



Toelichtingsdocument conceptexamenprogramma's

NATUURWETENSCHAPPELIJKE VAKKEN



Toelichtings- document

Conceptexamenprogramma's
natuurwetenschappelijke
vakken voor vmbo, havo en vwo

maart 2025



een doordacht curriculum
dat doen we *samen*

Verantwoording



2025 SLO, Amersfoort

Mits de bron wordt vermeld, is het toegestaan zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren en/of verspreiden en om afgeleid materiaal te maken dat op deze uitgave is gebaseerd.

Auteur(s)

Maartje Brouwers-Meeuwis, Thijs Goedegebure, Marijn Meijer, Aafke Oldenbeuving, Erik Woldhuis, met medewerking van Berenice Michels

Met dank aan

De vakvernieuwingscommissie en de advieskring natuurwetenschappelijke vakken

Informatie

SLO

Postbus 502, 3800 AM Amersfoort

Telefoon (033) 4840 840

Internet: www.slo.nl

E-mail: info@slo.nl

AN 3.8055.009

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
1.1 Functie van de examenprogramma's	5
1.2 Uitwerking van de examenprogramma's	7
1.3 Uitwerking van de syllabi	8
1.4 Kwaliteit van onderwijs in de school	8
2. Inhoudelijke toelichting	9
2.1 Uitdagingen actualisatie examenprogramma's natuurwetenschappelijke vakken	9
2.1.1 Maatschappelijke uitdagingen	9
2.1.2 Curriculaire uitdagingen	9
2.2 Toelichting op conceptexamenprogramma's	10
2.2.1 Wat is een karakteristiek en een raamwerk?	10
2.2.2 Historische ontwikkeling	11
2.2.3 Keuzes in inhoud en opbouw	12
2.2.4 Doorlopende leerlijn onderbouw-bovenbouw vo	29
2.2.5 Kern van het vak en uitvoerbaarheid	32
2.2.6 Aandacht voor doeldomeinen	43
2.2.7 Samenhang tussen vakken	44
2.3 Toelichting op concepteindtermen	46
2.3.1 Handelingswerkwoorden	46
2.3.2 Differentiatie tussen schoolsoorten en leerwegen	48
2.3.3 Aandacht voor beheersing en ervaringen	55
2.3.4 Aandacht voor kennis en vaardigheden	56
2.3.5 Aandacht voor gecijferdheid	56
2.3.6 Aandacht voor burgerschap	58
2.3.7 Aandacht voor geletterdheid	58
2.3.8 Aandacht voor digitale geletterdheid	58
2.3.9 Aandacht voor diversiteit en inclusiviteit	59
2.3.10 Aandacht voor oriëntatie op jezelf, studie en beroep	60
2.4 Toelichting op SE-CE-verdeling en wijzen van afsluiting	61
2.4.1 Uitgangspunten vanuit bedoeling, inhouden en omvang	61
2.4.2 Adviezen over passende wijzen van afsluiting	66
3. Proces	70
3.1 Inrichting van de actualisatie	70
3.1.1 Samenstelling vakvernieuwingscommissie	70
3.1.2 Advieskring	70

3.1.3	Leerlingbetrokkenheid	71
3.1.4	Kwaliteitsmonitoring	72
3.1.5	Expertpoule	73
3.1.6	Redactie	74
3.2	Verloop van de actualisatie voor de natuurwetenschappelijke vakken	75
4.	Conclusies, adviezen en vervolg	78
4.1	Maatschappelijke en curriculaire uitdagingen	78
4.2	Adviezen vanuit vakspecifieke werkopdracht	78
4.3	Vergelijking huidige en conceptexamenprogramma's	78
4.3.1	Algemene verschillen tussen huidige en conceptprogramma's	78
4.3.2	Vakspecifieke verschillen tussen huidige en conceptexamenprogramma's	79
4.4	Kerdoelen en examenprogramma's	87
4.5	Fase van beproeven	87
4.5.1	Ontwikkelen van conceptsyllabi	88
4.5.2	Beproeven van de conceptexamenprogramma's	88
4.5.3	Opleveren van handreikingen	90
4.5.4	Adviezen ten aanzien van de fase van beproeven	90
5.	Referenties	94
Bijlagen		97
1.	Doorlopende leerlijn	97
2.	Samenstelling vakvernieuwingscommissie	99
3.	Samenstelling advieskring	100
4.	Geraadpleegde vakexperts	101
5.	Beschrijving handelingswerkwoorden	102
6.	Doel en ordening van 'te denken valt aan' bij scheikunde	103
7.	Verantwoording 50-50 verdeling CE-SE	106
8.	Advies CPE scheikunde vmbo-gl/tl	110

1. Inleiding

Examenprogramma's en het Referentiekader Taal en Rekenen gelden als het landelijk curriculum voor de bovenbouw van het voortgezet onderwijs (vo) en het voortgezet speciaal onderwijs (vso).

Het ministerie van OCW gaf SLO in oktober 2021 [opdracht](#) om examenprogramma's te actualiseren voor de vakken Nederlands, moderne vreemde talen, maatschappijleer, wiskunde havo-vwo en de natuurwetenschappelijke vakken. Daarnaast brengt SLO advies uit over de toekomst van het Referentiekader Taal en Rekenen. Zomer 2022 startten de vakvernieuwingscommissies voor bovengenoemde vakken. In januari 2023 startte de actualisatie van de examenprogramma's Fries en klassieke talen, vanwege de verwantschap met Nederlands en moderne vreemde talen. De actualisatie betreft de examenprogramma's voor vmbo, havo en vwo.

1.1 Functie van de examenprogramma's

In de bovenbouw vo doen leerlingen eindexamen ter afsluiting van hun onderwijs op vmbo, havo of vwo. Leerlingen doen examen in meerdere vakken en programmaonderdelen. Voor elk vak beschrijven examenprogramma's in zogenoemde eindtermen wat er aan het einde van het vo bereikt moet zijn om het vak met succes af te ronden.

Hoewel het een bewuste keuzes was om de eindtermen in 2007 globaal te formuleren, bieden ze leraren, schoolleiders en andere direct betrokkenen weinig tot geen houvast om onderwijs en toetsing vorm te geven. De beschreven inhouden en globale formulering waren de aanleiding tot de actualisatie van examenprogramma's.

De nieuwe generatie examenprogramma's is concreter geformuleerd. De eindtermen beschrijven doelstellingen die kennis, vaardigheden en houdingen bevatten die leerlingen aan het einde van de bovenbouw vo minimaal bereikt moeten hebben. In tegenstelling tot de vorige generatie gaat het hierbij om zowel beheersings- als ervaringsdoelen. Examenprogramma's bevatten:

- een karakteristiek die de visie op en de positie van het vak in de bovenbouw vo beschrijft;
- een set van eindtermen bestaande uit doelzin en uitwerking, geordend in (sub)domeinen;

- voor vakken met een centraal en schoolexamen: de verdeling van inhouden over het centraal en het schoolexamen;
- een begrippenlijst met belangrijke vakspecifieke begrippen.

Examenprogramma's gelden als de wettelijke opdracht voor elke school in de bovenbouw vo, vastgesteld door de overheid. Ze dragen bij aan een breed, inclusief en gevarieerd curriculum. Ze geven richting en bieden kaders voor verdere uitwerking naar onderwijs- en toetsprogramma's. De examenprogramma's zijn zodanig opgebouwd en geformuleerd dat leraren, schoolleiders en bestuurders ruimte behouden voor een eigen schoolvisie en zelf accenten kunnen leggen op basis van de leerlingpopulatie of identiteit. Examenprogramma's fungeren daarmee – net als kerndoelen – als instrument voor curriculum- en onderwijsontwikkeling. Ze zijn onderdeel van de eigen kwaliteitszorg voor scholen.

Geactualiseerde examenprogramma's hebben op hoofdlijnen drie kenmerken:

❑ **Een ambitieus curriculum**

Een ambitieus curriculum legt de basis voor rijk onderwijs aan alle leerlingen en vergroot gelijke kansen voor leerlingen. Dat krijgt in de examenprogramma's vorm door de keuze van inhouden, de perspectieven op die inhouden en de formulering ervan. Ook wordt recht gedaan aan de diversiteit in de samenleving. Voor elke schoolsoort en leerweg ligt de lat hoog, zonder verschillen tussen leerlingen uit het oog te verliezen. Afstemming vanuit de onderbouw vo en met vervolgonderwijs is een belangrijk uitgangspunt. Ook de afstemming tussen schoolsoorten en leerwegen wordt meegewogen.

❑ **Een betekenisvol curriculum**

Betekenisvol onderwijs betekent dat het onderwijs een brede opdracht heeft. De examenprogramma's weerspiegelen dat de inhouden gericht zijn op kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming. Geactualiseerde examenprogramma's bestaan uit doelstellingen die kennis, vaardigheden en houdingen beschrijven. Deze zijn zo beschreven dat de samenhang duidelijk zichtbaar is, zodat het onderwijs betekenisvol kan worden aangeboden. Goede beheersing van taal- en reken-/wiskundevaardigheden in alle (relevante) vakken naast Nederlands en wiskunde, zijn een belangrijk uitgangspunt. Loopbaancompetenties worden in ieder examenprogramma met vakinhouden verbonden.

❑ **Een afsluitbaar curriculum**

Een goede afstemming tussen curriculum en toetsing is cruciaal. De examenprogramma's doen recht aan de eigenstandige, gelijkwaardige en complementaire positie van zowel schoolexamen (SE) als centraal examen (CE) in de diplomabeslissing. De wijze van afsluiting past bij de visie op en inhouden van de examenprogramma's in de verschillende schoolsoorten en leerwegen. Voor de gewenste afstemming tussen bedoeling en inhouden van examenprogramma's en centrale examinering, kan onderscheid worden gemaakt tussen de gewenste uitwerking van SE-CE over 8-10 jaar en de eerste stap daar naartoe (3-5 jaar).

1.2 Uitwerking van de examenprogramma's

De huidige examenprogramma's verschillen zeer in hoe de eindtermen zijn geformuleerd en hoeveel het er zijn. De geactualiseerde examenprogramma's zijn qua architectuur, omvang en mate van concreetheid veel meer gelijk.

De examenprogramma's zijn bovendien voor vmbo, havo en vwo gelijktijdig ontwikkeld. Daarmee wordt een soepele overstap tussen schoolsoorten en leerwegen gefaciliteerd. Bij de uitwerking is kritisch bekeken in hoeverre inhouden in alle schoolsoorten en leerwegen passend zijn voor de leerlingen. Ook is bekeken in hoeverre ze aansluiten bij wat nodig is voor verschillende uitstroomrichtingen in het vervolgonderwijs.

Doordat ook de kerndoelen onderbouw vo zijn geactualiseerd, wordt er gewerkt aan een doorlopende leerlijn van de onderbouw vo naar de bovenbouw vo. Daarbij worden zowel de inhouden afgestemd als de wijze van formuleren en de terminologie. Kerndoelen en eindtermen worden dus op dezelfde manier geformuleerd.

Met concretere examenprogramma's per vak per schoolsoort/leerweg wordt de opdracht aan de school scherper geformuleerd. Ook wordt duidelijk omschreven wat iedere leerling aan het einde van de bovenbouw vo moet kennen en kunnen. Dat heeft tot positief gevolg dat de eindtermen die worden getoetst in zowel het centraal als het schoolexamen, beter worden gedefinieerd en afgebakend. Dit biedt leraren meer houvast om onderwijs en toetsing in de bovenbouw te ontwerpen

De concreetheid van de eindtermen ligt tussen de huidige eindtermen en het Referentiekader Taal en Rekenen in. Ze bevatten een bondige doelzin, vergelijkbaar met een huidige eindterm. Ook bevatten ze een uitwerking die begint met: 'Het gaat hierbij om'. Tegelijkertijd zijn de eindtermen niet te

gedetailleerd geformuleerd. Zo bieden ze nog steeds de ruimte voor hoge(re) ambities en keuzes van scholen.

Door beter te omschrijven wat wordt verwacht, ontstaat een beter beeld van wat binnen een vak 'moet' worden aangeboden, en van de totale onderwijsopdracht. Dat creëert ruimte voor eigen keuzes of verbindingen tussen vakken.

1.3 Uitwerking van de syllabi

Voor vakken met een centraal examen ontwikkelen syllabuscommissies onder regie van het College voor Toetsen en Examens (CvTE) syllabi. Daarin worden eindtermen die in het centrale examen worden getoetst waar nodig nader gespecificeerd. Net als de huidige examenprogramma's verschillen ook de huidige syllabi zeer in mate van gedetailleerdheid van specificaties. De (te ontwikkelen) geactualiseerde syllabi bouwen voort op de architectuur van de eindtermen. Qua omvang en mate van concreetheid zijn ze dus veel meer gelijk.

1.4 Kwaliteit van onderwijs in de school

Geactualiseerde examenprogramma's en syllabi zijn een belangrijke voorwaarde, maar ze zijn geen garantie op goed onderwijs en valide toetsing. De werkelijke kwaliteit van het onderwijs ontstaat in de school en in de klas. Een goede vertaalslag van doelen naar passende onderwijsactiviteiten, didactiek en toetsing is essentieel. De rol van leraren, schoolleiders en andere betrokkenen in de school is hierbij cruciaal. Didactiek, leermiddelen en toetsen zijn instrumenten in handen van leraren die deze met kennis van zaken toepassen in de praktijk. Een sterk curriculum krijgt verdieping door de pedagogische en didactische kwaliteiten van leraren. Zij weten waar hun leerlingen staan, wat zij nodig hebben om de leerdoelen te bereiken en welke aanpak effectief is.

Om leraren en scholen daarin te ondersteunen, zijn – naast examenprogramma's en syllabi – ook adequate handreikingen voor onderwijs- en toetsprogramma nodig. Deze zijn weliswaar niet wettelijk vastgelegd, maar bieden wel het passende concretiseringsniveau voor een vertaling naar en uitwerking van het landelijk curriculum. Niet alleen belangrijk voor leraren en schoolleiders, maar ook voor educatieve uitgeverijen, toetsontwikkelaars en andere onderwijsprofessionals.

2. Inhoudelijke toelichting

In dit hoofdstuk geven we een toelichting op de inhoudelijke keuzes die ten grondslag liggen aan de conceptexamenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken: biologie, natuurkunde, natuur, leven en technologie (nlt), Onderzoek en Ontwerpen (O&O) en scheikunde. De toelichting is opgezet op basis van de onderdelen waaruit een conceptexamenprogramma bestaat: de karakteristiek, het raamwerk, de eindtermen, een verdeling van inhouden over schoolexamen (SE) en centraal examen (CE) voor vakken met een CE en de begrippenlijst.

2.1 Uitdagingen actualisatie examenprogramma's natuurwetenschappelijke vakken

Voor de natuurwetenschappelijke vakken zijn de belangrijkste uitdagingen beschreven in de startnotitie (Sijbers & Woldhuis, 2021). Hieronder vatten we de belangrijkste uitdagingen samen.

2.1.1 Maatschappelijke uitdagingen

Ontwikkelingen in de maatschappij hebben invloed op het onderwijs in de natuurwetenschappen. Ten eerste verandert de wereld om ons heen door digitalisering snel, en wordt de rol van techniek en technologie steeds groter. In deze veranderende wereld is het belangrijk onderscheid te kunnen maken tussen wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke kennis. Ook is het belangrijk om met kennis van zaken om te gaan met techniek en technologie. Verder zien we de grenzen tussen de traditionele disciplines biologie, natuurkunde en scheikunde steeds verder vervagen, zowel in wetenschappelijke als in meer toegepaste beroepscontexten. Ten slotte, diversiteit en kansengelijkheid zijn in de techniek en de natuurwetenschappelijk nog niet goed genoeg. Jongens en meisjes, maar ook leerlingen van verschillende sociaal-etnische achtergronden, hebben nog steeds aanzienlijk verschillende kansen en maken nog steeds aanzienlijk verschillende keuzes.

Bij alle hierboven beschreven ontwikkelingen kunnen de natuurwetenschappelijke vakken in het vo een rol spelen.

2.1.2 Curriculaire uitdagingen

In de startnotitie zijn algemene en vak- of schoolsoort specifieke uitdagingen genoemd die direct te maken hebben met het curriculum. In het algemeen geldt dat de actualisatie van de examenprogramma's de aansluiting met alle soorten vervolgonderwijs moet verbeteren. In het verlengde daarvan wordt beschreven

dat Loopbaanoriëntatie en begeleiding (LOB) nadrukkelijker met vakspecifieke inhouden moet worden verbonden.

Op het vmbo zijn een groot aantal curriculaire uitdagingen. Een van de uitdagingen is onder andere het lage cognitieve niveau in de huidige programma's, met name bij nask-2 en biologie. Daarnaast zijn onderzoeksvaardigheden niet goed genoeg verankerd en laat de aansluiting op leef- en beroepswereld te wensen over. Ten slotte is biologie op het vmbo erg talig, zijn nask-1 en nask-2 verouderd en wordt nask-2 als te moeilijk en irrelevant ervaren.

Voor havo en vwo geldt over het algemeen een grote tevredenheid met de huidige examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken. Er is een klein aantal vakspecifieke knelpunten dat in een vernieuwingstraject verholpen kan worden. Zo kan voor biologie opnieuw gekeken worden naar de verdeling van de domeinen over het CE en het SE. Voor nlt zouden duurzame ontwikkeling en digitale technologie een explicietere plek in het programma kunnen krijgen. En O&O kan sterker worden gepositioneerd als bètavak.

In paragraaf 4.1 komen we op deze uitdagingen terug, alsmede op de vraag in hoeverre de conceptexamenprogramma's deze uitdagingen adresseren.

2.2 Toelichting op conceptexamenprogramma's

De conceptexamenprogramma's beginnen met een karakteristiek waarin de visie op en kenmerken van het vak beschreven staan. De karakteristiek is het fundament onder de inhouden, beschreven in eindtermen die zijn geordend in (sub)domeinen. In dit hoofdstuk lees je de verantwoording van de gemaakte keuzes.

2.2.1 Wat is een karakteristiek en een raamwerk?

Wat is een karakteristiek?

De karakteristiek is een bondige tekst, waarin op hoofdlijnen staat waar het vak over gaat. Op basis van de karakteristiek maakte de vakvernieuwingscommissie inhoudelijke keuzes voor de eindtermen geordend in het raamwerk.

Hoe is een karakteristiek opgebouwd?

De karakteristiek bestaat uit:

- de kenmerken van de natuurwetenschappelijke vakken;
- de kenmerken van het schoolvak [biologie/natuurkunde/nlt/O&O/scheikunde];

De vakvernieuwingscommissie beschrijft wat het vak kenmerkt. Ook

beschrijft de commissie hoe de drie doeldomeinen (kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming) een plek krijgen binnen het vak.

- wat [biologie/natuurkunde/nlt/O&O/scheikunde] als schoolvak inhoudt; De vakvernieuwingscommissie beschrijft de positie van het vak in de bovenbouw vo. Ook beschrijft de commissie hoe het vak voortbouwt op de onderbouw.
- het schoolvak [biologie/natuurkunde/nlt/O&O/scheikunde] in de schoolsoorten en leerwegen; De vakvernieuwingscommissie heeft beschreven wat de belangrijkste overeenkomsten en verschillen van het vak zijn binnen de verschillende schoolsoorten en leerwegen. Ook beschreef de commissie hoe het vak zich verhoudt tot eventuele verwante vakken.

Wat is een raamwerk?

Welke inhouden moeten een plek krijgen in de examenprogramma's van het vak? En hoe worden die inhouden precies geordend? Om dat inzichtelijk te maken, ontwikkelde de vakvernieuwingscommissie per schoolsoort en leerweg een raamwerk. Dat geeft schematisch weer hoe de vakinhouden (kennis, vaardigheden en houdingen) onderverdeeld worden in domeinen en subdomeinen, waaronder eventuele keuzedomeinen.

Waarom worden raamwerken gemaakt?

Het doel van het raamwerk is de inhouden binnen de examenprogramma's te structureren. De raamwerken zorgen voor consistentie in structuur: binnen het vak zelf, tussen schoolsoorten en tussen verwante vakken. Hierdoor ontstaat een gezamenlijke architectuur voor de examenprogramma's van alle vakken en schoolsoorten.

Hoe is een raamwerk opgebouwd?

Het raamwerk is een tabel met per schoolsoort en leerweg de inhouden die aan bod moeten komen, geordend naar domeinen en subdomeinen.

2.2.2 Historische ontwikkeling

Drie historische ontwikkelingen zijn voor de actualisatie van de natuurwetenschappelijke vakken relevant: ten eerste de laatste keer dat de examenprogramma's voor vmbo zijn herzien in 1999, ten tweede de laatste keer dat de examenprogramma's voor havo en vwo zijn herzien in 2014 en ten slotte de aanloop naar deze herziening.

Vmbo (1999)

De huidige examenprogramma's voor het vmbo stammen uit 1999, toen het vmbo werd ingevoerd. In 2007 zijn de programma's geglobaliseerd, maar niet inhoudelijk aangepast.

Havo/vwo (2014)

De geldende examenprogramma's voor havo en vwo zijn in 2014 ingevoerd. Deze examenprogramma's zijn parallel ontwikkeld en hebben gedeelde eindtermen voor vakoverstijgende vaardigheden. Voor alle programma's van de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde is bij de uitwerking van de examenprogramma's de concept-context-benadering gebruikt .

Curriculum.nu (2019)

De vak vernieuwingscommissie heeft als opdracht meegekregen om onder andere de opbrengsten van Curriculum.nu mee te nemen. Hierin werd het leergebied Mens & Natuur voor po en vo opgebouwd uit vijf dimensies: referentiekaders, denkwijzen, werkwijzen, concepten en vraagstukken. Dezelfde opbouw werd gebruikt door het leergebied Mens & Maatschappij.

2.2.3 Keuzes in inhoud en opbouw

De vak vernieuwingscommissie natuurwetenschappelijke vakken heeft voor alle schoolsoorten en leerwegen gekozen voor een gezamenlijke architectuur, waarbij het raamwerk van elk programma bestaat uit dezelfde zes domeinen:

- A.  De aard van de natuurwetenschappen en technologie
- B.  Concepten
- C.  Denkwijzen
- D.  Vraagstukken

E. 
Werkwijzen

F. 
Zelfontwikkeling

De commissie heeft om een aantal redenen voor deze structuur met zes domeinen gekozen:

- Het laat zien waar de natuurwetenschappelijke vakken overeenkomsten hebben en waar ze verschillen. In de *Startnotitie natuurwetenschappelijke vakken* (Sijbers en Woldhuis, 2021) staat al beschreven dat de natuurwetenschappelijke vakken de denk- en werkwijzen delen. In deze structuur kan de commissie dat vormgeven door de inhoud van de domeinen Denkwijzen en Werkwijzen tussen alle vakken vergelijkbaar en onderling afgestemd in te vullen, en tegelijk de Concepten juist vakspecifiek in te vullen
- Het biedt een structuur waarin verschillende belangrijke aspecten van de werkopdracht van OCW aan SLO een duidelijke plek krijgen. Eén van de opdrachten is om niet alleen aandacht te besteden aan kwalificatie, maar ook aan socialisatie en persoonsvorming (OCW, 2021). Onderdelen van socialisatie krijgen onder andere een plek in De aard van de natuurwetenschappen en technologie en in Vraagstukken. Onderdelen van persoonsvorming krijgen een plek in Werkwijzen en Zelfontwikkeling.
- De advieskring is zeer positief over deze structuur en heeft er ook op aangedrongen om bij ieder vak alle zes de domeinen op te nemen, en niet per vak te kiezen welke domeinen wel en welke niet opgenomen worden.

Voor de inhoud van twee van deze domeinen heeft de commissie vervolgens gekozen voor bestaande internationale indelingen. Dat geldt voor de *Werkwijzen* en *Denkwijzen*, die de commissie heeft gebaseerd op de 'practices' en 'crosscutting concepts' van de Amerikaanse NGSS (National Research Council, 2013). De commissie heeft deze indelingen niet gekozen omdat ze de enige mogelijke of de beste indeling zouden zijn. De commissie kiest hiervoor omdat het goed werkbaar indelingen zijn, waar al door anderen over is nagedacht. Daarnaast sluiten ze aan bij wat de commissie met de natuurwetenschappelijke vakken beoogt en zoals is vastgelegd in de karakteristieken.

De zes domeinen hebben zeker niet hetzelfde gewicht binnen een examenprogramma, en ook verschillen de gewichten tussen de vakken

onderling. Dit is de reden dat de commissie voor een alfabetische volgorde van de domeinen heeft gekozen. Voor het domein Concepten hebben alle vakken zelf inhoud vastgesteld en een eigen indeling gemaakt die past bij de structuur van dat vak. In alle andere domeinen is de structuur en inhoud van de eindtermen op elkaar afgestemd. Per domein verschilt de mate waarin inhoud en structuur zijn afgestemd tussen de vakken. Dat is bij De aard van de natuurwetenschappen en technologie het meeste het geval, en bij Vraagstukken het minste.

Hieronder lichten we voor elk domein toe welke inhoud een plek hebben gekregen. Ook lichten we voor een aantal inhoud toe hoe deze over de domeinen worden verdeeld.

De aard van de natuurwetenschappen en technologie



Het domein De aard van de natuurwetenschappen en technologie is algemeen vormend van karakter. Het heeft vooral als doel om leerlingen bewust te maken van de waarde van natuurwetenschap en technologie, en hoe deze gebaseerd is op de gevolgde methodes (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Bell, Mulvaey & Maeng, 2012). Hierbij wordt ook gekeken naar de geschiedenis van de natuurwetenschap. Daarnaast worden leerlingen zich ook bewust van de grenzen van deze vakgebieden, en van de rol die mens en maatschappij spelen bij de totstandkoming van wetenschappelijke kennis en technologieën (Barak, Ginzburg & Erduran, 2022; Osborne & Dillon, 2010). Deze kennis kunnen leerlingen in het dagelijks leven gebruiken als zij in aanraking komen met wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen. De aard van de natuurwetenschappen en technologie is daarmee een domein dat ook direct bijdraagt aan het doeldomein socialisatie en burgerschapsdoelen.

De aard van de natuurwetenschappen en technologie gaat over het inzicht in de manier waarop wetenschappelijke kennis tot stand komt. Het toepassen van deze kennis bij het analyseren van maatschappelijke en fundamentele vraagstukken valt onder het domein Vraagstukken. Het zelf produceren van kennis en producten door onderzoek te doen of te ontwerpen, hoort bij het domein Werkwijzen.

Concepten



Het domein Concepten bevat de vakinhoudelijke kennis van begrippen en hun onderlinge relaties en samenhang. De inhoud en ordening van dit domein zijn per vak bepaald en worden per vak toegelicht.

Denkwijzen



Het domein Denkwijzen beschrijft de karakteristieke manier waarop natuurwetenschappers denken en naar vraagstukken of problemen kijken om deze te analyseren of op te lossen. De denkwijzen zijn gebaseerd op de 'cross cutting concepts' van de NGSS (National Research Council, 2013). Deze zijn in Nederland al eerder geïntroduceerd via de kennisbasis onderbouw (Ottevanger et al., 2014) en hadden ook een plek in Curriculum.nu (Curriculum.nu, 2019).

Denkwijzen kunnen volgens Rivet et al. (2016) vier functies hebben:

- Denkwijzen kunnen een *lens* zijn waardoor een leerling naar een situatie kijkt. Het is een manier van kijken die bepaalde natuurwetenschappelijk relevante aspecten van een situatie belicht (en andere juist onderbelicht laat).
- Denkwijzen kunnen een *gereedschap* vormen dat leerlingen in staat stelt om hun kennis en begrip te vergroten.
- Denkwijzen kunnen een *brug* zijn tussen verschillende situaties en onderwerpen, zowel binnen één schoolvak als ertussen.
- Denkwijzen zijn de *spelregels* voor het 'spel' van kennis vergaren en gebruiken. Zowel in de klas als bij onderzoek, bij techniek en op andere plekken waar de natuurvakken een belangrijke rol spelen.

In de praktijk lopen deze functies door elkaar, maar ze vormen een bruikbaar analysekader voor het ontwerpen van eindtermen over de denkwijzen. Het beheersen van denkwijzen helpt leerlingen om natuurwetenschappelijke kennis beter te begrijpen en toe te passen. Daarnaast maakt vooral de gereedschapsfunctie van Denkwijzen het mogelijk voor leerlingen om, uitgaande van hun eigen kennis en ervaringen, nieuwe kennis op te doen en problemen op te lossen, zowel in de schoolcontext als daarbuiten. Denkwijzen dragen daarmee niet alleen bij aan het leren van de natuurwetenschappen en dus aan kwalificatie, maar ook aan persoonsvorming en daarmee aan kansengelijkheid (Vo et al., 2022).

Vraagstukken



Vraagstukken zijn grotere, overkoepelende clusters van vragen, waarbij natuurwetenschappelijke en technologische kennis nodig is om ze te beantwoorden. De commissie onderscheidt verschillende soorten vraagstukken: maatschappelijke vraagstukken, fundamentele vraagstukken en leefwereldvraagstukken. Binnen Vraagstukken gebruiken leerlingen relevante werkwijzen, denkwijzen en concepten. Zo laten vraagstukken onder andere zien wat het nut is van die werkwijzen, denkwijzen en concepten. Ook dragen

vraagstukken bij aan burgerschap doordat leerlingen nadenken over en werken aan maatschappelijke vraagstukken.

Bij Vraagstukken gaat het niet om het innemen van een persoonlijk standpunt: 'Vind ik dit leuk of interessant?' of 'Wat is mijn mening?'. Deze vormen van kritisch denken zijn opgenomen onder de eindterm Oordelen met argumenten en afwegingen in het domein Werkwijzen.

Werkwijzen



In het domein Werkwijzen zijn de vaardigheden opgenomen die leerlingen moeten beheersen om onderzoek te kunnen doen, technische producten te kunnen ontwerpen en maken, of om natuurwetenschappelijke situaties te kunnen analyseren. De commissie volgt bij de indeling van de Werkwijzen grotendeels de 'practices' van de NGSS (National Research Council, 2013), die fijnmaziger is uitgewerkt dan de indeling van de vaardigheden in de huidige examenprogramma's NWV. Daarin zijn bijvoorbeeld onderzoeken en ontwerpen als vaardigheden opgenomen. De commissie doet dit om te benadrukken dat de aparte werkwijzen ook los van elkaar relevant kunnen zijn. Ze kunnen ingezet worden bij verschillende situaties, binnen de natuurwetenschappelijke vakken, maar ook daarbuiten. Daarnaast maakt deze indeling duidelijk dat de manier van werken in de natuurwetenschappen en technologie grotendeels dezelfde onderdelen bevat, of het nu gaat om onderzoeken, ontwerpen of om iets anders.

Veel werkwijzen, zoals de eindterm over het uitvoeren van een praktische activiteit, hebben een praktisch karakter dat niet op een schriftelijk Centraal Examen kan worden getoetst. Veel andere werkwijzen, zoals de eindterm over het gebruik van wiskunde, kunnen wel goed centraal en schriftelijk worden getoetst. Daarom heeft de commissie twee subdomeinen opgenomen in dit domein. Hierin vindt dit onderscheid zijn weerslag.

De werkwijzen dragen bij aan een breed scala van onderwijsdoelen, waaronder het toepassen van de basisvaardigheden (taalvaardigheid, wiskundige vaardigheden en bèta-burgerschap) binnen de natuurwetenschappelijke vakken. De werkwijze over oordelen met argumenten en afwegingen draagt in het bijzonder ook bij aan persoonsvorming.

Zelfontwikkeling



Bij Zelfontwikkeling gaat het erom dat leerlingen de overkoepelende vraag beantwoorden: 'Wie ben ik?' Deze vraag wordt geoperationaliseerd in de vragen: 'Wat kan ik?', 'Wat wil ik?' en 'Wat doe ik?' De antwoorden op deze vragen staan niet objectief vast, maar zijn persoonlijk. Ze kunnen in de loop van de tijd veranderen, onder andere door opgedane

ervaringen in en buiten de school. Zelfontwikkeling draagt dus bij uitstek bij aan het doeldomein Persoonsvorming. Alle vakken in de bovenbouw van het vo leveren in verschillende mate een bijdrage aan het domein Zelfontwikkeling.

