in welke samenhang een rol? Bijvoorbeeld: hoe komen variatie en selectie terug in evolutionair denken?)

(6) *Overladenheid in havo en duidelijker verschil tussen havo en vwo.* Voor havo zijn lastige deelconcepten (bijvoorbeeld genetica, epigenetica) geschrapt voor het CE-deel. Daarnaast is ervoor gekozen om grotere afgebakende delen te schrappen voor het CE-deel: plantenfysiologie (organen, gaswisseling, transport en afweer van planten), details van impulsgeleiding (Na⁺ kanaaltjes) en waarneming (het oog).

Natuurkunde

Voor natuurkunde waren er drie grote thema's die naar voren kwamen uit de verkenning:

(1) *Quantumwereld.* Voor natuurkunde kwam Quantumwereld naar voren als een onderwerp waar een grote herziening voor nodig was. Doel van de syllabuscommissie was om een duidelijke opbouw van de stof te realiseren, binnen de grenzen van het examenprogramma: van observaties van

fundamentele quantumeffecten bij licht tot een aantal concrete toepassingen in de quantumwereld.

Het gedrag van licht wordt nu uitgebreider behandeld. De opbouw van afbeeldingen bij zeer lage intensiteit maakt het deeltjesaspect van licht meteen vanzelfsprekend. Diffractie-effecten, beginnend bij enkelspleet en uitbouwend tot multi-spleet, en daarbij licht dat van strak rechtuit tot alle kanten op gaat, geven ervaring met interferentie. Met het oog op toepassingen zijn de concepten spin, het uitsluitingsprincipe van Pauli en band gaps toegevoegd. Het ontstaan van band gaps in vaste stoffen is een fundamenteel quantumeffect dat bepalend is voor de halfgeleidertechnologie. Zonnecel, NTC en LDR worden in dit verband nu expliciet genoemd. Die laatste twee kwamen bij elektriciteit al als 'black box' aan de orde. Ook spin speelt vaak een rol in toepassingen. Het effect van informatie over de genomen weg kan bijvoorbeeld mooi worden geïllustreerd met de verstrooiing van neutronen aan materialen waarin een spinflip in de kern kan optreden¹.

(2) *Energietransitie.* Tijdens de verkenning bleek dat men behoefte heeft aan meer aanknopingspunten voor het actuele onderwerp energietransitie. Omzetting, opslag en transport van energie zijn voor een natuurkundige relevante kernconcepten, die dan ook in zowel havo- als vwo-syllabus al aanwezig waren. In de havo-syllabus waren bovendien de opwekking van elektriciteit, verwarmen en isoleren al opgenomen. Dit is verder aangevuld met onder andere het concept debiet en een energetische beschouwing van de warmtepomp. Omdat een meer conceptuele benadering goed past bij het vwo en de onderwijstijd beperkt is, is ervoor gekozen de kernconcepten bij het vwo niet aan te vullen.

(3) *Modelleren.* Er wordt nu explicieter onderscheid gemaakt tussen het algemene 'denken met modellen' en het meer specifieke 'numeriek modelleren'. Alle specificaties met betrekking tot numeriek modelleren zijn samengevoegd in subdomein A14. Gerelateerde specificaties die in enkele domeinen verwezen naar numeriek modelleren, zijn vervangen door een meer algemene beperking tot het doorrekenen van de tijdsevolutie van natuurkundige situaties. Zo is het nu bijvoorbeeld mogelijk om binnen het domein Medische Beeldvorming numerieke modellen aan de orde te laten komen.

Scheikunde

Uit de verkenning bleek dat de syllabi scheikunde zo slecht nog niet waren maar dat er wel verbetering mogelijk was. De meest gehoorde klacht over de huidige versie was dat chemische concepten onder veel verschillende eindtermen terugkwamen en de logica van de plek van deze concepten



>>> niet altijd logisch gevonden werd. Het was voor de syllabuscommissie dan ook snel duidelijk dat we iets aan de structuur en de plek van de concepten moesten doen. We wilden dit doen door de indeling serieus aan te passen en kritisch te kijken naar de specificaties van de eindtermen.

De commissie begon met de herindeling van alle onderwerpen en concepten en zij kwam op een verdeling in drie sferen: *Materie*, *Reacties* en *Rekenen & Analyse*. Door deze grafisch zo te plaatsen dat er overlap tussen de sferen zichtbaar was, ontstond het venndiagram dat de basis is geworden voor de herindeling van de syllabus. Domein A (vaardigheden) en de twee gedefinieerde toepassingsgebieden (*Chemie van het leven* en *Technologie en duurzaamheid*) zijn buiten het diagram geplaatst, om aan te geven dat deze onderdelen van alle (sub)sferen bevatten.

Docenten (en leerlingen) die de huidige syllabus niet kennen, zullen met gemak de verschillende chemische concepten in deze nieuwe indeling kunnen vinden. Voor mensen die gewend zijn aan de vorige indeling is er een uitgebreide omnummeringstabel gemaakt waar ook gedetailleerd beschreven is welke aanpassingen aan specificaties gemaakt zijn. Hier en daar zijn termen uit de specificaties gehaald en enkele nieuwe zijn toegevoegd.

