



Definitieve conceptkerndoelen mens en natuur

November 2025

Inclusief toelichtingsdocument

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.

Dit is een uitgave van:

SLO, in opdracht van het ministerie van OCW

Aan deze kerndoelen hebben meegewerkt:

Vanuit SLO: Robbert Blanken, Thijs Goedegebure, Marijn Meijer en Eveline Otter
Leden van het [kerndoelenteam mens en natuur](#), bijgestaan door de [advieskring](#) en diverse experts.

Informatie

SLO

Postbus 502, 3800 AM Amersfoort

Telefoon (033) 4840 840

Internet: www.slo.nl

E-mail: info@slo.nl

AN 9.8055.115

Inhoudsopgave

1. Voorwoord	4
2. Inleiding	5
3. Leeswijzer	8
4. Karakteristiek mens en natuur	10
Kenmerken van het leergebied mens en natuur	10
Samenhang binnen het leergebied mens en natuur	11
Samenhang met andere leergebieden	11
5. Kerndoelen	13
5.1 Overzicht kerndoelen mens en natuur	13
5.2 Kerndoelen primair en speciaal onderwijs mens en natuur	15
Domein: natuurwetenschappen en technologie	15
Domein: natuurkundige en scheikundige verschijnselen en technische systemen	17
Domein: organismen en gezondheid	19
Domein: systeem aarde	20
5.3 Kerndoelen voortgezet (speciaal) onderwijs mens en natuur	22
Domein: natuurwetenschappen en technologie	22
Domein: natuurkundige verschijnselen en technische systemen	25
Domein: scheikundige verschijnselen	27
Domein: organismen en gezondheid	29
Domein: systeem aarde	31
6. Begrippenlijst mens en natuur	33

1. Voorwoord

Leerlingen hebben recht op goed onderwijs. Onderwijs dat hen helpt hun talenten te ontwikkelen, dat bijdraagt aan gelijke kansen en zorgt voor een goede doorstroom naar het vervolgonderwijs. Maar wat moet je kennen, kunnen en hebben ervaren om nu - en later als volwassene - actief mee te doen in de samenleving? Goed onderwijs vraagt om een doorlopend debat over wat waard is om te leren. De uitkomsten daarvan leggen we vast in het landelijk curriculum. In deze publicatie presenteren we de definitieve conceptkerndoelen voor mens en natuur.

Mijlpaal in funderend onderwijs

Met de oplevering van deze definitieve conceptkerndoelen - hierna: kerndoelen - bereiken we een belangrijke mijlpaal in het funderend onderwijs in Nederland: het landelijk curriculum voor alle negen leergebieden voor het primair onderwijs, de onderbouw van het voortgezet onderwijs en het (voortgezet) speciaal onderwijs is vernieuwd. De laatste formele stap is het vastleggen in wet- en regelgeving. Het ministerie van OCW besluit wanneer de kerndoelen worden ingevoerd en alle scholen eraan gehouden zijn.

Voor de kwaliteit van het onderwijs is meer nodig dan een landelijk curriculum. Kerndoelen zijn een belangrijke voorwaarde, maar geen garantie voor goed onderwijs. De werkelijke kwaliteit van het onderwijs vindt plaats in de school. Voor een goede vertaalslag van doelen naar onderwijsactiviteiten, didactiek en toetsing zijn leraren en schoolleiders cruciaal. Zij weten waar hun leerlingen staan, wat ze nodig hebben om de doelen te bereiken en welke aanpak effectief is.

Samen met het onderwijsveld

Aan deze kerndoelen is hard gewerkt door vele leraren, experts en andere betrokkenen met hart voor het onderwijs en met kennis van zaken. We bedanken graag de leden van de kerndoelenteams, alle experts, de leden van de advieskringen en alle andere onderwijsprofessionals die een bijdrage hebben geleverd aan de totstandkoming van deze kerndoelen. Hun kritische blik en waardevolle inbreng hebben bijgedragen aan de geactualiseerde kerndoelen.

We hopen dat deze kerndoelen een belangrijke bijdrage leveren aan de kwaliteit van het onderwijs in de school en nodigen je van harte uit om met deze kerndoelen aan de slag te gaan in de onderwijspraktijk.

Namens SLO,
Jindra Divis, voorzitter bestuur

2. Inleiding

Het ministerie van OCW gaf SLO in 2023 [de opdracht](#) om samen met het onderwijsveld de kerndoelen te actualiseren. De leergebieden Nederlands, rekenen en wiskunde, burgerschap en digitale geletterdheid zijn als eerste geactualiseerd. De leergebieden mens en maatschappij, mens en natuur, moderne vreemde talen, kunst en cultuur en bewegen en sport zijn daarna geactualiseerd.

Een doordacht curriculum maak je samen

De kerndoelen zijn ontwikkeld door leraren en vak- en curriculumexperts, onder begeleiding van een onafhankelijke procesregisseur. Zij werden ondersteund door een advieskring die bestond uit vertegenwoordigers van vakverenigingen, lerarenopleidingen en maatschappelijke organisaties. Ook leerlingen gaven input.

Na de oplevering zijn de conceptkerndoelen beproefd in de onderwijspraktijk. Meer dan 56 scholen en 140 leraren en vakexperts gaven feedback. We hebben alle input geanalyseerd, waarna we aanpassingen hebben doorgevoerd en de definitieve conceptkerndoelen hebben vastgesteld.

Naar aanleiding van het hoofdlijnenakkoord (2024, Kabinet-Schoof) kreeg SLO een [aanvullende opdracht](#) van het ministerie van OCW om de kerndoelen meer in samenhang te presenteren, met een extra focus op lezen, schrijven en rekenen. Deze opdracht hebben we verwerkt: het aantal kerndoelen is verminderd, maar de gewenste concrete uitwerking is behouden.

Waarom nieuwe kerndoelen?

De huidige kerndoelen zijn sinds 2006 van kracht. Ze zijn globaal geformuleerd en bieden weinig houvast aan scholen en leraren. Er is een wens tot samenhang, het terugdringen van overladenheid en het versterken van doorlopende leerlijnen. Daarnaast zijn er onderwijskundige, vakspecifieke en maatschappelijke ontwikkelingen die vragen om een actualisatie van de kerndoelen.

Het versterken van basisvaardigheden is een belangrijk speerpunt. Daarom hebben we eerst de kerndoelen voor Nederlands, rekenen en wiskunde, burgerschap en digitale geletterdheid opgeleverd. Nu (november 2025) leveren we de kerndoelen voor de leergebieden mens en maatschappij, mens en natuur, moderne vreemde talen, kunst en cultuur en bewegen en sport op. Hiermee zijn voor alle negen leergebieden de kerndoelen geactualiseerd. Ook de functionele kerndoelen voor Nederlands, rekenen en wiskunde, burgerschap en digitale geletterdheid en de kerndoelen Nederlandse Gebarentaal zijn geactualiseerd.

Plaats van kerndoelen in het onderwijs

Kerndoelen gelden als de wettelijke opdracht voor elke school in het funderend onderwijs. Ze omvatten een brede inhoudelijke basis waar alle leerlingen recht op hebben. De geactualiseerde kerndoelen geven daarnaast meer richting aan curriculum- en onderwijsontwikkeling op school. De kerndoelen zijn opgebouwd volgens een vaste structuur, waardoor doorlopende leerlijnen zichtbaar worden. Hoe de school invulling geeft aan het onderwijsaanbod, pedagogiek en didactiek is aan de school zelf. De kerndoelen laten ruimte voor de eigen schoolvisie en keuzes voor accenten op basis van de leerlingenpopulatie of identiteit.

Kerndoelen vormen de basis van het Nederlandse curriculum. Een kerndoel is een wettelijk doel dat beschrijft waar leerlingen mee in aanraking moeten komen, welke inspanning van hen wordt verwacht met het oog op ervaringen, of wat ze uiteindelijk moeten beheersen. Het kan gaan om aanbods-, ervarings- en beheersingsdoelen. Daarmee geven kerndoelen richting aan het onderwijs en leggen ze de basis vast waar iedere leerling recht op heeft. Die basis is nodig om door te stromen naar vervolgonderwijs, jezelf te ontwikkelen en volwaardig deel te kunnen nemen aan de samenleving.

De kerndoelen beschrijven de inhouden van het onderwijs in termen van kennis en vaardigheden. Kennis en vaardigheden zijn zo veel mogelijk in samenhang beschreven. Hiermee wordt duidelijk wat verwacht wordt van het onderwijsaanbod van scholen en wat iedere leerling moet kennen, kunnen en hebben ervaren.

Concreet, ambitieus en betekenisvol

De geactualiseerde kerndoelen vormen het beoogde curriculum en zijn ambitieus en betekenisvol geformuleerd, waarmee ze de basis leggen voor rijk onderwijs voor alle leerlingen. Het geheel van kerndoelen vormt een brede opdracht voor het onderwijs, gericht op kennis over jezelf, de ander en de wereld.