In de examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken worden alleen de bijdragen van de natuurwetenschappelijke vakken beschreven. Binnen het domein Zelfontwikkeling hebben loopbaanvaardigheden, samenwerken en zelfregulatie een plek gekregen (Sol & Visser, 2023). Zelfontwikkeling heeft raakvlakken met persoonsvorming, maar zijn geen synoniemen voor elkaar. Zo is het vormen van eigen meningen onderdeel van persoonsvorming, maar niet van het domein Zelfontwikkeling. Dit valt onder de werkwijze over oordelen met argumenten en afwegingen. Anderzijds zijn samenwerkvaardigheden geen onderdeel van persoonsvorming, maar zijn deze wel uitgewerkt in het domein Zelfontwikkeling.

Verbindingen tussen eindtermen

Veel van de inhouden die volgens de commissie van belang zijn om te leren, vallen niet binnen één domein, maar bevatten inhouden uit twee of zelfs meerdere domeinen. In eindterm 8 in het biologie vmbo-bb programma is bijvoorbeeld de volgende uitwerking opgenomen:

'beschrijven van de relatie tussen de vorm en functie van cel- en weefseltypen.' Deze uitwerking bevat inhouden die onder Concepten vallen, bijvoorbeeld over weefseltypen, maar ook inhouden uit Denkwijzen, in het bijzonder 'vorm-functie-denken'. De verschillende vakken hebben verschillende keuzes gemaakt wat betreft welke domeinen aan elkaar gekoppeld zijn in de examenprogramma's en op welke plek in de programma's dit is opgenomen. Het bovenstaande voorbeeld is bijvoorbeeld opgenomen in het domein Concepten en niet in het domein Denkwijzen. In de handreikingen die SLO oplevert na het beproeven zullen deze verbindingen ook expliciet zichtbaar worden gemaakt.

biologie



Verhouding tussen de domeinen

Zoals hierboven beschreven ziet de commissie de verschillende domeinen en eindtermen niet als onafhankelijke onderdelen, en zijn er bij het opstellen van de eindtermen impliciet of expliciet verbindingen gemaakt. Bij biologie zijn deze verbindingen een gevolg van de manier waarop de verschillende domeinen zich tot elkaar verhouden. Ten eerste ziet de commissie de Concepten met de Werk- en Denkwijzen als één geheel. Daarom wordt vanuit domein B inhouden verbonden met de Denkwijzen en, hoewel iets minder nadrukkelijk, ook met Werkwijzen. Zie voor een voorbeeld de alinea hierboven, *Verbindingen tussen eindtermen*. Aanvullend hierop ziet de commissie dat deze 'pakketjes van inhouden' belangrijk zijn voor het werken aan

Vraagstukken. Hierin krijgen De aard van de natuurwetenschappen en technologie en LOB ook nadrukkelijk een plek door middel van verbindingen. Tegelijkertijd komt Zelfontwikkeling ook op zoveel plekken tot uiting dat er juist voor is gekozen om bijvoorbeeld de eindtermen over samenwerken en zelfregulatie nergens expliciet aan te verbinden.

Ordering en inhoud van het domein Concepten

In het domein Concepten kiest de commissie ervoor om zoveel mogelijk de breedte van de discipline aan bod te laten komen. Deze keuze is ook voorgelegd aan de advieskring. Zij gaven in hun advies van 25 januari 2024 aan dat deze “over het algemeen” gesteund wordt. Een direct gevolg van deze keuze is dat verschillen tussen schoolsoorten en leerwegen niet sterk zichtbaar zijn in het raamwerk. De verschillen tussen schoolsoorten en leerwegen is vooral op eindtermniveau zichtbaar. Hiermee wordt recht gedaan aan verschillen tussen leerlingen en de uitvoerbaarheid binnen de ontwerpruimte geborgd. Deze verschillen worden toegelicht in paragraaf 2.3.2. In de fase van beproeven worden de passendheid bij en uitvoerbaarheid in de schoolsoorten beproefd.

Verder kiest de commissie bij biologie voor een vakspecifieke indeling van het domein Concepten in vier subdomeinen:

1. Biodiversiteit en verbondenheid van het leven;
2. Cellen en meercellige organismen;
3. Erfelijkheid en voortbestaan van het leven;
4. Reageren op veranderingen.

De commissie ziet deze indeling, die is geïnspireerd op het Australische curriculum (ACARA, 2018), als een indeling die aansprekend is voor alle schoolsoorten en leerwegen. Dat geldt niet voor de systeemmatrix waarlangs de huidige examenprogramma's van havo en vwo zijn geformuleerd. Daarbij heeft de voorgestelde indeling als voordeel dat er makkelijker aandacht kan komen voor de grotere ideeën van de biologie. De indeling is minder 'hokkerig' dan de indeling van de huidige programma's van zowel vmbo als havo en vwo.

Ten slotte heeft het vmbo in het domein Concepten ook nog keuzesubdomeinen. Deze inhouden bieden de mogelijkheid om te verdiepen op inhouden die raken aan de beroepsgerichte vakken Groen of Zorg en welzijn en te werken aan vraagstukken rondom voedselproductie of gezondheid. Voor vmbo-gl/tl kan daarnaast ook gekozen worden voor verdieping op processen op cellulair en moleculair niveau. Om tot verdieping te komen zijn er vaak stukjes inhoud van het havo-programma aan de keuzesubdomeinen toegevoegd. Of er zijn stukjes van de kern van vmbo-gl/tl aan de verdiepende keuzesubdomeinen van vmbo-bb en -kb toegevoegd. Zo is er bijvoorbeeld in het keuzesubdomein Zorg en

keuzesubdomein Groen voor vmbo-bb en -kb een uitwerking te vinden die luidt: 'beschrijven dat een fenotype ontstaat onder invloed van genotype en milieufactoren'. Een vergelijkbare uitwerking staat ook in de programma's van vmbo-gl/tl en havo in het subdomein Erfelijkheid en voortbestaan van het leven - CE.

Ordering en inhoud van de overige domeinen

Ook in het domein Vraagstukken kiest de commissie voor een vakspecifieke invulling. Bij biologie bestaat dit domein uit drie eindtermen die gaan over gezondheid, voedselproductie en natuur. Deze eindtermen hebben alle drie dezelfde vorm. De doelzin omvat al een grote veelomvattende vraag, en in de uitwerking oriënteert de leerling zich op de perspectieven op het vraagstuk en reeds bestaande kennis. Ook werkt hij aan een deelvraag en formuleert een mening of oordeel. Op deze manier is biologie verbonden met aspecten rond burgerschap en ervaart de leerling hoe hij zich kan verhouden tot belangrijke onderwerpen in het kader van persoonsvorming (Biesta, 2022). De eindtermen in Vraagstukken zijn bewust globaal geformuleerd, maar schrijven wel voor dat de voor dat vraagstuk relevante concepten uit de examenprogramma's van biologie toepast worden. Hiermee beoogt de commissie zowel enige vrijheid in de vraagstukken te behouden, als te borgen dat er voldoende en diepgaande aandacht voor vraagstukken is.

In het domein Werkwijzen maakt de commissie voor biologie twee vakspecifieke keuzes. Ten eerste is er een eindterm over veldwerk en natuurbeleving toegevoegd voor alle schoolsoorten en leerwegen. De commissie vindt het belangrijk dat kennis en vaardigheden voor het schoolvak biologie niet alleen aangeleerd en beheerst worden binnen de muren van het schoolgebouw, maar ook daarbuiten. Daarnaast is het doen van veldwerk een belangrijke beroepspraktijk voor veel biologen. Ten tweede richten de eindtermen zich alleen op onderzoeken en niet op ontwerpen, zoals bij meeste andere vakken wel het geval is, en is de eindterm over iteratief werken weggelaten. Dit is een aanpassing die voortkomt uit het passend maken van de examenprogramma's in de gegeven ontwerpruimte (zie ook 2.2.5).

Ten slotte is in het domein Denkwijzen gekozen voor één vakspecifieke aanvulling voor havo en vwo. Naast de zeven denkwijzen die voor alle vakken zijn opgenomen, is daar een eindterm over evolutionair denken toegevoegd.

natuurkunde



Verhouding tussen de domeinen

Het domein Concepten is voor natuurkunde de plek waar de meeste verbindingen behoren volgens de commissie. Ten eerste zijn de concepten volgens de commissie de meest natuurlijke manier om het denken over het natuurkundecurriculum te structureren. Ten tweede is het werkbaar om vanuit een concept naar een beperkte set eindtermen uit de andere domeinen de verbinding aan te gaan. Andersom is dat veel lastiger. Vanuit de eindterm over het gebruik van wiskunde zouden (bijna) alle eindtermen in het domein Concepten verbonden moeten worden. Dit kan dus alleen heel generiek. Terwijl er vanuit het domein Concepten bij iedere relevante eindterm bij de uitwerkingen een verbinding kan worden gelegd met de eindterm over het gebruik van wiskunde.

Ten derde zijn de concepten specifiek genoeg beschreven om bepaalde verbindingen te leggen met de domeinen Denkwijzen en Werkwijzen. De commissie wil echter heel nadrukkelijk geen specifieke verwijzing naar de Vraagstukken maken aangezien "ieder natuurkundig concept relevant kan zijn voor een vraagstuk." Daarom is de verbinding tussen de Vraagstukken en de Concepten opgenomen bij het domein Vraagstukken, en is deze ook verwoord als een verbinding met het domein als geheel. Daarnaast komen in het domein Vraagstukken bovendien alle andere inhouden uit het examenprogramma samen.

Ordering en inhoud van het domein Concepten

Binnen het domein Concepten zijn bij natuurkunde in principe vijf subdomeinen opgenomen. De eerste drie zijn: 1) Mechanica, 2) Elektriciteit en magnetisme, en 3) Materie. Dit zijn kernonderdelen van de (school)natuurkunde, welke bovendien bij vergelijkbare indelingen in veel (internationale) curricula voorkomen. De commissie heeft hier gekozen voor een grofmazige indeling zodat deze voor alle schoolsoorten en leerwegen relevant is.

Als vierde subdomein heeft zij Toepassingen gekozen. In dit subdomein zijn eindtermen opgenomen die niet een nieuw domein van de natuurkunde vormen, maar waar inhouden uit (vaak meerdere) andere domeinen van de natuurkunde worden toegepast.

Als laatste subdomein is Keuze opgenomen. Hierin zijn alle eindtermen opgenomen die alleen keuzeonderwerpen zijn.

Naast de diepgang in het verplichte deel van het programma heeft de commissie gekozen voor keuzeonderwerpen. Ze heeft dit gedaan om recht te doen aan de breedte van de natuurkunde en haar toepassingsgebieden. Bovendien wil de commissie leraren (en eventueel leerlingen) ruimte geven om te kiezen voor

onderwerpen die aansluiten bij hun interesse, hun expertise, hun wensen voor het vervolgonderwijs of de regio.

Op vmbo-bb en -kb moet minimaal één eindterm uit de keuzeruimte worden gekozen, op vmbo-gl/tl, havo en vwo minimaal twee. Om de keuzevrijheid die de commissie met deze keuzeruimte beoogt maximaal vorm te geven, heeft de commissie er ook voor gekozen om binnen de eindtermen in het subdomein Keuze meer inhoudelijke ruimte te laten dan binnen de eindtermen in het verplichte deel van het programma.

De commissie heeft drie van de subdomeinen verder opgesplitst. Dit heeft de commissie gedaan omdat de toewijzing van inhoud aan het CE of het SE plaats moet vinden op het niveau van subdomeinen. Bovendien hecht de commissie er waarde aan dat de examenprogramma's op iedere schoolsoort en leerweg dezelfde toekenning van eindtermen aan subdomeinen hebben. Dit betreft:

- Mechanica, dat is opgesplitst in Mechanica – Evenwichten en Mechanica – Beweging;
- Materie dat is opgesplitst in Stoffen en materialen enerzijds en Materie en straling anderzijds;
- Toepassing dat is opgesplitst in Energievoorziening en Automatisering.

Een belangrijk uitgangspunt van de commissie is dat er voor natuurkunde op alle schoolsoorten en leerwegen ruimte moet zijn voor diepgang in het programma. Dat wil zeggen dat er relatief veel tijd is voor een relatief klein aantal onderwerpen. Dit heeft volgens de commissie een tweetal voordelen. Enerzijds biedt het de mogelijkheid om meer verschillende realistische situaties in dagelijkse en beroepscontexten natuurkundig te doorgronden. Anderzijds biedt het de mogelijkheid om te leren hoe natuurkundigen denken en werken. Het relatieve belang van die twee voordelen verschilt tussen de schoolsoorten en leerwegen, maar in alle gevallen kiest de commissie dus voor diepte boven breedte. Dit betekent dat niet alle subdomeinen die hierboven zijn genoemd op alle schoolsoorten en leerwegen ook daadwerkelijk onderdeel zijn van het examenprogramma. Hierin zijn keuzes gemaakt, passend bij de schoolsoort en de leerweg. Welke keuzes dat zijn en waarom die volgens de commissie aansluiten bij de schoolsoorten en leerwegen is terug te vinden in 2.3.2 differentiatie tussen schoolsoorten en leerwegen.

Ordering en inhoud van de overige domeinen

De eindterm over systemen in het domein Denkwijzen is voor het vmbo niet opgenomen, omdat deze manier van denken en redeneren erg abstract is en

binnen de natuurkundige situaties uit de vmbo-examenprogramma's weinig toegevoegde waarde heeft.

In het domein Vraagstukken heeft de commissie gekozen om geen verdere inhoudelijke invulling vast te leggen. De commissie vindt het belangrijk dat leraren zo veel mogelijk vrijheid hebben om te kiezen welke concepten zij bij een vraagstuk betrekken en om vraagstukken te kiezen die aansluiten bij hun interesse, de interesse van hun leerlingen of de actualiteit. Voor vmbo kan daarbij gekozen worden voor een leefwereldvraagstuk, een maatschappelijk vraagstuk of een fundamenteel vraagstuk. Voor havo en vwo moet een leerling zowel aan een maatschappelijk als een fundamenteel vraagstuk werken.

In het domein Werkwijzen heeft de commissie voor natuurkunde twee eindtermen toegevoegd, bovenop de eindtermen die met alle vakken gedeeld worden. Voor vmbo-gl/tl, havo en vwo is een ervaringsdoel opgenomen waarbij leerlingen in aanraking komen met onderdelen van wiskunde die zij nodig hebben als zij kiezen verder te gaan met natuurkunde. Ook is, alleen voor vwo, een eindterm over numeriek modelleren toegevoegd. Dit omdat de commissie vindt dat dit goed bij het SE past, terwijl de eindterm die over modelleren in brede zin gaat aan zowel CE als SE is toegewezen.

nlt



Verhouding tussen de domeinen

Bij nlt is het examenprogramma opgebouwd vanuit het domein Vraagstukken. Hierbij zijn de eindtermen in het domein Vraagstukken impliciet verbonden met de eindtermen in de andere vijf domeinen. Met deze indeling is het mogelijk om bij het systematisch werken aan vraagstukken, de voor dat vraagstuk relevante Concepten, Denkwijzen en Werkwijzen te koppelen. Ook is het tijdens het werken aan vraagstukken mogelijk situaties te onderbouwen en te evalueren met de eindtermen uit De aard van de natuurwetenschappen en technologie en met Zelfontwikkeling.

Ordering en inhoud van het domein Vraagstukken

Het domein Vraagstukken bestaat uit zes eindtermen (nummer 13 t/m 18) die elk een verschillend onderdeel van het systematisch werken aan vraagstukken beschrijven. Het startpunt van het programma is eindterm 13 waarin de onderwerpen en het systematisch werken aan vraagstukken zelf zijn beschreven. Uit de *Startnotitie natuurwetenschappelijke vakken* (Sijbers & Woldhuis, 2021) blijkt dat duurzame ontwikkeling een explicietere plek zou moeten krijgen in het examenprogramma. Vanuit dit advies is op voorstel van de commissie en met raadpleging van de advieskring gekozen voor de door de Verenigde Naties aangenomen *Sustainable Development Goals* (SDG's;

Verenigde Naties, 2015). Deze gelden als grote clusters van maatschappelijke vraagstukken waar minimaal aan gewerkt moet worden.

De clusters in het examenprogramma vwo zijn - vergeleken havo - uitgebreid met het fundamentele cluster. In dit cluster moeten vraagstukken gaan over de fundamentele van natuurwetenschap en technologie.

Ordering en inhoud van de overige domeinen

Het domein Concepten bevat één eindterm die verbinding legt tussen voor het vraagstuk relevante concepten uit andere schoolvakken en het hbo- of wo-werkveld.

Er is gekozen om bij de andere vier domeinen de gemeenschappelijke invulling over te nemen, aangevuld met een extra eindterm bij de domeinen Denkwijzen en Zelfontwikkeling. Deze aanvulling is afgestemd met de examenprogramma's van O&O. Bij het domein Denkwijzen is eindterm 12 over het redeneren vanuit een interdisciplinair perspectief toegevoegd. Bij het domein Zelfontwikkeling is eindterm 33 over bijdragen met een proactieve en ondernemende houding toegevoegd.

O&O



Verhouding tussen de domeinen

Bij O&O is er gekozen om te werken vanuit het domein Werkwijzen. De gedachte hierachter is dat door het werken aan projecten alle eindtermen van de andere domeinen een bestemming krijgen binnen de projecten, en daarmee ondersteunend zijn aan de kwaliteit van het eindproduct en het proces van onderzoeken en ontwerpen.

Ordering en inhoud van domein Werkwijzen

In het domein Werkwijzen hebben de examenprogramma's van O&O een eigen karakter in vergelijking met de andere natuurwetenschappelijke examenprogramma's. Dit komt naar voren in de eindtermen 18, 19, 21, 22, 26, 27 en 28 die voor O&O vakspecifiek zijn uitgewerkt. Het karakter komt ook naar voren in de verdeling over de twee subdomeinen Werkwijzen van Onderzoek en Ontwerpen en Toepassen van natuurwetenschappelijke werkwijzen waarbij in het laatste subdomein de vakoverstijgende eindtermen zijn opgenomen die niet bij elk project aan bod komen. Deze eindtermen gaan over modellen en over verbanden tussen natuurwetenschappelijke grootheden en wiskunde.

Ordering en inhoud van de overige domeinen

Er is voor het domein Concepten gekozen om project-specifieke concepten op te halen uit andere schoolvakken en het werkveld, en om specifieke

interdisciplinaire concepten op te nemen. Daarnaast heeft O&O concepten over projectmatig werken, ontwerpproces, onderzoeksproces en strategieën voor zelfregulerend leren opgenomen in het domein Concepten. Hierdoor krijgen leerlingen de onderliggende theorieën van de domeinen Werkwijzen en Zelfontwikkeling aangeboden.

Bij de eindterm in het domein Vraagstukken worden, net als in de examenprogramma's van nlt, de SDG's aangehaald. Leerlingen leggen een verband tussen het project en de maatschappelijke, technologische en wetenschappelijke vraagstukken die nu spelen.

Er is gekozen om bij de andere drie domeinen de gemeenschappelijke invulling over te nemen, aangevuld met een extra eindterm bij de domeinen Denkwijzen en Zelfontwikkeling. Deze aanvulling is afgestemd met de examenprogramma's van nlt. Bij het domein Denkwijzen is eindterm 16 over het redeneren vanuit een interdisciplinair perspectief toegevoegd. Bij het domein Zelfontwikkeling is eindterm 35 over bijdragen met een proactieve en ondernemende houding toegevoegd.

Met het opnemen van de (sub)domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie, Denkwijzen en Toepassen van natuurwetenschappelijke werkwijzen, wordt O&O sterker gepositioneerd als bètavak. Het raakt bovendien het eigen karakter (de focus op onderzoeken en ontwerpen, en op zelfontwikkeling) niet kwijt. Het sterker positioneren als bètavak was als curriculaire uitdaging opgenomen in de *Startnotitie natuurwetenschappelijke vakken* (Sijbers & Woldhuis, 2021).

scheikunde



Verhouding tussen de domeinen

Vraagstukken dienen als context om scheikunde betekenis te geven en de vakinhouden uit de domeinen Concepten, Denkwijzen en Werkwijzen relevant te maken voor leerlingen. De domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie en Zelfontwikkeling zijn verbonden met de domeinen Denkwijzen, Werkwijzen en Vraagstukken. De verbinding loopt tussen het denk- en werkproces en hoe kennis tot stand komt, en of dit proces ook past bij de capaciteiten en talenten van de leerling.

Ordering en inhoud van domein Concepten

Alle drie conceptexamenprogramma's kennen dezelfde subdomeinen binnen het domein Concepten. Daarmee is gekozen voor een brede inrichting van het programma en niet een programma waar enkele scheikundige onderwerpen zijn uitgediept.

De commissie heeft gesproken over het *Framework for succesful chemistry education* (RSC, 2020). Hierin is gekozen voor:

1. scheikunde als wetenschap;
2. scheikundige concepten;
3. scheikunde en de wereld.

De vragen en onderwerpen uit dit RSC-raamwerk zijn herkenbaar terug te vinden in de respectievelijke domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie in combinatie met het domein Werkwijzen, het domein Concepten en het domein Vraagstukken.

De indeling in het domein Concepten is gebaseerd op de kern van waar scheikunde-onderwijs over moet gaan volgens Cooper et al. (2017), en activiteiten die chemici doen volgens Sevian & Talanquer (2014). Cooper & et al. (2017) beweren, gebaseerd op eerder geformuleerde kernen, dat scheikunde moet gaan over:

1. structuur en eigenschappen van atomen en moleculen;
2. elektrostatistische interacties en binding;
3. energie
4. stabiliteit en verandering in chemische systemen.

Sevian & Talanquer beschrijven dat scheikunde bestaat uit de kernconcepten: chemische identiteit, structuur-eigenschap relaties, chemische causaliteit, chemische mechanismen, chemische controle en afwegingen rond baten, kosten en risico's. De commissie heeft baten, kosten en risico's ondergebracht in de uitwerkingen bij de eindtermen in het domein Vraagstukken. Chemische controle is buiten dit curriculum gehouden. Op basis van beide indelingen heeft de commissie binnen het domein Concepten gekozen voor de subdomeinen Materie, Reacties en processen, Energie, reactiesnelheid en evenwicht en Scheidingsmethoden en Scheiding en analyse.

In de tabel geven we weer hoe deze vier subdomeinen de twee indelingen dekken:

subdomeinen	Indeling volgens Cooper et al. (2017)	Indeling volgens Sevian & Talanquer (2014)
Materie	structuur en eigenschappen, elektrostatistische interacties en bindingen	identiteit, structuur-eigenschap relaties

Reacties en processen	stabiliteit en verandering in chemische systemen	causaliteit, mechanismen
Energie, reactiesnelheid en evenwicht	energie	mechanismen controle
Scheidingsmethoden en Scheiding en analyse	stabiliteit en verandering in chemische systemen	identiteit controle

Uit een reviewstudie door Hunter et al. (2022) blijkt dat er verschillende manieren zijn waarop chemische binding, de typen en de onderliggende oorzaak in lesmethoden terechtkomen. De kennis van bindingen of interacties vraagt ook kennis over modellen, over de classificatie van bindingen en over de transfer van die kennis tussen verschillende vakinhouden. Het gaat dan om: zouten, metalen, biochemie, verklaring van eigenschappen (verbinding van macro naar micro (Van Dulmen et al. 2023)).

De vakvernieuwingscommissie heeft besloten om in het examenprogramma niet te spreken over bindingen, maar over interacties (subdomein Materie). Het idee is dat bindingen ontstaan doordat positieve en negatieve ladingen elkaar aantrekken. Daarbij vinden interacties plaats die een bepaalde mate van sterkte en een meer of minder permanent karakter hebben. Interacties zijn een onderdeel van een continuüm. Hiermee wordt de essentie van interacties als uitgangspunt genomen voor het examenprogramma.

Chemici zijn ontwerpers van moleculen en beheersen processen om dat te realiseren. Daarmee onderscheiden ze zich van andere natuurwetenschappen. De commissie heeft besloten hiervoor eenvoudige modellen te gebruiken voor processen, zoals overdracht van protonen en elektronen (de Brønsted-theorie en dus geen Lewis-zuren). Dit is voldoende om de essentie van de interactie en de chemische processen die op vwo aan bod komen te behandelen.

In het vwo-examenprogramma is het onderwerp entropie opgenomen. Dat is gedaan om leerlingen een achterliggend begrip bij te brengen over hoe en waarom chemische evenwichten ontstaan. De achterliggende vakinhoud vergt veel kennisinhouden en een complex denkproces, dat tijd kost (Hofer & Steininger, 2023). Het betreft hier een kwalitatieve benadering van entropie. Er wordt niet gerekend en er worden geen verbinding gelegd met de achterliggende complexe thermodynamica. De gemaakte keuze komt voort uit een afweging tussen voldoende diepgang en andere belangrijke vakinhouden binnen een eindige ontwerpruimte.

Ten slotte is in alle programma's een subdomein met één eindterm opgenomen over scheidingsmethoden. Dit vanwege de verdeling tussen SE en CE. Deze eindterm is toegewezen aan het CE om het mogelijk te maken leerlingen iets te bevragen op het CSE waarbij begrip van scheidingsmethoden een rol speelt. Hierdoor wordt de hoeveelheid tekst bij een opgave waar scheidingsmethoden belangrijk zijn beperkt.

Ordering en inhoud van de overige domeinen

Het domein Denkwijzen is bijna gelijk voor alle schoolsoorten. Alleen vmbo bevat 4 van de 7 eindtermen. Bij de differentiatie tussen de schoolsoorten is er een keuze gemaakt in het domein Concepten. Hierdoor komen de denkwijzen systemen, stabiliteit en verandering en structuur, vorm, functie en eigenschap niet direct aan bod. Deze zijn dus niet nodig om de inhoud te begrijpen. Deze eindtermen maken geen onderdeel uit van het conceptexamenprogramma scheikunde op het vmbo. Dit in tegenstelling tot de vakken natuurkunde en biologie.

Voor scheikunde werkt men vanuit het domein Vraagstukken. Daarbij is gekozen om voor vmbo en havo de verbinding met leefwereld belangrijk te maken. Het doel en de impact van het schoolvak scheikunde moet voor deze leerlingen zichtbaar zijn. Voor een vwo-leerling is het ook belangrijk dat het schoolvak een beeld biedt van wetenschappelijk onderzoek. Daartoe is er een subdomein Fundamentele vraagstukken toegevoegd, waarvan vwo-leerlingen één van de vier eindtermen moet doen.

De keuze van de vraagstukken is gemaakt op basis van:

1. een selectie van de SDG's (Verenigde Naties, 2015) die een duidelijke verbinding met de discipline chemie hebben;
2. vraagstukken die binnen de chemie een grote rol gaan spelen;
3. vraagstukken waar leerlingen iets van moeten weten en vinden als burger.

Bij de formulering van de eindtermen is gebruik gemaakt van het *Framework for succesful chemistry education* (RSC, 2020). Dit omvat vraagstukken over energieproductie, milieu, gezondheid, alledaagse chemie en circulair produceren en consumeren. Vanwege de haalbaarheid en de overladenheid (zie paragraaf 2.2.5) is het vraagstuk over alledaagse chemie geschrapt op het vwo.

Binnen het domein Vraagstukken hebben alle eindtermen eenzelfde vorm: de leerling formuleert een vraag over het onderwerp, oriënteert zich op belangen of waardes, handelt vervolgens door te optimaliseren, te meten of te onderwerpen en formuleert dan een mening of oordeel. Op deze manier is scheikunde

verbonden met aspecten rond burgerschap, en ervaart de leerling hoe het is om zich te verhouden tot belangrijke onderwerpen in het kader van persoonsvorming (Biesta, 2022).

Er zijn twee keuzeonderwerpen in het vmbo: Energievoorziening en Circulair produceren en consumeren. Het bevoegd gezag moet een van twee opnemen in het SE. In verband met het voorstel om de centrale examinering te wijzigen (zie 2.4.1), worden de vraagstukken Gezondheid, Voeding en Milieu roulerend opgenomen in het CPE. Als een van de vraagstuk het CPE is, dan zijn de andere twee onderdeel van het SE.

Uit de zes vraagstuk-eindtermen op de havo kiest het bevoegd gezag er steeds drie. Het gaat daarbij steeds om een keuze binnen een paar: Gezondheid of Voeding; Alledaagse chemie of Milieu en energievoorziening of Circulair produceren en consumeren. De commissie acht de keuze in onderwerpen gerechtvaardigd om overladenheid te voorkomen. Het aanbieden van de keuze garandeert dat de leerling in aanraking komt met chemie-onderwerpen uit de eigen leefwereld, die nu en in toekomst een rol blijven spelen.

Op vwo bieden de vier keuzeonderwerpen in het schoolexamen de mogelijkheid om nieuwe werkgebieden en de randen van de chemische wetenschap te verkennen. De keuzeonderwerpen zijn: Ontstaan van leven, Moleculair ontwerp, Mesochemie en Procestechnologie. De onderwerpen bieden zowel de gelegenheid om dieper op de vakinhoud in te gaan of zich juist meer te verdiepen op het toepassingsgebied. Door de breedte, de diepte en de toepassing aan te geven, hoopt de commissie dat er keuze genoeg is voor het bevoegd gezag.

Uit de vijf andere vraagstuk-eindtermen kiest het bevoegd gezag er steeds drie. Het gaat daarbij om een keuze uit Gezondheid of Voeding, en twee uit Milieu, energievoorziening of circulair produceren en consumeren. Hier geldt dezelfde argumentatie als bij de havo.

De eindtermen binnen het domein Werkwijzen zijn voor alle schoolsoorten gelijk. Op het vmbo zijn er eindtermen over het formuleren van onderzoeksvragen en het opstellen van verklaringen en redenties, niet opgenomen. Dit is het gevolg van keuzes in de differentiatie tussen de schoolsoorten. Het is niet gebruikelijk in mbo-beroepen om verklaringen en conclusies te formuleren in chemisch onderzoek. Het domein Werkwijzen op het vmbo bevat ook één subdomein meer om een goede SE-CE verdeling mogelijk te maken (zie 2.4.1).

2.2.4 Doorlopende leerlijn onderbouw-bovenbouw vo

Bij het maken van de conceptexamenprogramma's is rekening gehouden met de aansluiting op de kerndoelen en met de doorstroom naar het vervolgonderwijs.

Kerndoelen

Parallel aan de actualisatie van de examenprogramma's zijn ook de kerndoelen geactualiseerd (SLO, 2024a). Net als de eindtermen, worden ook de geactualiseerde conceptkerndoelen gedetailleerder beschreven dan de huidige. Hierdoor ligt duidelijker vast wat leerlingen in de onderbouw van het vo leren. Hier heeft de commissie in de examenprogramma's dan ook rekening mee gehouden. Sommige inhouden kunnen als bekende voorkennis verondersteld worden bij de beschrijving van de eindtermen, of bij de inschatting van de tijd die nodig is om die eindtermen in de onderwijspraktijk te behandelen. De examenprogramma's sluiten aan op de conceptkerndoelen vo-onderbouw. De havo/vwo programma's sluiten ook aan op de extra kerndoelen die voor leerjaar 3 (havo-vwo) zijn beschreven. Voor de natuurwetenschappelijke vakken zijn vooral de kerndoelen Nederlands, burgerschap, mens en natuur, rekenen en wiskunde en digitale geletterdheid van belang.

Conceptkerndoelen mens en natuur

Het leergebied mens en natuur bestaat uit de disciplines biologie, fysische geografie, natuurkunde, scheikunde, technologie en techniek. De domeinen die gebruikt zijn voor de bovenbouw, komen ook terug in de kerndoelen. Niet als domeinindeling, maar in de kerndoelen zelf. In onderstaande tabel zijn de domeinen weergegeven van mens en natuur, waarbij van het eerste domein ook de kerndoelen zijn weergegeven, aangezien dat inzichtelijk is voor de doorlopende leerlijn. Voor het po zijn er 12 kerndoelen en voor het vo 17. Voor de derde klas havo en vwo zijn er zes kerndoelen geformuleerd voor de aansluiting met de bovenbouw havo en vwo.