Zo zijn er bij de sfeer *Materie* de K, L, en M-schil vervangen door elektronenconfiguratie (M1.4) en zijn begrippen enantiomeren en elektronegativiteit toegevoegd. Ook zijn formuleringen van specificaties aangepast om begrenzingen duidelijker te maken, zoals bij de IUPAC-naamgeving van koolwaterstoffen (M1.14). Binnen de sfeer *Reacties* is het toch al veelgebruikte begrip elementbalans toegevoegd en zijn alle reactietypen die leerlingen moeten herkennen niet langer meer her en der in de syllabus te vinden, maar nu overzichtelijk bij elkaar geplaatst in R1.3.

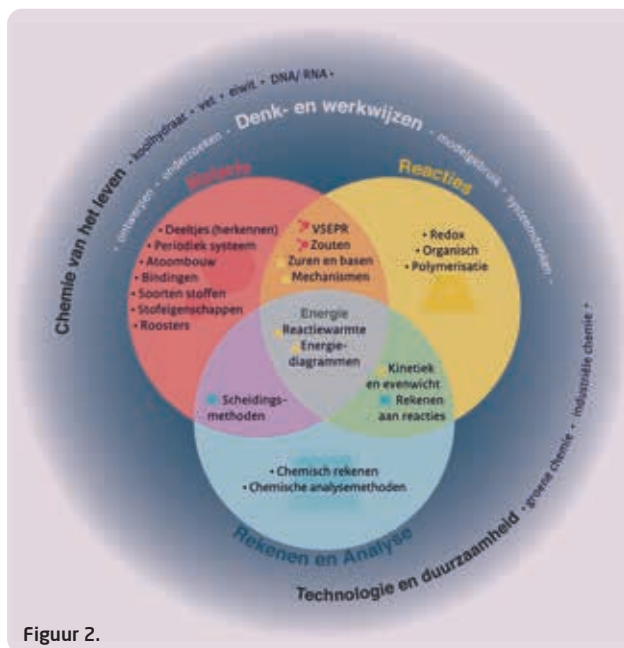
Bij de sfeer *Rekenen & Analyse* is na rijp beraad besloten om de relaties (formules) die gebruikt kunnen worden bij (chemisch) rekenen op te nemen. Dit was al het geval bij de pH, maar nu dus ook voor grootheden als dichtheid, chemische hoeveelheid en molariteit. Hierbij is het goed om te beseffen dat een leerling niet verplicht is om de formule te gebruiken, het werken met een verhoudingsformule is immers ook werken met de relatie tussen de betrokken grootheden.

In het contextgebied *Technologie en duurzaamheid* is nu alles met betrekking tot industrie, duurzaamheid en groene chemie ondergebracht. Naast enkele kleine aanpassingen, is er bij *Chemie van het leven*, waarschijnlijk de grootste verandering dat er nu over RNA gesproken wordt en geen onderscheid meer gemaakt wordt tussen *m*-RNA en *t*-RNA. Secundaire eiwitstructuren alfa-helix en bètaplaat maken nu onderdeel uit van L1.3.

Afstemming

Uit de verkenning kwamen op het gebied van afstemming vier aandachtspunten boven tafel:

(1) *De subdomeinen A5 (onderzoeken), A6 (ontwerpen) en A7 (modelvorming)*. De specificaties A5-7 zijn bij alle vakken verder gespecificeerd en verbeterd (meer expliciet gemaakt) en komen voor het grootste deel overeen. Anderzijds zijn er



Figuur 2.

in deze vaardigheden noodzakelijke verschillen aangebracht om recht te doen aan het eigen vak, denk bijvoorbeeld bij natuurkunde aan het onderscheid tussen denken met modellen en numeriek modelleren.

(2) *Examenwerkwoorden*. Scheikunde heeft in afstemming met biologie en natuurkunde nu ook een lijst van examenwerkwoorden opgenomen.

(3) *Voorkennis in de syllabi*. Bij scheikunde en biologie werden veel begrippen uit de drie natuurwetenschappelijke vakken als voorkennis bestempeld (terwijl ze niet altijd in de andere syllabi aan bod kwamen), bij natuurkunde was de vereiste voorkennis heel beperkt. In geen van de syllabi wordt nog verwezen naar voorkennis. Alle kenniselementen maken nu onderdeel uit van de syllabi. Specificaties over interdisciplinaire begrippen zijn onderling afgestemd.

(4) *Gebruik van wiskunde*. In alle syllabi wordt in het A-domein verwezen naar het gebruik van formuletaal en het belang hiervan neemt in het hoger onderwijs toe. In de biologiesyllabi is in subdomein A8 een specificatie opgenomen over de invloed van variabelen in een gegeven formule op biologische processen. Ook is in deze vwo-syllabus de regel van Hardy-Weinberg in formuletaal opgenomen. Om een wiskundige aanpak te bevorderen is bij scheikunde een aantal formules opgenomen dat betrekking heeft op de definitie van grootheden. In de natuurkunde syllabi is meer onderscheid gemaakt tussen wiskundige vaardigheden en het kunnen interpreteren van en redeneren met fysische formules. ●

NOOT

¹The Feynman Lectures on Physics, Vol. 3, Ch. 3, Section 3-3 "Scattering from a crystal", vrij toegankelijk op https://www.feynmanlectures.caltech.edu/III_03.html. Zie QR code B.