De formulering van de kerndoelen heeft een duidelijke structuur. Elk kerndoel begint met een kernzin die kort aangeeft wat het doel inhoudt. Daaronder volgen doelzinnen waarin staat wie de actor is (de school of de leerling), welke activiteiten, handelingen of ervaringen verwacht worden en op welke inhoud dit betrekking heeft. Vervolgens geven we een puntsgewijze uitwerking van de doelzinnen onder de noemer 'Het gaat hierbij om...'. Hierbij onderscheiden we verschillende soorten doelen: aanbodsdoelen (gericht op de school), beheersingsdoelen en ervaringsdoelen (gericht op de leerling) en hybride doelen (combinatie van beheersings- en ervaringsdoelen, gericht op de leerling).

Twee sets kerndoelen

We hebben de kerndoelen in opdracht van OCW per leergebied voor twee sectoren ontwikkeld: een set voor het primair onderwijs (po) en een set voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs (vo), met waar nodig een aanvulling voor havo-vwo. De kerndoelen gelden eveneens voor alle leerlingen in het (voortgezet) speciaal onderwijs ((v)so) met het uitstroomprofiel vervolgonderwijs.

Voor leerlingen die zeer moeilijk lerend zijn of een meervoudige beperking hebben, ontwikkelen we parallel functionele kerndoelen. Deze zijn gericht op de praktijk, relevantie voor werk of dagbesteding en een passende plek in de maatschappij. De functionele kerndoelen ontwikkelen we in nauwe afstemming met de reguliere kerndoelen.

Wanneer gelden de kerndoelen voor scholen?

In 2025 leverde SLO de definitieve conceptkerndoelen voor alle negen leergebieden op aan het ministerie van OCW. Het ministerie is vervolgens een traject gestart om de kerndoelen vast te leggen in wet- en regelgeving. Zodra de kerndoelen zijn opgenomen in de wet gelden ze voor alle scholen. Het ministerie van OCW besluit hoelang scholen de tijd krijgen om de kerndoelen te implementeren en in welk schooljaar het onderwijsaanbod in alle scholen moet voldoen aan de nieuwe kerndoelen. Meer informatie hierover is terug te vinden in [de tijdlijn](#) van het ministerie van OCW.

Implementatie

Om leraren en scholen te ondersteunen bij de implementatie ontwikkelen we leerlijnen en voorbeeldmatige materialen. Deze zijn niet wettelijk vastgelegd, maar bieden wel ondersteuning bij de vertaling en uitwerking van het landelijk curriculum naar de onderwijspraktijk. Dit is niet alleen belangrijk voor leraren en schoolleiders, maar ook voor educatieve uitgeverijen, toetsontwikkelaars en andere onderwijsprofessionals. Kijk [hier](#) voor meer informatie.

3. Leeswijzer

In deze publicatie vind je de definitieve conceptkerndoelen mens en natuur. Om de inhoud, formulering en gedachtegang achter de kerndoelen goed te interpreteren, is het raadzaam om de publicatie te lezen in de volgorde waarin deze is opgesteld. Allereerst formuleren we een visie op het leergebied. Deze is verwoord in de karakteristiek. Daarna volgt een overzicht van alle kerndoelen, inclusief de bijbehorende domeinen. Vervolgens presenteren we alle afzonderlijke kerndoelen. Tot slot hebben we een begrippenlijst opgenomen.

Status van de kerndoelen

In deze publicatie spreken we over de 'definitieve conceptkerndoelen'. Deze publicatie is het eindproduct van een volledig doorlopen ontwikkelfase, inclusief het beproeven in de onderwijspraktijk en het verwerken van de aanvullende opdracht van het ministerie van OCW. De kerndoelen zijn nu opgeleverd in de definitieve vorm, maar zolang ze niet formeel zijn vastgesteld in wet- en regelgeving blijft de status 'concept'. In deze publicatie hanteren we voor de leesbaarheid de term 'kerndoelen'.

Illustraties bij de kerndoelen

Bij ieder kerndoel hebben we voorbeelden ontwikkeld onder de titel: 'Te denken valt aan'. Deze illustraties zijn geen onderdeel van de wettelijke opdracht, maar helpen om beter te begrijpen wat er van de school wordt verwacht. Omdat we leerlijnen en voorbeeldmatige materialen ontwikkelen die nog beter illustreren hoe je kunt werken met de kerndoelen, hebben we de illustraties niet meer in deze publicatie opgenomen. De illustraties kun je [hier](#) raadplegen.

Gebruikte terminologie

De kerndoelen gebruiken begrippen en termen die misschien niet voor iedereen even herkenbaar zijn. Het zijn vakspecifieke begrippen die bekend zijn in het leergebied en voorkomen in de landelijke kennisbases van de lerarenopleidingen. De inhoud en formuleringen sluiten eveneens aan bij internationale ontwikkelingen en benamingen. Voor de doorlopende leerlijn worden in het po, de onderbouw vo en de bovenbouw vo dezelfde begrippen gebruikt. Dit kan ertoe leiden dat in het po of de onderbouw van het vo termen worden geïntroduceerd die minder bekend zijn. De begrippen en een beschrijving hebben we in de bijlage van deze publicatie opgenomen.

Verantwoording

Het proces en de inhoudelijke onderbouwing van de kerndoelen hebben we per leergebied uitgebreid toegelicht en verantwoord in een apart toelichtingsdocument. Hierin

staat ook wie hebben meegewerkt aan de ontwikkeling van de kerndoelen en welke ontwerpcriteria leidend waren, en zijn keuzes wetenschappelijk onderbouwd.

4. Karakteristiek mens en natuur

Kenmerken van het leergebied mens en natuur

Het leergebied mens en natuur gaat over natuurwetenschappen en technologie, hun aard en de interacties tussen mens en de natuur. De natuur betreft het levende, waaronder de mens, en het niet-levende, op alle schalen, van het kleinste deeltje tot het universum. De natuurwetenschappen bestuderen de natuur om ons heen, om deze te begrijpen en te verklaren. Technologie levert producten en diensten voor het oplossen van problemen en het vervullen van behoeften. Natuurwetenschappen en technologie versterken elkaar voortdurend, wat nieuwe kennis en producten oplevert. Hierdoor ontstaan nieuwe manieren voor de mens om de leefomgeving te begrijpen en te beïnvloeden. Dit biedt kansen, maar ook uitdagingen voor onze huidige maatschappij en aarde.

In het mens-en-natuuronderwijs bestuderen leerlingen verschijnselen en systemen om ze te begrijpen en te verklaren. Leerlingen krijgen inzicht in bestaande kennis en gebruiken natuurwetenschappelijke en technologische denk- en werkwijzen. Ze ervaren hoe natuurwetenschappers en technologen werken en hoe zij tot kennis en producten komen. Ze verkennen hierbij principes van integer onderzoek: eerlijkheid, verantwoordelijkheid en zorgvuldigheid. Zo stelt het leergebied mens en natuur leerlingen in staat kritische denkers in en actieve deelnemers aan de samenleving te worden.

Om de natuur te begrijpen en ermee om te leren gaan, is het van belang om er van jongs af aan ervaringen mee op te doen. Deze ervaringen en belevingen bieden informatie over de waarde, diversiteit, werking en schoonheid van natuur en leefomgeving. Leerlingen leren zichzelf en de natuur steeds beter te begrijpen, passend bij hun mogelijkheden. Ze leren over het menselijk lichaam en doen inzichten op over mentale en lichamelijke gezondheid en de invloed van leefstijl. Dit leren vindt plaats door spelen, ervaren, ontdekken en experimenteren. Leerlingen verkennen hun interesses en ontplooien hun talenten.

Door het ontwerpen, maken en gebruiken van voorwerpen en systemen, gaan leerlingen aan de slag met technologie. Die ervaring biedt leerlingen het inzicht om hun leefomgeving en de natuur met technologie te beïnvloeden en kritisch te kijken naar de relatie tussen mens en natuur.

Het leergebied spreekt de nieuwsgierigheid van leerlingen aan en daagt hen uit vragen te stellen. Sommige vragen komen voort uit verwondering, andere uit een persoonlijke behoefte of een maatschappelijke urgentie. Vanuit vraagstukken ontdekken leerlingen hoe de mens door kennis, technologie en gedrag de wereld beïnvloedt. Mens en natuur richt zich daarom ook op het afwegen van argumenten en het maken en onderbouwen

van gezonde en, toekomstbestendige keuzes. Leerlingen denken kritisch na over mogelijke consequenties van deze keuzes en over mogelijkheden om daar zelf aan bij te dragen.

Samenhang binnen het leergebied mens en natuur

Het onderwijs in mens en natuur omvat de disciplines: biologie, fysische geografie, geologie, gezondheidswetenschappen, milieukunde, natuurkunde, scheikunde, techniek en technologie. Iedere discipline heeft een eigen perspectief en biedt specifieke kennis, maar kent ook gezamenlijke denk- en werkwijzen. Dit helpt leerlingen om samenhang tussen de disciplines te herkennen.