Raamwerk conceptkerndoelen mens en natuur
Domein Natuurwetenschappen en technologie Hieronder vallen de conceptkerndoelen Vraagstukken, Denkwijzen, Werkwijzen en De aard van de natuurwetenschappen en technologie
Domein Mens, materie en energie
Domein Mens en levende systemen
Domein Mens en ruimte
Domein Mens en samenleving

Hieronder volgt een korte toelichting om de doorlopende lijn onderbouw-
bovenbouw inzichtelijk te maken:

- Het kerndoel *Aard van natuurwetenschappen en technologie* gaat over het krijgen van inzicht in de totstandkoming en waarde van natuurwetenschap en technologie en sluit aan op de inhoud van het domein De aard van de natuurwetenschappen en technologie in de conceptexamenprogramma's.
- Het kerndoel *Vraagstukken* gaat om het ervaren en onderzoeken van de wereld door het werken aan vraagstukken. Het gaat om vraagstukken die gaan over natuurwetenschappelijke verschijnselen, technische systemen, gezondheid, natuurbeheer, veiligheid, duurzaamheid en ruimtelijke inrichting.
- Het onderzoeken en ontwerpen komt terug in het kerndoel *Werkwijzen*. Dit kerndoel is abstracter beschreven dan de eindtermen van de examenprogramma's in het domein Werkwijzen, maar beoogt dezelfde brede basis te leggen in onderbouw van het vo als in de examenprogramma's. Dit zal nog meer tot uiting komen in de te ontwikkelen leerlijnen.
- Het modelleren is voor alle schoolsoorten en leerwegen opgenomen in het kerndoel *Werkwijzen* en voor 3 havo-vwo zijn er twee aparte kerndoelen die gaan over modelleren: *Werken met modellen* en *Denken over modellen*.
- Het kerndoel *Denkwijzen* bevat uitwerkingen die een doorlopende lijn vormen met de afzonderlijke eindtermen in het domein Denkwijzen.
- De concepten in de bovenbouw bouwen voort op de concepten in de domeinen Mens, materie en energie (natuurkunde en scheikunde), Mens en levende systemen (biologie) en Mens en ruimte (geofysica).
- Het domein Mens en ruimte bevat twee kerndoelen voor fysische geografie.
- Het domein Mens en samenleving bevat in het vo kerndoelen over *Veiligheid, Gezondheid en leefstijl* en *Relationele en seksuele vorming*.
- Er zijn kerndoelen voor de derde klas havo en vwo opgenomen. Zo wordt een voor alle leerlingen relevante, doorlopende lijn tussen de kerndoelen en de natuurwetenschappelijke examenprogramma's aangeboden. Hiervoor is gekozen om te focussen op het modelleren en daar relevante vakinhouden (modellen over deeltjes en materie; modellen over licht; evolutionaire modellen en klimaatmodellen) aan toe te wijzen.

Vervolgonderwijs

Om te beoordelen wat er nodig is in de examenprogramma's voor een betere aansluiting met het vervolgonderwijs, heeft de commissie gebruik gemaakt van een aantal bronnen. Voor mbo, hbo en wo gaat het om het rapport *Verkenning*

Vervolgonderwijs (Warps et al., 2021). Voor het mbo is ook gebruik gemaakt van de trendrapportages van de Samenwerkingsorganisatie Beroepsonderwijs Bedrijfsleven (SBB) (z.d.). Specifiek over de ideeën in het hoger onderwijs ten aanzien van de rol van wiskunde in de natuurwetenschappen, is het rapport *Wiskundige formules in natuurwetenschappen en wiskunde* (Eijkelhof & Kop, 2024) geraadpleegd.

In de voor de natuurwetenschappelijke vakken relevante mbo-sectoren zijn er naast het behoud van basisvaardigheden, belangrijke trends waar de commissie in de programma's rekening mee houdt:

- de toenemende digitalisering, inclusief het omgaan met data;
- de verschuiving van handwerk naar hoofdwerk. Hierdoor worden analytische vaardigheden belangrijker, evenals conceptueel denken, en aspecten van zelfontwikkeling zoals zelfsturing en het nemen van verantwoordelijkheid;
- de aandacht voor duurzaamheid, milieu en klimaat;
- samenwerken, zowel met klanten als met andere branches.

Vanuit alle vervolgopleidingen klinkt vooral de roep om versterking van taalvaardigheid, kritisch denken en zelfregulering. Als specifieke verbeterpunten voor de natuurwetenschappelijke vakken worden kritisch denken, probleemoplossende vaardigheden en vakinhoudelijke kennis genoemd. Daarnaast vragen de voor de natuurwetenschappen relevante sectoren in het mbo ook om meer aandacht voor de beroepsgerichte vakken; voor burgerschap, digitale geletterdheid en rekenen/wiskunde. De vakinhoudelijke kennis staat relatief hoog op de wensenlijst van het mbo. Ook in het hbo en wo klinkt in de voor de natuurwetenschappen relevante sectoren - naast de eerdergenoemde hoofdpunten - een relatief sterke wens voor rekenvaardigheden (wiskunde) en (bij het wo) vakkennis.

Wat betreft de relatie tussen wiskundige vaardigheden en de natuurwetenschappen in het wo, concluderen Eijkelhof en Kop (2024) op basis van panelgesprekken met leraren aan drie universiteiten dat het redeneren met formules een prominentere rol moet krijgen in het vo. Dit geldt zowel in de wiskundelessen als in de natuurwetenschappelijke lessen. Concreet wijst men op het doorzien van de structuur van formules (het globale verloop van de grafieken en kenmerken van de functies), eenhedenanalyses en coördinaattransformaties.

Deze wensen hebben op de volgende manieren al dan niet een plek gekregen in de examenprogramma's:

- Naast digitale geletterdheid (zie 2.3.8) heeft ook het werken met en analyseren van data een plek gekregen in de examenprogramma's.
- Door het opnemen van Denkwijzen hebben analytische en probleemoplossende vaardigheden een expliciete plek in de examenprogramma's.
- Zelfsturing, zelfregulering, verantwoordelijkheid nemen en samenwerken hebben een plek in het domein Zelfontwikkeling.
- Duurzaamheid, milieu en klimaat kunnen een plek krijgen in het domein Vraagstukken. Sommige vakken leggen vast dat dat inderdaad moet gebeuren, andere vakken laten die keuze vrij.
- Zie 2.3.7 over de plek die taalvaardigheid of geletterdheid hebben in de examenprogramma's.
- Kritisch denken komt op verschillende plekken in de examenprogramma's terug. Onder andere in de domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie en Werkwijzen. In het domein De aard van de natuurwetenschappen en technologie wordt kritisch nagedacht over bijvoorbeeld de totstandkoming van wetenschappelijke kennis en technische oplossingen. In het domein Werkwijzen formuleren leerlingen onder andere eigen standpunten.
- Vakinhoudelijke kennis heeft als vanouds een plek in de examenprogramma's. Keuzes in welke vakinhoudelijke kennis wordt opgenomen, zijn onder andere gemaakt met het oog op doorstroom naar de relevante sector van het vervolgonderwijs.
- Zie 2.3.6 over de plek van burgerschap in de programma's.
- Redeneren met formules heeft een prominentere plek gekregen in de havo en vwo programma's. Dit is mogelijk gemaakt door de grotere rol die het heeft in wiskunde N&G (zie ook 2.3.5).
- Ook redeneren met wiskundige standaardfuncties, eenhedenanalyse en coördinaattransformaties zijn voor een aantal vakken opgenomen in het domein Werkwijzen.

2.2.5 Kern van het vak en uitvoerbaarheid

In de werkopdracht van OCW aan SLO (OCW, 2021) staat dat de conceptexamenprogramma's moeten passen binnen de aan elk vak toegewezen ontwerpruimte (SLO, 2022). Voor sommige vakken en schoolsoorten/leerwegen is deze ontwerpruimte vergelijkbaar met de huidige omvang die beschikbaar is voor de vakken (in onderwijstijd voor vmbo of studielasturen - slu - voor havo-vwo). Voor andere vakken/schoolsoorten/leerwegen is de toegekende ontwerpruimte een reductie ten opzichte van de huidige omvang (voor zover dat te vergelijken is).

In onderstaande tabel (SLO, 2024b) is de ontwerpruimte per examenprogramma voor de verschillende schoolsoorten en leerwegen opgenomen.

Overzicht van beschikbare ontwerpruimte¹ voor profiel(keuze)vakken als basis om het curriculum te ontwerpen:

	% ontwerp- ruimte toegekend per vak per schoolsoort	Lessuren ² van 50 minuten per week gemiddeld	Totaal aantal lessuren van 50 minuten	Klokuren studielast ³ buiten onderwijstijd gemiddeld	Totaal aantal studielast- uren
vmbo- bb/kb	6	1,8	122		
vmbo- gl/tl	9	2,7	184		
havo	10	3	204	1,6	280
vwo	9	2,7	292	1,4	396

De beschikbare onderwijstijd per leerjaar was een belangrijk uitgangspunt bij het berekenen van de ontwerpruimte. Voor het examenjaar is minder onderwijstijd toegekend, omdat leerlingen na het examen geen lessen meer volgen. Als gevolg van die correctie is de beschikbare ontwerpruimte voor alle vakken lager dan de huidige onderwijstijd. Dit zorgt ervoor dat niet op basis van 'papieren' onderwijsuren curricula te vol worden geschreven. Daarnaast is er sprake van een vermindering van de ontwerpruimte ten opzichte van de (gecorrigeerde) huidige onderwijstijd voor de vakken biologie en natuurkunde op de meeste schoolsoorten en leerwegen. Voor vmbo-bb en -kb gaat het om een vermindering met ongeveer 40%, voor havo om 20%, en voor vwo om 10%⁴. Daarbij moet vermeld worden dat deze actualisatie voor het eerst de verhouding

¹ In de deze tabel is uitgegaan van gemiddeld 40 lesweken per leerjaar en 28 lesweken in het examenjaar, 30 lessuren per week gemiddeld.

² Het gemiddeld aantal lessuren is gebaseerd op een rooster van 30 lessuren van 50 minuten en bedoeld als rekenhulp. Het kader ontwerpruimte bepaalt niet voor hoeveel lessuren elk vak op de lessentabel moet komen te staan. Het is aan scholen om een lessentabel te bepalen die zowel recht doet aan leraren als leerlingen.

³ Voor vmbo is de zelfstudietijd niet vastgelegd, daarom staat in deze kolom geen getal, dit betekent niet dat vmbo leerlingen geen huiswerk maken, alleen dat er geen uitspraak gedaan wordt over de hoeveelheid tijd die hiervoor beschikbaar is bij het ontwerpen van het curriculum.

⁴ Op havo en vwo is deze vermindering ten opzichte van de huidige bij wet toegekende SLU-verdeling. Op vmbo bestaat er geen norm of richtlijn over de urenverdeling en is vergeleken met de gemiddelde bestede onderwijstijd.

tussen de beroepsgerichte, praktijkgerichte en avo-vakken op het vmbo inzichtelijk maakt. Er wordt een knelpunt geconstateerd in het bovenbouw-curriculum van vmbo-leerlingen. Dit wordt momenteel verder (en breder) onderzocht in een verkenning naar de inrichting van het vmbo door het ministerie van OCW (*Kamerstukken II, 30079-122, 2024*).

Tegelijkertijd wordt binnen de huidige omvang de inhoud bij veel van de vakken door leraren en leerlingen als overladen ervaren (Sijbers & Woldhuis, 2021). Deze overladenheid wordt deels veroorzaakt door de examenprogramma's zelf, deels door hoe deze zijn gespecificeerd in de syllabi, en deels door hoe deze zijn uitgewerkt in lesmethoden en toetsen (Pieters et al., 2020). Ook leraren kunnen een rol spelen in de ervaren overladenheid als zij meer stof behandelen dan is voorgeschreven. Verder speelt de onderwijstijd die scholen (bevoegd gezag) toekennen aan de verschillende vakken een rol in de ervaren overladenheid, evenals het hierboven genoemde probleem van de kortere examenjaren. Hier is in de huidige curricula geen rekening mee gehouden.

Dit betekent dat de conceptexamenprogramma's zowel tegemoet moeten komen aan het verminderen van de huidige overladenheid - voor zover deze op te lossen is via de examenprogramma's-, als voor de vakken biologie en natuurkunde aan de verkleining van de ontwerpruimte.

De vakvernieuwingscommissie wil benadrukken dat zij de noodzaak onderschrijft van de actualisatie van de examenprogramma's en het terugdringen van de bestaande overladenheid, zeker op het vmbo. Het is echter van belang te benadrukken dat de leden van de vakvernieuwingscommissie geen rol hebben gespeeld bij de totstandkoming en vaststelling van de ontwerpruimte. Voor de leden van de vakvernieuwingscommissie geldt dat zij met hun deelname aan dit traject niet de verkleining van de voor het curriculum beschikbare tijd (ontwerpruimte) onderschrijven. Wel werkt de commissie vanwege de urgentie van vakvernieuwing aan geactualiseerde examenprogramma's - binnen de beperkingen van het kader ontwerpruimte.

Hieronder verantwoordt de commissie per vak dat de gekozen inhoud binnen de ontwerpruimte passen. Bij het inschatten van de benodigde tijd is de commissie ervan uitgegaan dat een leerling de kerndoelen heeft behaald. Dit betekent dat een leerling voor inhouden die daarin aan de orde komen, minder tijd nodig heeft dan als deze helemaal nieuw waren geweest. Voor iedere vak is daarbij in principe een werkwijze gehanteerd die het beste aansluit bij de praktijk en de invulling van dat vak.

biologie



De commissie schat in dat de conceptexamenprogramma's biologie uitvoerbaar zijn binnen de toegekende ontwerpruimte. Om tot deze conclusie te komen heeft de commissie voor elk (sub)domein een globale inschatting gemaakt van het aantal lesuren van 50 minuten dat nodig is om de stof te behandelen en te toetsen. Deze schattingen zijn afgerond naar vijf- of tientallen. Omdat de eindtermen eigenlijk niet los van elkaar te zien zijn (zie paragraaf 2.2.3), heeft de commissie niet voor alle (sub)domeinen apart inschattingen gemaakt. Het domein Denkwijzen wordt bij de inschatting in zijn geheel meegenomen bij Concepten. Het domein Werkwijzen deels bij het domein Concepten en deels bij Vraagstukken. En Zelfontwikkeling en De aard van de natuurwetenschappen en technologie zijn beide meegerekend bij Vraagstukken.

Uiteindelijk komt de commissie dan uit op de volgende globale inschatting:

Domein	Subdomein	<i>Vmbo- bb</i>	<i>Vmbo- kb</i>	<i>Vmbo- gl/tl</i>	<i>Havo</i>	<i>Vwo</i>
De aard van de natuurwetenschappen en technologie		§	§	§	§	§
Concepten	Biodiversiteit en verbondenheid van leven - CE	10	10	15	-	-
	Biodiversiteit en verbondenheid van leven - SE-CE	-	-	-	-	45
	Biodiversiteit en verbondenheid van leven - SE	5	5	10	35	20
	Cellen en meercellige organismen - CE	30	30	40	30	40
	Cellen en meercellige organismen - SE	-	-	-	15	30
	Erfelijkheid en voortbestaan van leven - CE	15	15	25	40	50
	Erfelijkheid en voortbestaan van leven - SE	-	-	-	10	10

	Reageren op veranderingen - CE	10	10	20	25	30
	Reageren op veranderingen - SE - CE	-	-	-	15	20
	Reageren op veranderingen - SE	-	-	-	10	15
	Keuze cellulaire processen*	-	-	20*	-	-
	Keuze groen*	20*	20*	20*	-	-
	Keuze zorg*	20*	20*	20*	-	-
Denkwijzen		¶	¶	¶	¶	¶
Vraagstukken	Vraagstukken	30	30	50	20	40
	Contexten	¶	¶	¶	¶	¶
Werkwijzen	Werkwijzen - SE	§	§	§	§	§
	Werkwijzen - SE-CE	¶	¶	¶	¶	¶
Zelfontwikkeling		§	§	§	§	§
Ureninschatting totaal		120	120	180	200	290

Gegeven inschattingen zijn in lesuren van 50 minuten

- dit subdomein ontbreekt in dit conceptexamenprogramma.

** keuzesubdomein; het bevoegd gezag kies één hiervan.*

¶ dit subdomein is verbonden met het domein Concepten en wordt in deze inschatting ook in die uren meegenomen.

§ dit subdomein is verbonden met het domein Vraagstukken en wordt in deze inschatting ook in die uren meegenomen.

Het is in het ontwikkelproces niet zo geweest dat het geheel van eindtermen vanzelf paste binnen de toegekende ontwerpruimte. Om het geheel passend te krijgen heeft de commissie in eindtermen de mate van diepgang beperkt (hierover meer in paragraaf 2.3.2) en verder een aantal onderwerpen niet opgenomen:

- Geen van de vijf programma's bevat ontwerpvaardigheden en iteratief werken;
- Geen van de vijf programma's heeft inhouden over seksualiteit opgenomen: onderwerpen als consent, gezonde relaties, gender en identiteit vindt de commissie wel heel belangrijk, maar hiervoor zal volgens de commissie een andere plaats in het curriculum moeten worden gevonden;
- Voor havo en vwo zijn er geen eindtermen over waarneming en beweging opgenomen;
- Voor havo is de diepgang verminderd bij de onderwerpen ademhaling en uitscheiding;

- Voor vwo komen ontstaan van leven en transport in planten niet meer terug.

Een aanvullende manier om de programma's passend te krijgen in de ontwerpruimte, is door heel gericht uitwerkingen of concepten te schrappen. Hierbij is zoveel mogelijk gekeken welke biologische kennis (wetenschappelijk) actueel en relevant is in leefwereld, toekomstige studie en beroep. Welke kennis gerelateerd is aan de vraagstukken is hierbij ook richtinggevend geweest.

De advieskring heeft aangegeven zich grote zorgen te maken over de verkleinde ontwerpruimte voor biologie. Deze zorgen hebben te maken met de haalbaarheid van het beoogde programma in de ontwerpruimte en niet met de aansluiting op het vervolgonderwijs. Ze heeft verder aangegeven het te betreuren dat het onderwerp seksualiteit bij biologie verdwijnt.

Aanvullend wil de commissie graag nog wijzen op het volgende: wat betreft uitstroomprofiel zou het logischer zijn als het examenprogramma van vmbo-kb dichter bij vmbo-gl/tl dan bij vmbo-bb zou liggen. Beide leerwegen geven immers toegang tot mbo niveau-4. Maar aangezien vmbo-bb en vmbo-kb evenveel ontwerpruimte hebben en vmbo-gl/tl de helft meer is, is dat niet haalbaar gebleken. De verkenning naar het vmbo, uitgevoerd door het ministerie van OCW, zal kijken naar de positie van leerwegen, profielen en vakken. Daarin zal dit ook moeten worden meegenomen.

natuurkunde



De commissie schat in dat de conceptexamenprogramma's natuurkunde uitvoerbaar zijn binnen de toegekende ontwerpruimte.

Aangezien bij natuurkunde de meeste inhouden verbonden zijn met het domein Concepten, heeft de commissie de inschatting van de ontwerpruimte op de volgende manier uitgevoerd. Voor de inhouden van het domein Concepten hebben de natuurkundeleraren uit de commissie een inschatting gemaakt hoeveel lesuren van 50 minuten daarmee gemoeid zouden zijn. In deze inschatting hebben zij meegenomen dat bij het werken aan deze concepten ook veel andere inhouden, zeker uit de domeinen Denkwijzen en Werkwijzen, aan de orde komen. De resultaten daarvan zijn, per subdomein, zichtbaar in de tabel hieronder. Deze inschatting is in eenheden van 5 uur gemaakt om aan te geven dat de nauwkeurigheid van zo'n inschatting beperkt is. Vervolgens heeft de commissie 10% van de ontwerpruimte gerekend voor inhoud uit de andere domeinen die niet op een eenduidige manier aan de concepten verbonden is, maar wel onderdeel is van het programma. Dit is zichtbaar in de rij '*niet-Concepten*'. Ten slotte is het totaal van stap 1 en 2 vergeleken met de beschikbare ontwerpruimte.

Domein	Subdomein	Vmbo- bb	Vmbo- kb	Vmbo- gl/tl	Havo	Vwo
De aard van de natuurwetenschappen en technologie		§	§	§	§	§
Concepten	Mechanica - Evenwichten	15	20	25	25	-
	Mechanica - Beweging	-	-	20	60	75
	Elektriciteit en magnetisme	25	25	25	20	60
	Stoffen en Materialen	15	15	25	-	-
	Materie en Straling	15	20	20	-	75
	Energievoorziening	15	10	15	25	25
	Automatisering	15	10	15	25	-
	Keuze	10	10	20	30	30
Denkwijzen		¶	¶	¶	¶	¶
Vraagstukken	Vraagstukken	§	§	§	§	§
	Contexten	¶	¶	¶	¶	¶
Werkwijzen	Werkwijzen 1	¶	¶	¶	¶	¶
	Werkwijzen 2	¶	¶	¶	¶	¶
Zelfontwikkeling		§	§	§	§	§
<i>Niet-Concepten</i>		12	12	18	20	29
Ureninschatting totaal		122	122	183	205	294

Gegeven inschattingen zijn in lesuren van 50 minuten

¶: uren (grotendeels) meegenomen in **Concepten**.

§: uren (grotendeels) meegenomen in **Niet-Concepten**.

Zoals te zien is in de tabel, zijn de programma's zoals ze nu zijn opgeleverd uitvoerbaar binnen de ontwerpruimte. De commissie wil wel benoemen dat ze moeilijke keuzes heeft moeten maken om het te laten passen:

- Op vmbo-bb en kb zijn geluid, licht en beweging niet opgenomen als verplichte stof maar als keuze-onderwerp.
- Op vmbo-bb en -kb is maar één keuze-onderwerp opgenomen.
- Vmbo-kb zit veel dichterbij vmbo-bb dan bij vmbo gl/tl.
- Op vmbo-gl/tl is kernfysica niet opgenomen als verplichte stof maar als keuze-onderwerp.
- Op havo bestaat de verplichte stof alleen uit Mechanica en Elektriciteit en is het hele subdomein Materie vervallen als verplichte stof. Een deel hiervan is opgenomen als keuze-onderwerp.
- Op havo en vmbo zijn het doorlopen van een volledige onderzoekscyclus vervallen en op vmbo ook de volledige ontwerp-cyclus.

- Op vwo is de hemelmechanica niet opgenomen als verplichte stof, maar al keuze-onderwerp.

Zie voor meer detail over de achtergronden van deze keuzes paragraaf 2.2.3 na.

De advieskring heeft uitgesproken dat deze beperking in beschikbare tijd voor natuurkunde er vooral voor zal zorgen dat leerlingen minder vlieguren maken en daardoor minder zullen leren abstract te denken. Ook verwachten ze dat een beperking in de uren zal leiden tot minder leerlingen die voor een exacte studie kiezen, en daardoor minder leerlingen die een beroep in natuurwetenschap of techniek zullen kiezen. In de fase van beproeven zal dit nader onderzocht worden.

Wat betreft de differentiatie tussen vmbo-bb en -kb hebben de advieskring en vele anderen er meerdere malen op gewezen dat het qua uitstroomprofiel logischer zou zijn als het examenprogramma van vmbo-kb dicht bij vmbo-gl/tl ligt, beide geven immers toegang tot mbo niveau-4. De commissie sluit zich aan bij deze feedback, maar aangezien vmbo-bb en vmbo-kb evenveel ontwerpruimte hebben en vmbo-gl/tl de helft meer is, is dat niet haalbaar. De verkenning naar het vmbo, uitgevoerd door het ministerie van OCW, zal kijken naar de positie van leerwegen, profielen en vakken. Daarin zal dit ook moeten worden meegenomen.

nlt



De commissie schat in dat de conceptexamenprogramma's nlt uitvoerbaar zijn binnen de toegekende ontwerpruimte. Vanwege het projectmatige karakter van nlt wordt er met behulp van de modules een inschatting gemaakt of het examenprogramma past binnen de gegeven ontwerpruimte. In de huidige praktijk wordt de omvang van modules gemeten in hoeveelheid slu. Daarom is de inschatting door de commissie bij nlt als enige natuurwetenschappelijke vak vanuit slu's gemaakt. In de concept-examenprogramma's van nlt is het uitgangspunt dat er binnen modules wordt gewerkt aan interdisciplinaire vraagstukken. Daarom redeneren we met deze ureninschatting vanuit het domein Vraagstukken.

De commissie heeft per eindterm uit het domein Vraagstukken ingeschat hoeveel slu het behandelen kost, inclusief het werken aan de relevante eindtermen uit de andere domeinen. Er is gerekend met 40 slu per module voor de havo en 36 slu per module voor het vwo. Met deze grootte per vraagstuk is het mogelijk om binnen de gegeven ontwerpruimte voor de havo zeven modules af te ronden en voor het vwo elf modules.

Eindterm	havo per module (slu)	havo totaal (slu)	vwo per module (slu)	vwo totaal (slu)
#14 - natuurwetenschappelijke en maatschappelijke aspecten van vraagstukken	5	35	5	55
#15 - onderzoeken van vraagstukken en ontwerpen van oplossingen	20	140	10	110
#16 - toepassen van theorieën	10	70	16	176
#17 - oplossingen kiezen en onderbouwen	3	21	3	33
#18 - Reflecteren op het werken aan het vraagstuk	2	14	2	22
Totaal	40	280	36	396

De inschatting van de commissie is dat er, gerekend vanuit de tijd per module, voldoende tijd is om alle eindtermen te behandelen en behalen. En dat daarmee gesteld kan worden dat beide conceptexamenprogramma's uitvoerbaar zijn binnen de toegekende ontwerpruimte.



De commissie schat in dat de conceptexamenprogramma's O&O uitvoerbaar zijn binnen de toegekende ontwerpruimte. In de onderstaande tabel staat de tijdsinschatting voor O&O in lesuren van 50 minuten weergegeven. Om de inschatting te maken is er per eindterm van het domein Werkwijzen gekeken hoeveel lesuren het kost om de eindterm te behalen, inclusief de relevante eindtermen uit de andere domeinen.

Eindterm	Havo (lesuur)	Vwo (lesuur)
#18 - Werken aan een project	15	15
#19 - Onderzoeken en ontwerpen bij O&O	40	60
+ concepten in eindterm 5 t/m 8	10	15
#20 - Vragen stellen en problemen definiëren	20	30

#21 - Ontwerpen	15	20
#22 - Onderzoeken	15	20
#23 - Verwerken van data	10	20
#24 - Oplossingen of verklaringen	25	30
#25 - Formuleren van een standpunt	10	15
#26 - Verzamelen en evalueren van informatie	10	15
#27 - Presenteren	5	10
#28 - Communiceren met externen	10	20
#29 - Modellen	5	10
#30 - Verbanden	5	5
#31 - Wiskunde	5	5
Totaal lesuren (50 min)	200	290
Totaal ontwerpruimte in lesuren van 50 min	204	292

Gegeven inschattingen zijn in lesuren van 50 minuten.

De inschatting van de commissie is dat er, gerekend vanuit het domein Werkwijzen, voldoende tijd is om alle eindtermen binnen de verschillende projecten te behandelen en behalen. En dat daarmee gesteld kan worden dat beide conceptexamenprogramma's uitvoerbaar zijn binnen de toegekende ontwerpruimte.

scheikunde



De commissie schat in dat de conceptexamenprogramma's scheikunde uitvoerbaar zijn binnen de toegekende ontwerpruimte. Hieronder volgt een korte toelichting op de schatting of de voorgestelde examenprogramma's uitvoerbaar zijn binnen de gestelde ontwerpruimte. De schatting van het aantal benodigde lessen is weergegeven in tabel 1 en is per (sub)domein weergegeven.

Domein	Subdomein	Vmbo-gl/tl	Havo	Vwo
De aard van de natuurwetenschappen en technologie		5	5	10
Concepten	Materie	25	35	40
	Reacties en processen	16	40	55
	Energie en reactiesnelheid	9	15	20
	Scheidingsmethoden	2	2	5
	Scheiden en analyse	8	13	20
Denkwijzen		5*	5*	10*
Vraagstukken	Leefwereld vraagstukken	50\$	20	15
	Maatschappelijke vraagstukken	10	10	20
	Fundamentele vraagstukken	-	-	15
	Contexten	-	-	-
Werkwijzen	Werkwijzen 1	20	25	30
	Werkwijzen 2	20	20	25
	Werkwijzen 3	5¶	-	-
Zelfontwikkeling		10	10	15
Ureninschatting totaal		185	200	280

Gegeven inschattingen zijn in lesuren van 50 minuten.

*: Bij het inschatten van het aantal lessen bij het domein Concepten is de tijd die daarbij nodig is voor de denkwijzen meegenomen. Er is daarnaast apart tijd geschat bij de Denkwijzen om die te expliciteren voor leerlingen. Het is echter niet de bedoeling dat Denkwijzen los getoetst worden.

\$: in de vraagstukken zit ook tijd opgenomen voor het opdoen van praktische vaardigheden.

¶: apart onderdeel i.v.m. SE-CE verdeling.

De conclusies zijn dat de examenprogramma's net passen in de beschikbare ontwerpruimte bij elke schoolsoort:

- De schatting van de tijd dat de vmbo-leerling praktisch aan het werk is, ligt rond de 40-45% van de ontwerpruimte. Op havo is de geschatte tijd voor practica ongeveer 20% en op vwo 17%.
- De geschatte tijd voor het subdomein Materie is uitgaande van een goed tabellenboek met structuren van vetten en eiwitten, ook voor vmbo (op vmbo kan het minder gedetailleerd dan de binas op havo en vwo). De commissie zal met een voorstel komen voor bijstelling van het tabellenboek.

- Het schrappen van het rekenen in massaverhoudingen bij chemische reacties heeft plaatsgevonden om het vmbo-programma te laten passen in de benodigde ontwerpruimte. Op het vmbo kost dit onderwerp veel tijd, is de inschatting en ervaring van de commissie.

De (verwachte) uitvoerbaarheid zal daarom ook een belangrijk onderzoekspunt van de fase van beproeven zijn.

2.2.6 Aandacht voor doeldomeinen

Het funderend onderwijs heeft een belangrijke functie in het toerusten van leerlingen voor de huidige en toekomstige samenleving. Het beoogt alle leerlingen, ongeacht hun potentie, interesse, ambitie of achtergrond, gelijke kansen te bieden om kennis, vaardigheden en houdingen te ontwikkelen en doelen te bereiken. Dit komt tot uitdrukking in drie doeldomeinen waarop het funderend onderwijs (dus ook in de bovenbouw van het vo) gericht is: kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming.

- **Kwalificatie:** leerlingen realiseren hun potentieel, en kwalificeren zich voor vervolgstudie en beroep.
- **Socialisatie:** leerlingen zijn bekend met culturen en verbinden zich daarmee.
- **Persoonsvorming:** leerlingen doen ervaringen op die aanzetten tot nadenken over zichzelf als persoon in de wereld.

Het gaat hier om drie werkdefinities van doeldomeinen en nadrukkelijk niet om onderwijskundige definities. Deze drie doeldomeinen worden in het onderwijs in onderlinge samenhang gerealiseerd.

Het overkoepelende raamwerk van zes domeinen geeft de commissie de mogelijkheid om een duidelijke plek te geven aan de doeldomeinen. De relatie tussen de doeldomeinen en het gezamenlijke raamwerk ziet de commissie als volgt:

- **Kwalificatie** heeft vooral een plek in de domeinen Concepten, Denkwijzen en Werkwijzen. Hier leren leerlingen denken en werken met de gereedschappen van de natuurwetenschappelijke vakken die ook in vervolgopleidingen en beroepen gebruikt worden.
- **Socialisatie** heeft vooral een plek in de domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie en Vraagstukken. Bij De aard van de natuurwetenschappen en technologie leren leerlingen over twee belangrijke onderdelen van onze maatschappij: (natuur)wetenschap en technologie. Bij het domein Vraagstukken maken zij kennis met grote en kleine maatschappelijke vragen en problemen waarin natuurwetenschap of technologie een rol spelen, alsmede de belangen die daarbij spelen en

mogelijke oplossingen. Ook de eindterm over samenwerking binnen het domein Zelfontwikkeling draagt bij aan socialisatie.

- **Persoonsvorming** heeft vooral een plek in de domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie, Werkwijzen en Zelfontwikkeling. Bij De aard van de natuurwetenschappen en technologie verkennen leerlingen wat wetenschap en technologie voor hen betekenen. In Werkwijzen, specifiek de eindterm over oordelen met argumenten en afwegingen, moeten leerlingen hun eigen mening vormen. In Zelfontwikkeling stellen ze onder andere vragen over wat ze (later) willen.

2.2.7 Samenhang tussen vakken

Bij het maken van de 17 conceptexamenprogramma's is veel aandacht besteed aan de balans tussen enerzijds de afstemming tussen de programma's van de verschillende vakken onderling, en anderzijds de vakspecifieke invulling en herkenbaarheid van zowel de vakeingen al vakoverstijgende delen van elk programma.

De meest in het oog springende afstemming tussen de conceptprogramma's is de gemeenschappelijke architectuur van het raamwerk, waarbij alle programma's bestaan uit dezelfde zes domeinen:

- De aard van de natuurwetenschappen en technologie
- Concepten
- Denkwijzen
- Vraagstukken
- Werkwijzen
- Zelfontwikkeling

Alle domeinen behalve Concepten vertonen sterke overlap tussen de verschillende programma's. De eindtermen in deze domeinen zijn op elkaar afgestemd. Waar mogelijk zijn de eindtermen binnen deze domeinen gelijk en waar nodig vakspecifiek. Verschillen tussen eindtermen zijn dus ook betekenisvol.

Afstemming - biologie en natuurkunde

Er zijn enkele punten waarop de examenprogramma's van biologie en natuurkunde elkaar raken, bijvoorbeeld op het gebied van zintuigen. De invullingen daarvan zijn op dit moment niet zodanig dat de programma's elkaar in de weg zitten of zo dicht bij elkaar liggen dat er verwarring kan optreden.

Afstemming - scheikunde en natuurkunde

Natuurkunde en scheikunde hebben op de volgende manier afgestemd:

- Scheikunde en natuurkunde gebruiken dezelfde formulering voor het beschrijven van atoom- en molecuulbouw op vmbo-gl/tl. Scheikunde voegt hier ionen aan toe.
- Natuurkunde en scheikunde gebruiken op vwo dezelfde terminologie rond atoombouw en bindingen (sk) en quantumfysica (na).
- Gebruik van de termen 'energiedrager' en 'energiebron' zijn afgestemd. De term 'energiedrager' wordt alleen gebruikt voor stoffen die endotherm door de mens zijn gemaakt om later weer energie uit te winnen.
- De term 'energiebron' is een algemenere term, die ook bijvoorbeeld fossiele brandstoffen beslaat.
- De term 'stookwaarde' wordt op verzoek van scheikunde niet gebruikt. Verbrandingswarmte is een alternatief als daar behoefte aan is.
- Op vmbo-gl/tl wordt geen significantie opgenomen.
- Op vmbo volgen scheikunde en natuurkunde bij het gebruik van de wetenschappelijke notatie het wiskundeprogramma. Dat betekent dat leerlingen op vmbo-gl/tl de wetenschappelijke notatie zowel moeten kunnen lezen als gebruiken.

Afstemming nlt en O&O

De examenprogramma's van nlt en O&O bevatten beide in het domein Denkwijzen de eindterm over interdisciplinair redeneren (nlt eindterm 12 en O&O eindterm 16) en binnen het domein Zelfontwikkeling een eindterm over de ondernemende houding (nlt eindterm 33 en O&O eindterm 35). Deze komen niet in de examenprogramma's van de mono-vakken voor. Deze eindtermen zijn tussen beide vaksecties afgestemd.

2.3 Toelichting op concepteindtermen

Wat zijn eindtermen?

Een eindterm is een wettelijk doel, waarin staat beschreven welke kennis, vaardigheden en/of houdingen leerlingen aan het einde van het voortgezet onderwijs minimaal bereikt moeten hebben.

Bij de eindtermen worden verschillende typen doelen uitgewerkt:

- **beheersingsdoelen** - deze beschrijven de te realiseren leeropbrengsten: minimale streefwaarden met betrekking tot kennis, vaardigheden en houdingen;
- **ervaringsdoelen** – deze beschrijven welke inspanning van een leerling wordt verwacht met het oog op ervaringen of expressieve reacties.

In de praktijk is er vaak sprake van een hybride uitwerking van eindtermen: één eindterm bevat zowel een beschrijving van leeropbrengsten als ervaringen.

Hoe zijn eindtermen opgebouwd?

De eindtermen zijn concreter dan in de huidige examenprogramma's. De eindtermen kennen een vaste opbouw:

- **doelzin** - deze omvat het hele doel en begint altijd met 'De leerling'. De doelzin beschrijft de leerinhoud, denkactiviteiten en/of waarneembaar gedrag;
- **uitwerking** – hierin worden de leerinhouden en/of de context verder uitgewerkt. Ook de omstandigheden waarin en de middelen waarmee het leren plaatsvindt kunnen hier een plek krijgen. De uitwerking start altijd met 'Het gaat hierbij om'.

De doelzin en de uitwerking vormen samen een logisch, consistent en afgebakend geheel. Naast de doelzin en de uitwerking zijn illustraties uitgewerkt bij elke eindterm. Deze starten met 'Te denken valt aan'. Omdat alleen de doelzin en de uitwerking een wettelijke status krijgen, moeten de formuleringen daarvan ook zonder de 'Te denken valt aan' te begrijpen zijn.

2.3.1 Handelingswerkwoorden

In het domein Concepten gebruiken alle vakken regelmatig het handelingswerkwoord 'inzicht tonen in' in de doelzin. Inzicht betekent hier kennis van relaties tussen begrippen, feiten en processen (Sol, 2024). De commissie heeft hiervoor gekozen aangezien vakken eigen, favoriete handelingswerkwoorden bleken te hebben. Deze kwamen meer voort uit gegroeide tradities dan uit inhoudelijke verschillen tussen de vakken. 'Inzicht tonen in' is een heel open handelingswerkwoord, omdat er heel veel

verschillende manieren zijn waarop een leerling diens inzicht kan tonen. Dat kan met een verklaring, een berekening, een reactievergelijking, een redenering, enzovoort. In de uitwerking van een eindterm met 'inzicht tonen in' in de doelzin, zal verder worden ingevuld hoe een leerling dit inzicht moet laten zien.

In onderstaand overzicht is aangegeven welke handelingswerkwoorden de commissie veel gebruikt heeft in het domein Concepten, en hoe deze werkwoorden zich tot elkaar verhouden. Hierbij lopen de kolommen van links naar rechts op van lagere orde naar hogere orde van vaardigheden. Zie bijlage 5 voor de betekenis van de handelingswerkwoorden.

<i>Werkwoorden vooral gebruikt voor doelzinnen</i>	Beschrijven	Toepassen	Inzicht tonen
<i>Werkwoorden ook gebruikt voor uitwerkingen</i>	benoemen aanwijzen	vergelijken (be)rekenen opstellen	verklaren analyseren (be)redeneren onderzoeken ontwerpen

Hierbij is het belangrijk om te noemen dat de commissie onderscheid maakt tussen 'beschrijven *dat*' en 'beschrijven *hoe*'. Bij 'beschrijven *dat*' gaat het om het beschrijven van feiten. Bij 'beschrijven *hoe*' gaat het om het beschrijven van processen en relaties tussen feiten. Zo kan 'beschrijven *hoe*' toch gebruikt worden als invulling van 'inzicht tonen'. Een voorbeeld hiervan is eindterm 3 in de conceptexamenprogramma's van biologie en natuurkunde. Hieronder staan de versies vmbo-kb en vmbo-gl/tl naast elkaar. Daarin is te zien dat een leerling op vmbo-kb niet hoeft te beschrijven *hoe* maatschappelijke belangen invloed hebben op natuurwetenschap en technologie, dat wordt alleen op vmbo-gl/tl gevraagd.

Vmbo-kb eindterm 3	Vmbo-gl/tl eindterm 3
De leerling beschrijft hoe natuurwetenschap en technologie worden beïnvloed. (B) <i>Het gaat hierbij om:</i> beschrijven dat maatschappelijke belangen invloed hebben; beschrijven dat natuurwetenschap en technologie elkaar beïnvloeden.	De leerling toont inzicht in hoe natuurwetenschap en technologie worden beïnvloed. (B) <i>Het gaat hierbij om:</i> beschrijven hoe maatschappelijke belangen invloed hebben; beschrijven hoe natuurwetenschap en technologie elkaar beïnvloeden.

Redeneren en beredeneren worden door de commissie in dezelfde betekenis gebruikt. De vorm hangt af van het gebruik in de zin.

Volgens de commissie is het vaak belangrijk dat leerlingen zowel kwalitatief als kwantitatief kunnen werken met een gegeven verband tussen grootheden. De vormeisen van de uitwerking staan echter het gebruik van twee handelingswerkwoorden, bijvoorbeeld zowel 'redeneren' als 'rekenen', niet toe. Daarom is het bij het lezen van de eindtermen in het domein Concepten belangrijk te beseffen dat de commissie veel handelingswerkwoorden in principe zowel kwantitatief als kwalitatief interpreteert. Zie de tabel hieronder voor een indeling. Soms wordt een handelingswerkwoord dat a priori zowel kwalitatief als kwantitatief gebruik vereist, door de eindterm verder ingeperkt. Vergelijk bijvoorbeeld de laatste uitwerking van eindterm 5 voor vmbo-kb en vmbo-gl/tl bij natuurkunde. De toevoeging 'kwalitatief' bij vmbo-kb geeft aan dat het verband tussen druk en kracht niet kwantitatief toegepast hoeft te worden. Op vmbo-gl/tl, waar deze toevoeging ontbreekt, moet dat dus wel.

Alleen kwalitatief	Kwalitatief en kwantitatief	Alleen kwantitatief
Beschrijven	Analyseren	Berekenen
Redeneren	Toepassen	
	Vergelijken	
	Verklaren	

2.3.2 Differentiatie tussen schoolsoorten en leerwegen

De commissie is van mening dat voor ieder vak geldt dat er vooral een grote mate van overeenkomst is tussen de inhouden van alle schoolsoorten en leerwegen. Het gaat immers overal om hetzelfde vak. Het uitgangspunt is dat op iedere schoolsoort/leerweg dat vak volwaardig en relevant wordt ingevuld. Daarom zijn de eindtermen tussen schoolsoorten en leerwegen - net als tussen de verschillende vakken - op elkaar afgestemd. Dat betekent niet dat de eindtermen op verschillende schoolsoorten en leerwegen hetzelfde zijn. De commissie heeft de inhoud van de vakken afgestemd op de specifieke behoeftes en eigenschappen van de verschillende schoolsoorten en leerwegen, zoals ook is weergegeven in de karakteristieken van elk vak. Op grond van deze uitgangspunten komt de commissie voor alle vakken tot de volgende vormen van differentiatie:

- De inhouden van de programma's in de verschillende schoolsoorten en leerwegen passen bij het aansluitend vervolgonderwijs (voor vmbo is dat het mbo, voor havo het hbo en voor vwo het wo).
- Redenerend van vmbo-basis naar vwo nemen abstractie, complexiteit en het wiskundige gehalte toe.

Daarbij verschuift het accent tussen de schoolsoorten en leerwegen:

- van concrete en standaardtoepassingen naar fundamentele en onbekende inhouden;
- van praktische vaardigheden en het ondersteunen van onderzoek naar praktijkonderzoek en vervolgens naar meer fundamentele onderzoeks- of ontwerpvaardigheden en eigen onderzoek en innovatie;
- van praktische leefwereld- en beroepsvraagstukken naar brede mondiale en fundamentele vraagstukken.

De commissie differentieert expliciet niet via een verschuiving van reproductie en benoemen op het vmbo naar inzicht en redeneren op het vwo. Belangrijk is te vermelden dat de differentiatie niet plaatsvindt via het taalgebruik in de eindtermen. De commissie kiest ervoor om eindtermen in alle schoolsoorten en leerwegen zoveel mogelijk in schooltaal te formuleren, dus niet in alledaagse taal of in te academische taal. Uitzondering hierop zijn situaties waarbij academische taal noodzakelijk is om duidelijk te maken wat er precies met een eindterm wordt bedoeld.

Als laatste noemen we dat een eindterm op twee schoolsoorten of leerwegen hetzelfde geformuleerd kan zijn en toch gedifferentieerd kan uitpakken in de praktijk. Dit komt doordat de vakinhoud waar deze identieke eindtermen op moeten worden toegepast verschilt in complexiteit. Bijvoorbeeld de eindterm over het uitvoeren van een praktische activiteit. Deze is voor natuurkunde gelijk van vmbo-bb tot vwo. Maar de onderwerpen waarover die praktische activiteiten kunnen gaan (te vinden in het domein Concepten) verschillen sterk.

biologie



De uitgangspunten bij de differentiatie tussen de schoolsoorten en leerwegen zijn ook beschreven in de karakteristiek. Aanvullend op het hierboven beschreven algemene deel, zijn er nog drie uitgangspunten specifiek voor biologie. Samengevat zijn dat:

1. De breedte van het schoolvak biologie wordt op alle schoolsoorten en leerwegen zoveel mogelijk behouden.
2. Op vmbo hoeven de inhouden grotendeels alleen op het niveau van het organisme te worden beheerst. Op havo en vwo komen daar steeds meer organisatieniveaus bij.
3. De denkwijzen spelen een grotere rol op havo en vwo dan op vmbo, terwijl het omgekeerde geldt voor werkwijzen en vraagstukken.

Zoals al eerder gezegd, wordt er op het niveau van het raamwerk alleen gedifferentieerd met de keuzesubdomeinen voor het vmbo binnen het domein Concepten (zie paragraaf 2.2.3). Bij biologie is de differentiatie tussen

schoolsoorten en leerwegen het meest zichtbaar in de mate van diepgang in het domein Concepten. De commissie heeft dit op een aantal manieren gespecificeerd.

Ten eerste, heeft de commissie zo precies mogelijk geformuleerd tot of op welk organisatieniveau processen begrepen moeten worden. Een voorbeeld hiervan is te vinden in de eindterm over de uitwisseling van stoffen in het subdomein Cellen en meercellige organismen - CE.

Uitwerking voor vmbo	Uitwerking voor havo en vwo
beschrijven hoe vertering een rol speelt bij het opnemen van voedingsstoffen	verklaren hoe vertering en resorptie plaatsvinden op moleculair niveau

In het verlengde hiervan focust de commissie voor havo in sommige gevallen alleen op het begin en einde van processen, waar voor vwo ook inzicht in tussenstappen wordt verwacht. Een voorbeeld hiervan is te vinden in een uitwerking in de eindterm over stofwisseling in het subdomein Cellen en meercellige organismen - CE.

Uitwerking voor havo	Uitwerking voor vwo
benoemen van de substraten, reactieproducten en energieomzettingen bij fotosynthese, voortgezette assimilatie, aerobe en anaerobe dissimilatie	analyseren met behulp van kwalitatieve modellen van omzettingen van energie en materie in stofwisselingsprocessen in cellen

Ten slotte komt een andere manier om diepgang te vergroten of juist te verkleinen voort uit de keuze voor het handelingswerkwoord. Over het gebruik van handelingswerkwoorden binnen de examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken staat meer uitleg in paragraaf 2.3.1.

natuurkunde



Voor natuurkunde heeft de commissie de volgende karakterisering van de schoolsoorten geformuleerd:

Voor vmbo is het uitgangspunt dat de lesstof direct toepasbaar en praktisch relevant is. Leerlingen op het vmbo zijn gebaat bij concreet en tastbaar onderwijs dat aansluit bij de technische vakken waarin ze later een beroep

hopen te vinden. De focus ligt minder op de breedte van het vakgebied, maar juist op specifieke onderwerpen die goed aansluiten bij de praktijk en de beroepsgerichte context waarin ze werken.

Voor havo en vwo is het doel is om leerlingen een stevige basis te bieden in natuurkundige concepten en denkmethoden, zonder hen te overladen met een overvloed aan uiteenlopende onderwerpen. Deze aanpak sluit aan bij de behoefte om leerlingen te voorzien van analytische vaardigheden en een gestructureerde denkwijze die hen voorbereidt op zowel hoger onderwijs als op wetenschappelijke of technische carrières.

Op raamwerkniveau

Zoals hierboven (zie 2.2.3) al genoemd, heeft dit gevolgen voor de subdomeinen uit het raamwerk die daadwerkelijk ingevuld worden binnen ieder examenprogramma.

Op **vmbo-bb en vmbo-kb**, is de ontwerpruimte het kleinst is, en heeft de commissie dus de scherpste keuzes moeten maken. De commissie heeft besloten hier heel expliciet te kiezen voor diepgang op een paar onderwerpen die belangrijk zijn voor de beroepsgerichte profielen en vervolgopleidingen op het mbo. De onderwerpen waarvoor de commissie heeft gekozen zijn: *elektrische schakelingen, (krachten)evenwichten, warmte en stoffen en materialen*. Dit is aangevuld met twee toepassingen die ook vanuit de advieskring veel steun genieten: *energievoorziening en automatisering*.

Op **vmbo-gl/tl** is gekozen om boven op de onderwerpen die op het vmbo-bb en vmbo-kb worden aangeboden, ook *beweging* verplicht op te nemen. Dit omdat bij het beschrijven en analyseren van beweging veel wiskundige vaardigheden vereist worden die leerlingen op vmbo-gl/tl nodig hebben. Ook zijn de complexere natuurkundige problemen waarmee deze leerlingen later in aanraking komen vaak dynamisch. De inhoud uit de eindterm over beweging is het begin van het begrijpen daarvan.

Op **havo** is *mechanica* opgenomen als een onderwerp dat volop de ruimte biedt voor zowel conceptuele als wiskundige diepgang. Hierin komen belangrijke kernconcepten uit de natuurkunde zoals kracht, energie, trilling en golf aan de orde. Deze zijn relevant voor zeer veel vervolgopleidingen in het hbo, van bouwkunde tot autotechniek. *Elektriciteit en magnetisme* is van fundamenteel belang in veel toepassingsgebieden in de natuurkunde, waaronder de twee die in het programma een plek hebben: *energievoorziening* en *automatisering*. De keuze voor diepte én de beperking in de toegekende ontwerpruimte heeft ertoe

geleid dat de commissie gekozen heeft om *materie* niet meer in het verplichte programma op te nemen voor havo.

Op **vwo** is gekozen om drie verplichte eindtermen op te nemen in het subdomein Materie en straling, respectievelijk over kernfysica, atoom- en astrofysica en quantumfysica. Dit omdat deze aansluiten bij de fundamentele oriëntatie van het vwo. De bouw en structuur van materie is immers een belangrijke fundamentele vraag waar de natuurkunde zich mee bezighoudt. In *mechanica* wordt op vwo de nadruk gelegd op de fundamentele verbanden tussen beweging, kracht en energie, in plaats van op de toepassing van krachten. Ook is een eindterm over *elektromagnetisme* toegevoegd, als plek waar leerlingen in contact komen met de fundamentele concepten veld en potentiaal.

Binnen eindtermen

Binnen de eindtermen heeft de commissie gedifferentieerd op praktische invulling. Als een onderwerp op alle schoolsoorten en leerwegen is opgenomen, dan geeft de commissie het praktischer vorm op vmbo-bb en abstracter op vwo. Dit is bij de concepten bijvoorbeeld te zien aan de eerste uitwerking van de eindterm over elektrische schakelingen: vmbo-bb maakt en meet aan schakelingen, vwo analyseert schakelingen. Maar ook binnen de domeinen Denkwijzen en De aard van de natuurwetenschappen en technologie maakt de commissie hier regelmatig gebruik van.

Daarnaast heeft de commissie bij natuurkunde gedifferentieerd op gebruik van wiskunde. Soms is dat in de doelformuleringen van de Concepten te zien. Dan wordt bijvoorbeeld van vmbo-bb geen kwantitatieve redenering verwacht en van de andere schoolsoorten en leerwegen wel. Maar vaak gaat het ook via de verwijzing naar de eindterm over het gebruik van wiskunde en dan vooral de uitwerking over het gebruik van formules. Op vmbo-bb hoeven leerlingen alleen woordformules te gebruiken, op vmbo-kb ook symboolformules. Bij beide hoeven leerlingen formules niet om te kunnen schrijven, maar alleen in te vullen. Op vmbo-tl moeten leerlingen wel formules kunnen omschrijven en moeten ze ook meerdere formules achter elkaar kunnen gebruiken door de uitkomst van de ene formule in te vullen in de andere. Leerlingen hoeven daarbij geen substitutie te kunnen gebruiken. Dat hoeft alleen op havo en vwo. Op vwo komen er vervolgens differentiëren en integreren bij.

nlt



De karakteristiek van nlt beschrijft dat het verschil tussen havo en vwo tot uiting komt in het toepassen van kennis op de havo, tegenover het

onderbouwen met behulp van theorieën en modellen vanuit een breed perspectief op het vwo.

Beide schoolsoorten werken voor nlt aan dezelfde soorten vraagstukken en vwo nog extra aan fundamentele vraagstukken. Het verschil komt voornamelijk tot uiting in de soort activiteiten, die in het havo-examenprogramma anders van aard zijn dan in het vwo-programma. Zo staat alleen in het vwo-programma dat leerlingen modellen en simulaties ontwerpen, waar het in het havo-programma alleen gaat om het gebruiken en aanpassen van bestaande modellen.

De havo- en vwo-examenprogramma's van nlt bevatten dezelfde eindtermen. De differentiatie tussen beide schoolsoorten vindt plaats in de formulering van de eindtermen. Er wordt op eindtermniveau voornamelijk gedifferentieerd binnen de domeinen Vraagstukken en Concepten. Bij de vraagstukken is in eindterm 14 beschreven dat op de havo een probleemanalyse op het raakvlak van ten minste twee disciplines moet plaatsvinden, en voor het vwo verwacht de commissie ten minste drie disciplines. De verwachting is dat hierdoor de complexiteit op het vwo hoger is dan op de havo.

Bij het toepassen van concepten is het eindniveau op de havo dat een leerling uit aangereikte bronnen een selectie moet kunnen maken, terwijl op het vwo van een leerling wordt verwacht dat die zelfstandig bronnen moet kunnen selecteren.

O&O



In de karakteristiek van O&O staat beschreven dat havo- en vwo-leerlingen beide werken aan praktijkonderzoek, maar dat de complexiteit van het project en de mate van ondersteuning het verschil tussen de schoolsoorten typeert.

Binnen het raamwerk van O&O is er geen verschil in eindtermen tussen het havo en het vwo. Beide schoolsoorten hebben dezelfde eindtermen in het examenprogramma van O&O. De differentiatie tussen beide schoolsoorten vindt plaats in de formulering van de eindtermen (doelzin of uitwerking). Het verschil tussen deze twee schoolsoorten is voornamelijk te vinden in de concepten die worden gebruikt tijdens het werken aan projecten. Deze moeten namelijk aansluiten op respectievelijk het hbo- of wo-werkveld.

Daarnaast wordt er in het vwo-examenprogramma een groter beroep gedaan op analytische vaardigheden bij het zien van de relaties tussen de ontwerp- en onderzoeksmethodieken en het toepassen daarvan, namelijk door zelfstandig keuzes te maken voor een passende onderzoeks- en ontwerpmethodiek voor het project.

Ook zit er tussen het havo- en vwo-examenprogramma verschil in de mate van zelfstandigheid. Op een aantal plekken in het havo-examenprogramma is meer ondersteuning beschreven dan in het vwo-examenprogramma. Te denken valt aan hulp bij het contact zoeken met een externe opdrachtgever, hulp bij het betrekken van de relevante disciplines en professionele praktijken, en hulp bij de keuze van adequate onderzoeks- en ontwerpmethodieken.

scheikunde



Voor scheikunde kijkt de vakvernieuwingscommissie als volgt naar de schoolsoorten, zoals beschreven is in de karakteristiek:

Op vmbo-gl/tl leren leerlingen scheikundige inhouden die relevant zijn voor hun leefwereld. Daarnaast dient het als basis voor de toekomstige beroepspraktijk in het mbo-werkveld. Leerlingen komen in aanraking met beroepsbeelden waarin de focus ligt op het uitvoeren van protocollen voor bepalingen van gehalten, concentraties en samenstellingen, en het kritisch beschouwen van deze uitkomsten.

Op het havo leren leerlingen scheikundige inhouden die relevant zijn voor hun leefwereld en de maatschappij. Daarnaast dient het als basis voor de toekomstige beroepspraktijk in het hbo-werkveld. Leerlingen komen in aanraking met beroepsbeelden waarin de focus ligt op praktijkonderzoek, namelijk het optimaliseren en verbeteren van processen, producten en materialen.

Op het vwo leren leerlingen scheikundige inhouden die relevant zijn voor de maatschappij en voor fundamentele vragen. Daarnaast dient het als basis voor de toekomstige beroepspraktijk in het wo-werkveld. Leerlingen komen in aanraking met beroepsbeelden waar de focus ligt op het werken met modellen, het verwerven van kennis en het opstellen van verklaringen.

De gevolgen die deze karakterisering heeft gehad op het raamwerk zijn hierboven beschreven (zie 2.2.3). Binnen de eindtermen heeft de commissie ook op de volgende manieren gedifferentieerd. Op vmbo en havo worden de Denkwijzen alleen als gereedschap gebruikt. Op vwo ook als manier van kijken, aangezien dit aansluit bij het meer fundamentele karakter van het vwo. In

combinatie met de selectie van Denkwijzen en Werkwijzen leidt dit ertoe dat op het vmbo de Werkwijzen belangrijker zijn, op het vwo de Denkwijzen en dat dit op de havo meer in balans is.

Daarnaast worden de concepten op het vmbo minder diep uitgewerkt dan op de havo en het vwo. Bijvoorbeeld omdat deze nodig zijn voor het opstellen van een verklaring, wat op het vmbo minder wordt gevraagd. Voor het vwo gaat dat verder tot aan het grenzen opzoeken van modellen en theorieën. Daarom zijn in het domein Concepten keuzes gemaakt om eindtermen niet op te nemen in het examenprogramma van vmbo-gl/tl, welke bij havo en vwo wel een plek hebben. De eindtermen over interacties, reactiemechanisme en evenwichten zijn niet opgenomen, omdat ervoor is gekozen vmbo-leerlingen geen verklaringen te laten opstellen. Alleen het deeltjesmodel is opgenomen in het vmbo-examenprogramma, omdat dit belangrijk is voor begrip van het denken binnen de discipline chemie over materie en chemische processen (stoffen bestaan uit kleine deeltjes). Een gevolg van deze keuze is dat een aantal eindtermen over systemen, stabiliteit en verandering en vorm, structuur, eigenschap en functie uit het domein Denkwijzen niet zijn opgenomen in het gt/tl-programma.

Een andere keuze heeft te maken met de complexiteit rondom interacties. Deze is voor de vakvernieuwingscommissie een reden geweest om op het vmbo niet de eindterm over interacties op te nemen in het examenprogramma. De complexiteit vergt voor vmbo veel qua tijd en abstractheid, terwijl vanuit de differentiatie gezien accenten worden gelegd op practica, praktisch werken en minder op theorie. De advieskring kon zich vinden in deze argumentatie voor het vmbo.

2.3.3 Aandacht voor beheersing en ervaringen

De conceptexamenprogramma's bevatten eindtermen met verschillende soorten doelen. De meeste eindtermen zijn geformuleerd als een beheersingsdoel, sommige eindtermen richten zich op ervaringen. Ook zijn er eindtermen die beide elementen in zich hebben: de hybride eindtermen. Dit is in de eindtermen weergegeven met respectievelijk een B, een E of een H.

Eindtermen met een ervaringscomponent komen vooral voor in de Domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie, Vraagstukken en Zelfontwikkeling. Deze ervaringsdoelen zorgen ervoor dat de breedte van het curriculum van de natuurwetenschappelijke vakken goed wordt geborgd en er voor zowel kwalificatie, socialisatie als persoonsvorming voldoende ruimte is in de vakken.

2.3.4 Aandacht voor kennis en vaardigheden

Kennis, vaardigheden en houdingsaspecten komen in alle programma's terug. Kennis komt vooral terug in de eindtermen in de domeinen Concepten, Denkwijzen en Vraagstukken. Vaardigheden staan vooral in domein Werkwijzen en houding speelt een belangrijke rol in het domein Zelfontwikkeling.

Voor de vaardigheden is een selectie gemaakt uit de vaardigheden zoals ingedeeld en beschreven in de handreiking *Vaardigheden in het landelijke curriculum* (Sol & Visser, 2023). Zij zitten op verschillende manieren verweven in de examenprogramma's:

- De denkvaardigheden - analytisch, kritisch en creatief denken - zijn niet als zodanig opgenomen in aparte eindtermen door de aard van natuurwetenschappelijke vakken. Analytisch en kritisch denken zijn overal in de natuurwetenschappelijke vakken essentieel: bij het waarnemen, begrijpen en verklaren van situaties om ons heen. De denkvaardigheden komen dus overal in de eindtermen aan de orde. Vaak zijn ze herkenbaar via handelingswerkwoorden als 'analyseren' en 'oordelen', maar ook niet altijd.
- In het domein Werkwijzen zijn specifieke praktische en procesmatige stappen opgenomen die bijdragen aan of een rol spelen in de samengestelde vaardigheden onderzoeken en ontwerpen. De commissie heeft gekozen om deze te splitsen in herkenbare fasen analoog aan NGSS (National Research Council, 2012).

2.3.5 Aandacht voor gecijferdheid

Werkwijzen

De aandacht voor gecijferdheid is vooral zichtbaar in de afstemming met wiskunde. Bij drie eindtermen uit het domein Werkwijzen is expliciet afstemming gezocht met de examenprogramma's wiskunde, zowel met de conceptexamenprogramma's voor het vmbo als de programma's wiskunde natuur - N&G (en niet N&T, zie hieronder) voor havo en vwo. Het gaat om de eindtermen over verwerken en analyseren van data, over het weergeven en interpreteren van verbanden en over het gebruiken van wiskunde.

Afstemming natuurkunde - wiskunde

Voor het gebruik van wiskunde bij natuurkunde is het belangrijk dat de betreffende wiskundige vaardigheid daadwerkelijk bij het wiskundeprogramma hoort.⁵ Dit heeft de commissie gecontroleerd voor de wiskundige vaardigheden die

⁵ Een heel belangrijke praktische voorwaarde hierbij is ook dat de vaardigheid in kwestie bij wiskunde wordt behandeld voordat deze bij natuurkunde gebruikt wordt. Dat valt echter buiten het examenprogramma. Het staat docenten vrij de stof uit het examenprogramma in iedere volgorde te behandelen. Hier zullen op scholen afspraken over gemaakt moeten worden tussen secties.

zij in het programma wilde opnemen. De commissie is daarbij voor de havo en het vwo uitgegaan van het programma wiskunde natuur - N&G (en niet N&T). Zodat ook leerlingen met een N&G-profiel en natuurkunde als profielkeuzevak, de bij natuurkunde benodigde wiskunde bij wiskunde leren. Voor vmbo is de commissie uitgegaan van wiskunde (wiskunde 1,2) (en niet van gecijferdheid (wiskunde 1), omdat dit verplicht is in alle profielen waar natuurkunde kan worden gekozen. Dit heeft er bijvoorbeeld toe geleid dat het omschrijven van formules niet is opgenomen op vmbo-kb, omdat het ook niet in het wiskundeprogramma zit.

Daarnaast heeft de commissie ook actief met de commissie wiskunde besproken of zij vaardigheden hebben opgenomen die natuurkunde wellicht zou kunnen gebruiken. Dat was vooral het geval bij het redeneren met verbanden. Dat heeft nu een stevigere plek in de wiskundeprogramma's van havo en vwo dan in het verleden. De commissie heeft dit dus ook in het natuurkunde programma een stevige plek kunnen geven.

Dit speelde ook bij differentiaalvergelijkingen, die voor vwo zijn opgenomen in het conceptexamenprogramma wiskunde natuur - N&G. De commissie ziet er de meerwaarde van in om leerlingen bij natuurkunde op het vwo kennis te laten maken met het gebruik van differentiaalvergelijken. Het zijn immers heel krachtige instrumenten binnen de natuurkunde. De commissie vond het alleen niet wenselijk dat leerlingen afgerekend zouden worden op het wel of niet kunnen oplossen van differentiaalvergelijkingen. Daarom is besloten om differentiaalvergelijkingen voor het vwo op te nemen in een ervaringsdoel.

Afstemming scheikunde - wiskunde

Voor het gebruik van wiskunde bij scheikunde is het belangrijk dat de betreffende wiskundige vaardigheid daadwerkelijk bij het wiskundeprogramma hoort. Dit heeft de commissie gecontroleerd voor de wiskundige vaardigheden die zij in het programma wilden opnemen. De commissie is daarbij uitgegaan van het conceptexamenprogramma wiskunde natuur - N&G (en niet N&T), zodat ook leerlingen met een N&G-profiel de bij scheikunde benodigde wiskunde bij wiskunde leren.

Daarnaast heeft de commissie ook actief besproken met de commissie wiskunde of zij vaardigheden hebben opgenomen die scheikunde wellicht zou kunnen gebruiken. Dat was vooral het geval bij het redeneren met verbanden. Verbanden zijn in dit geval relaties tussen grootheden. Het onderwerp verbanden heeft nu een stevigere plek in de wiskundeprogramma's van havo en vwo dan in het verleden, en heeft de commissie dus ook in het scheikunde-programma een stevige plek kunnen geven. In het keuzeonderwerp

procestechnologie (vwo) is het mogelijk dat leerlingen in aanraking komen met differentiaalvergelijkingen.