Binnen po/so sluit het onderwijs in eerste instantie aan bij de leefomgeving, de belevingswereld en de vragen en interesses van de leerlingen. In de loop van de schooltijd neemt de complexiteit van de vraagstukken toe. De denk- en werkwijzen worden in steeds complexere situaties toegepast, waarbij vakinhouden worden verbreed en verdiept. Bij de overgang van po/so naar v(s)o komen steeds meer vraagstukken op nationale en mondiale schaal aan bod. Het werken aan vraagstukken draagt bij aan de ontwikkeling van een onderzoekende en probleemoplossende houding. In het v(s)o wordt steeds meer aandacht besteed aan eigen interesses en mogelijkheden die relevant zijn voor profielkeuzes, vervolgopleidingen en toekomstige werkvelden en beroepen. De denk- en werkwijzen, in combinatie met vakinhouden, bereiden leerlingen voor op de beroepsgerichte-, profiel- en keuzevakken. Hiermee bereidt het onderwijs in het leergebied de leerlingen voor op de bovenbouw vmbo, havo en vwo en het vervolgonderwijs. Het werken aan vraagstukken ontwikkelt een kijk op de wereld waar de leerlingen in de bovenbouw profijt van hebben. De kennis over de aard van natuurwetenschappen en technologie wordt in de bovenbouw verdiept.

Samenhang met andere leergebieden

Bij het bestuderen van de natuur en het werken met technologie hebben leerlingen ook kennis, vaardigheden en houdingen nodig uit andere leergebieden.

Leerlingen werken bij het leergebied mens en natuur aan hun taalcompetentie door het redeneren met vaktaal en het verwoorden van waarnemingen, verwondering, waarderingen, verklaringen en standpunten. Andersom biedt het leergebied voor de talen rijke teksten.

Rekenen, wiskunde en digitale geletterdheid spelen een onmisbare rol in de natuurwetenschappen en technologie, met name op het gebied van patroonherkenning, dataverwerking, het gebruiken van modellen en het toepassen van wiskundige vaardigheden.

Actuele, maatschappelijke en duurzaamheidsvraagstukken die spelen binnen het leergebied mens en natuur bieden context waarin burgerschap betekenis krijgt. De leergebieden mens en natuur en mens en maatschappij vullen elkaar aan en versterken

elkaar. Beide leergebieden zijn samengesteld uit clusters van verwante vakken en onderzoeken de mens in diens sociale en natuurlijke omgeving. Er zijn veel overlappende thema's waarbij mens-natuurrelaties een rol spelen. Ook zijn er grote overeenkomsten tussen de denkwijzen van deze leergebieden. In beide leergebieden leren leerlingen essentiële kennis, vaardigheden en attitudes aan om met complexe vraagstukken om te gaan. Bij het werken aan dergelijke vraagstukken zijn kennis en denkwijzen van zowel de natuur- als maatschappijvakken nodig.

De leerinhouden uit aardrijkskunde hebben in beide leergebieden een plaats gekregen. De vakinhouden uit de fysische geografie en over weer en klimaat zijn bij het leergebied mens en natuur terug te vinden, de sociaal-geografische vakinhouden bij het leergebied mens en maatschappij. Deze onderdelen zijn over de leergebieden heen afgestemd.

Met het leergebied kunst en cultuur deelt dit leergebied het iteratief proces. Er zijn raakvlakken met het ontwerpen, het creatieve proces en het gebruiken van materialen en gereedschappen. Het werken aan leefstijlthema's zoals gezond bewegen wordt gedeeld met bewegen en sport.

5. Kerndoelen

5.1 Overzicht kerndoelen mens en natuur

In onderstaand overzicht zijn de inhoud van de kerndoelen voor po en onderbouw vo afzonderlijk genummerd. De kerndoelen die inhoudelijk samenhangen staan op dezelfde hoogte. Zo wordt een belangrijk deel van de doorlopende leerlijn zichtbaar.

Overzicht van kerndoelen mens en natuur			
Primair onderwijs Speciaal onderwijs		Voortgezet onderwijs Voortgezet speciaal onderwijs	
Domein: natuurwetenschappen en technologie			
29	De leerling verkent de wereld vanuit een natuurwetenschappelijk en technologisch perspectief. A. Vraagstukken B. Denkwijzen C. Werkwijzen D. Aard van natuurwetenschappen en technologie	29	De leerling verkent en verklaart de wereld vanuit een natuurwetenschappelijk en technologisch perspectief. A. Vraagstukken B. Denkwijzen C. Werkwijzen D. Aard van natuurwetenschappen en technologie E. Veiligheid
Domein: natuurkundige en scheikundige verschijnselen en technische systemen		Domein: natuurkundige verschijnselen en technische systemen	
30	De leerling toont inzicht in en experimenteert met natuurverschijnselen en technische systemen. A. Technische systemen B. Stoffen en hun eigenschappen C. Licht, geluid, energie en krachten	30	De leerling toont inzicht in en experimenteert met natuurkundige verschijnselen en technische systemen. A. Technische systemen B. Krachten C. Energie D. Licht (havo-vwo)
		Domein: scheikundige verschijnselen	
		31	De leerling toont inzicht in en experimenteert met materie, processen en circulaire productie. A. Deeltjes B. Processen

Domein: organismen en gezondheid			
31	De leerling toont inzicht in organismen en hun gezondheid. A. Organismen B. Gezond leven	32	De leerling toont inzicht in organismen en hun gezondheid. A. Organismen B. Voortbestaan van leven op aarde C. Gezond leven D. Relationele en seksuele gezondheid
Domein: systeem aarde			
32	De leerling toont inzicht in en verkent systeem aarde. A. Aarde B. Weer, klimaat en water C. Ecosystemen	33	De leerling toont inzicht in en verkent systeem aarde. A. Aarde B. Weer, klimaat en water C. Ecosystemen

5.2 Kerndoelen primair en speciaal onderwijs mens en natuur

Domein: natuurwetenschappen en technologie

Kerndoel 29		
De leerling verkent de wereld vanuit natuurwetenschappelijk en technologisch perspectief.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling verkent de leefomgeving en onderzoekt vraagstukken uit de leefomgeving.	• ervaringen in de leefomgeving opdoen met het waarnemen en waarderen van natuur en technologie; • onderzoeken van vraagstukken over natuurwetenschappelijke verschijnselen, technische systemen, gezondheid, natuurbeheer, veiligheid, duurzaamheid en ruimtelijke inrichting; • onderscheiden van verschillende perspectieven op en mogelijke oplossingen van een vraagstuk; • verwoorden wat het vraagstuk en mogelijke oplossingen met je doen; • oriënteren op beroepsbeelden en rolmodellen vanuit eigen interesses, ambities en capaciteiten.
B	De leerling gebruikt natuurwetenschappelijke en technologische denkwijzen bij het ontdekken en verklaren van de wereld.	• redeneren met patronen en oorzaak-gevolgrelaties; • redeneren met structuur, vorm, eigenschap en functie; • redeneren met schaal, verhoudingen en hoeveelheden; • redeneren met systemen en modellen; • redeneren met kringlopen.
C	De leerling gebruikt natuurwetenschappelijke en technologische werkwijzen bij het ontdekken en begrijpen van de wereld.	• oriënteren op verschillende manieren om tot oplossingen en antwoorden te komen; • toepassen van onderzoeks- en ontwerpstappen op een systematische en iteratieve wijze; • gebruiken van instrumenten, gereedschappen en materialen op doelmatige, veilige en duurzame wijze; • interpreteren van kwalitatieve en kwantitatieve metingen en waarnemingen;

		• onderbouwen van conclusies met gebruik van vaktaal.
D	De leerling verkent de aard van natuurwetenschappen en technologie.	• ervaring opdoen met werkzaamheden van wetenschappers en technologen en hun motieven; • verkennen hoe wetenschappers en technologen eerlijk, verantwoordelijk en zorgvuldig werken; • afwegen of alles mag wat kan: maakbaarheid en ethische grenzen; • verwoorden van het verschil tussen een mening en een feit volgens de natuurwetenschappen; • verkennen waarom wetenschappers en technologen niet alles weten.

Domein: natuurkundige en scheikundige verschijnselen en technische systemen

Kerndoel 30		
De leerling toont inzicht in en experimenteert met natuurverschijnselen en technische systemen.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling toont inzicht in en experimenteert met voorwerpen en technische systemen uit de leefomgeving.	• communicatie-, meet-, regel-, productie- en transportsystemen; • verkennen hoe een voorwerp werkt, geconstrueerd is en welke materialen zijn gebruikt; • beschrijven hoe onderdelen bijdragen aan het functioneren van het voorwerp of systeem; • experimenteren met overbrengingsprincipes van beweging en energie, verbindingsprincipes, constructies en profielen; • experimenteren met ontwerpen, maken en repareren.
B	De leerling toont inzicht in en experimenteert met stoffen en veranderingen die stoffen kunnen ondergaan.	• benoemen van waarneembare eigenschappen van een stof bij een bepaalde temperatuur; • benoemen van veel voorkomende stoffen en hun onderscheidende eigenschappen en gevaren; • ordenen van stoffen gebaseerd op verschillen in eigenschappen; • experimenteren met natuurkundige veranderingen van stoffen; • experimenteren met scheikundige veranderingen van stoffen, waarneembaar door een verandering in stoffeigenschappen.
C	De leerling toont inzicht in en experimenteert met licht, geluid, energie en krachten.	• begrip tonen van kenmerken van licht en geluid: bron, richting, voortplanting en sterkte; • beschrijven van verschillende soorten energiebronnen en manieren van opslaan en transporteren van energie; • verbanden leggen tussen krachten en verandering in beweging; • benoemen van gevaren rond statische elektriciteit en elektrische stroom, geluid, onweer en zonlicht;