2.3.6 Aandacht voor burgerschap

Burgerschap heeft binnen de natuurwetenschappelijke vakken vooral een plek in de maatschappelijke vraagstukken. Hierin valt het beschouwen van verschillende perspectieven op maatschappelijke vraagstukken. Binnen de natuurwetenschappelijke vakken hebben deze vraagstukken altijd een natuurwetenschappelijke of technologische component. Bij de eindtermen in het domein Vraagstukken komt burgerschap duidelijk naar voren. Leerlingen moeten belangen inventariseren en moeten betekenis geven aan oplossingen voor henzelf en anderen, of daarop reflecteren en daarbij onder andere maatschappelijke argumenten afwegen.

In het domein Werkwijzen is een eindterm opgenomen over het formuleren van een eigen standpunt.

2.3.7 Aandacht voor geletterdheid

Naast het gebruik van eigen concepten, formules, symbolen, grootheden en eenheden is gebruik van taal in de natuurwetenschappelijke schoolvakken niet meer dan logisch. Een goede algemene taalbeheersing en beheersing van de vaktaal is immers noodzakelijk voor zowel begripsontwikkeling als voor het formuleren van precieze en gestructureerde redeneringen.

Zichtbare aandacht voor geletterdheid is er bij de volgende inhouden:

- Taalondersteuning op vmbo-bb en -kb bij het formuleren van een standpunt;
- Het gebruik van woordformules in plaats van symbolen bij natuurkunde op vmbo-bb;
- Het opstellen van redeneringen en het gebruik van argumenten met behulp van denk- en werkwijzen;
- Het redeneren over verklaringen en formuleren van standpunten in het domein werkwijzen;
- Het omgaan met en geven van feedback in het domein zelfontwikkeling.

2.3.8 Aandacht voor digitale geletterdheid

De eindtermen over de aard van de technologie hebben veel overeenkomsten met het kerndoel *digitale technologie, de samenleving en de wereld* van het leergebied *digitale geletterdheid*. Maar de meeste aandacht voor digitale geletterdheid zit in het domein Werkwijzen. Dit is zichtbaar in de eindtermen over modellen, data, communiceren van informatie, iteratief onderzoeken en ontwerpen en het gebruiken van digitale instrumenten. Bij natuurkunde is automatisering als eindterm voor alle schoolsoorten en leerwegen opgenomen in

het domein Concepten - in het verplichte programma voor vmbo en havo en in de keuzeruimte voor vwo.

2.3.9 Aandacht voor diversiteit en inclusiviteit

De werkopdracht verbindt aandacht voor diversiteit en inclusiviteit aan het bevorderen van kansengelijkheid. Het beoordelingskader is hiertoe aangedragen door de Wetenschappelijke Curriculumcommissie (Ağırdağ et al., 2021) en bevat negen criteria die de vakvernieuwingscommissie tijdens het ontwikkelproces heeft gebruikt:

1. *Zijn de drie doeldomeinen uit de rationale aanwezig?*
In paragraaf 2.2.6 is beschreven hoe de doeldomeinen tot uiting komen in de natuurwetenschappelijke examenprogramma's.
2. *Zijn de doelen concreet beschreven?*
In de conceptexamenprogramma's zijn de vaardigheden en ervaringen concreter beschreven dan in de huidige examenprogramma's. Ze staan nu voornamelijk in het A domein en komen in het nieuwe raamwerk terug in vijf van de zes de domeinen. Ook zijn de eindtermen concreter geformuleerd dan in de geldende examenprogramma's, namelijk met een uitwerking en toelichting.
3. *Is het curriculum inclusief?*
In de examenprogramma's wordt bij eindtermen in diverse domeinen gevraagd om een situatie vanuit verschillende perspectieven te bekijken. Bijvoorbeeld bij de eindterm in domein Werkwijzen over formuleren en onderbouwen van een standpunt, en bij het werken aan Vraagstukken of bij De aard van de natuurwetenschappen en technologie waar het gaat over het beïnvloeden van natuurwetenschap en technologie.
4. *Is er expliciete aandacht voor de ontwikkeling van kennis en van metakennis over leren en studeren?*
Binnen het domein De aard van de natuurwetenschappen en technologie is er aandacht voor hoe wetenschappelijke en technologische kennis tot stand komt en hoe deze kennis zich verhoudt tot de maatschappij. Deze inhouden dragen bij het aan het expliciteren van de sociale dynamiek rondom het tot stand komen van kennis. Daarbij wordt er in het domein Zelfontwikkeling aandacht besteed aan LOB en het reguleren van het eigen leerproces.
5. *Is er ruimte voor meertaligheid?*
Binnen de eindterm *gebruiken en communiceren* spreekt de commissie over communicatievormen waarbij de taal niet wordt voorgeschreven en daarmee bijvoorbeeld de mogelijkheid bieden dat dit een presentatie in Nederlandse gebarentaal is.
6. *Is er sprake van doorlopende, afgestemde leerlijnen?*
De examenprogramma's zijn afgestemd op de conceptkerndoelen

(paragraaf 2.2.4) en bouwen daarop voort. Ook is er afstemming tussen de schoolsoorten en leerwegen vanuit een gezamenlijk raamwerk.

7. *Is er ontwerpruimte voor scholen?*

Binnen het domein Vraagstukken is er veel ruimte voor scholen om eigen accenten aan te brengen en daarmee aan te sluiten op de behoeften van de eigen leerlingpopulatie.

8. *Zijn er keuzemogelijkheden voor leerlingen?*

Er zijn binnen de conceptexamenprogramma's van biologie, natuurkunde en scheikunde keuzedomeinen of keuze-eindtermen opgenomen in het examenprogramma. Het is aan het bevoegd gezag of deze de mogelijkheid tot keuze ook bij de leerlingen zelf komt te liggen. Binnen de examenprogramma's van nlt en O&O blijft veel ruimte voor eigen inrichting.

9. *Is het curriculum werkbaar/uitvoerbaar voor scholen en voor leerlingen?*

Bij de vakvernieuwingscommissie is overladenheid van het curriculum een van de speerpunten geweest bij het ontwikkelen van de examenprogramma's. In paragraaf 2.2.5 is per schoolvak uitgewerkt welke keuzes zijn gemaakt. Tijdens de fase van beproeven is de mate van uitvoerbaarheid een van de onderzoeksvragen.

2.3.10 Aandacht voor oriëntatie op jezelf, studie en beroep

In een examenprogramma staat wat de leerling moet kennen en kunnen. Dat betekent dat we in het examenprogramma niet spreken van LOB maar van datgene dat de leerling doet: oriënteren op studie en beroep. LOB wordt door de school georganiseerd en vormgegeven.

Leerlingen doen binnen en buiten school ervaringen op, leren in contact met anderen (jong en oud) betekenis te geven aan deze ervaringen en leren weer verder. Ze krijgen zicht op hun kwaliteiten en mogelijkheden, ze ontdekken een nieuwe, andere wereld en leren op deze manier keuzes te maken. Voor oriëntatie op studie en beroep zijn drie zaken belangrijk:

- Weten wie je bent, wat je mogelijkheden zijn en wat je interesseert.
- Oriëntatie op de volgende stap: profiel, vervolgstudie, beroepen, sectoren en de vraagstukken die daar spelen.
- Gefundeerde keuzes maken op basis van overlap tussen je motieven, interesses, kwaliteiten en mogelijkheden.

Oriëntatie op studie en beroep wordt in elk conceptexamenprogramma uitgewerkt in een eigenstandige eindterm en zoveel mogelijk verbonden met vakinhouden. De concepteindterm LOB is een ervaringsdoel. Dat wil zeggen dat er van leerlingen een inspanning wordt gevraagd met een bepaald oogmerk, en dat zij ook kennis nodig hebben om op de opgedane ervaringen te kunnen

reflecteren in het kader van hun toekomstige loopbaan. De concepteindterm LOB is niet opgenomen in een apart (leeg) domein, zoals in veel huidige examenprogramma's wel het geval is. Het is daarentegen opgenomen in een passend domein en subdomein. Voor de natuurwetenschappelijke vakken is dat het domein Zelfontwikkeling.

2.4 Toelichting op SE-CE-verdeling en wijzen van afsluiting

Wat is een SE-CE-verdeling?

Voor vakken met een schoolexamen (SE) en centraal examen (CE) doet de vakvernieuwingscommissie een voorstel voor de verdeling van inhouden over school- en centraal examen. Elk bepalen ze 50 procent van het eindcijfer voor het vak. Uitgangspunt is de eigenstandige, gelijkwaardige en complementaire positie van SE en CE in de diplomabeslissing, op basis waarvan de inhoudsverdeling zo veel mogelijk:

- evenwichtig is qua omvang over SE en CE (overeenkomstig de weging);
- uniek toewijst aan ofwel SE ofwel CE;
- op het niveau van domeinen en subdomeinen plaatsvindt.

2.4.1 Uitgangspunten vanuit bedoeling, inhouden en omvang

Nlt en O&O kennen geen CE en dus wordt alles afgesloten via SE. De rest van deze paragraaf is daarom alleen op biologie, natuurkunde en scheikunde van toepassing.

Bij deze drie vakken zijn de domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie, Vraagstukken (op de ene eindterm in het subdomein Contexten na) - en Zelfontwikkeling in hun geheel onderdeel van het SE. Deze domeinen bevatten namelijk hybride- dan wel ervaringsdoelen. Daardoor zijn deze domeinen niet geschikt zijn voor centrale toetsing. Ook een aantal eindtermen uit het domein Werkwijzen zijn alleen onderdeel van het SE. Dit omdat ze dan wel door hun praktische karakter, dan wel door hun subjectieve karakter, niet geschikt zijn voor gecentraliseerde schriftelijk toetsing. Het gaat hierbij om de eindtermen over vragen stellen en problemen definiëren, uitvoeren van een praktische activiteit, oordelen met argumenten en afwegingen, verkrijgen, evalueren en communiceren van informatie en iteratief onderzoeken en ontwerpen. Dit is het subdomein Werkwijzen 1 (bij biologie Werkwijzen SE).

De overige eindtermen uit het domein Werkwijzen, uit het subdomein Werkwijzen 2 (bij biologie Werkwijzen SE-CE), en alle eindtermen uit domein Denkwijzen, zijn zowel onderdeel van het CE als het SE. Dit omdat deze wel op het CE kunnen worden getoetst, en bij zowel concepten die aan het CE als aan het zijn SE toegewezen, moeten kunnen worden ingezet. Denk hierbij aan de

eindterm over het gebruik van wiskunde in het domein Werkwijzen of de eindterm over oorzaak en gevolg in het domein Denkwijzen. Ook de eindterm in het subdomein Contexten moet ingezet kunnen worden bij zowel SE- als CE-concepten, en is dus aan zowel SE als CE toegekend.

biologie



De commissie is op de volgende wijze tot de verdeling van inhoud en over SE en CE gekomen, die gelijkwaardig en eigenstandig aan elkaar zijn.

Bij biologie zijn Concepten en Vraagstukken de domeinen waaruit bijna alle andere inhoud en uit het examenprogramma worden verbonden. Om tot een gelijkwaardig SE en CE te komen moest er, in aanvulling op wat er hierboven al is beschreven voor het SE, ook nog een deel van het domein Concepten aan het SE worden toegewezen. Aangezien bij biologie concepten doorgaans sterk samenhangen, is daarin een logische knip maken eigenlijk onmogelijk. De commissie heeft voor de het toewijzen van concepten aan het SE twee uitgangspunten gehanteerd. Concepten worden aan het SE toegewezen wanneer deze:

1. 'als vanzelf' aan het domein Vraagstukken te verbinden zijn;
2. nog enigszins als 'los onderwerp' aan te leren zijn.

Naast bovenstaande uitgangspunten schrijft de werkopdracht voor dat keuzeonderdelen in de examenprogramma's altijd aan het SE worden toegewezen.

Het schoolexamendeel in de conceptexamenprogramma's biologie start vanuit het domein Vraagstukken. De eindtermen van dit domein worden verbonden met bijna alle andere eindtermen (en domeinen) die aan het SE zijn toegewezen. Dit is al toegelicht in paragraaf 2.2.3. Vanuit het domein Concepten komen daar nog de volgende inhoud en bij:

- voor alle leerwegen op vmbo; de keuzesubdomeinen en ordening;
- voor havo en vwo; ecologie*, ordening, transport van stoffen, uitwisseling van stoffen, reproductie, afweer** en gedrag.

Bovenstaande toewijzing van inhoud en aan het SE is naast de ureninschatting gelegd (paragraaf 2.2.5). Op basis daarvan en in overleg met de toetsdeskundigen, is besloten om voor havo en vwo afweer zowel aan SE als CE toe te wijzen (**). Ook is besloten voor vwo een deel van ecologie ook aan SE en CE toe te wijzen (*).

Het CE-deel in de conceptexamenprogramma's biologie start vanuit het domein Concepten. In de subdomeinen van dit domein die aan het CE zijn toegewezen, worden de andere eindtermen die aan het centraal examen zijn toegewezen verbonden. Dit zijn alle Denkwijzen en een deel van de Werkwijzen.

Advies centrale toetsing

De commissie heeft één alternatief voor centrale examinering overwogen:

- Een centraal praktisch examen voor alle leerwegen op het vmbo. Dit zou de mogelijkheid geven om ook praktische vaardigheden op het CE op te nemen en het CE zou daarmee een vollediger beeld van het vak geven.

Uiteindelijk is, mede in overleg met Stichting Cito en CvTE, besloten dat deze aanpassing niet nodig is. Praktische vaardigheden kunnen ruimschoots in het SE worden getoetst. En de inhouden die momenteel in de conceptexamenprogramma's van het vmbo staan lenen zich volgens de commissie ook niet goed voor een centraal praktisch examen dat op één moment kan worden afgenomen. Aangezien dit voorstel wel extra logistieke complexiteit met zich meebrengt, heeft de commissie uiteindelijk besloten dat de kosten niet opwegen tegen te baten en om deze verandering dus niet te adviseren.

natuurkunde



De commissie is op de volgende wijze tot de verdeling van inhouden over SE en CE gekomen, die gelijkwaardig en eigenstandig aan elkaar zijn.

Aangezien Concepten voor natuurkunde het domein is van waaruit veel van de andere inhouden uit het examenprogramma worden verbonden, heeft de commissie in eerste instantie bij iedere schoolsoort en leerweg een verdeling van de concepten over CE en SE gemaakt. Hierin heeft de commissie met een aantal zaken (in afnemende prioriteit) rekening gehouden:

1. De keuzeruimte moet aan het SE worden toegewezen omdat het CE landelijk vastligt.
2. Eindtermen waarin praktisch activiteiten noodzakelijk zijn, zijn aan het SE toegewezen, bijvoorbeeld Automatisering op vmbo-kb.
3. Eindtermen die een voorkennisfunctie hebben voor een andere eindterm die aan het CE is toegewezen, zijn niet aan het SE toegewezen. Op vmbo-gl/tl zijn bijvoorbeeld Elektriciteit en magnetisme, en Materie en straling - over warmte - toegewezen aan het CE en Energievoorziening aan het SE. Andersom had niet gekund omdat elektriciteit en warmte voorkennis zijn voor Energievoorziening.

4. De commissie heeft zoveel mogelijk verwante subdomeinen beide of aan het SE of aan het CE toegewezen. Zo zijn bijvoorbeeld op vwo de verwante subdomeinen Elektriciteit en magnetisme enerzijds en Energievoorziening anderzijds beide aan het SE toegewezen
5. De commissie heeft geprobeerd op zowel het CE als het SE een mix van nieuwe en oude eindtermen te hebben, zodat er geen situatie ontstaat van een vernieuwd SE en een onveranderd CE. Zo is bijvoorbeeld Energievoorziening op havo aan het CE toegekend als nieuw onderwerp.

Advies centrale toetsing

De vaksectie natuurkunde heeft twee verschillende alternatieven voor Centrale Toetsing overwogen:

- Een centraal praktisch examen voor alle schoolsoorten en leerwegen, behalve het vwo. Dit zou de mogelijkheid geven om ook praktische vaardigheden op het CE op te nemen, en het CE zou daarmee een vollediger beeld van het vak geven.
- Een beperkt aantal onderdelen, 2 of 3, laten roteren tussen SE en CE. Over deze onderwerpen hoeven dan maar eens in de zoveel jaar examenvragen bedacht te worden. Daardoor zouden onderwerpen waarover niet jaar-in-jaar-uit verschillende vragen gesteld kunnen worden toch aan het CE toegekend kunnen worden.

Uiteindelijk is besloten, ook in overleg met Stichting Cito en CvTE, dat deze aanpassingen niet nodig zijn voor een goed en representatief Centraal Examen natuurkunde. Aangezien beide voorstellen wel extra logistieke complexiteit met zich meebrengen, heeft de commissie uiteindelijk besloten dat de kosten niet opwegen tegen te baten en om deze veranderingen dus niet te adviseren.

scheikunde



De commissie is op de volgende wijze tot de verdeling van inhoud over SE en CE gekomen, die gelijkwaardig en eigenstandig aan elkaar zijn.

Scheikunde is een concentrisch vak en dat maakt de SE-CE-verdeling complex. Veel concepten zijn met elkaar verbonden en zijn verdeeld over veel schaalniveaus (van atomair tot aan de zichtbare wereld). Wil een leerling iets beschrijven en verklaren, dan is er een deel van concepten nodig of worden deze impliciet meegenomen of verondersteld, zoals molecuulbegrip, reactievergelijkingen en interacties. Een SE-CE-verdeling maken door een knip in het domein Concepten te maken is niet goed mogelijk, omdat dan de situatie kan ontstaan dat concepten die aan het SE zijn toegewezen, ook in het CE nodig zijn. Bij scheikunde moeten SE-onderdelen worden gezien als een verdieping

van CE-onderdelen, of als een situatie waarin de CE-onderdelen worden toegepast. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

1. De (keuze)vraagstukken behoren tot het SE.
2. Eindtermen waarin praktisch activiteiten noodzakelijk zijn, worden aan het SE toegewezen, tenzij er sprake is van een CPE. Bijvoorbeeld het domein Vraagstukken en de werkwijzen *plannen* en *uitvoeren* op havo en vwo.
3. Eindtermen die een voorkennis-functie hebben voor een andere eindterm die aan het CE is toegewezen, bijvoorbeeld de eindterm over interacties en chemische processen, worden aan het CE toegewezen.
4. Als er begrippen noodzakelijk zijn als kennis voor het CE, bijvoorbeeld omdat ze zo breed gebruikt worden dat ze bij heel veel mogelijke examenopgaven aan de orde zijn, dan worden die toegewezen aan het CE. Het betreft begrippen opgedaan in de onderbouw die als bekend worden verondersteld in de bovenbouw. De eindterm over scheidingsmethoden is hier een voorbeeld van.

Omdat de commissie voor scheikunde vmbo-gl/tl een centraal praktisch examen voorstelt, zijn hier inhouden onderdeel van het CE die in alle andere vakken en schoolsoorten onderdeel zijn van het SE. Het gaat om een gedeelte van de Vraagstukken en de Werkwijzen in subdomein Werkwijzen 1.

Advies centrale toetsing

De commissie adviseert om scheikunde havo en vwo af te sluiten met een centraal schriftelijk examen (CSE), gelijk aan de huidige situatie, en op het vmbo met een CSE en een centraal praktisch examen (CPE). In bijlage 8 wordt deze keuze voor een CPE verder beargumenteerd.

Eerste stap naar een gewenst scenario (3-5 jaar)

Voor de korte termijn stelt de vakvernieuwingscommissie scheikunde het volgende voor:

- Neem een school praktisch examen (SPE) in het schoolexamen op. Het kent SPE een gelijke uitvoering als het gewenste CPE.
- Het voorstel is om het SPE een weging te geven van 40% in het schoolexamen. Dit is niet voorschrijvend maar adviserend, gezien dat het schoolexamen aan de scholen is. Daarmee is de weging van het SPE even groot in het eindcijfer (20%) als in de situatie dat er een CPE is. Tijdens de fase van beproeven zal met scholen verder worden onderzocht hoe dit vormgegeven kan worden, zodat dit in handreikingen verder kan worden uitgewerkt.
- Gebruik het SPE als mogelijkheid om met enkele scholen en in nauwe samenwerking met voor CvTE/Stichting Cito te gebruiken om een

betrouwbaar CPE te ontwikkelen. Daarnaast kan deze situatie als scholing voor leraren dienen.

- Organiseer met het veld (leraren en lerarenopleiders) momenten waarop gesproken wordt over de betrouwbaarheid van een praktisch examen, zoals de beoordeling middels een tweede paar ogen.
- Beproof het CPE in de fase van beproeven.
- Laat de syllabuscommissie de eindtermen die behoren bij het CPE specificeren, ten behoeve van de ontwikkeling van SPE naar CPE.
- Evalueer met leerlingen, leraren, schoolleiders, lerarenopleiders, CvTE en Stichting Cito de ontwikkeling, organisatie, toetskwaliteit en betrouwbaarheid van de toets. Beoordeel op basis van een toetsing van de uitgangspunten, de opgedane ervaringen en de uitkomst van de verkenning, of er voldoende vertrouwen is om een valide, betrouwbaar en uitvoerbaar CE in te voeren. Beslis op basis van deze gezamenlijke evaluatie over de invoering van het CPE.

Gewenst scenario (8-10 jaar)

Voor de langere termijn stelt de commissie het volgende voor:

- Besluit op basis van een evaluatie en uitvoeringstoets om een CPE in te voeren voor scheikunde op het vmbo.
- Organiseer scholing voor leraren.
- Stel een roulatieschema vast voor CPE-vraagstukken voor de komende jaren.

2.4.2 Adviezen over passende wijzen van afsluiting

In deze paragraaf adviseert de vakvernieuwingscommissie hoe de voorgestelde wijzen van afsluiting (voor alle vakken het SE, voor biologie, natuurkunde en scheikunde ook een schriftelijk CE en voor scheikunde vmbo-gl/tl bovendien een praktisch CE) passend vormgegeven kan worden. Dit dient als advies aan CvTE en Stichting Cito voor de vormgeving van het CE, en aan scholen voor het SE.

Denkwijzen

Hoewel de denkwijzen nu meer geëxpliciteerd zijn in de examenprogramma's, verwacht de commissie niet dat deze ook los van de vakinhoud getoetst worden. De commissie adviseert wel om specifieke vragen te stellen waar leerlingen redenties moeten geven waarin denkwijzen herkenbaar naar voren komen.

Het schoolexamen

De afsluiting van het schoolexamen biedt bij elk vak kansen voor maatwerk per inhoud. Het SE biedt ruimte voor een eigen gezicht. Het SE kan bijvoorbeeld ingericht worden aan de hand van het domein Vraagstukken. Het SE gaat dan om grotere, complexere situaties die zich lenen voor practica, onderzoeken,

ontwerpen, modelleren, redeneren en oordelen. Het SE biedt ruimte voor afsluitende onderzoeks- of ontwerp opdrachten. In het SE kan ook de samenhang met andere vakken en leergebieden gerealiseerd worden. Het is aan de school om de wijze van afsluiting te kiezen die het beste past bij de inhoud, de situatie van de school en de leerlingen.

biologie



Voor biologie wil de commissie de volgende aanvullende adviezen meegeven voor de examinering:

- De commissie stelt voor dat in het SE aan Vraagstukken wordt gewerkt. In deze Vraagstukken kunnen in ieder geval alle andere SE-inhouden een plaats krijgen en ook een aantal CE-inhouden.
- De commissie heeft in het examenprogramma expliciet opgenomen dat leerlingen, op zowel CE als SE, biologische concepten in contexten moeten kunnen toepassen. Daarom adviseert de commissie ook om de CE contextrijk te houden. Om de taligheid van de examens te beperken is het wel mogelijk om een gedeelte van de opgaven contextloos vorm te geven.
- De commissie legt bij biologie bewust niets vast over de aard van de contexten, maar ziet voor zich dat de contexten doorgaans gerelateerd kunnen worden aan een vraagstuk over gezondheid, voedselproductie of natuur.
- De commissie ziet voor zich dat op alle schoolsoorten en leerwegen leerlingen gebruik mogen maken van een informatiekatern, zodat er vooral op inzicht in plaats van op reproductie kan worden getoetst.
- De commissie adviseert verder om te onderzoeken of de zittingsduur aanpassing behoeft. Enerzijds is de totale omvang van de vakken afgenomen en is ook het CE-gedeelte daarvan verkleind. Anderzijds worden de Werk- en Denkwijzen nadrukkelijker vormgegeven en wordt een informatiekatern geadviseerd. Welke duur per schoolsoort en leerweg precies wenselijk is, is voor de commissie lastig in te schatten.

natuurkunde



Voor natuurkunde wil de commissie de volgende aanvullende adviezen meegeven voor de examinering:

- De commissie ziet voor zich dat het SE zeker ook een praktische component heeft. Dit is volgens de commissie nodig om de verschillende praktische vaardigheden te toetsen die in het examenprogramma zijn opgenomen.

- De commissie heeft in het examenprogramma expliciet opgenomen dat leerlingen, op zowel CE als SE, natuurkundige concepten in contexten moeten kunnen toepassen. Daarom adviseert de commissie ook om het CE contextrijk te houden. Op havo en vwo adviseert de commissie om de examens geheel in context te houden, zoals nu ook het geval is. Voor vmbo adviseert de commissie om ook een gedeelte van de opgave contextloos vorm te geven, met name in het kader van het beperken van de taligheid van de examens. Het percentage contextloze opgaven kan dan worden afgebouwd van vmbo-bb tot vmbo-gl/tl.
- De combinatie van een beperking van zowel de toegewezen totale tijd als het percentage daarvan dat op het CE getoetst wordt, zorgt ervoor dat de hoeveelheid stof die op het CE getoetst wordt voor alle schoolsoorten en leerwegen kleiner is dan nu het geval is. De commissie schat daarom in dat een kortere zittingsduur van het CE-natuurkunde voldoende is om een examen vorm te geven dat representatief is voor de volledige CE-stof. Welke duur per schoolsoort en leerweg precies wenselijk is, is voor de commissie lastig in te schatten.
- Op dit moment geldt voor havo en vwo dat ernaar gestreefd wordt dat het examen voor ongeveer de helft uit berekenen bestaat. Dit geeft houvast aan leraren en waarborgt zowel de kwalitatieve als de kwantitatieve kant van de natuurkunde. De commissie adviseert daarom om ook voor vmbo zo'n streefpercentage op te nemen, al hoeft dat niet per se hetzelfde te zijn als op havo en vwo. De commissie wil ter overweging meegeven om ook een percentage van het examen op te geven waarbij de Denkwijzen een rol spelen.

nlt



Het schoolvak nlt is een vak dat afgesloten wordt met een SE. Voor nlt stelt de commissie geen adviezen op over de wijze van afsluiting. Het modulaire karakter van het vak heeft niet ter discussie gestaan.

O&O



Het schoolvak O&O is een vak dat afgesloten wordt met een SE. Voor O&O stelt de commissie geen adviezen op over de wijze van afsluiting. Het werken in projecten heeft niet ter discussie gestaan.

scheikunde



Voor scheikunde wil de commissie de volgende aanvullende adviezen meegeven voor de examinering:

- De commissie stelt een CPE voor, naast het CSE voor vmbo-tl (zie ook 2.4.1).

- De commissie stelt dat het SE voor havo en vwo een praktische component bevat.
- De commissie heeft in het examenprogramma expliciet opgenomen dat leerlingen, op zowel het SE als het CE, scheikundige concepten, denk- en werkwijzen in contexten moeten kunnen toepassen. Daarom adviseert de commissie ook om het CE contextrijk te houden.
- Voor havo en vwo stelt de commissie voor om af te stappen van specifieke micro-macro terminologie zoals het toevoegen van 'moleculen' in redenties. Het gaat om een explicitering waaruit zou moeten blijken dat leerlingen door hebben dat ze het hebben over moleculen. De huidige situatie lijkt veel op 'teaching to the test'. De commissie stelt voor om noties te toetsen: noties over orde groottes, noties dat eigenschappen veroorzaakt worden door interacties tussen structuren in de stof.

Korte toelichting CPE vmbo

In bijlage 8 is de argumentatie voor de invulling van het CPE uitgebreid uitgewerkt. Hier wordt een korte samenvatting gepresenteerd over de bedoeling.

In het CPE moet er voor de leerling ruimte zijn om het niveau te laten zien op het gebied van juist hanteren van instrumentarium, veilig werken, waarnemingen doen, nauwkeurig meten en werken en verwerken van data. Daarnaast moet de leerling theoretische kennis gebruiken om te duiden waarom bepaalde handelingen uitgevoerd moeten worden en waarom welk instrumentarium gebruikt moet worden om de gewenste nauwkeurigheid te behalen.

3. Proces

3.1 Inrichting van de actualisatie

Deze paragraaf gaat in op hoe SLO de actualisatie van de examenprogramma's gedurende twee en een half jaar heeft uitgevoerd en hoe daarin kwaliteitszorg is geïntegreerd. Deze aanpak is gebaseerd op de werkopdracht aan SLO van het ministerie van OCW. In deze paragraaf wordt de samenstelling beschreven van de vakvernieuwingscommissie, de advieskring, het monitorteam, de expertpoule en de redactie, alsmede de betrokkenheid van leerlingen.

3.1.1 Samenstelling vakvernieuwingscommissie

De vakvernieuwingscommissie natuurwetenschappelijke vakken bestaat onder functionele leiding van een procesregisseur uit:

- 9 leraren vmbo en 11 leraren havo en vwo
Leraren zijn essentiële deelnemers van de vakvernieuwingscommissie, omdat ze dagelijks werken met examenprogramma's in de onderwijspraktijk.
- 10 vakexperts
Vakexperts zijn betrokken vanwege hun aantoonbare expertise op de inhoudsgebieden van de examenprogramma's en (praktijkgericht) onderzoek.
- 5 curriculumexperts
De curriculumexperts brengen curriculaire en vakinhoudelijke expertise in. Zij zijn verantwoordelijk voor het schrijven en de uiteindelijke kwaliteit van de conceptexamenprogramma's.

In bijlage 2 vind je een lijst van de commissieleden van de vakvernieuwingscommissie natuurwetenschappelijke vakken.

3.1.2 Advieskring

Een belangrijke schakel in het actualisatieproces van de examenprogramma's is de advieskring. De advieskring geeft tussentijds feedback op tussenproducten van de vakvernieuwingscommissie. De advieskring bestaat uit een vaste vertegenwoordiging van organisaties en instellingen die een vakinhoudelijk en -didactisch belang hebben bij de actualisatie van de examenprogramma's. De advieskring draagt zorg voor:

- constructief inbrengen van expertise, passend bij de ontwikkelfase en/of het specifieke tussenproduct en passend binnen de kaders van de werkopdracht van het Ministerie van OCW aan SLO;

- reflecteren op de tussenproducten aan de hand van adviesvragen van de vakvernieuwingscommissie;
- organiseren van constructieve feedback bij de achterban over de opgeleverde tussenproducten en concepten en deze schriftelijk en mondeling toelichten aan de vakvernieuwingscommissie.

Elke organisatie vaardigt een vertegenwoordiger af. Gedurende de vakvernieuwing verzamelt deze op vier momenten in het proces feedback uit de achterban van de vertegenwoordigende organisatie, en brengt deze in. De advieskring bundelt alle feedback en geeft zoveel mogelijk gemeenschappelijke feedback aan de vakvernieuwingscommissie. Waar relevant en passend, worden daar organisatiespecifieke punten aan toegevoegd.

De advieskring bestaat enerzijds uit vertegenwoordigers van vakinhoudelijke organisaties en instellingen en anderzijds uit experts van het College voor Toetsen en Examens (CvTE) en Stichting Cito. Die laatsten nemen deel vanuit hun specifieke en wettelijke taak in de keten van centrale examinering. Zij geven advies over de toetsbaarheid van de inhouden, de verdeling van inhouden over het centraal en schoolexamen wanneer er sprake is van een centraal examen, en over passende wijzen van examinering.

De vakvernieuwingscommissie heeft gedurende het actualisatieproces ook experts op persoonlijke titel geraadpleegd, al dan niet vooraf benoemd.

In bijlage 3 staat het overzicht van de advieskring.

In bijlage 4 staat het overzicht van de geraadpleegde experts.

3.1.3 Leerlingbetrokkenheid

De stem van de leerling is van belang om conceptexamenprogramma's te ontwikkelen. Zo wordt ook de zienswijze gehoord en meegenomen van leerlingen die deze inhouden als onderwijs krijgen aangeboden. De inbreng van leerlingen verhoogt de relevantie van curricula: welke inhouden vinden leerlingen zinvol voor hun deelname aan de samenleving en ter voorbereiding op vervolgonderwijs?

Bij de start van de actualisatie van examenprogramma's is in overleg met het Landelijk Actie Komitee Scholieren (LAKS) besloten om leerlingenbetrokkenheid niet via de advieskring vorm te geven, maar om daarvoor een apart traject te organiseren. Dat traject is qua vorm en inhoud afgestemd op de leerling. Dit om de inbreng zo optimaal mogelijk te maken en om recht te doen aan de randvoorwaarden voor succesvolle leerlingenparticipatie.

De vakvernieuwingscommissie raadpleegde op twee momenten leerlingpanels. De belangrijkste inzichten die leerlingen de vakvernieuwingscommissie meegaven zijn:

- Voor *biologie* reageren leerlingen reageren positief op het gebruik van een bronnenboekje en werken met vraagstukken over gezondheid en klimaat. Dit helpt hen om kennis toe te passen in plaats van puur feiten te leren. Ze zien ruimte voor verbetering in diepere behandelingen van onderwerpen die hen direct raken. Het keuzeonderwerp binnen biologie wordt als motiverend gezien, mits leerlingen meer invloed krijgen op de inhoud.
- Voor *natuurkunde* verwelkomen leerlingen vernieuwingen zoals keuzeonderdelen en het toepassen van natuurkunde op maatschappelijke vraagstukken. Ook de toevoeging van het praktische onderwerp automatisering wordt gewaardeerd, hoewel sommige leerlingen overlap met andere vakken zien. Over het nieuwe onderwerp energievoorziening zijn de meningen verdeeld. Hoewel actueel en relevant, vrezen leerlingen overlap met vakken zoals economie.
- Voor *nlt* ontvangen leerlingen de voorgestelde vernieuwingen, zoals meer praktijkgerichte modules, technologie en vraagstukken rond SDG's positief, mits ze concreet en actueel blijven. De term 'interdisciplinariteit' roept vragen op door een gebrek aan herkenning en angst voor extra werk.
- Voor *O&O* reageren leerlingen positief op de voorgestelde vernieuwingen, zoals het werken aan maatschappelijke vraagstukken die aansluiten op de praktijk, mits deze breder worden opgezet dan alleen duurzaamheid. Een evenwichtige verdeling tussen onderzoek en ontwerpen wordt gewaardeerd, al pleiten ze voor flexibiliteit per project.
- Voor *scheikunde* is de wens om meer practica in de lessen te integreren groot. Leerlingen willen experimenteren, stoffen scheiden of mengen, en zien hoe theorie aansluit op de praktijk. Een centraal praktisch examen wordt als een logische en eerlijke toevoeging gezien. Vernieuwingen zoals alledaagse chemie, en thema's rond gezondheid en milieu spreken aan, terwijl duurzaamheid en circulair produceren minder concreet blijven. Praktijkgerichte en herkenbare onderwerpen motiveren leerlingen meer en geven betekenis aan de stof.

3.1.4 Kwaliteitsmonitoring

Een belangrijk instrument van kwaliteitszorg is monitoring en evaluatie op proces en (tussen)producten.

Monitoring en evaluatie hebben aandacht voor de processen binnen de vakvernieuwingscommissie en voor de omgang met, en het benutten van, de

inbreng van de advieskringen. Het gaat daarbij om het uitzetten van vragenlijsten bij de hele vakvernieuwingscommissie, drie keer per ontwikkeljaar. Daarin geven leden van de commissie aan of en hoe de doelstellingen van ontwikkelsessies worden bereikt. Ook geven ze aan in hoeverre ze daarin voldoende worden gefaciliteerd en wat ze nog nodig hebben. Deze informatie is sturingsinformatie voor de procesregisseur en het programmateam.

Daarnaast worden de verschillende tussenproducten gemonitord op basis van de kwaliteitscriteria uit de werkopdracht. Daarbij is er ook aandacht voor de consistentie tussen de conceptexamenprogramma's van de verschillende vakken en tussen de conceptkerndoelen en conceptexamenprogramma's. Monitoring en evaluatie leveren zo informatie op over de inhoudelijke voortgang van het traject aan de vakvernieuwingscommissies en het programmateam van SLO. Met de opbrengst van monitoring en evaluatie kan de vakvernieuwingscommissie waar nodig worden aan- en bijgestuurd, op basis van de vastgestelde kwaliteitscriteria en werkwijzen. Deze input en feedback worden door monitoring en evaluatie beschikbaar gesteld aan de commissie in de vorm van monitorrapportages. Deze rapportages worden in een gesprek met de curriculumexperts toegelicht. De curriculumexperts lichten de inzichten toe in de vakvernieuwingscommissie, zodat deze worden gebruikt bij het doorontwikkelen van de conceptexamenprogramma's.

De belangrijkste inzichten die monitoring en evaluatie de vakvernieuwingscommissie meegaven:

- Monitoring heeft aangegeven dat veel handelingswerkwoorden werden gebruikt die dicht bij elkaar lagen. Dit was voor ons aanleiding om het gebruik van handelingswerkwoorden te heroverwegen en heeft geleid tot de aanpak die is beschreven in 2.3.1
- Uit de vragenlijsten die door de commissieleden werden ingevuld bleek doorgaans een grote tevredenheid over de werkwijze in de commissie. Er werd op een bepaald moment ook aangegeven dat de leden niet altijd hun specifieke expertise goed kwijt konden in het proces. Daar is geprobeerd aan tegemoet te komen door vanaf dat moment vaker leraren en vakexperts apart te bevragen op onderwerpen.
- Uit dezelfde vragenlijsten bleek ook dat tijd voor de vaksectie vaak werd gemist. Ook hierop zijn sessies aangepast.

3.1.5 Expertpoule

Het team van monitoring en evaluatie werkt nauw samen met de expertpoule. SLO heeft een expertpoule ingericht, bestaande uit experts op het gebied van de vakoverstijgende aspecten die in de werkopdracht beschreven zijn:

rationale/doeldomeinen, differentiatie, vmbo, LOB, vaardigheden, diversiteit, kansengelijkheid, burgerschap en digitale geletterdheid.

De expertpoule heeft twee functies:

- monitorfunctie: de expertpoule werkt samen met het monitorteam bij het uitvoeren van inhoudelijke analyses, en bekijkt of deze vakoverstijgende aspecten goed gewaarborgd zijn in de (tussen)producten;
- adviesfunctie: leden van de expertpoule dragen bij aan interne sessies over kennisdeling. De kijkwijzer van de expertpoule op de verschillende onderwerpen staat centraal. Uitkomsten van analyses worden gedeeld en besproken, gericht op het doen van aanpassingen. Daarnaast is de expertpoule beschikbaar om de vakvernieuwingscommissie bij te staan met advies, of om actief te helpen bij het opnemen van vakoverstijgende aspecten.

De belangrijkste inzichten die de expertpoule de vakvernieuwingscommissie meegaven:

- De expert differentiatie spoorde ons aan om beter na te denken over differentiatie, vooral tussen vmbo-bb en -kb en tussen havo en vwo. Dit heeft bijgedragen tot de besluiten over differentiatie die zijn vastgelegd in 2.3.2.
- Onder andere op basis van de experts burgerschap en diversiteit hebben de rol van persoonlijke en maatschappelijke invloeden op de totstandkoming van natuurwetenschappelijke kennis en technologie en bij vraagstukken een stevige plek gegeven.

3.1.6 Redactie

Tijdens het ontwikkelproces is er twee keer een tussentijdse redactie uitgevoerd vanuit curriculair-inhoudelijk en curriculair-technisch perspectief. De eerste redactie op de conceptkarakteristiek vond plaats na anderhalf jaar. De tweede redactie, op de concepteindtermen, vond plaats richting oplevering van de conceptexamenprogramma's. Het redactieteam bestond uit curriculumexperts van SLO die de redactie integraal uitvoerden, voor alle conceptexamenprogramma's en voor alle vakken. De feedback is teruggekoppeld via feedbackrapportages en in gesprek met de curriculumexperts per vakvernieuwingscommissie. De redactie heeft als doel de eenduidigheid, architectuur, leesbaarheid en consistentie binnen en tussen examenprogramma's te waarborgen, teneinde aan de kwaliteitseisen uit de werkopdracht te voldoen. De status van de feedback kende om die reden een 'pas toe of leg uit'-karakter.

De belangrijkste inzichten die de expertpoule de vakvernieuwingscommissie meegaven:

- Op verschillende punten ging de uitwerking nog verder dan de doelzin, of werden er meerdere handelingswerkwoorden in één uitwerking gebruikt. Deze heeft de vakvernieuwingscommissie aangepast.
- In de karakteristiek was het voortbouwen op de onderbouw nog te summier beschreven. Dat heeft de vakvernieuwingscommissie iets meer gewicht gegeven.

3.2 Verloop van de actualisatie voor de natuurwetenschappelijke vakken

De vakvernieuwingscommissie ontwikkelde gedurende twee ontwikkeljaren 17 conceptexamenprogramma's. De commissie begon met het bespreken van de maatschappelijke en curriculaire uitdagingen, en het formuleren van een visie op het vak in de bovenbouw vo. Dit heeft vijf karakteristieken opgeleverd die de kern van ieder vak weergeven. Omdat de natuurwetenschappelijke vakken veel met elkaar gemeen hebben, heeft de commissie ervoor gekozen om een gemeenschappelijke inleidende paragraaf op te nemen in alle vijf de karakteristieken die deze overeenkomsten beschrijft.

Gezamenlijke architectuur en raamwerk

In de eerste adviesronde zou de commissie ook een conceptraamwerk moeten opleveren, aangezien de commissie het belangrijk vond om ook in dit raamwerk de samenhang tussen de vijf vakken zichtbaar te maken. Bij de oplevering kwam de commissie niet verder dan een lijst van zes categorieën, die bewust nog niet gekoppeld was aan een bepaald structuurelement in het examenprogramma zoals een subdomein. Zodat die wellicht een plek konden krijgen in de vijf raamwerken, los dan wel samengevoegd, en waaruit de commissie naar verwachting per vak een keuze zouden maken.

De advieskring was positief over deze lijst van zes categorieën en gaf aan dat naar hun idee iedere categorie in ieder vak een plek zou moeten krijgen. Als gevolg daarvan heeft de commissie een gezamenlijk raamwerk geformuleerd waarin de zes categorieën de zes domeinen werden. Dit is nog steeds de structuur van de domeinen in de raamwerken van alle opgeleverde examenprogramma's; op een enkele naamswijziging en verandering van volgorde na. Daarna heeft de commissie zich over twee vervolgvragen gebogen: 'Hoe stemmen we de inhoud per domein af tussen vakken?' en 'Hoe gaan we om met verbindingen tussen inhoud uit verschillende domeinen?'

Gezamenlijke inhoud

Om de inhoud af te stemmen heeft de commissie in eerste instantie zogenaamde inhoudsbomen ontwikkeld voor alle domeinen behalve Concepten. In een inhoudsboom waren alle inhouden die binnen een bepaald domein vielen geordend in een meerlagige, vertakte structuur. Het idee was dat ieder vak kon kiezen tot welk niveau van diepte ze de boom wilde uitwerken en welke takken wel en niet opgenomen worden, maar dat de keuzes van alle vakken dus wel in één zo'n boom weergegeven konden worden. Uiteindelijk bleek de complexiteit van deze benadering niet nodig. Voor vier domeinen - aard, denkwijzen, werkwijzen en zelfontwikkeling - bleek dezelfde lijst eindtermen (waar nodig aangevuld met een enkele vakspecifieke eindterm) voor alle vakken werkbaar. Voor vraagstukken bleek de structuur juist te beperkend en hebben de vakken meer ruimte gekregen.

Verbindingen

Het is nooit de bedoeling geweest van de commissie dat de zes domeinen losse stukjes onderwijs opleverden: "vandaag hebben we bij biologie een les over het concept Cellen, morgen over de denkwijze Oorzaak en Gevolg en overmorgen over Zelfregulatie". Het idee is altijd geweest om inhouden uit verschillende domeinen te combineren, zie ook 'Verbindingen tussen eindtermen' in 2.2.3. In eerste instantie had de commissie bedacht om per vak één domein aan te wijzen als zogenaamd verbindend domein, van waaruit naar alle vijf de andere vakken werd verwezen. Dit zorgt voor een overzichtelijke, maar wel vakspecifieke structuur. Voor biologie, natuurkunde en scheikunde was het verbindende domein Concepten, voor Nlt Vraagstukken en voor O&O Werkwijzen.

De advieskring had bij eerste presentatie van dit idee al vragen over de werkbaarheid. Toen de commissie in de derde adviesronde een eerste uitwerking van alle examenprogramma's deelde, concludeerde de advieskring dat deze aanpak inderdaad een te ingewikkelde structuur had opgeleverd voor de examenprogramma's. Daarom heeft de commissie besloten het rigide concept van een verbindend domein te laten vallen en vakken meer vrijheid te geven om de verbindingen zo vorm te geven als voor dat vak het meest passend is. De uitkomst daarvan is per vak te lezen in 2.2.3. In de derde adviesronde kwam de advieskring met nog twee andere belangrijke opmerkingen over ontwerpruimte en de haalbaarheid van het proces.

Haalbaarheid proces

Over de haalbaarheid van het proces had de advieskring grote twijfels, vooral voor het vmbo, omdat het tot nu toe heel lastig was gebleken om voldoende feedback vanuit het vmbo te verzamelen. Maar in brede zin gold voor biologie,

natuurkunde en scheikunde ook dat door de extra aandacht die was besteed aan afstemming tussen de vakken, de hoeveelheid werk die nog verricht moest worden niet leek te passen in de hoeveelheid tijd die nog beschikbaar was. Dit heeft uiteindelijk geleid tot verlenging van het traject met een half jaar. De commissie heeft onder andere gebruik gemaakt van deze extra tijd om meer met mbo- en vmbo-leraren in gesprek te gaan.

Ontwerpruimte

Over de ontwerpruimte heeft de advieskring aangegeven dat verkleinen ervan niet aanvaardbaar is en dat op korte termijn duidelijkheid nodig is om goede adviezen over een steeds concreter product te kunnen geven. Dit heeft geleid tot een gesprek tussen de advieskring en OCW (eigenaar van dit dossier) in maart 2024. In dat gesprek is afgesproken dat de vakvernieuwingscommissie inzichtelijk maakt welke keuzes gemaakt zijn in de conceptprogramma's, om ervoor te zorgen dat de programma's passen binnen de beschikbare ontwerpruimte. In overleg met de advieskring wordt daarbij inzichtelijk gemaakt welke verwachte gevolgen dat heeft op de uitvoerbaarheid in de onderwijspraktijk, en op de voorbereiding van de leerlingen op het vervolgonderwijs voor verschillende uitstroomrichtingen.

In oktober 2024 heeft een tweede gesprek tussen OCW en de advieskring plaatsgevonden waarin OCW heeft aangegeven de ingezette koers aan te houden. Een motie over aanpassing van de ontwerpruimte die is ingediend in de Tweede Kamer, is door een meerderheid verworpen. Gedurende de fase van beproeven zal met scholen worden onderzocht of zij verwachten dat de voorstellen uitvoerbaar zijn.

4. Conclusies, adviezen en vervolg

4.1 Maatschappelijke en curriculaire uitdagingen

In het eerste hoofdstuk van dit toelichtingsdocument zijn de maatschappelijke en curriculaire uitdagingen genoemd die in de [startnotitie](#) (Sijbers & Woldhuis, 2021) beschreven staan. Deze vormden het uitgangspunt voor de bijstelling van de examenprogramma's. De vakvernieuwingscommissie heeft met de geactualiseerde examenprogramma's een antwoord gegeven op deze uitdagingen, zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk.

4.2 Adviezen vanuit vakspecifieke werkopdracht

De commissie adviseert natuur- en scheikunde I (op vmbo-bb, vmb-kb en vmbo-gl/tl) voortaan natuurkunde te noemen en natuur- en scheikunde II (op vmbo-gl/tl) voortaan scheikunde te noemen. Deze namen zijn herkenbaar in het veld, sluiten aan bij de bevoegdhedenstructuur en passen bij de oude én nieuwe inhouden van de vakken.

4.3 Vergelijking huidige en conceptexamenprogramma's

4.3.1 Algemene verschillen tussen huidige en conceptprogramma's

Preambule en vaardigheden eindtermen

In de huidige vmbo-programma's beschrijft de preambule zes algemene onderwijsdoelen die voor alle vakken en sectoren gelden. Daarnaast zijn de eindtermen *oriëntatie op leren en werken*, *basisvaardigheden* en *leervaardigheden in het vak <vak>* grotendeels gelijk voor de vakken nask1, nask2 en biologie. Een groot deel van deze doelen is nu opgenomen in de domeinen Werkwijzen en Zelfontwikkeling van de conceptprogramma's, een klein deel van de doelen komt niet terug in de NWV-conceptprogramma's. Voor de havo- en vwo-programma's geldt dat de inhouden uit de profieloverstijgende en bètaprofiel delen van het huidige A-domein (eindtermen 1 t/m 9) opgenomen zijn in de domeinen Werkwijzen en Zelfontwikkeling. De inhouden uit de vakspecifieke delen van het A-domein zijn ook grotendeels overgenomen in de domeinen Werkwijzen, De aard van de natuurwetenschappen en technologie en Denkwijzen.

Nieuwe inhouden in de domeinen met gedeelde inhouden

De aard van de natuurwetenschappen en technologie is voor vmbo geheel nieuw. Ook voor havo en vwo bevat dit grotendeels nieuwe inhouden, hoewel hier in de huidige programma's wel beknopt iets over staat (biologie,

natuurkunde, scheikunde: een eindterm over kennisontwikkeling en -toepassing; nlt: wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie).

Eindtermen over Denkwijzen zijn in de vmbo-programma's geheel nieuw. Sommige van de huidige havo- en vwo-programma's bevatten al een aantal denkwijzen zoals vorm-functie denken bij biologie, redeneren in termen van structuur-eigenschappen bij scheikunde en situaties analyseren aan de hand van systeem, schaal en verandering bij nlt.

Voor een aantal van de eindtermen in het domein Denkwijzen geldt dat delen uit de huidige programma's terugkomen in deze denkwijze. Het vormt dan dus geen nieuwe inhoud, maar een ander organisatieprincipe voor deze inhoud. Het gaat dan bijvoorbeeld om de denkwijzen *stabiliteit en verandering*, *behoud*, *kringlopen* en *transport*. Andere denkwijzen zoals *oorzaak en gevolg* en *patronen* maken nu veelal wel al deel uit van de onderwijspraktijk, maar worden nu in de conceptprogramma's geëxpliciteerd. Daarnaast zijn er ook uitwerkingen van eindtermen in Denkwijzen die geheel nieuw zijn binnen de examenprogramma's. Welke dat zijn is per vak en schoolsoort/leerweg verschillend.

Hoewel de Werkwijzen fijnmaziger verdeeld zijn over verschillende eindtermen, zijn de inhoud en voor de meeste vakken in grote lijnen vergelijkbaar met de huidige programma's. In verband met het versterken van de basisvaardigheden en om de aansluiting op het vervolgonderwijs te verbeteren, zijn de wiskundige vaardigheden voor alle vakken op alle niveaus wat aangescherpt. Hierbij is aangesloten bij de vernieuwde wiskundeprogramma's voor vmbo en de conceptexamenprogramma's voor havo/vwo NG.

In de meeste huidige examenprogramma's zijn al onderdelen opgenomen over het gebruiken van vakkennis in relevante situaties, settings, contexten of praktijken. Dat idee is voortgezet in de Vraagstukken, al zijn de gekozen situaties en de specificiteit waarmee die worden beschreven mogelijk wel nieuw.

Binnen Zelfontwikkeling is de eindterm over samenwerken nieuw op havo en vwo voor de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde.

4.3.2 Vakspecifieke verschillen tussen huidige en conceptexamenprogramma's

biologie



In paragraaf 2.2.5 komt al aan de orde welke onderwerpen ten opzichte van de huidige examenprogramma's zullen verdwijnen. Maar het uitgangspunt om de breedte te behouden maakt dat de verschillen

tussen de huidige en de nieuwe programma's zich niet laten vangen in een opsomming.

De commissie geeft daarom hieronder een beschrijving van de beoogde veranderingen in het schoolvak biologie.

Vooraf voor het vmbo beoogt de commissie grote veranderingen. Het belangrijkste is dat de commissie wil dat de nadruk minder op reproductie van biologische kennis komt te liggen en meer op 'denken over en met' concepten. Dit beoogt de commissie op twee manieren. Ten eerste door de biologische concepten heel nadrukkelijk aan denkwijzen te koppelen (zie ook paragraaf 2.2.3). Ten tweede door aan te bevelen om met een informatiekatern te gaan werken bij de centrale examens (zie paragraaf 2.4.2). Verder komt er keuze in de examenprogramma's voor het vmbo. Ook dit gegeven betekent een verandering van het schoolvak biologie.

Voor havo en vwo zijn er, behalve de indeling, niet veel verschillen met de huidige programma's. Wel is de diepgang op havo op veel punten afgenomen, zodat het vak naar verwachting uitvoerbaar is voor leerlingen en leraren. Het CE-deel van het examenprogramma bevat minder onderwerpen (zie paragraaf 2.4.1 en bijlage 7). De opvallendste is dat ecologie voor havo niet meer in het CE zit. Voor het SE-deel ziet de commissie een verrijking in de sterkere nadruk die er op vraagstukken komt te liggen.

In vergelijking met het huidige eindexamenprogramma's en de huidige syllabi voor havo en vwo verdwijnen de volgende onderwerpen:

- voor havo en vwo: ontwerpen (A6), ecologisch denken (A12), beweging (B6), waarneming (B7), seksualiteit (D3);
- voor havo: deel ademhaling (O1.3/B3.3), deel uitscheiding (O1.5/B3.5);
- voor vwo: Ontstaan van het leven (F4), transport in planten (deel O1.6/B3.6);

Ten slotte wil de commissie graag nog het volgende benadrukken. In de conceptexamenprogramma's is ervoor gekozen om veel nadruk te leggen op de koppeling tussen conceptuele kennis en denkwijzen, en minder op het alleen reproduceren van kennis. Het idee hierachter is dat leerlingen leren hoe biologische kennis is te gebruiken in bijvoorbeeld vraagstukken met meer aandacht voor algemene principes. Dit wordt gedaan door in veel uitwerkingen een verbinding te maken met een denkwijze. Elke denkwijze komt in meerdere andere eindtermen terug. De verwachting is dat dit leerlingen in staat stelt (nieuwe) biologische kennis wendbaar te gebruiken. Doordat er dus minder nadruk ligt op vooral reproductie van feitelijke kennis, kan er verlichting in het programma plaatsvinden.

natuurkunde



In paragraaf 2.2.5 kwam al aan de orde welke onderwerpen de commissie graag had willen opnemen, maar waar geen ruimte voor was. Hieronder beschrijven we welke onderdelen van de oude programma's niet terugkomen in de conceptexamenprogramma's en welke onderdelen juist nieuw zijn.

Voor alle schoolsoorten en leerwegen is bij natuurkunde sprake van keuzeruimte: uit een gegeven lijst moeten minimaal één (vmbo-bb en -kb) of twee (vmbo-gl/tl, havo en vwo) eindtermen worden gekozen. Het kan dus zijn dat inhoud die in het huidige examenprogramma onderdeel is van de verplichte stof, in het nieuwe examenprogramma in de keuzeruimte zit. Dit is steeds apart vermeld. Deze stof is dan niet geheel verdwenen (een school kan er nog steeds voor kiezen om het binnen het programma te behandelen), maar is ook niet meer geheel onderdeel van het programma (een school kan ervoor kiezen het niet te behandelen).

Vmbo-bb

- De deelonderwerpen *chemische processen, samenstellen van krachten, bouw van stoffen en materialen en veiligheidsmaatregelen in het verkeer* zijn volledig verdwenen uit het programma.
- *Licht en beeld, geluid, gemiddelde snelheid en het interpreteren van diagrammen bij bewegende voorwerpen* zijn naar de keuzeruimte verplaatst.
- Nieuw in het programma zijn *automatisering, het concept energieomzetting, beschrijven van keuzes in de energievoorziening, rekenen aan dichtheid, de weerstand van een draad en soortelijke warmte*. Nieuw in de keuzeruimte zijn bovendien de onderwerpen *kernfysica en sterrenkunde*.

Vmbo-kb

- Het onderwerp *het weer* zit niet meer in het nieuwe examenprogramma. Daarnaast zijn de deelonderwerpen *dynamo en transformator, bouw van stoffen en materialen, samenstellen van krachten en veiligheidsmaatregelen in het verkeer* volledig verdwenen uit het programma.
- *Licht en beeld, geluid en straling en stalingsbescherming* zijn naar de keuzeruimte verplaatst.
- Nieuw in het programma zijn *automatisering, beschrijven van keuzes in de energievoorziening, de weerstand van een draad en soortelijke warmte*. Nieuw in de keuzeruimte is bovendien het onderwerp *sterrenkunde*.

Vmbo-gl/tl

- De onderwerpen *het weer* en *veiligheid in het verkeer* zitten niet meer in het nieuwe examenprogramma. Daarnaast zijn de deelonderwerpen *dynamo* en *transformator* volledig verdwenen uit het programma.
- *Geluid, straling* en *stalingsbescherming, het interpreteren van diagrammen bij bewegende voorwerpen* en *traagheid* zijn naar de keuzeruimte verplaatst.
- Nieuw in het programma zijn *automatisering, beschrijven van keuzes in de energievoorziening, uitzetting, de weerstand van een draad, warmtegeleiding* en *soortelijke warmte*. Nieuw in de keuzeruimte zijn bovendien de onderwerpen *biofysica* en *sterrenkunde*. *Licht en beeld* kan een plek krijgen in het nieuwe onderdeel *biofysica*, maar dat hoeft niet (in dat geval is het uit het programma verdwenen).

Havo

- Het keuzeonderwerp *optica* en de daadwerkelijke *medische beeldvormingsonderwerpen* uit het subdomein Medische beeldvorming (B2) zijn bijna geheel uit het programma verdwenen, al is het mogelijk er in eindterm biofysica in de keuzeruimte aandacht aan te besteden. Datzelfde geldt voor *functionele materialen binnen stoffen en materialen*.
- *Stoffen en materialen* en *de kernfysica-onderdelen van medische beeldvorming* zijn naar de keuzeonderdelen verplaatst.
- *Technische automatisering* is juist verplaatst van keuze naar het verplichte deel. Bovendien is er in die eindterm nu meer nadruk op *sensoren* dan in de huidige eindterm.

Vwo

- De onderwerpen *eigenschappen van stoffen en materialen* en *kern- en deeltjesprocessen* zitten niet meer in het nieuwe examenprogramma.
- *Gravitatie* is uit het verplichte programma naar de keuzeruimte verplaatst. *De daadwerkelijke medische beeldvormingsonderwerpen* uit het subdomein Medische beeldvorming (B2) is bijna geheel uit het programma verdwenen, al is het mogelijk in de eindterm biofysica in de keuzeruimte aandacht aan te besteden.
- Nieuw in het programma zijn het onderwerp *energievoorziening* en een grotere nadruk op *wiskunde* en *automatisering* in de keuzeruimte.

nlt



Het verschil tussen het huidige en het concept-examenprogramma van nlt ligt vooral in de benadering en de context van de leerstof. Het huidige programma is vooral gericht op een interdisciplinaire vakinhoudelijke diepgang binnen de natuurwetenschappen. Het nieuwe concept-

examenprogramma legt de nadruk op het interdisciplinair oplossen van vraagstukken, binnen een maatschappelijke context. Dit nieuwe programma stimuleert een holistische, interdisciplinaire manier van denken en werken die essentieel is voor het aanpakken van de complexe uitdagingen van de hedendaagse wereld.

Het programma heeft een aantal belangrijke veranderingen ondergaan:

- *Vraagstukken als centraal uitgangspunt*
De kern van het nieuwe programma bestaat uit vraagstukken die direct verband houden met een selectie van zo'n tien SDG's, die weer betrekking hebben op wereldwijde uitdagingen zoals klimaatverandering, duurzame energie, watermanagement, en gezondheid. Daarnaast is er aandacht voor fundamentele vraagstukken op het vwo.
- *Denkwijzen, Concepten en Werkwijzen*
Naast vakinhoudelijke kennis wordt er nadrukkelijk een verbinding gelegd tussen het ontwikkelen van vaardigheden en denkwijzen, zoals interdisciplinair denken, creatief probleemoplossend vermogen, samenwerken en communicatie.
- *Aandacht voor zelfontwikkeling*
Leerlingen werken aan vraagstukken die niet alleen relevant zijn voor hun leeromgeving, maar ook voor hun eigen ontwikkeling en positie in de samenleving. Dit maakt het leerproces betekenisvoller en stimuleert maatschappelijke betrokkenheid.
- *Grotere keuzevrijheid*
Het nieuwe programma biedt leraren en leerlingen meer mogelijkheden om eigen keuzes te maken, buiten de in het examenprogramma opgenomen onderwerpen (de op de SDG's gebaseerde of fundamentele vraagstukken in het concept-examenprogramma).

Continuïteit

De bestaande lesinhouden (modules) kunnen zoals het er naar uit ziet en behoudens aanpassingen op met name het gebied van vraagstukken, denkwijzen en zelfontwikkeling, in eerste instantie grotendeels behouden blijven. SLO zal dit ten behoeve van de fase van beproeven ook bespreken met vereniging nlt en andere betrokkenen.

O&O



Het concept-examenprogramma van O&O heeft in vergelijking met het huidige programma een meer natuurwetenschappelijk en technologisch karakter gekregen.

Nieuwe en vervallen doelen

- De opbouw van het conceptexamenprogramma is anders doordat er gewerkt wordt met een andere indeling van de domeinen. Veel van de subdomeinen van het huidige domein Kernkwaliteiten zijn nu opgenomen binnen de domeinen Zelfontwikkeling en de Werkwijzen.
- Er zijn meer eindtermen met een cognitief karakter door het toevoegen van de nieuwe domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie, Denkwijzen en Concepten. In het huidige programma zit de cognitieve component alleen in Domein D en C5. Met het domein Concepten is in het concept-examenprogramma een kennisbasis gedefinieerd. Hierbij zijn naast de link met de mono-vakken en de vervolgopleidingen, de kaders vastgesteld voor een minimumaantal multidisciplinaire concepten. Er zijn daarnaast nieuwe concepten toegevoegd over onderzoeks- en ontwerpmethodieken, projectmatig werken en over 'leren over leren'. Domein D - Werelden van bèta-techniek - had als functie sturing te geven aan de conceptuele kennis. Deze is nu geborgd binnen eindterm 4 - relevante concepten. Verder is Domein D komen te vervallen.
- De link naar de maatschappelijk context wordt sterker geborgd door het nieuwe domein Vraagstukken en de koppeling daarin naar de SDG's. Een verdere verandering is de explicietere koppeling naar wiskunde in de werkwijzen eindtermen 23, 30 en 31. Een aantal eindtermen zoals kwaliteitsbewustzijn, innovativiteit en presenteren hebben in het nieuwe conceptprogramma geen aparte eindterm, maar zijn geborgd in verschillende eindtermen.

Uitbreiding, verbreding en verdieping

Een belangrijke verandering is de gedetailleerde uitwerking van onderzoeken en ontwerpen binnen het domein Werkwijzen. Dit is gedaan om bewuster stil te staan bij de processtappen van het onderzoeken en ontwerpen, en om het iteratieve karakter hiervan duidelijker te maken. Deze verdieping geeft inzicht in welke stappen zowel bij het onderzoeken als het ontwerpen horen. Daarbij heeft de commissie het eigen karakter van het onderzoeken en het ontwerpen willen benadrukken door enkele onderzoeks- en ontwerpstappen wel apart te beschrijven.

In het huidige examenprogramma zit de differentiatie in het vwo-programma door toevoeging van de fundamentele wetenschap, meer verdieping, en de afstemming, waardering en het stimuleren van groepsgenoten. De differentiatie in de concept-examenprogramma's havo en vwo ligt meer op het gebied van analytische vaardigheden, de zelfstandigheid bij het vinden van een opdrachtgever en het maken van keuzes voor een passende onderzoeks- en ontwerpmethodiek voor het project.

Relevantie voor beroepspraktijk en vervolgonderwijs

Veel hbo's en universiteiten expliciteren de koppeling met de SDG's. Door bij het schoolvak O&O expliciet deze koppeling te maken, bereidt het programma leerlingen beter voor op het vervolgonderwijs. Het concept-examenprogramma speelt daarmee ook beter in op de maatschappelijke ontwikkelingen en duurzaamheid.

scheikunde



De commissie heeft de examenprogramma's en syllabi naast de conceptexamenprogramma's gelegd. Hieronder beschrijven we globaal in welke onderwerpen de verschillen zitten.