		• experimenteren met de kracht van magnetisme, lucht en vloeistof.
--	--	--

Domein: organismen en gezondheid

Kerndoel 31		
De leerling toont inzicht in organismen en hun gezondheid.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling toont inzicht in organismen.	• beschrijven van de levenscyclus van bacteriën, schimmels, planten en dieren; • verbanden leggen tussen de bouw van planten en mensen en hun vorm en functie; • beschrijven van verschillen en overeenkomsten tussen lichamen; verloop van de menselijke voortplanting; de menstruatiecyclus en de lichamelijke en mentale veranderingen bij de mens: bij het opgroeien, in de puberteit en de invloed van hormonen hierop; • beschrijven van de verzorging van planten en dieren; • verkennen van rollen van organismen bij voedselproductie.
B	De leerling toont inzicht in leefstijl, gezondheid en ziekte en verkent keuzes hierin.	• oriënteren op de invloed van hygiëne, voeding, slaap, natuur, relaties, seksualiteit en beweging op lichamelijke en mentale gezondheid; • beschrijven hoe bacteriën, schimmels en virussen het functioneren van mensen positief en negatief kunnen beïnvloeden; • verklaren hoe ziektes ontstaan en hoe ze voorkómen en behandeld kunnen worden; • beschrijven hoe onbedoelde zwangerschappen voorkomen kunnen worden; • benoemen van verschillende gezondheids- en welzijnsorganisaties voor hulp, mentale steun en preventie voor jezelf en anderen.

Domein: systeem aarde

Kerndoel 32		
De leerling toont inzicht in en verkent systeem aarde.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling toont inzicht in en verkent veranderingen aan het aardoppervlak door natuurverschijnselen en menselijk handelen.	• evalueren hoe planeten in ons zonnestelsel voldoen aan voorwaarden voor leven; • verklaren hoe de beweging en positie van hemellichamen leiden tot dag-nacht, seizoenen, jaren en getijden; • beschrijven van kenmerken van landschappen in Nederland, Europa en de wereld: reliëf, vulkanen, rivieren, kusten en vegetatie; • beredeneren hoe processen in de aarde leiden tot verschuivende continenten, gebergtevorming en vulkanisme; • verklaren van de ontstaanswijze van berg-, kust- en rivierlandschappen door natuurlijke processen en menselijk handelen.
B	De leerling toont inzicht in de waterkringloop, weer en klimaat en verkent deze in de eigen leefomgeving.	• beschrijven van de kenmerken en spreiding van klimaten op aarde; • beschrijven hoe de waterkringloop in elkaar zit; • analyseren van het weer aan de hand van temperatuur, luchtdruk, bewolking, neerslag, luchtvochtigheid en wind; • beschrijven van frequentie en duur van extreem weer in gebieden: orkanen, windhozen, langdurige droogte, hittegolf en zware neerslag; • verbanden leggen tussen klimaatverandering en natuurlijke processen en menselijk handelen.
C	De leerling verkent verschillende ecosystemen en verklaart interacties binnen het systeem.	• verkennen op welke plek in een biotoop planten, dieren en schimmels zich bevinden; • benoemen van soortnamen van planten en dieren in verschillende soorten ecosystemen en deze planten en dieren indelen in een taxonomie; • weergeven van voedselrelaties in een ecosysteem; • beredeneren hoe biotische en abiotische onderdelen van een ecosysteem met elkaar samenhangen;

		• beschrijven hoe de mens afhankelijk is van ecosystemen en wat de invloed van de mens is op de biodiversiteit.
--	--	---

5.3 Kerndoelen voortgezet (speciaal) onderwijs mens en natuur

Domein: natuurwetenschappen en technologie

Kerndoel 29		
De leerling verkent en verklaart de wereld vanuit natuurwetenschappelijk en technologisch perspectief.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling verkent de leefomgeving en onderzoekt vraagstukken uit de wereld.	- ervaringen in de leefomgeving opdoen met het waarnemen en waarderen van natuur en technologie; - onderzoeken van vraagstukken over natuurwetenschappelijke verschijnselen, technische systemen, gezondheid, natuurbeheer, veiligheid, duurzaamheid en ruimtelijke inrichting; - onderscheiden van verschillende perspectieven op en mogelijke oplossingen voor een vraagstuk; - reflecteren op de waarde en geldigheid van een oplossing en de impact ervan op de omgeving en samenleving; - oriënteren op profielen, studies en beroepen met beroepsbeelden en rolmodellen vanuit de eigen interesses, ambities en capaciteiten.
B	De leerling gebruikt natuurwetenschappelijke en technologische denkwijzen bij het ontdekken en verklaren van de wereld.	- redeneren met patronen en oorzaak-gevolgrelaties; - redeneren met structuur, vorm, eigenschap en functie; - redeneren met schaal, verhoudingen en hoeveelheden; - redeneren met systemen en modellen; - redeneren met behoudswetten, kringlopen en transport. Aanvulling havo-vwo - analyseren van aspecten van een systeem met een model; - beschrijven dat keuzes bij het opstellen van een model, beperken waarover het model wel of niet een uitspraak kan doen; - beschrijven dat modellen het gedrag van een systeem kunnen voorspellen;

		• beschrijven dat aannames en randvoorwaarden van modellen de geldigheid van voorspellingen beperken.
C	De leerling gebruikt natuurwetenschappelijke en technologische werkwijzen bij het ontdekken en verklaren van de wereld.	• toepassen van onderzoeks- en ontwerpstappen op een systematische en iteratieve wijze; • veilig, doelmatig en duurzaam gebruiken van digitale en analoge instrumenten, gereedschappen, stoffen en materialen; • interpreteren van kwalitatieve en kwantitatieve metingen en waarnemingen; • onderbouwen van conclusies en oplossingen met argumenten en afwegingen, met gebruik van vaktaal; • gebruiken van modellen die verschijnselen en systemen beschrijven. Aanvulling havo-vwo • voorspellen van situaties en systemen met modellen; • benoemen van overeenkomsten en verschillen tussen model en werkelijkheid; • aanpassen van parameters in een bestaand model; • relaties leggen tussen variabelen met een model; • evalueren of uitkomsten aannemelijk zijn.
D	De leerling verkent de aard van natuurwetenschappen en technologie.	• oriënteren op het systematisch werken waarmee wetenschappers en technologen tot betrouwbare kennis en optimale oplossingen te komen; • verkennen hoe wetenschappers en technologen eerlijk, onafhankelijk, transparant, verantwoordelijk en zorgvuldig werken; • discussiëren over wat het betekent dat wetenschappelijke kennis bestaat uit modellen, en waar de grens van die modellen ligt; • reflecteren of alles mag wat kan, ook mag: maakbaarheid en ethische grenzen; • betekenis geven aan de toegevoegde waarde van wetenschappelijke kennis en technologische oplossingen voor de samenleving.

		Aanvulling havo-vwo • verkennen dat nieuwe technologieën en inzichten leiden tot ontwikkeling van modellen met andere verklaringen; • verkennen hoe vanuit verschillende perspectieven naar eenzelfde model kan worden gekeken; • verkennen hoe wetenschap continu in ontwikkeling is, en dat inzichten kunnen veranderen.
E	De leerling toont begrip van gevaren van fysische, geologische, chemische en biologische verschijnselen, mogelijke voorzorgsmaatregelen en hoe te handelen in geval van nood.	• statische en bewegende elektrische lading, geluid, onweer, straling, zonlicht; • extreem weer, diep en stromend water, ijs, extreme kou en hitte; • CO, brand, rook en chemicaliën: toxiciteit, dosis en effect; • wilde dieren, giftig voedsel, allergische reacties, ernstige bloedingen en hartstilstand; • aardbevingen, overstromingen en vulkaanuitbarstingen.