Een belangrijk verschil tussen huidige en conceptexamenprogramma's is de toevoeging van de domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie en Vraagstukken, en de explicitering van de Denkwijzen. Een aantal vraagstukken zijn daarbij vastgelegd. Deze zijn namelijk belangrijk om het vak te positioneren, of om te laten zien waar het vak een oplossing kan bieden. Tegelijkertijd wordt er op het vwo de randen van de wetenschappelijke ontwikkeling geschetst in het subdomein Fundamentele vraagstukken.

In alle schoolsoorten is in het domein Werkwijzen er meer aandacht dan voorheen voor het praktisch werk.

De commissie vindt dat enige parate kennis wel noodzakelijk is, en dat de balans te veel is doorgeslagen naar 'kunnen opzoeken'. Op dit moment staat er dermate veel in de gebruikte tabellenboeken dat leerlingen geen naam of notatie of (structuur)formule meer uit hun hoofd weten. De commissie heeft er nu niet voor gekozen om deze parate kennis expliciet te benoemen in het concept-examenprogramma omdat dit overlapt met de opdracht aan de syllabuscommissie. Dit vraagstuk wordt doorgegeven aan de syllabuscommissie.

Bij **vmbo** zijn een aantal nieuwe vakinhouden opgenomen zoals additiereactie bij gegeven monomeer, reactiesnelheid, vergelijking tussen lab- en industriële schaal. De commissie wil af van het feit dat chemische reacties leerbaar waren.

Dit draagt niet bij aan het begrip van de vakinhoud. Om meer begrip van chemische reacties te ontwikkelen moeten leerlingen benoemen tussen welke deeltjes er overdracht van protonen of elektronen plaatsvindt. Nieuw zijn atoombouw, structuurformules en enkele biochemische stoffen en het kwalitatieve aspect van chromatografie.

Onderwerpen die verdwijnen ten opzichte van het huidige examenprogramma vmbo zijn productieprocessen, significantie, het rekenen met massaverhoudingen bij reacties en overmaat. Daarnaast verdwijnen feiten over verbranding, zure regen, ozon, de notatie HAC, smeermiddelen, straling, ontharden van water.

Ten slotte: de gewenste aandacht voor begrip gaat ten koste van bepaalde parate kennis. Dat betekent dat opzoekbare zaken zoals kleuromslagen van indicatoren, kleuren van zoutoplossingen en gassen gegeven dienen te worden als dat nodig is.

In het examenprogramma voor havo is er meer aandacht voor *sustainable by design* en circulaire chemie. Bij *sustainable by design* gaat het om wat het begrip is, en dat leerlingen nadenken over wat er gebeurt met een product nadat het is gebruikt. Daarnaast biedt het examenprogramma keuze uit vraagstukken waar energievoorziening, voeding en gezondheid nieuw zijn.

Uit het examenprogramma havo verdwijnt het expliciet maken van een keuze voor een materiaal op basis van stofeigenschappen (M6.2). De keuze van een materiaal komt wel impliciet aanbod via werkwijzen en vraagstukken. Deze specificatie van parate kennis over namen, formules en chemische notaties laat de commissie over aan de syllabuscommissie. Ten slotte verdwijnen de volgende vakinhouden: kraken (uit R1.11), metaalverwerking (gieten, walsen) (uit R4.2), oliaffinage (uit T2.2) en LD-50 (uit T3.1), effecten van verbranding (T3.2) en kunstmest (T3.3). Ze zijn onderdeel van een vraagstuk geworden en daarmee keuze geworden.

Nieuw in het examenprogramma vwo zijn de onderwerpen *sustainable by design* en circulaire chemie. Hier geldt dezelfde redenatie als bij havo. Het gaat niet om het ontwerpen van moleculen. Dat komt juist aan bod bij één van de fundamentele vraagstukken. Ook de keuze uit één van de vier fundamentele vraagstukken is nieuw. Het biedt de mogelijkheid voor verdieping en verder te kijken dan de schoolscheikunde.

Entropie is terug in het examenprogramma, maar dan alléén kwalitatief met als doel het concept evenwicht beter te begrijpen. Het opnemen van de Wet van Lambert-Beer inclusief het rekenen, biedt meer mogelijkheden voor op school

uitvoerbare practica. Om een beter begrip te verkrijgen van het molair volume is de algemene gaswet weer terug in het examenprogramma. Ten slotte zijn structuren van biomoleculen (o.a. DNA/RNA) nieuw, met name in combinatie structuur-eigenschap en vorm-functie relaties (in plaats van L1.6).

Uit het vwo examenprogramma zijn verdwenen: de oplosbaarheden van zouten en het rekenen aan massaspectra, chromatogrammen en buffers. Het begrip buffers is nu alleen kwalitatief opgenomen. De begrippen transcriptie en translatie (L1.6) zijn geschrapt zodat er een meer moleculaire benadering van biochemie mogelijk wordt. Ten slotte zijn kwaliteit van water, lucht, bodem en voedsel (G4) en het werken aan duurzaamheidsproblemen (T6) naar Vraagstukken gegaan en daarmee keuze geworden.

4.4 Kerndoelen en examenprogramma's

Er is een duidelijke doorlopende leerlijn ontstaan van po naar onderbouw vo, naar bovenbouw vo (zie ook paragraaf 2.2.4 en Bijlage 1). Waarbij ook in de bovenbouw de samenhang die al in het leergebied mens en natuur aanwezig is, ook tussen de vijf schoolvakken in de examenprogramma's zichtbaar is geworden in het raamwerk en in de gezamenlijke eindtermen.

4.5 Fase van beproeven

De oplevering van de conceptexamenprogramma's geeft het startsein voor de vervolgfases om te komen tot definitieve examenprogramma's.

Geactualiseerde examenprogramma's zijn een belangrijke voorwaarde, maar geen garantie op goed onderwijs en passende examinering. De werkelijke kwaliteit van het onderwijs ontstaat immers in de school en in de klas. We onderscheiden daarom verschillende fasen in het proces om te komen tot nieuwe examenprogramma's die uitgangspunt zijn voor onderwijs en examinering in de bovenbouw vo. Na de ontwikkeling van de conceptexamenprogramma's die in 2024 worden afgerond, starten - deels gelijktijdig - de volgende fasen:

- ontwikkelen van conceptsyllabi onder regie van het College voor Toetsen en Examens (CvTE); beproeven van de conceptexamenprogramma's onder regie van SLO;
- opleveren van handreikingen.

Naar een nieuw examenprogramma en examen in 4 fasen

AANLEIDING: POLITIEK / MAATSCHAPPELIJK / INHOUDELIJK



4.5.1 Ontwikkelen van conceptsyllabi

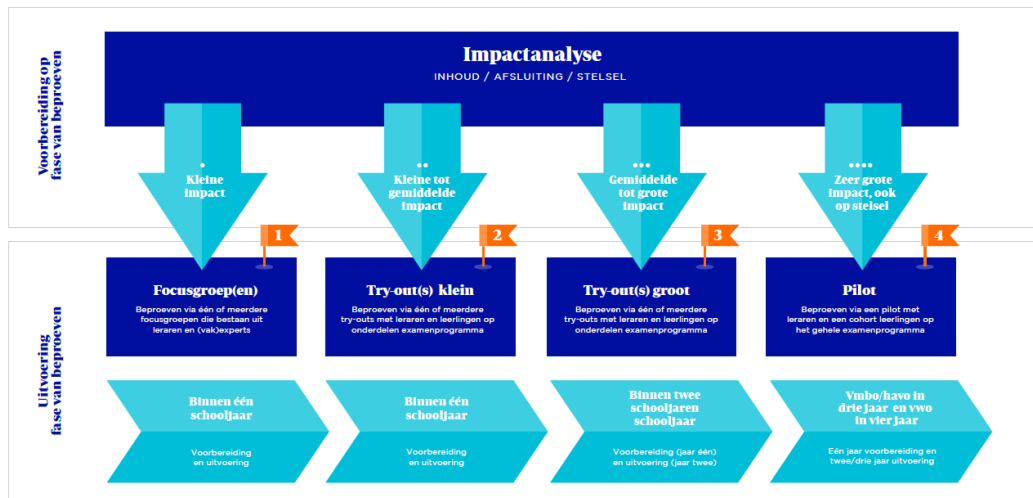
In schooljaar 2024-2025 is de ontwikkeling van conceptsyllabi voor de geactualiseerde vakken met een centraal examen gestart, waaronder biologie, natuurkunde en scheikunde. Het doel van de syllabi? Leraren en examenmakers ondersteunen bij respectievelijk het voorbereiden van examenkandidaten op de centrale examens, en het construeren van de centrale examens.

De ontwikkeling van conceptsyllabi gebeurt onder regie van het CvTE. Hiervoor worden syllabuscommissies met leraren en vakdeskundigen samengesteld. Zij gaan de eindtermen uitwerken die aan het centraal examen zijn toegewezen. Gedurende de ontwikkeling van de conceptsyllabi haalt CvTE feedback op bij leraren. De conceptsyllabi worden naar verwachting zomer 2025 opgeleverd en gepubliceerd.

4.5.2 Beproeven van de conceptexamenprogramma's

Parallel aan het syllabitraject, bereidt SLO vanaf september 2024 de fase van beproeven voor. Dat betekent op de eerste plaats dat we voor de verschillende conceptexamenprogramma's van elk vak een impactanalyse maken. We brengen in kaart hoeveel er ten opzichte van het huidige examenprogramma verandert op inhoud, wijze van afsluiting en stelsel. Op basis van de uitkomsten van deze analyse bepalen we hoe omvangrijk er beproefd moet worden en welk tijdspad dat vraagt.

Vormen van beproeven



We zoeken steeds naar een optimale balans tussen tijd en kwaliteit. Dit betekent dat (de voorbereiding van) de fase van beproeven zo kort mogelijk duurt, maar lang genoeg om de examenprogramma's verantwoord te implementeren. Want hoe groter de aanpassingen ten opzichte van de huidige examenprogramma's, hoe meer implicaties voor het onderwijs en de examinering, hoe meer dat vraagt van beproeven en implementeren. We onderscheiden vier vormen met elk een eigen tijdpad.

Uit de impactanalyse blijkt of vorm 1 (focusgroepen) of vorm 2 of 3 (een try-out) passend is. Bij die vormen worden onderdelen van het conceptexamenprogramma door leraren en leerlingen beproefd in één schooljaar. Voor de vakken nlt en O&O is gekozen voor het beproeven in de vorm van een try-out in 2025-2026. Deze beslissing is genomen op basis van het draagvlak onder de conceptexamenprogramma's, de behapbare omvang van veranderingen en het feit dat er geen CE voor deze vakken is. Ook kan SLO met onder andere Stichting Technasium, vereniging nlt en NVON in de periode tot de zomer de try-out inhoudelijk en organisatorisch goed voorbereiden.

Als uit de impactanalyse blijkt dat de veranderingen op inhoud, wijze van afsluiting en stelsel groot zijn, dan wordt gekozen voor vorm 4 (een pilot). Het volledige conceptexamenprogramma, inclusief conceptsyllabus, voor vakken met een centraal examen wordt beproefd. Voor vmbo en havo vraagt dit twee jaar, voor vwo drie jaar. In het voorbereidingsjaar worden materialen ontwikkeld voor de fase van beproeven, en worden scholen geworven die mee willen werken aan het beproeven. In het jaar erop start het daadwerkelijk beproeven van de conceptexamenprogramma's en -syllabi in de onderwijspraktijk.

Voor biologie, natuurkunde en scheikunde was het te vroeg om de impact van de conceptexamenprogramma's op inhoud, proces en afsluiting goed in te schatten, omdat de vakvernieuwingscommissie niet in de zomer maar in december de conceptexamenprogramma's afrondde. Daarom zal in de zomer van 2025 de balans worden opgemaakt en zal er beproefd worden vanaf schooljaar 2026-2027.

4.5.3 Opleveren van handreikingen

Tijdens de fase van beproeven gaan we op scholen in gesprek met in elk geval leraren en schoolleiders. Met hen bespreken we de vraag welke informatie, gespreksleidraden en voorbeelden nodig zijn om de bedoeling en inhoud van de conceptexamenprogramma's in onderwijs en de toetsing vorm te geven. Deze gesprekken leiden tot handreikingen. Deze handreikingen zijn ter inspiratie en niet voorschrijvend, maar helpen scholen om te komen van een examenprogramma naar een onderwijs- en toetsprogramma.

4.5.4 Adviezen ten aanzien van de fase van beproeven

In de fase van beproeven gaat het om de bruikbaarheid, effectiviteit, uitvoerbaarheid en haalbaarheid van de conceptexamenprogramma's. De hieraan gerelateerde kwesties die gedurende het werk van de vakvernieuwingscommissie naar voren kwamen, behoeven aandacht tijdens de fase van beproeven. De adviezen die gemeenschappelijk zijn voor alle vakken worden eerst gepresenteerd. Deze worden gevolgd door de vakspecifieke adviezen.

Natuurwetenschappelijke vakken

Voor alle vakken geldt dat er te denken valt aan de volgende onderzoeksvragen en aandachtspunten:

- Omdat het examenprogramma van het vmbo al meer dan 25 jaar ongewijzigd is, is deze herziening geen eenvoudige aanpassing maar een fundamentele verandering. Dit maakt het noodzakelijk om de fase van beproeven voor vmbo grondig en uitgebreid aan te pakken.
- Hoe kunnen nieuwe inhoud uit De aard van de natuurwetenschappen en technologie, Denkwijzen en Zelfontwikkeling vormgegeven worden?
- Wat is de scholings- en ondersteuningsbehoefte bij leraren op deze nieuwe onderwerpen?
- Hoe zijn de eindtermen uit het domein Concepten te verweven met de Denkwijzen en Werkwijzen in concreet lesmateriaal zodanig dat de inhoud herkenbaar zijn en toetsbaar?
- Hoe zijn de denkwijzen te toetsen? De vakvernieuwingscommissie wil voorkomen dat er toetsvragen zijn over oorzaak- en gevolg relaties of dat er hele paragrafen over denkwijzen ontstaan in de lesmethoden.

- Passen de examenprogramma's binnen de gestelde ontwerpruimte?
- Hoe is de samenhang tussen de natuurwetenschappelijke vakken ten aanzien van de gemeenschappelijke domeinen De aard van de natuurwetenschappen en technologie, Denkwijzen, Werkwijzen en Zelfontwikkeling in te richten?
- Hoe is de samenhang met andere vakken als wiskunde en Nederlands in te richten?
- Is er passend gedifferentieerd tussen schoolsoorten en/of leerwegen?
- Hoe is de afstemming met en de doorstroom vanuit de onderbouw en tussen schoolsoorten en leerwegen in te richten?

Voor biologie, natuurkunde en scheikunde - die een CE kennen - speelt ook nog de volgende vraag:

- Maakt het examenprogramma het mogelijk om onderscheid te maken tussen SE en CE, en beiden in de helft van de tijd te passen? En hoe is een kwalitatief goed SE in te richten voor elk vak?

We adviseren om de verweving tussen de domeinen Concepten, Denkwijzen en Werkwijzen al vroeg in het proces, tijdens de ontwikkeling van de syllabi voor biologie, natuur- en scheikunde, ter hand te nemen.

Hieronder worden waar nodig specifieke punten voor de fase van beproeven per vak weergegeven.

biologie



Voor biologie zijn aanvullend de volgende vragen nog belangrijk om te beantwoorden:

- Komen de verschillen in diepgang als gevolg van het behouden van de breedte, voldoende uit de verf in de lespraktijk? Dit is met name van belang tussen vmbo-bb en -kb en tussen havo en vwo.
- Is het SE-deel (vanuit Vraagstukken) voldoende richtinggevend om het gelijkwaardig aan het CE-deel te laten zijn?
- Komt de verbinding tussen CE-werkwijzen en Concepten voldoende uit de verf in de lespraktijk?

natuurkunde



Voor natuurkunde zijn aanvullend de volgende vragen nog belangrijk om te beantwoorden:

- Hoe kan het subdomein Energievoorziening vormgegeven worden? Dit is stof die voor leraren zowel inhoudelijk als qua aanpak gedeeltelijk nieuw is.
- Is er geen voorkennis voor het CE toegewezen aan het SE? Op verschillende punten zijn inhoud die aan elkaar grenzen toch verdeeld over CE en SE (zie 2.4.1 natuurkunde voor een toelichting). Levert dit inderdaad geen problemen op, zoals de vakvernieuwingscommissie inschat?
- Zijn de hogere eisen voor het gebruik van wiskunde, met name op het vwo, werkbaar voor leraren en leerlingen?

nlt



Voor nlt zijn aanvullend de volgende vragen nog belangrijk om te beantwoorden:

- Is het werkbaar om Vraagstukken als startpunt van het examenprogramma te nemen en deze uit te werken in modules?
- Is het werkbaar en heeft het toegevoegde waarde om de SDG's aan de Vraagstukken te koppelen?

O&O



Voor O&O zijn aanvullend de volgende vragen nog belangrijk om te beantwoorden:

- Hoe is het O&O-lesprogramma zodanig in te richten dat leerlingen zowel aan onderzoek als aan ontwerpen doen?
- In het examenprogramma staan de denkwijzen nu als beheersingsdoelen geformuleerd. Zorgt dit voor een meer wetenschappelijk karakter van het vak? Of zijn ervaringsdoelen meer op hun plek?
- Hoe is het O&O-lesprogramma in te richten zodat de leerlingen de concepten beheersen?

scheikunde



Voor alle schoolsoorten gelden voor scheikunde aanvullend de volgende vragen:

- Het domein Vraagstukken is nieuw en zeker een onderwerp als voeding. Het is niet wenselijk dat experimenten met voeding uitgevoerd worden op werkplekken waar ook chemicaliën worden gebruikt. Het gaat hier ook om bepalingen en niet dat er consumptie plaatsvindt. Het gaat hier dus om een omslag in het denken bij leraren en toa's. Er zal onderzocht

moeten worden in hoeverre de uitvoerbaarheid wordt gehinderd door denkbeelden.

- Is de introductie van keuzeonderwerpen in alle programma's werkbaar?
- Hoe groot is de scholingsbehoefte rond circulaire chemie en de keuzeonderwerpen op het vwo?

Specifiek voor het CPE op vmbo-gl/tl gelden nog de volgende vragen:

- Zijn de logistiek en de beoordeling van het CPE uitvoerbaar? Dit vergt een meerjarenplan, zie ook bijlage 8.
- De weging CPE:CSE en in eerste instantie de weging tussen SPE:SE. De commissie heeft een voorstel gedaan voor de weging, maar is deze ook realistisch en geeft dit een betrouwbaar beeld van de gewenste vaardigheden en beheersing bij leerlingen?
- Hoe groot is de ondersteuningsbehoefte van leraren bij het uitvoeren, voorbereiden en beoordelen van het SPE?

5. Referenties

- ACARA. (2018). *Biology | The Australian Curriculum (Version 8.4)*.
<https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/biology/>
- Ağırdağ, O., Biesta, G., Bosker, R., Kuiper, R., Nieveen, N., Raijmakers, M., Van Tartwijk, J., & Van Boogaard, M. (2021). *Kaders voor kansen; Naar een beoordelingskader kansengelijkheid voor het funderend onderwijs. Verdiepende studie wetenschappelijke curriculumcommissie*. CurriculumCommissie
- Barak, M., Ginzburg, T. & Erduran. S. (2022). *Nature of engineering - a cognitive and epistemic account with implications for engineering education*. Science & education, 33, 679-697. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00402-7>.
- Bell, R.L., Mulvey, B.K. & Maeng, J.L. (2012). Beyond understanding: process skills as a context for nature of science instruction. In M.S. Khine (ed.), *Advances in Nature of Science Research*, Springer. DOI 10.1007/978-94-007-2457-0_11
- Biesta, G. (2022) *Wereldgericht onderwijs – een visie voor vandaag*. Uitgeverij Phronese
- Cooper, M. M., Posey, L. A. & Underwood, S. M. (2017) Core Ideas and Topics: Building Up or Drilling Down? In *J. Chem. Educ.* 2017, 94, 541–548
- Curriculum.nu. (2017) *Technologie in de Leergebieden*. Curriculum.nu
- Curriculum.nu. (2019) Voorstel Leergebied Mens & Natuur. In *Samen bouwen aan het primair en voortgezet onderwijs van morgen Natuur*. Curriculum.nu <https://curriculum.nu/download/mn/Voorstellen-ontwikkelteam-Mens-en-Natuur.pdf>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press.
- Eijkelhof, H., & Kop, P. (2024). Wiskundige formules in natuurwetenschappen en wiskunde: stand van zaken, internationale literatuur en lessuggesties. *NVOX 2024* (4), 11-13.
- Giere, R.N. (1991). Understanding Scientific Reasoning (3rd edition). *Fort Worth, TX: Holt, Rinehart and Winston*.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of science, mathematics and ICT education*, 7(2), 9-33.
- Hofer E. & Steininger, R. (2023). Does it occur or not? – a structured approach to support students in determining the spontaneity of chemical reactions. *Chemistry teacher international*. <https://doi.org/10.1515/cti-2022-0046>
- Hunter, K.H., Roderiguez, J-M.G., & Becker, N.M. (2022). A review on research on the teaching and learning of chemical bonding. *J. Chem. Educ.* 99, 2451-2464.

- Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*, University of York.
- National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/18290>
- OCW (2021). *Bijstelling concept-examenprogramma's voor vmbo, havo en vwo. Werkopdracht aan SLO*.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2010). How Science Works: What is the nature of scientific reasoning and what do we know about students' understanding? *Good Practice in Science Teaching*. Osborne, J. & Dillon, J. (eds.). Open University Press, p. 20-45.
- Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, W., Boerwinkel, D.J., Eijkelhof, H., Vries, M. de, Hoeven, M. van der, & Kuiper, W. (2014). *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo: een richtinggevend leerplankader*. SLO.
- Pieters, M., Kleijn, E. de, & Schalk. H. (2020). *Overladenheid in de bètavakken: oorzaken en oplossingen in de examenprogramma's havo en vwo van 2013*. SLO.
- Kamerstukken II, 30079-122. (2024, 7 juni).
<https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=2024D23695>
- Rivet, A. E., Weiser, G., Lyu, X., Li, Y., & Rojas-Perilla, D. (2016). What Are Crosscutting Concepts in Science? Four Metaphorical Perspectives In Looi, C. K., Polman, J. L., Cress, U., and Reimann, P. (Eds.). *Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2016*, Volume 2. Singapore: International Society of the Learning Sciences. <https://repository.isls.org/bitstream/1/356/1/149.pdf>
- RSC (2020). *The elements of a successful chemistry curriculum - the royal society of chemistry's vision for 11-19 chemistry education*.
<https://www.rsc.org/policy-evidence-campaigns/chemistry-education/education-reports-surveys-campaigns/chemistry-curriculum-framework/>
- SBB. (z.d.) *Rapportages*. Geraadpleegd oktober 2023 van <https://www.sbb.nl/activiteiten/onderzoek-en-informatie/rapportages/>
- Sevian, H. & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15, 10-23.
- Sijbers, J. & Woldhuis, E. (2021). *Startnotitie natuurwetenschappelijke vakken*. SLO. <https://www.slo.nl/@20067/startnotitie-natuurwetenschappelijke/>
- SLO (2022). *Verdeling van ontwerpruimte voor ontwikkeling van examenprogramma's, Kader voor vakvernieuwingscommissies vmbo, havo, vwo*. SLO.
https://www.slo.nl/publish/pages/19448/kader_ontwerpruimte.pdf

- SLO (2024a). *Conceptkerndoelen mens en natuur*. SLO.
<https://www.slo.nl/thema/meer/actualisatie-kerndoelen-examenprogramma/actualisatie-kerndoelen/conceptkerndoelen-mens-natuur/>
- SLO (2024b). *Factsheet ontwerpruimte*. <https://slo-platforms.files.svdcdn.com/production/Factsheet-ontwerpruimte-examenprogrammas-SLO-format.pdf?dm=1708336813>
- Sol, Y. (2024). *Handreiking handelingswerkwoorden*, SLO.
- Sol, Y., & Visser, A. (2023). *Vaardigheden in het landelijke curriculum. Verantwoording van de categorisering en definiëring van vaardigheden bij de actualisatie van kerndoelen en examenprogramma's*. SLO.
<https://www.slo.nl/publish/pages/20348/vaardigheden-in-het-landelijke-curriculum.pdf>
- Talanquer, V. (2016). Central ideas in chemistry: an alternative perspective. *Journal of chemical education*, 93, 3-8.
- Van Dulmen, T.H.H., Visser, T.C., Coenders, F.G.M., Pepin, B., & McKenney, S. (2023). Learning to teach chemical bonding: a framework for preservice teacher educators. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 24, 896.
- Verenigde Naties (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Vo et al., 2022. *Why and how should I use crosscutting concepts to enhance my science instruction?* <https://stemteachingtools.org/brief/91>
- Warps, J., Visser, M. de, Lodewick, J. & Termorshuizen, T. (2021). *Rapport Verkenning Vervolgonderwijs*. ResearchNed

Bijlagen

1. Doorlopende leerlijn

Hieronder is het conceptraamwerk kerndoelen mens en natuur (SLO, 2024a) weergegeven, met in de laatste kolom aangegeven hoe er in de examenprogramma's op wordt voortgebouwd. De conceptkerndoelen zijn te downloaden van de [website van SLO](#).

Domein	Kerndoel po/so	Kerndoel onderbouw v(s)o en 3h/v	Examen- programma's
Natuurwetenschappen en technologie	Vraagstukken uit de leefomgeving	Vraagstukken uit de wereld	Domein <i>Vraagstukken</i> LOB in domein <i>Zelfontwikkeling</i>
	Denkwijzen	Denkwijzen	Domein <i>Denkwijzen</i>
	Werkwijzen	Werkwijzen	Domein <i>Werkwijzen</i>
	Aard van natuurwetenschappen en technologie	Aard van natuurwetenschappen en technologie	Domein <i>De aard van de natuurwetenschappen en technologie</i>
		Werken met modellen (3h/v)	Eindterm <i>modellen</i>
		Denken over modellen (3h/v)	Eindterm <i>modellen</i>
Mens, materie en energie	Technische systemen	Technische systemen	Domein <i>Concepten</i>
	Stoffen en hun eigenschappen	Deeltjes	Domein <i>Concepten</i>
		Reacties	Domein <i>Concepten</i>
		Bouw van materie (3h/v)	Domein <i>Concepten</i>
	Licht, geluid, energie en krachten	Krachten	Domein <i>Concepten</i>
		Energie	Domein <i>Concepten</i>
		Licht, informatie en wereldbeelden (3h/v)	Domein <i>Concepten</i>

Mens en levende systemen	Organismen	Organismen	Domein <i>Concepten</i>
		Voortbestaan van het leven	Domein <i>Concepten</i>
		Evolutie (3h/v)	Domein <i>Concepten</i>
	Ecosystemen	Ecosystemen	Domein <i>Concepten</i>
Mens en ruimte	Aarde	Aarde	Doorlopende leerlijn gaat verder in de examenprogramma's van aardrijkskunde.
	Weer, klimaat en water	Weer en klimaat	
		Systeem Aarde (3h/v)	
Mens en samenleving		Veiligheid	Het toepassen van het geleerde vindt plaats bij het praktisch werken zoals beschreven in domein <i>Werkwijzen</i> .
	Gezond leven	Gezond leven	Domein <i>Vraagstukken</i>
		Relationele en seksuele gezondheid	Niet opgenomen in een examenprogramma. Ziet de commissie als opdracht voor de hele school, niet alleen leerlingen die biologie hebben gekozen.

2. Samenstelling vakvernieuwingscommissie

De volgende leraren, vakexperts, curriculumexperts en procesregisseur maakten deel uit van de vakvernieuwingscommissie:

- Aafke Oldenbeuving, curriculumexpert
- Angus Hoefs, leraar
- Arjen Nawijn, vakexpert
- Bas van Rijen, vakexpert
- Berenice Michels, procesregisseur
- Elise Quant, vakexpert
- Elise van Beek, leraar
- Erik Woldhuis, curriculumexpert
- Gerdien Hoogveld-van der Veer, leraar
- Gjalt Prins, vakexpert
- Herbert van de Voort, leraar
- Ingeborg van der Neut, leraar
- Jeffrey Gradener, vakexpert
- Jeroen Sijbers, curriculumexpert
- Joep van de Wouw, leraar
- Joop Vaneker, leraar
- Joost van Buchem, vakexpert
- Kees Kleinbloesem, leraar
- Kelvin Klemans, leraar
- Kim Krijtenburg-Lewerissa, vakexpert
- Maaïke Albrecht-Vollebregt, leraar
- Maartje Brouwers, curriculumexpert
- Marijn Meijer, curriculumexpert
- Martin Mollema, leraar
- Martin Vos, vakexpert
- Micha Ummels, vakexpert
- Michiel Kroon, leraar
- Miranda Onstenk, leraar
- Nellie Schutte, leraar
- Peter Visser, leraar
- Remko Schoot Uiterkamp, leraar
- René van der Veen, leraar
- Roos Offringa, leraar
- Tess Bierhuizen, leraar
- Theo Reijnen, leraar
- Thijs Goedegebure, curriculumexpert
- Tycho Malmberg, vakexpert

3. Samenstelling advieskring

De volgende vakverenigingen, (maatschappelijke) organisaties, netwerken en instellingen voorzagen de vakvernieuwingscommissie van feedback:

- NVON
- Stichting Technasium
- Vereniging NLT
- KIVI
- Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV)
- Nederlandse Natuurkundige Vereniging (NNV)
- Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI)
- Samenwerkingsorganisatie Beroepsonderwijs Bedrijfsleven (SBB)
- Boaz van der Plas als vertegenwoordiger van HBO-vervolgopleidingen
- Jamila de Jong als vertegenwoordiger van WO-vervolgopleidingen

4. Geraadpleegde vakexperts

Vooraf benoemd

De volgende experts zijn vooraf benoemd om hun input en feedback te geven:

- Gerald van Dijk (HU)
- John van Hukom (HvA)
- Fred Janssen (UL)
- Wouter van Joolingen (UU)
- Rutger van de Sande (Fontys Hogeschool)
- Janneke Verloop (HR)

Gedurende het proces geraadpleegd

De volgende experts zijn gedurende het ontwikkelproces gevraagd om hun input en feedback te geven:

- Peter Duifhuis (UU)
- Harrie Eijkelhof (UU)
- Marcel Kamp (RU)
- Arjen Wals (WUR)

Voor biologie zijn nog twee experts gevraagd om input:

- Frank van der Wilk (COGEM)
- Geert de Snoo (KNAW-NIOO)

Voor scheikunde zijn de volgende experts geraadpleegd:

- Johan van Schaaf (TUE)
- Albert Schenning (TUE)
- Anja Palmans (TUE)
- Chris Sloodweg (UvA)
- Gert Jan Gruter (UvA)
- Roderik Potjer (VNCI)
- Rosienne Steensma (VNCI)

5. Beschrijving handelingswerkwoorden

Hieronder presenteren we een lijst met handelingswerkwoorden die in de examenprogramma's natuurwetenschappelijke vakken veel gebruikt worden, en aan verschillende interpretaties onderhevig kunnen zijn:

Handelingswerkwoord	Omschrijving
Aanwijzen	Op basis van kennis van een concept in een beschrijving, zoals een tekst of figuur, aangeven waar sprake is van dat concept
Analyseren	Ontleden van iets in onderdelen en de kwantitatieve en kwalitatieve relaties daartussen verhelderen
Benoemen	De correcte naam - in vaktaal - geven aan iets
Beschrijven	Eerder aangeboden feiten of kwantitatieve en kwalitatieve relaties tussen feiten weergeven, bijvoorbeeld in een tekst of figuur
Inzicht tonen	Laten zien dat relaties tussen begrippen, feiten en processen worden begrepen
Onderzoeken	In een context relevante vaardigheden toepassen om tot een antwoord op een vraag te komen
Ontwerpen	Relevante vaardigheden toepassen om tot een product (inclusief dienst) te komen dat in een behoefte voorziet
Opstellen	Iets op een gestructureerde manier weergeven in bijvoorbeeld een tekst, figuur, formule of chemische notatie
Redeneren (Be-)	Met correcte en passende logische denkstappen vanuit relevante kennis naar nieuwe inzichten komen
Rekenen (Be-)	Op basis van berekeningen kwantitatieve uitspraken doen
Toepassen	Bekende kennis en procedures gebruiken in nieuwe situaties
Vergelijken	Overeenkomsten en/of verschillen aangeven
Verklaren	Iets herleiden tot oorzaken of onderliggende mechanismen

6. Doel en ordening van ‘te denken valt aan’ bij scheikunde

De commissie heeft getracht om bij scheikunde de samenhang in het concept-examenprogramma zichtbaar te maken middels de ‘te denken valt aan’ (tdva). De eerste manier is door bij verschillende eindtermen dezelfde tdva gebruikt of tdva’s die veel op elkaar lijken. Een tdva kan zowel bij concepten als bij denkwijzen voorkomen. Een tweede manier is tdva’s zichtbaar met elkaar te verbinden. Daarbij is een vraagstuk als startpunt genomen. Bijkomend voordeel is dat de verschillen tussen de schoolsoorten inzichtelijk worden.