Domein: natuurkundige verschijnselen en technische systemen

Kerndoel 30		
De leerling toont inzicht in en experimenteert met natuurkundige verschijnselen en technische systemen.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling toont inzicht in en experimenteert met voorwerpen en technische systemen.	• constructie-, energie-, communicatie-, meet-, regel-, productie- en transportsystemen; • verkennen hoe een voorwerp werkt en geconstrueerd is: functie, eigenschappen en onderliggende mechanismen; • maken van werkende analoge en digitale 2D- en 3D-modellen in een ontwerpproces; • toepassen van krachtenverdeling, bewegingsprincipes en overbrengingsprincipes; • experimenteren met ontwerpen, maken en repareren.
B	De leerling toont inzicht in en experimenteert met krachten en beweging.	• zwaartekracht, trekkracht, duwkracht en wrijvingskracht; • verbanden leggen tussen krachten op een voorwerp, en verandering in beweging en snelheid van dat voorwerp; • experimenteren met krachten in de constructie; • beschrijven hoe natuurlijke fenomenen krachten uitoefenen op constructies en welke effecten die krachten hebben op constructies; • rekenen aan eenparige bewegingen met de grootheden plaats, snelheid en tijd. Aanvulling havo-vwo • normaalkracht, magnetische kracht, elektrostatische kracht, en veerkracht.
C	De leerling toont inzicht in elektrische schakelingen en energiesystemen, en experimenteert met elektrische schakelingen.	• onderscheiden van verschillende energievormen in een systeem; • beschrijven hoe elektrische energie en warmte kunnen worden opgewekt, omgezet, getransporteerd en opgeslagen; • experimenteren met serie- en parallelschakelingen;

		• beschrijven van relaties tussen typen energiebronnen, -transport en -behoeften op het stroomnet; • rekenen met behulp van de grootheden stroomsterkte, spanning, weerstand, vermogen en tijd. Aanvulling havo-vwo • verbanden leggen tussen energieopwekking en -gebruik en de planetaire grenzen.
D	Aanvulling havo-vwo De leerling verklaart optische verschijnselen vanuit eigenschappen van licht.	• toepassen van de eigenschap dat licht van richting verandert bij overgang van het ene naar het andere materiaal; • onderzoeken hoe beeldvorming met spiegels en lenzen tot stand komt; • schematisch weergeven van stralengang bij spiegels en lenzen; • toepassen van het gegeven dat licht van verschillende golflengtes bij verschillende materialen in verschillende mate wordt geabsorbeerd, gereflecteerd en doorgelaten; • beschrijven dat geometrische optica niet alle optische verschijnselen kan uitleggen.

Domein: scheikundige verschijnselen

Kerndoel 31		
De leerling toont inzicht in en experimenteert met materie, processen en circulaire productie.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling toont inzicht in deeltjes, faseovergangen, scheidingsmethoden en chemische reacties en experimenteert met deze verschijnselen en methoden.	• beschrijven dat deeltjes opgebouwd zijn uit atomen van één of meerdere atoomsoorten; • beschrijven van verschillen tussen zuivere stoffen en mengsels aan de hand van waardes van grootheden en het deeltjesmodel; • beschrijven van faseovergangen en chemische reacties met deeltjesmodellen; • toepassen van geschikte scheidingsmethodes bij het scheiden van een mengsel; • experimenteren met het versnellen en vertragen van fysische processen en chemische reacties: effect van temperatuur, oppervlakte, concentratie en katalysator. Aanvulling havo-vwo • beschrijven hoe atomen zijn opgebouwd: atoomkern en elektronenwolk; • analyseren van verschillen in bouw en eigenschappen van atoomsoorten; • beschrijven van de waarde en bruikbaarheid van modellen over de bouw van materie: de vier elementen, flogiston, Dalton, atoomkern en elektronenwolk.
B	De leerling toont inzicht in chemische processen en circulariteit en verkent de impact van processen op de omgeving.	• beschrijven van chemische reacties in chemische notatie of woorden; • onderzoeken hoe fysische en chemische processen gebruikt worden om grondstoffen om te zetten in producten; • beschrijven hoe productie circulair kan worden: drinkwater, blik, glas, plastics en kleding; • redeneren over de impact van grootschalige productie voor de samenleving. Aanvulling havo-vwo

		• beschrijven van chemische reacties met massa- en atoombehoud; • rekenen bij een chemische reactie met een gegeven massaverhouding; • verbanden leggen tussen de toename van kennis over chemische reacties en materie, en de ontwikkeling van nieuwe materialen en chemische processen.
--	--	---

Domein: organismen en gezondheid

Kerndoel 32		
De leerling toont inzicht in organismen en hun gezondheid.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling toont inzicht in de bouw, werking en het gebruik van bacteriën, schimmels, planten en dieren en verkent de diversiteit aan organismen.	• beschrijven van de bouw en basale functie van cellen en de celorganellen: celkern, celmembraan, celwand, cytoplasma, bladgroenkorrel, vacuole en mitochondrium; • beschrijven van de bouw van plantaardige en dierlijke orgaanstelsels, organen en weefsels; • verklaren hoe samenwerking van organen leidt tot functionerende orgaanstelsels: skelet, voortplantingsstelsel, zenuwstelsel, ademhalingsstelsel, bloedvatenstelsel, afweersysteem, spijsverteringsstelsel, uitscheidingsstelsel, spierstelsel en hormoonstelsel; • redeneren hoe stofwisselingsprocessen en samenwerkende orgaanstelsels nodig zijn om planten en dieren in leven te houden; • onderzoeken hoe organismen worden gebruikt in de biotechnologie, landbouw en veeteelt.
B	De leerling toont inzicht in het voortbestaan van leven op aarde.	• beschrijven van de levenscyclus van organismen en de invloed van het milieu en genetica hierop; • beschrijven hoe geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting verloopt; • verklaren van het ontstaan van biodiversiteit door evolutie: mutaties, natuurlijke selectie en soortvorming; • beschrijven van aanpassingen van erfelijke eigenschappen door de mens: veredeling, fokken en genetische modificatie. Aanvulling havo-vwo • beschrijven van de celdeling: mitose en meiose; • beschrijven dat DNA-moleculen informatie bevatten van erfelijke eigenschappen;

		• beschrijven hoe erfelijke eigenschappen worden doorgegeven aan een volgende generatie; • vergelijken van stambomen die zijn gemodelleerd op basis van fenotypische en genetische kenmerken; • beschrijven van grote stappen in de evolutie: RNA naar DNA, ontstaan van eukaryoten, van ongeslachtelijke- naar geslachtelijke voortplanting en van protist naar meercellige.
C	De leerling toont inzicht in leefstijl, lichamelijke- en mentale gezondheid en reflecteert hierop.	• de leefstijlthema's: hygiëne, voeding, slaap, natuur, en beweging; • beschrijven van invloed van bacteriën, schimmels en virussen op gezond leven; • beschrijven hoe ziektes ontstaan, voorkómen en behandeld kunnen worden; • beschrijven hoe technologie de gezondheid en kwaliteit van leven beïnvloedt; • reflecteren op de eigen leefstijl en gezondheid, de invloed van de leefomgeving, media en eigen keuzes hierin.
D	De leerling toont inzicht in relationele en seksuele gezondheid en draagt bij aan een veilige en respectvolle omgeving rondom gedrag, diversiteit en seksualiteit.	• reflecteren op de betekenis van seksualiteit, op seksuele ontwikkeling en diversiteit, op het aangaan van gewenste, plezierige relaties en op sociale veiligheid; • beschrijven van het belang van consent, respect voor wensen en grenzen van zichzelf en de ander en wat te doen bij grensoverschrijding, geweld en misbruik; • beschrijven hoe soa's, hiv en onbedoelde zwangerschap zijn te voorkomen; • benoemen van verschillende gezondheids- en welzijnsorganisaties voor hulp, mentale steun en preventie op het gebied van grensoverschrijdend gedrag, misbruik, vruchtbaarheid, anticonceptie, zwangerschap, abortus, ouderschap, soa's en seksualiteit; • reflecteren hoe bij te dragen aan een veilige en respectvolle online en offline omgeving, voor zichzelf en anderen, op het gebied van seksualiteit.

Domein: systeem aarde

Kerndoel 33		
De leerling toont inzicht in en verkent systeem aarde.		
Doelzin:		Het gaat hierbij om:
A	De leerling toont inzicht in en verkent veranderingen in fysische omstandigheden op aarde op verschillende tijdschalen.	- fysische veranderingen in geosfeer, atmosfeer, hydrosfeer en biosfeer; - analyseren van kansen en risico's van endogene en exogene processen: plaattektoniek en verwering, erosie en sedimentatie; - beredeneren hoe menselijk handelen op verschillende tijd- en ruimtelijke schalen van invloed is op reliëf, rivieren, kusten, oceanen en vegetatie. Aanvulling havo-vwo - verkennen van verklaringsmodellen voor het ontstaan van reliëf, vulkanisme en aardbevingen.
B	De leerling toont inzicht in en verkent weer, klimaat en watersystemen en hun veranderingen.	- verklaren van de spreiding van klimaten aan de hand van geofactoren; - beschrijven van endogene en exogene processen die leiden tot klimaatveranderingen op geologische tijdschaal; - verbanden leggen tussen veranderingen in het watersysteem door weer en klimaat: kwaliteit en beschikbaarheid van water in een gebied; - analyseren van het broeikaseffect en de invloed van het menselijk handelen daarop: natuurlijk broeikaseffect, versterkt broeikaseffect. Aanvulling havo-vwo - verkennen van mogelijke, gewenste en waarschijnlijke scenario's voor zeespiegelstijging en klimaatverandering; - beschrijven welke aannames van klimaatmodellen leiden tot verschillende scenario's.
C	De leerling toont inzicht in ecosystemen en verkent	analyseren van interacties tussen biotische en abiotische factoren in een ecosysteem;

	de relatie tussen mens en ecosysteem.	• verbanden leggen tussen kringlopen, voedselketens, voedselwebben en hun onderlinge samenhang in een ecosysteem; • beschrijven van kringlopen en verstoringen daarvan; • beschrijven van het dynamisch evenwicht in een ecosysteem en successie; • analyseren van de menselijke afhankelijkheid van ecosystemen.
--	---------------------------------------	--

6. Begrippenlijst mens en natuur

Hieronder lees je de vakspecifieke begrippen en hun omschrijving. Deze omschrijvingen zijn bedoeld voor leraren om de bedoeling en inhoud van de kerndoelen te begrijpen.

Begrip	Omschrijving
Abiotische factor	Levenloze factoren in de natuur, iets dat nooit heeft geleefd noem je levenloos.
Biotische factor	Levende en dode factoren in de natuur.
Biotoop	Een gebied met een uniform landschapstype waarin bepaalde planten en dieren leven.
Deeltjes	Een verzamelnaam voor onder andere atomen, moleculen, ionen en micellen. Deeltjes kunnen groeperingen, structuren, ordeningen of clusters van kleinere deeltjes zijn.
Denkwijze	Binnen het leergebied mens en natuur gaat het om een manier van denken die wetenschappers en technologen in de natuurwetenschappen gebruiken om de wereld om ons heen te begrijpen en verklaren, of om producten te ontwikkelen. Denkwijze is de Nederlandse term voor crosscutting concepts uit de Next Generation Science Standards. Het betreft de denkwijzen: 'patronen', 'oorzaak-gevolg', 'systeemdenken', 'schaal, verhouding en hoeveelheid', 'stabiliteit en verandering', 'kringlopen, behoud en transport' en 'structuur, vorm, functie en eigenschap'.
Endogeen proces	Proces dat wordt aangedreven door krachten van binnenin de aarde.
Exogeen proces	Proces dat plaatsvindt door krachten die van buitenaf op het aardoppervlak inwerken.
Geologisch	"Aardkundig", alles wat verband houdt met de fysieke structuur, stoffen en geschiedenis van de aarde.
Iteratief proces	Een proces waarbij onderzoek- en ontwerpstappen flexibel en herhaaldelijk worden toegepast binnen één onderzoek of ontwerp. Deze stappen hoeven niet cyclisch of lineair gevolgd te worden.
Kwalitatief	Kwalitatieve data hebben vaak de vorm van woorden. Dit type onderzoek wordt gebruikt om concepten, gedachten of ervaringen te begrijpen. Met kwalitatief onderzoek kun je inzicht verkrijgen in onderwerpen waar nog weinig kennis over is.
Kwantitatief	Kwantitatieve data worden uitgedrukt in getallen, tabellen, grafieken en diagrammen, het gaat hierbij over hoeveelheden (kwantiteit). Dit type onderzoek wordt

Begrip	Omschrijving
	gebruikt om theorieën en hypothesen te bevestigen of te verwerpen.
Leefomgeving	De sociale, fysieke en natuurlijke omgeving waarin de mens/leerling zich bevindt en handelt.
Model	Een beschrijving van een situatie uit de werkelijkheid die dient om een probleem of vraag in die situatie op te lossen. Deze beschrijving is niet volledig, maar bevat alleen onderdelen of aspecten die relevant zijn voor het probleem of de vraag.
Patroon	Binnen het leergebied rekenen en wiskunde gaat het om een regelmaat in een rij getallen of andere wiskundige objecten. Patronen kunnen worden weergegeven in taal, rijen getallen en figuren, tabellen, diagrammen, grafieken, en formules. Patronen kunnen herhalend van karakter zijn, maar dat hoeft niet. Voor het leergebied mens en natuur gaat het daarnaast ook om een regelmaat in een aantal waarnemingen of in constructies.
Perspectief	Het oogpunt van waaruit maatschappelijke verschijnselen en ontwikkelingen zowel door mensen als groepen kunnen worden verkend.
Schaal	Vergrotingsfactor die de verhouding tussen de afmeting van een tekening of model en de afmeting in werkelijkheid weergeeft.
Stoffen	Een term om materialen, materie en chemicaliën aan te duiden.
Systeem	Een geheel van samenhangende onderdelen die met elkaar in wisselwerking staan en samen één functionerend geheel vormen.
Technisch systeem	Een samenhangend geheel van onderdelen waarin een aantal stappen of gebeurtenissen samen leiden tot een specifiek doel.
Technologie	Het proces van het bedenken van oplossingen voor problemen of behoeftes, en de uitkomsten van dat proces.
Verandering	Binnen het leergebied mens en natuur gaat het om natuurkundige en scheikundige verandering. Natuurkundige verandering: proces waarbij de stofeigenschappen kunnen veranderen, maar de moleculen niet veranderen, (bijvoorbeeld water bevriest tot ijs). Scheikundige verandering: proces waarbij de bestaande moleculen van een stof worden veranderd. Er ontstaan andere stoffen met andere stofeigenschappen. Bijvoorbeeld: hout verbrandt en as blijft over.
Verschijnsel	Een waarneembare gebeurtenis in de natuurlijke omgeving.
Versterkt broeikaseffect	De menselijke invloed op het natuurlijk broeikaseffect die zorgt voor versnelde opwarming van de aarde.

Begrip	Omschrijving
Vraag	Een uiting waarmee iemand probeert kennis, meningen, feiten of verklaringen te verkrijgen. Vragen kunnen eenvoudig tot complex zijn. Vragen zijn een onderdeel van een vraagstuk.
Vraagstukken uit de leefomgeving	Groter, overkoepelend cluster van vragen waarvoor natuurwetenschappelijke en technologische kennis nodig is voor de beantwoording.
Watersysteem	Het samenhangende geheel van grondwater, oppervlaktewater, onderwaterbodems, oevers, technische infrastructuur en alles wat daarmee samenhangt.



Toelichtingsdocument

Definitieve conceptkerndoelen mens en natuur

November 2025



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.

Auteurs:

Robbert Blanken, Thijs Goedegebure, Marijn Meijer en Eveline Otter

Met dank aan:

Leden van het [kerndoelenteam mens en natuur](#), bijgestaan door de [advieskring](#) en diverse experts.

Informatie

SLO

Postbus 502, 3800 AM Amersfoort

Telefoon (033) 4840 840

Internet: www.slo.nl

E-mail: info@slo.nl

AN 9.8055.124

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
1.1 Opdracht aan SLO	6
1.2 Achtergrond actualisatie	7
1.2.1 Plaats van kerndoelen in het onderwijs	7
1.2.2 Twee sets kerndoelen	8
1.2.3 Speciaal onderwijs en voortgezet speciaal onderwijs	9
1.2.4 Soorten kerndoelen	9
1.2.5 Onderdelen van het kerndoelenboekje	10
1.2.6 Ontwerpruimte	11
1.3 Aanpak van de actualisatie	12
1.3.1 Samenstelling van het kerndoelenteam	12
1.3.2 Advieskring	13
1.3.3 Wetenschappelijke inbreng	14
1.3.4 Monitorteam	16
1.3.5 Expertpoule	16
1.3.6 Leerlingbetrokkenheid	17
1.3.7 Fase van beproeven	17
1.4 Herziene versie 2025	21
1.4.1 Aanvullende opdracht	21
1.4.2 Algemene uitgangspunten voor clustering mens en natuur	21
1.4.3 Overwegingen bij indeling clusters	22
1.4.4 Aanpassingen in formulering van de conceptkerndoelen	23
2. Inhoudelijke toelichting	27
2.1 Specifieke uitdagingen actualisatie kerndoelen mens en natuur	27
2.2 Toelichting op de karakteristiek	28
2.2.1 Doeldomeinen	28
2.2.2 Interne samenhang van het leergebied mens en natuur	30
2.2.3 Externe samenhang van het leergebied mens en natuur	30
2.3 Toelichting op het raamwerk	31
2.4 Toelichting op de definitieve conceptkerndoelen	35
2.4.1 Keuzes in inhoud en opbouw	35
2.4.2 Aanbod, beheersing en ervaring	41
2.4.3 Vakspecifiek verloop en besproken kwesties	42
2.4.4 Doorlopende leerlijn	43
2.4.5 Aandacht voor samenhang	43
2.5 Toelichting op leergebiedoverstijgende kwaliteitseisen	45
2.5.1 Verbindende vaardigheden	45
2.5.2 Diversiteit	46
2.5.3 Inclusiviteit	47
2.5.4 Taaldenkfuncties	48
2.5.5 Digitale geletterdheid	48
2.5.6 Loopbaanontwikkeling en -begeleiding	48

2.5.7	Moties Tweede Kamer, huidige kerndoelen en sectorwetten	49
3.	Slotopmerkingen en adviezen	53
3.1	Impuls voor het leergebied	53
3.2	Implementatie	53
	Referenties	58
	Bijlagen	63
	Bijlage 1. Samenstelling kerndoelenteam	63
	Bijlage 2. Samenstelling advieskring	64
	Bijlage 3. Geraadpleegde experts	65
	Bijlage 4. Combineren denk- en werkwijzen met vakinhouden	66

1. Inleiding

Het ministerie van OCW gaf SLO in 2023 [de opdracht](#) om samen met het onderwijsveld de kerndoelen voor leergebieden mens en maatschappij, mens en natuur, moderne vreemde talen, kunst en cultuur en bewegen en sport te actualiseren. De definitieve conceptkerndoelen zijn in november 2024 conform werkopdracht opgeleverd aan het ministerie van OCW.