Eerste manier

De tdva ‘de mate van afbraak van zelfgemaakte bioplastics bepalen’ komt bijvoorbeeld voor bij de eindtermen 26, 28 en 30 vmbo-tl. De tdva ‘berekenen bij hoeveel blikjes cafeïnehoudende frisdrank een gezondheidsnorm wordt overschreden bij een vraagstuk over gezondheid’ komt voor bij de eindtermen 9 en 26 bij havo. Hiermee wordt zichtbaar gemaakt dat eindtermen 26, 28 en 30 op vmbo-gl/tl met elkaar verbonden kunnen worden. Hetzelfde geldt voor eindtermen 9 en 26 op havo.

Tweede manier

In de tabel hieronder worden via de tdva’s de volgende verbindingen zichtbaar vanuit het vraagstuk circulair produceren en consumeren met eindtermen in andere domeinen. Per schoolsoort wordt steeds de tekst van de tdva gegeven en het nummer van de eindterm waarin die een plek heeft.

Domein	vmbo-gl/tl		havo		vwo	
De aard van de natuurwetenschappen en technologie	opzoeken van een kwaliteitsnorm voor het veilig gebruik van bioplastics als verpakkingsmateriaal bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	2, 26	een kwaliteitsnorm opzoeken voor het veilig gebruiken van bioplastics als verpakkingsmateriaal bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	2,31	een onderwijsleergesprek voeren over de redenen waarom er kwaliteitsnormen zijn voor het gebruik van bioplastics als verpakkingsmateriaal bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	2
			oriënteren op welke grondstoffen gebruikt zouden moeten worden voor bioplastics vanuit maatschappelijk, milieu en economisch perspectief bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	4	oriënteren op welke grondstoffen gebruikt zouden moeten worden voor bioplastics vanuit maatschappelijk, milieu en economisch perspectief bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	4, 32
Concepten	het maken verschillende bioplastics bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	26	vergelijken van eigenschappen van zelfgemaakte bioplastics bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	8, 18, 31	een hypothese formuleren op basis van eigenschappen waarom (poly)melkzuur kan dienen als grondstof voor bioplastics	8
	fysische eigenschappen van zelfgemaakte bioplastics met elkaar vergelijken bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	7, 16	met een berekening onderbouwen hoe een synthese van bioplastics eraan bijdraagt de keten circulair te krijgen bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	12, 30	in een opdracht over circulair produceren en consumeren de atomeconomie berekenen van de productie van PET en PEF	12

Denkwijzen	de koolstofkringloop weergeven voor de recycling van plastics bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	20, 26	een reactor omschrijven als een systeem in een vraagstuk over circulaire chemie	19	in een blokschema aangeven hoe bioplastics verwerkt en hergebruikt kunnen worden bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	26
Werkwijzen	de mate van afbraak van zelfgemaakte bioplastics bepalen	26, 28, 32	de afbraaksnelheid van zelfgemaakte bioplastics onderzoeken met VIS	30	onderzoeken of de afbraaksnelheid van zelfgemaakte bioplastics bepaald kan worden met VIS	32
	zelfgemaakte bioplastics testen op geschiktheid als verpakkingsmateriaal	26	de afbraaksnelheid van zelfgemaakte bioplastics met VIS onderzoeken bij een vraagstuk over circulaire produceren en consumeren	35	de afbraaksnelheid bepalen van zelfgemaakte bioplastics met VIS bij een vraagstuk over circulaire produceren en consumeren	40
	opzoeken hoe polystyreen wordt geproduceerd bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	29	opzoeken hoe polystyreen wordt geproduceerd bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	36	opzoeken hoe polystyreen wordt geproduceerd bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	42
	uit data afleiden dat zelfgemaakte bioplastics sneller afbreken dan plastics op fossiele basis bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	35	uit data afleiden dat de afbraaksnelheid van zelfgemaakte bioplastics hoger is dan bij plastics op fossiele basis bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	42	uit data afleiden dat de afbraaksnelheid van zelfgemaakte bioplastics hoger is dan bij plastics op fossiele basis bij een vraagstuk over circulair produceren en consumeren	47

7. Verantwoording 50-50 verdeling CE-SE

biologie

De volgende SE-CE verdeling wordt voorgesteld, zie tabel hieronder.

Domein	Subdomein	<i>Vmbo- bb</i>	<i>Vmbo- kb</i>	<i>Vmbo- gl/tl</i>	<i>Havo</i>	<i>Vwo</i>
De aard van de natuur-wetenschappen en technologie		§	§	§	§	§
Concepten	Biodiversiteit en verbondenheid van leven - CE	8% CE	8% CE	8% CE	-	-
	Biodiversiteit en verbondenheid van leven - SE-CE	-	-	-	-	15% CE
	Biodiversiteit en verbondenheid van leven - SE	4% SE	4% SE	5% SE	17% SE	7% SE
	Cellen en meercellige organismen - CE	25% CE	25% CE	22% CE	15% CE	14% CE
	Cellen en meercellige organismen - SE	-	-	-	7% SE	10% SE
	Erfelijkheid en voortbestaan van leven - CE	12% CE	12% CE	14% CE	20% CE	17% CE
	Erfelijkheid en voortbestaan van leven - SE	-	-	-	5% SE	3% SE
	Reageren op veranderingen - CE	8% CE	8% CE	11% CE	12% CE	10% CE
	Reageren op veranderingen - SE - CE	-	-	-	7% SE	7% SE
	Reageren op veranderingen - SE	-	-	-	5% SE	5% SE
	Keuze cellulaire processen*	-	-	11% SE	-	-
	Keuze groen**	16%** SE	16%** SE	11% SE	-	-
	Keuze zorg**	16%** SE	16%** SE	11% SE	-	-
Denkwijzen		¶	¶	¶	¶	¶

Vraagstukken	Vraagstukken	25% SE	25% SE	27% SE	10% SE	14% SE
	Contexten	¶	¶	¶	¶	¶
Werkwijzen	Werkwijzen - SE	§	§	§	§	§
	Werkwijzen - SE-CE	¶	¶	¶	¶	¶
Zelfontwikkeling		§	§	§	§	§
Totaal CE*		45%	45%	44%	48%	55%
Totaal SE*		55%	55%	56%	52%	45%

* door afronden kan dit afwijken van de som van de waarden in de tabel.

- dit subdomein ontbreekt in dit conceptexamenprogramma.

** keuze subdomein; het bevoegd gezag kies één hiervan.

¶ dit subdomein is verbonden met het domein Concepten en wordt in deze berekening ook in die uren meegenomen.

§ dit subdomein is verbonden met het domein Vraagstukken en wordt in deze berekening ook in die uren meegenomen.

natuurkunde

Zoals aangegeven in de ureninschatting heeft de commissie per eindterm in het domein Concepten een inschatting gemaakt van het benodigde aantal lesuren. Daarnaast is de commissie ervan uitgegaan dat ongeveer 10% van de ontwerpruimte nodig is om inhoud uit de overige domeinen te behandelen die niet via de Concepten gedekt is, zie paragraaf 1.3.

Deze 10% ontwerpruimte bestaat vrijwel geheel uit stof die op het SE getoetst wordt, zoals Vraagstukken en Zelfontwikkeling. Daarom telt de commissie deze uren op bij de uren van de Concepten die aan het SE zijn toegewezen om de totale verwachte onderwijstijd voor het SE te krijgen. Deze wordt dan vergeleken met de totale verwachte onderwijstijd voor het CE. In de onderstaande tabel gebeurt dat voor alle schoolsoorten en leerwegen. Hierin is te zien dat het CE overal (vrijwel) even groot is als het SE.

Domein	Subdomein	Vmbo- bb	Vmbo- kb	Vmbo- gl/tl	Havo	Vwo
De aard van de natuurwetenschappen en technologie		§	§	§	§	§
Concepten	Mechanica - Evenwichten	12% CE	16% CE	14% CE	12% SE	-
	Mechanica - Beweging	-	-	11% CE	29% CE	26% CE
	Elektriciteit en magnetisme	20% CE	20% CE	14% CE	10% CE	20% SE
	Stoffen en Materialen	12%	12%	14%	-	-

		SE	SE	SE		
	Materie en Straling	12% CE	16% CE	11% CE	-	26% CE
	Energievoorziening	12% SE	8% SE	8% SE	12% CE	9% SE
	Automatisering	12% SE	8% SE	8% SE	12% SE	-
	Keuze	8% SE	8% SE	11% SE	15% SE	10% SE
Denkwijzen		¶	¶	¶	¶	¶
Vraagstukken	Vraagstukken	§	§	§	§	§
	Contexten	¶	¶	¶	¶	¶
Werkwijzen	Werkwijzen 1	¶	¶	¶	¶	¶
	Werkwijzen 2	¶	¶	¶	¶	¶
Zelfontwikkeling		§	§	§	§	§
<i>Niet-Concepten</i>		10% SE	10% SE	10% SE	10% SE	10% SE
Totaal CE*		45%	53%	49%	51%	51%
Totaal SE*		55%	47%	51%	49%	49%

*: door afronden kan dit afwijken van de som van de waarden in de tabel.

¶: uren (grotendeels) meegenomen in **Concepten** en zo verdeeld over CE en SE.

§: uren (grotendeels) meegenomen in *Niet-Concepten* zo toegewezen aan SE.

scheikunde

De volgende SE-CE verdeling wordt voorgesteld, zie tabel hieronder.

Domein	Subdomein	Vmbo gl/tl met SPE	Vmbo tl/gl met CPE	Havo	Vwo
De aard van de natuurwetenschappen en technologie		5% SE	5% SE	5% SE	5% SE
Concepten	Materie	15% CE	15% CE	20% CE	15% CE
	Reacties en processen	15% CE	15% CE	20% CE	25% CE
	Energie en reactiesnelheid	5% CE	5% SE	5% SE+CE	5% CE
	Scheidingsmethoden	≈1% CE	≈1% CE	≈0,5% CE	≈0,5% CE

	Scheiden en analyse	10% SE	10% SE-CE	5% CE	5% CE
Denkwijzen		3% SE	3% SE	4% SE	5% SE
Vraagstukken	Leefwereld vraagstukken	15% SE	10-5% SE-CE	10% SE	-
	Maatschappelijke vraagstukken	5% SE	5% SE	5% SE	10% SE
	Fundamentele vraagstukken		-	-	10% SE
	Contexten				
Werkwijzen	Werkwijzen 1	10% SE	10% CE	15% SE	10% SE
	Werkwijzen 2	10% SE-CE	10% SE-CE	10% SE-CE	10% SE-CE
	Werkwijzen 3	≈1% SE	≈1% SE	-	-
Zelfontwikkeling		5% SE	5% SE	5% SE	5% SE
<i>Totaal CE*</i>		42%	56%	51%	55%
<i>Totaal SE*</i>		58%	44%	49%	45%

8. Advies CPE scheikunde vmbo-gl/tl

De commissie adviseert om scheikunde havo en vwo af te sluiten met een centraal schriftelijk examen (CSE), gelijk aan de huidige situatie, en op het vmbo met een CSE en een centraal praktisch examen (CPE).

Drie uitgangspunten hebben ten grondslag gelegen aan het voorstel om een centraal praktisch examen in te voeren voor vmbo scheikunde:

- De wijze van afsluiting doet recht aan de aard en bedoeling van het vak, inhoud van het vak op het vmbo en kansengelijkheid.
- De wijze van afsluiting bevordert een gelijk beheersingsniveau van praktische vaardigheden.
- Het invoeren van een CPE is haalbaar en uitvoerbaar.

De drie uitgangspunten worden hieronder nader toegelicht.

1. *De wijze van afsluiting sluit aan bij a. de aard en bedoeling van het vak en bij b. de inhoud van het vak op het vmbo en c. vergroot kansengelijkheid.*
 - a. De aard en bedoeling van het vak: de overkoepelende doelstellingen van het vak die geformuleerd zijn in de karakteristiek en beschreven in de eindtermen, staan centraal bij de keuze voor de vorm van toetsing. Er moet immers sprake zijn van constructieve afstemming (*constructive alignment*). De wijze van afsluiting van scheikunde moet aansluiten bij inhouden en doelen die karakteristiek geformuleerd zijn. Scheikunde richt zich op het bevorderen van:
 - i. de ontwikkeling van een onderzoekende houding en het probleemoplossend vermogen van leerlingen. Scheikunde is een experimentele wetenschap. De wetenschap is ontstaan uit een systematische bestudering van de materiele wereld. Het bestuderen van materiaaleigenschappen en omzettingen van materialen in andere (chemische reacties) zijn object van onderzoek binnen de scheikunde. Hierin wisselen experimentele en theoretische aspecten elkaar af. Door middel van experimenten worden eigenschappen en samenstelling van materialen bepaald, modellen opgesteld over de moleculaire wereld en chemische reacties bestudeerd, gecontroleerd en beheerst (bijvoorbeeld: Talanquer, 2016). Hierdoor zijn de experimentele verificatie van theoretische en modelvoorspellingen essentieel in deze discipline.
 - ii. inzichtelijk maken hoe natuurwetenschappelijke kennis en technologische producten tot stand komen. Het gaat erom dat leerlingen ervaren hoe kennis tot stand komt, namelijk door verificatie en controle van de theorie en gebruikte modellen.

De vraag of de uitkomsten van theorieën en modellen overeenkomen met data en waarnemingen is essentieel in de natuurwetenschappen (Giere, 1991). Dat omvat zowel de onderzoeks- en ontwerpprocessen die leiden tot kennis over de wereld en producten enerzijds, als de sociale acceptatie van hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt anderzijds (Millar, 2004). In het conceptexamenprogramma zijn vier eindtermen opgenomen over de aard van natuurwetenschappen en technologie.

- b. De inhoud van het vak op het vmbo: De inhoud van scheikunde, ook op het vmbo, omvat praktische vaardigheden en het combineren ervan met theoretische kennis. Juist op het vmbo wordt het eerste nauwelijks getoetst op het CSE. In de karakteristiek staat de inhoud op het vmbo als volgt geformuleerd:

Daarnaast dient het vak [scheikunde op het vmbo] als basis voor de toekomstige beroepspraktijk en de doorstroom naar het mbo en havo. Leerlingen komen in aanraking met beroepsbeelden waarin de focus ligt op het uitvoeren en ondersteunen van onderzoek in de gezondheidszorg en voedingsindustrie, het besturen en beheersen van productieprocessen en kwaliteitsbewaking in de genoemde sectoren.

De commissie heeft bij de differentiatie tussen de schoolsoorten gebruik gemaakt van beroepsprofielen op het mbo, hbo en wo. De verhouding experimentele en theoretische vaardigheden verschilt in deze beroepsprofielen. In verhouding tot theoretische vaardigheden als het gebruiken van (computer)modellen, nemen experimenten in de discipline scheikunde een grotere plek in op het mbo. Het onderscheid tussen de beroepsprofielen is een reden om het praktisch werk op het vmbo een prominentere plek te geven t.o.v. het theoretische deel dan op de havo en vwo.

Scheikunde draagt bij aan het kunnen opzetten en uitvoeren van scheikundige experimenten. De leerlingen verwerven daartoe relevante praktische vaardigheden. Scheikunde dient, net als elk ander vak, als basis voor de toekomstige beroepspraktijk. De aan chemie gerelateerde mbo-opleidingen en beroepen op mbo-niveau kennen een grote praktische component. Denk bijvoorbeeld aan de laborantenopleiding voor de chemische en klinische sector en de procestechnologische kant voor de industrie. Het zijn ook sectoren waar een grote vraag naar personeel is. Het vmbo bereidt voor op het mbo en biedt daartoe een goede voorbereiding als er veel experimentele vaardigheden in het examenprogramma zijn opgenomen.

Met de invoeren van een CPE is de centrale toetsing in balans met de praktische en theoretische inhouden in het conceptexamenprogramma. Hiermee is de toetsing onderdeel van de differentiatie tussen de schoolsoorten bij het schoolvak scheikunde.

De balans tussen praktische en theoretische inhouden is op de havo en vwo anders dan op het vmbo. Dat is de reden dat alleen op het vmbo gepleit wordt om een CPE in te voeren.

- c. Bevorderen kansengelijkheid: van de leerlingen op het vmbo wordt verwacht dat ze praktisch veel vaardiger zijn dan leerlingen op de havo en zeker op het vwo. Praktischer wil zeggen: vaardig in het praktisch werken. In het gebruiken van instrumenten en gereedschappen, het doen van waarnemingen en het aanpassen van materialen die bestudeerd worden. Het gaat hier specifiek om procedures volgen, toepassingsgerichte handelingen en het toepassen van vakinhoud (Harlen, 2013). Door het praktische werken binnen scheikunde op het vmbo een belangrijke plek te geven, wordt recht gedaan aan praktisch vaardiger leerlingen. Dit biedt kansen om leerlingen goed zicht te geven op hun eigen talenten en capaciteiten, ze goed voor te bereiden voor het mbo of een doorstroom naar het havo als theoretische aspecten meer passend zijn bij de leerling.

- 2. *De wijze van afsluiting helpt om eenzelfde beheersingsniveau van leerlingen te garanderen ten aanzien van praktische vaardigheden.*
Een tweede argument om een CPE te introduceren, is dat er door de invoering van een CPE een landelijk geformuleerd beheersingsniveau is, dat dus gelijk is voor alle vmbo-leerlingen. Dat is belangrijk nu het praktische vaardigheidsdeel groter wordt op vmbo dan op havo en vwo.

Op dit moment zijn er verschillen in de uitvoering van het vak scheikunde op vmbo-scholen. Het is voor alle leerlingen belangrijk om een rijk praktisch curriculum te hebben. Het huidige examenprogramma biedt scholen de ruimte dat heel wisselend in te vullen. Hier zitten deels organisatorische en didactische keuzes achter, doordat scheikunde op het vmbo gekozen wordt door een relatief klein aantal leerlingen omdat het een vak is in het vrije deel. Daarnaast speelt de opkomst van praktijkgerichte programma's een rol bij de keuze van leerlingen. Het vak vergt specifieke voorzieningen voor instrumentarium, veiligheid en werkruimte en kent een verbruik van chemicaliën. Docenten geven leerlingen niet altijd de gelegenheid om experimenten uit te voeren omdat

- a. het meer tijd vergt dan een theorieles door verplaatsing, veiligheidsaspecten, de niet ontwikkelde praktische uitvoeringstechnieken van leerlingen en het gevoel van tijdsdruk en
- b. de didactische waarde van het practicum verschillend wordt gezien door docenten en
- c. verschillen in profilering van scholen naar bijvoorbeeld kunst, tweetalig of technisch, waardoor vakken op scholen een andere plek krijgen ten opzichte van elkaar. In de praktijk betekent dit dat er een variatie ontstaat in zowel de experimentele vaardigheid van leerlingen als het gebruiken van experimenten voor de theorievorming als het laten ervaren van de aard van het vak scheikunde of hoe natuurwetenschappers werken. Er zijn scholen waar het behalen van het branderdiploma de enige praktische vaardigheid is. Maar er zijn ook scholen waar scheikundedocenten de methode 'theorie uit experimenten' gebruiken waarbij leerlingen veel experimenten uitvoeren.

De realisatie van het experimentele karakter van een vak en het ervaren ervan door leerlingen is dus school- en docentafhankelijk. Door de invoering van een CPE worden de praktische ervaringen, de taak, beoordeling en cesuur landelijk geformuleerd en zijn daarmee gelijk voor alle vmbo-leerlingen die scheikunde kiezen.

3. *De toetsing is haalbaar en uitvoerbaar:* voor scholen, leraren, leerlingen en de examenketen (met in elk geval CvTE, stichting Cito en DUO) moet examinering uitvoerbaar zijn. De wijze van afsluiting moet passen bij de onderwijspraktijk en de bestaande regelgeving over, en bestaande vormen van, examinering.

De huidige toetsing van praktische vaardigheden vindt plaats in het schoolexamen. Daar geldt dat niet is voorgeschreven wat de toetsvorm moet zijn, hoeveel schoolexamens afgenomen moeten worden en wat de verhouding moet zijn tussen de domeinen die in het schoolexamen worden getoetst. De kwaliteit van het schoolexamen is hiermee school- en docentafhankelijk.

In het huidige examenprogramma nask2 wordt een product- en procesonderzoek verlangt van leerlingen. Het toetsen van praktische vaardigheden komt vooral aan bod in de eindterm:

De kandidaat kan in het onderzoek scheikundige begrippen, symbolen en formules kwalitatief en kwantitatief toepassen in relatie tot een of meer producten, met name aangaande titreren, pH-onderzoek, neerslagreacties, en ontledings- en scheidingsmethoden (eindterm nask2/V/2.26).

Deze eindterm is ook onderdeel van de CE-leerstof en kan gecombineerd worden met andere eindtermen, bijvoorbeeld over cosmetica, en reinigingsmiddelen. De eindterm verplicht niet dat leerlingen door middel van practica onderzoek moeten doen.

Voordelen continuering huidige wijze van afsluiting:

- Met alleen schoolexaminering kan de school of leraar meer ruimte ervaren om nieuwe vormen van toetsen te ontwikkelen en gebruiken die passen bij de nieuwe programma's.
- Met alleen schoolexaminering kan de school of leraar meer autonomie ervaren in onderwerpkeuze, waarmee bijvoorbeeld aangesloten kan worden bij de actualiteit.

Nadelen continuering huidige wijze van afsluiting:

- Met alleen schoolexaminering is er minder zicht op borging van validiteit.
- Als er alleen getoetst wordt via schoolexaminering, wordt te weinig geborgd dat alle leerlingen voldoende kennis en vaardigheden hebben. Dit komt door verschillen in kwaliteit van toetsing binnen het SE tussen scholen.

Afweging

De vakvernieuwingscommissie adviseert de wijze van afsluiting van scheikunde vmbo-gl/tl uit te breiden met een centraal praktisch examen. De eerste twee geformuleerde uitgangspunten - de wijze van afsluiting sluit aan bij de doelstellingen van het vak en borgt de beheersing, kwaliteit en validiteit van voor de scheikunde belangrijke experimentele vaardigheden - worden onvoldoende waargemaakt met examinering van praktische vaardigheden alleen op een SE. In ieder geval is volgens de commissie op dit moment onvoldoende zichtbaar gemaakt dat alle leerlingen in gelijke mate voldoende vaardigheden beheersen.

Inhoud en vorm van CPE

In het CPE moet er voor de leerling ruimte zijn om het niveau te laten zien op het gebied van juist hanteren van instrumentarium, veilig werken, waarnemingen doen, nauwkeurig meten en werken en verwerken van data. Daarnaast moet de leerling theoretische kennis gebruiken om te duiden waarom bepaalde handelingen uitgevoerd moeten worden en waarom welk instrumentarium gebruikt moet worden om de gewenste nauwkeurigheid te behalen.

Mogelijke toetsvormen

Voorbeelden van mogelijke toetsvormen voor een praktische examinering komen nu ook voor in het Nederlandse scheikundeonderwijs.

1. Virtueel lab: digitaal modelleren van practica; leerlingen voeren achter een computer gesimuleerde practica uit.
2. Werkelijk lab: Een toets op school met een praktisch deel waarin leerlingen zelf praktische handelingen verricht.

Voordelen nieuwe wijzen van afsluiting

- Virtueel lab
 - chemische reacties zijn waarneembaar.
 - veiligheid.
 - geen glaswerk en chemicaliën nodig.
 - veel mogelijkheden qua gesimuleerde chemische processen.
- Werkelijk lab
 - echt praktisch werk en realistische setting.
 - meerdere vaardigheden en eindtermen zijn te toetsen: experimentele handelingen, manieren van meten, praktisch werken, organiseren en verwerking van data.
 - meeste scholen hebben een practicum-lokaal.

Nadelen van nieuwe wijze van afsluiting

- Virtueel lab
 - leerlingen voeren geen praktische handelingen uit en praktisch werken wordt dus niet getoetst.
 - een virtueel lab is niet realistisch: waarnemingen en processen worden een spelletje en extreme situaties tot en met explosies zijn mogelijk.
 - verwerking van data wordt gedaan door de software.
 - toegang tot software en voldoende computers met toegang tot internet brengen kosten en andere logistieke problemen met zich mee.
 - virtuele labomgevingen zijn nu nog veelal ingericht voor ondersteuning van het leren en demonstratie, en zijn niet bedoeld om praktisch te toetsen.
 - de gebruikte simulaties zijn ontwikkeld om tot op universitair niveau gebruikt te worden, en bevatten veel extra informatie.
- Werkelijk lab
 - een standaard instrumentarium van glaswerk en chemicaliën is noodzakelijk.
 - Fysieke ruimte en toerusting is noodzakelijk.
 - Meer toezicht en ondersteuning is nodig.

Advies over wijze van afsluiting

De vakvernieuwingscommissie adviseert om een werkelijk lab als toetswijze op het CPE te nemen. De voordelen van een werkelijk practicumlokaal waar praktische handelingen kunnen worden verricht en waar meerdere eindtermen kunnen worden getoetst, wegen zwaarder dan de voordelen qua veiligheid en gebruik van glaswerk en chemicaliën in een virtuele lab-situatie.

Een eerste schets van het voorstel voor een CPE scheikunde

De commissie stelt dat vraagstukken het vertrekpunt zijn van het scheikunde-onderwijs. Zij stelt daarom voor om één van de drie vraagstukken gezondheid, voeding of milieu te gebruiken als context voor het CPE en deze contexten elk jaar te laten rouleren. De andere twee zijn dan onderdeel van het SE. De keuze van deze drie vraagstukken maakt het mogelijk om min of meer dezelfde praktische vaardigheden in combinatie met andere conceptuele inhoud te toetsen en niet te snel in herhaling te vallen op het CPE.

De commissie adviseert dat het CPE bestaat uit het volgen van een protocol voor een bepaling van een gehalte van een stof of groep stoffen in de context van schoon milieu, voeding en gezondheid. De commissie adviseert om de toets te laten bestaan uit een inleidend deel, een praktisch deel (uitvoering van het protocol), gevolgd door een verwerkingsdeel met theoretische en rekenvragen, uitgaande van gegeven, al dan niet realistische, meetwaarden. Het verwerkingsdeel is dus onafhankelijk van de verkregen uitkomst van het praktische deel. Het idee voor een CPE is weergegeven in onderstaand tekstvlak.

Toetsen van de combinatie van theoretische en praktische vaardigheden in een realistische context uit een van de vraagstukken gezondheid, voeding en milieu, waarbij de leerlingen:

- in deel 1:
 - inleidende vragen beantwoorden m.b.t. voorbereiding op de uitvoering: gebruik glaswerk i.v.m. nauwkeurigheid; (aantonings)reacties, veiligheid, vragen toegespitst op het lezen van het protocol, eventueel een gidsexperiment.
- in deel 2:
 - een protocol uitvoeren (2×) om een gehalte van een ingrediënt of samenstelling van een stof bepalen;
 - check op nauwkeurigheid, ligt gevonden punt binnen het bereik van de ijklijn enz;
 - eventueel derde keer uitvoeren;
 - verrichten en op basis daarvan een bevinding formuleren.
- in deel 3:
 - metingen verwerken;
 - berekeningen uitvoeren t.b.v. doel van de bepaling;
 - reflecteren op gemeten waarde en handelingen de uitvoering;
 - werken naar een conclusie.

De beoordeling vindt vooral plaats op basis van het goed kunnen uitvoeren van handelingen en het adequaat kunnen gebruiken van de benodigde materialen. De beoordeling wordt onafhankelijk uitgevoerd door twee leraren (bijvoorbeeld door controle of er goed is afgelezen).

Bij de uitvoering van een CPE zoals voorgesteld wordt uitgegaan van de volgende punten:

- De school heeft de beschikking over een standaardinstrumentarium (glaswerk, meetinstrumenten, enz), een ruimte met tafels op sta-hoogte en bezit standaard chemicaliën.
- Er is een CPE-toets te ontwikkelen die valide en betrouwbaar praktische vaardigheden en bijbehorende kennisinhouden kan toetsen.
- Er komt een 'boodschappenlijst' voor scholen met daarin het benodigde instrumentarium, chemicaliën en wat er klaar dient te staan voor een correcte uitvoering van de toets.

De commissie ziet dat de volgende aspecten rondom de uitvoering belangrijk zijn:

- Niet elke vmbo-school heeft de beschikking over een toa.
- Specifieke chemicaliën dienen niet op de CRM-lijst te staan. Er gelden specifieke regels rond gebruik van chemicaliën in het voortgezet onderwijs en deze verschilt met die van de beroepsopleidingen.
- Het afnamemoment in het jaar, roostering en voorzieningen behoeven aandacht.
- De beoordeling van de praktische handelingen dient betrouwbaar te zijn.

De commissie denkt aan de volgende voorwaardelijke aspecten:

- (Bij)scholing van docenten
- Een tweede paar ogen is essentieel
- Een mbo-labopleiding in de buurt van de school geeft afnamemogelijkheden en kan ondersteunen bij de afname. Dit levert weliswaar extra organisatorische complicaties op zoals vervoer naar de locatie, op tijd aanwezig zijn en bekendheid bij de leerlingen, maar deze zijn deels te voorkomen door er al een paar keer te oefenen.

Advies richting de fase van beproeven

De vakvernieuwingscommissie geeft het volgende advies mee voor de fase van beproeven.

Voor de korte termijn:

- Ontwikkel samen met Stichting Cito, lerarenopleiders, toa's en docenten een praktische toets die binnen het schoolexamen afgenomen wordt. Dit helpt bij het ontwikkelen van een betrouwbare CPE, de scholing van docenten en het ontwikkelen van representatieve voorbeeldtoetsen.
- Gebruik de ontwikkelde toetsen om een voldoende mate van betrouwbaarheid voor de praktische examens te verkrijgen.
- Onderzoek tijdens de ontwikkelfase de optimale afnameperiode waarbij mogelijke problemen bij wisselende afnamemomenten in het land (geheimhouding, misschien meerdere versies), de organisatorische kant op school, het CSE, werkdruk van docenten, totstandkoming van de normering en de verwerking van de beoordelingen bij Stichting Cito, worden meegenomen.
- Let bij het ontwikkelen op een betrouwbare beoordeling van praktische handelingen van leerlingen (omgaan met veiligheid, aflezen, gebruik van instrumenten, glaswerk en chemicaliën).

Voor de lange termijn:

- Zorg voor ten minste drie voorbeeldexamens voor het CPE, een voor elk vraagstuk (voeding, gezondheid en milieu). Het wordt dan op z'n minst duidelijk wat er gevraagd wordt van leerlingen, welke inhouden de toetsen gemeenschappelijk hebben en waarin ze verschillen ten gevolge van de contexten.

De vakvernieuwingscommissie zou graag het volgende onderzocht willen hebben:

- Onderzoek de mogelijke belemmeringen op schoolniveau, en hoe een mogelijke samenwerking met een mbo-labopleiding deze belemmeringen kan wegnemen.
- Hebben de drie vraagstukken, inclusief mogelijke variaties binnen zo'n vraagstuk, inderdaad eenzelfde beperkt aantal praktische vaardigheden gemeenschappelijk?
- Hoe gaan docenten om met de roulatie? Leidt dit tot verwarring, onduidelijkheid, onzekerheid, enz.?



Als landelijk expertisecentrum richt SLO zich op de ontwikkeling van het curriculum in het primair, speciaal en voortgezet onderwijs in Nederland. We werken met het onderwijsveld aan de doelen, kaders en instrumenten waarmee scholen hun opdracht vanuit een eigen visie kunnen vervullen.

We brengen praktijk, beleid, maatschappelijke ontwikkelingen en onderzoek samen en stellen onze expertise beschikbaar aan onderwijs en overheid, bijvoorbeeld in de vorm van leerplannen, tools, voorbeeldlesmaterialen, conferenties en rapporten.



Bezoekadres
Stationsplein 1
3818 LE Amersfoort

Postadres
Postbus 502
3800 AM Amersfoort

T +31 (0)33 484 08 40
E info@slo.nl
W www.slo.nl

 [company/slo](https://company.slo.nl)
 [SLO_nl](https://twitter.com/SLO_nl)