Deze conceptkerndoelen zijn daarna met het onderwijsveld beproefd en hebben geleid tot oplevering van de definitieve conceptkerndoelen voor mens en natuur in juli 2025 aan het ministerie van OCW.

Voorafgaand hieraan zijn de definitieve conceptkerndoelen voor Nederlands en rekenen en wiskunde volgens de werkopdracht gepubliceerd. Deze zijn naar aanleiding van de aanvullende opdracht in april 2025 herzien.

In deze publicatie geven we toelichting op de definitieve conceptkerndoelen mens en natuur.

Definitieve conceptkerndoelen, herziene versie 2025

Naar aanleiding van het hoofdlijnenakkoord (Kabinet Schoof) kreeg SLO in november 2024 een [aanvullende opdracht](#) van het ministerie van OCW om de kerndoelen (versie 2024) meer in samenhang te presenteren, met extra focus op lezen, schrijven en rekenen. De aanvullende opdracht van OCW is verwerkt in de definitieve conceptkerndoelen (versie 2025): het aantal kerndoelen is verminderd, en de gewenste concrete uitwerking is behouden.

Leeswijzer

Het toelichtingsdocument is in 2024 geschreven als een beschrijving van de ontwikkelperiode. In de versie van 2025 hebben we de toelichting op en verantwoording van de definitieve conceptkerndoelen toegevoegd, die bijgesteld zijn naar aanleiding van de fase van beproeven en de aanvullende opdracht.

De formele benaming van deze set kerndoelen luidt: 'definitieve conceptkerndoelen (versie 2025)'. Hoewel de kerndoelen zijn opgeleverd in de definitieve vorm, zijn deze nog niet formeel vastgesteld in wet- en regelgeving. Tot dat moment blijft de status 'concept'. Voor de leesbaarheid gebruiken we in deze publicatie de term 'kerndoelen'. De eerdere versies van conceptkerndoelen (versie 2024) noemen we 'initiële kerndoelen'.

Door de herziening van 2025 hebben de initiële kerndoelen van 2024 een andere nummering gekregen. In deze versie van het toelichtingsdocument gebruiken we de nieuwe nummering.

1.1 Opdracht aan SLO

Het ministerie van OCW heeft SLO in april 2022 de opdracht gegeven om samen met het onderwijsveld nieuwe kerndoelen te ontwikkelen voor de leergebieden Nederlands, rekenen en wiskunde, digitale geletterdheid en burgerschap voor po/so, onderbouw vo en (v)so. In juni 2023 volgde de opdracht om ook nieuwe kerndoelen te ontwikkelen voor de leergebieden mens en maatschappij, mens en natuur, moderne vreemde talen, kunst en cultuur en bewegen en sport voor po/so, onderbouw vo en (v)so.

Kerndoelen worden ontwikkeld op basis van [de werkopdracht](#) van het ministerie van OCW (Ministerie van OCW, 2022, 2023) met vastgestelde uitgangspunten, opbrengsten en kwaliteitscriteria. Doel is een curriculum op te leveren dat samenhangt qua inhoud, structuur en uitwerking. Kerndoelen moeten bijdragen aan een breed, inclusief en gevarieerd curriculum op scholen in het po/so, de onderbouw vo en in het (v)so.

De volgende uitgangspunten zijn in de werkopdracht (2022) geformuleerd:

- Het geheel aan kerndoelen voor het po/so en de onderbouw vo¹ bestaat per sector uit leergebieden met ieder een afzonderlijke set kerndoelen. Er wordt gewerkt vanuit eenzelfde definitie van het begrip 'kerndoel' voor het po/so en de onderbouw vo: een doelstelling die beschrijft waar leerlingen mee in aanraking moeten komen (aanbod), welke inspanningen er van hen worden verwacht met het oog op ervaringen en wat ze uiteindelijk moeten beheersen.
- De kerndoelen worden uitgewerkt in lijn met de rationale waarin de drie doeldomeinen kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming een plek hebben. De rationale geeft een kader voor en richting aan de ontwikkeling van de conceptkerndoelen. Hiermee draagt de rationale bij aan een breed, inclusief en gevarieerd curriculum in het po/so en de onderbouw vo.
- De kerndoelen worden gelijktijdig uitgewerkt voor het po/so en de onderbouw vo, om een doorlopende leerlijn tot stand te brengen. De kerndoelen gelden voor alle leerlingen, met uitzondering van zeer

¹ Inclusief het (voortgezet) speciaal onderwijs. Zie derde bullet.

moeilijk lerende en (ernstig) meervoudig beperkte leerlingen. Indien mogelijk wordt afgestemd met de ontwikkeling van examenprogramma's, die voor een deel van de leergebieden min of meer gelijktijdig plaatsvindt.

- Er wordt gewerkt vanuit een gemeenschappelijke architectuur om te komen tot een consistente uitwerking van kerndoelen voor de verschillende leergebieden en sectoren. De architectuur heeft betrekking op de ordening en presentatie van inhouden in curricula.
- De kerndoelen worden bijgesteld op basis van in elk geval:
 - de vigerende kerndoelen po/so, vo en (v)so uit 2006;
 - de door ons ontwikkelde probleemanalyses (startnotities) van de diverse leergebieden;
 - voor zover bruikbaar de opbrengsten van curriculum.nu, rekening houdend met de aanbevelingen van de Wetenschappelijke Curriculumcommissie;
 - wetenschappelijke publicaties;
 - adviezen van de advieskring, monitoring, expertpoule en andere experts en de input van schoolteams in de fase van beproeven.
- De kerndoelen doen recht aan de vrijheid van inrichting en de pedagogisch-didactische vrijheid van de school, conform artikel 23, lid 2, van de Grondwet.

1.2 Achtergrond actualisatie

1.2.1 Plaats van kerndoelen in het onderwijs

Kerndoelen gelden als de wettelijke opdracht voor elke school in het funderend onderwijs. De nieuwe kerndoelen zijn aan de hand van vooraf vastgestelde criteria ontwikkeld, zodat ze meer richtinggevend zijn voor curriculum- en onderwijsontwikkeling op school. Deze criteria zijn vastgelegd in de werkopdracht aan SLO.

Nieuwe kerndoelen moeten een brede basis omvatten van inhouden waar alle leerlingen recht op hebben. Daarnaast zijn kerndoelen opgebouwd volgens een vaste structuur en zo ontwikkeld dat scholen ruimte behouden voor een eigen schoolvisie en eigen keuzes voor accenten op basis van de leerlingpopulatie of identiteit.

Huidige kerndoelen voldoen niet langer

De vigerende kerndoelen zijn sinds 2006 van kracht. Het was destijds een bewuste keuze om de kerndoelen zeer globaal te formuleren. Het gevolg daarvan is dat ze nauwelijks houvast bieden aan scholen en leraren.

Daarnaast zijn er onderwijskundige, vakspecifieke of maatschappelijke ontwikkelingen die vragen om een actualisatie van de kerndoelen. Burgerschap en digitale geletterdheid zijn voor het eerst als leergebieden uitgewerkt. Meer overkoepelend is de wens tot samenhang, terugdringen van overladenheid en het versterken van doorlopende leerlijnen.

Maatschappelijk is er veel aandacht voor de basisvaardigheden. Ingegeven door politieke urgentie is er daarom voor gekozen om de eerst de kerndoelen voor Nederlands en rekenen en wiskunde op te leveren en kort daarna digitale geletterdheid en burgerschap. Vervolgens zijn kerndoelen voor de leergebieden moderne vreemde talen, mens en maatschappij, mens en natuur, kunst en cultuur en bewegen en sport ontwikkeld.

Nieuwe generatie kerndoelen biedt meer houvast aan scholen en leraren

Kerndoelen moeten een duidelijke opdracht zijn voor iedere school. De nieuwe generatie kerndoelen is om die reden concreter geformuleerd. De kerndoelen beschrijven de inhouden van het onderwijs in termen van kennis, vaardigheden en houdingen. Hiermee wordt duidelijk wat verwacht wordt van het onderwijsaanbod van scholen, en wat iedere leerling in het po/so en in de onderbouw in het vo moet kennen, kunnen en hebben ervaren. De kerndoelen gelden ook voor alle leerlingen in het (v)so met het uitstroomprofiel vervolgonderwijs. De nieuwe set kerndoelen heeft twee belangrijke kenmerken:

1. Een ambitieus curriculum

Een ambitieus curriculum legt de basis voor rijk onderwijs voor alle leerlingen en draagt bij aan gelijke kansen voor leerlingen. Dat krijgt vorm door, naast aanbodsdoelen, ook beheersings- en ervaringsdoelen te formuleren en de doorlopende leerlijnen te verbeteren. De lat ligt hoog, zonder verschillen tussen leerlingen uit het oog te verliezen.

2. Een betekenisvol curriculum

Betekenisvol onderwijs betekent dat het onderwijs een brede opdracht heeft. De totale set kerndoelen weerspiegelt dat het aanbod gericht is op kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming. De nieuwe kerndoelen beschrijven kennis, vaardigheden en houdingen. Dit betreft kennis over jezelf, de ander en de wereld. Deze kennis is cruciaal voor het verwerven van vaardigheden. Kennis en vaardigheden zijn in de kerndoelen zoveel mogelijk in samenhang beschreven, zodat het onderwijs betekenisvol kan worden aangeboden aan leerlingen.

1.2.2 Twee sets kerndoelen

De kerndoelen zijn in opdracht van OCW per leergebied voor twee sectoren ontwikkeld: een brede set geldend voor het po (inclusief so) en een set voor de onderbouw vo (inclusief vso), met waar nodig een aanvulling of specificatie voor

havo-vwo. In het v(s)o verschilt de duur van de onderbouw: voor vmbo gaat het om leerjaar 1 en 2, en bij havo en vwo om leerjaar 1 tot en met 3. De kerndoelen maken concreet wat van scholen wordt verwacht, maar bieden ook ruimte aan scholen voor hogere ambities en eigen keuzes in het eigen onderwijsaanbod. Kerndoelen zijn gericht op een brede leerlingenpopulatie, moeten de brede vorming van leerlingen in het po/so, onderbouw vo, en (v)so stimuleren en dragen bij aan een drempelloze doorstroom tussen en binnen sectoren. Om die reden differentiëren kerndoelen niet naar niveaus en leerwegen, maar vormen de kaders voor verdere uitwerking in leerlijnen.

Doordat de kerndoelen concreter geformuleerd zijn, is de beschrijving van de wettelijke opdracht omvangrijker dan voor de kerndoelen uit 2006. Deze omvangrijkere beschrijving leidt echter niet per definitie tot een omvangrijker uitgevoerd curriculum. Door beter te omschrijven wat wordt verwacht, ontstaat een beter beeld van de totale onderwijsopdracht. Dat creëert ruimte voor eigen keuzes of verbindingen tussen leergebieden.

1.2.3 Speciaal onderwijs en voortgezet speciaal onderwijs

Voor leerlingen die zeer moeilijk lerend zijn of een meervoudige beperking hebben, ontwikkelden we functionele kerndoelen. Functionele kerndoelen zijn gericht op de praktijk en op relevantie voor werk, dagbesteding en een passende plek in de maatschappij. Bij deze ontwikkeling vormden de kerndoelen po/so, vo en (v)so de basis. De functionele kerndoelen staan in een aparte publicatie, met een eigen toelichtingsdocument.

1.2.4 Soorten kerndoelen

De hele set kerndoelen geldt per sector als een opdracht aan de school. Ze expliciteren het 'wat' waar iedere leerling recht op heeft in het onderwijsaanbod. De kerndoelen beschrijven waar leerlingen mee in aanraking moeten komen, welke inspanning er van hen wordt verwacht met het oog op ervaringen, en wat ze uiteindelijk moeten beheersen. Hierbij onderscheiden we verschillende soorten doelen: aanbodsdoelen (gericht op de school), beheersings- en ervaringsdoelen (gericht op de leerling) en hybride doelen (combinatie van beheersings- en ervaringsdoelen).

Aanbodsdoelen beschrijven waar een school in haar onderwijsaanbod voor heeft te zorgen. Daarom begint ieder aanbodsdoel met 'De school (...)'. Aanbodsdoelen richten zich op leergebiedspecifieke randvoorwaarden waar de school voor moet zorgen, zodat de totale set kerndoelen kan worden gerealiseerd. Beheersings- en ervaringsdoelen zijn gericht op de leerling.

Beheersingsdoelen richten zich op kennis, vaardigheden en houdingen die leerlingen moeten bereiken in het po/so, en de onderbouw v(s)o.

Evaringsdoelen beschrijven welke inspanningen van leerlingen worden verwacht met het oog op ervaringen en/of expressieve reacties. Een ervaringsdoel biedt leerlingen iets, of lokt iets bij hen uit wat hun horizon kan verbreden of hun kennis kan verdiepen, hen tot persoonlijke inzichten kan brengen en kan bijdragen aan hun waardenoriëntatie.

Evarings- en beheersingsdoelen kunnen ook samen voorkomen in eenzelfde kerndoel. Dat heet een hybride kerndoel.

1.2.5 Onderdelen van het kerndoelenboekje

De publicatie van de kerndoelen bestaat uit vier onderdelen: een karakteristiek, een raamwerk (overzicht van de domeinen en kerndoelen), de twee sets kerndoelen (po/so en onderbouw v(s)o) en een begrippenlijst.

De **karakteristiek** beschrijft wat het leergebied kenmerkt, wat de positie van het leergebied is in het po/so en de onderbouw v(s)o en hoe het leergebied samenhangt met andere leergebieden en de bovenbouw vo.

De karakteristiek bestaat uit drie paragrafen:

- *Kenmerken van het leergebied*
Deze paragraaf bevat de kern van het leergebied en beschrijft hoe het leergebied bijdraagt aan de realisatie van de drie doeldomeinen van het onderwijs: kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming.
- *Samenhang binnen het leergebied*
Deze paragraaf maakt de verticale en horizontale samenhang binnen het leergebied expliciet. Hierbij gaat het om de opbouw van het leergebied van het po/so naar de onderbouw v(s)o en een beschrijving van samenhangende leerinhouden binnen het leergebied.
- *Samenhang met andere leergebieden*
Deze paragraaf maakt duidelijk hoe het leergebied zich inhoudelijk verhoudt tot andere leergebieden.

Het **raamwerk** is een indeling van de inhouden (kennis, vaardigheden en houdingen) van het leergebied in domeinen voor het po/so en de onderbouw v(s)o. Doel van het raamwerk is om de kerndoelen te structureren en om consistentie in die structuur te realiseren. Hierbij gaat het om de consistentie binnen het leergebied zelf, tussen het po/so en de onderbouw v(s)o, tussen verwante leergebieden en de doorlopende leerlijn naar de bovenbouw. Het raamwerk bestaat uit twee samenhangende sets kerndoelen: één voor het po/so en één voor de onderbouw v(s)o. Verschillen in het raamwerk per sector zijn mogelijk als daar inhoudelijke redenen voor zijn die voortkomen uit verschillen tussen de sectoren. Het raamwerk is terug te zien als ordening in het overzicht van de kerndoelen.

De **kerndoelen** bestaan uit²:

Kernzin: de kernzin is een globale verwoording van de inhoud uit het kerndoel, maar is zelf geen aanbods-, beheersings- of ervaringsdoel. De kernzin is overkoepelend voor de doelzinnen die onder de kernzin zijn opgenomen. De kernzin is zo bondig en kernachtig mogelijk geformuleerd.

- **Doelzin:** de doelzin met een bijbehorende uitwerking 'het gaat hierbij om' beschrijft de inhoudelijke invulling van het kerndoel. Het aantal doelzinnen onder een kernzin is maximaal vier.

Een **doelzin** maakt duidelijk wat van de school of leerling wordt verwacht aan aanbod, kennis, vaardigheden en/of houdingen. De doelzin is altijd geformuleerd in ABC-vorm: audience (publiek: de *leerling* of de *school*), behaviour (gedrag, bijvoorbeeld *voert gesprekken, schrijft*), en content (leerinhoud, bijvoorbeeld *taalvariatie, bronnen*).

- De **uitwerking** is een puntsgewijze uitwerking van de onderdelen B en C uit de doelzin. De uitwerking wordt ingeleid met 'Het gaat hierbij om'.

Het geheel van kernzin, doelzin en uitwerking vormt het wettelijk kerndoel.

- Per kerndoel zijn **illustraties** ('te denken valt aan ...') ontwikkeld die inkleuring geven aan de betekenis en mogelijke uitwerking van de doelzin. Ze zijn geen onderdeel van het wettelijke kerndoel³.
- In de **begrippenlijst** staan omschrijvingen van de gehanteerde begrippen in de karakteristiek en de sets kerndoelen. Deze omschrijvingen zijn bedoeld voor leraren om de bedoeling en inhoud van de kerndoelen te begrijpen.

1.2.6 Ontwerpruimte

Beide sets kerndoelen zijn ontwikkeld voor 70% van de onderwijstijd van de betreffende sector. Hiermee wordt op landelijk niveau de kern vastgesteld in wet- en regelgeving en blijft er binnen het onderwijs ruimte om daarnaast zelf extra onderwijstijd toe te kennen aan bepaalde inhouden en accenten te leggen op basis van onder andere populatie, onderwijsbehoeften, denominatie of profiel van scholen.

² Deze beschrijving is aangepast n.a.v. de aanvullende opdracht van OCW – november 2025.

³ De illustraties zijn van waarde geweest voor de fase van beproeven, en worden nu verder inhoudelijk uitgewerkt in leerlijnen. Om deze reden zijn de illustraties 'te denken valt aan' niet langer opgenomen in de formele publicatie. Ze zijn te raadplegen via actualisatiekerndoelen.nl/aan-de-slag

De 70% ontwerpruimte is verdeeld over de verschillende leergebieden, zodat de relatieve ruimte die het kerndoelenteam kon vullen vooraf bekend was, om overladenheid tegen te gaan. Voor het leergebied mens en natuur is er voor het po/so en vo/v(s)o sprake van een ontwerpruimte van respectievelijk 8% en 14%. Op basis van de werkopdracht van het ministerie van OCW (2022, 2023) hebben we een vertaling van deze onderwijsruimte gemaakt naar het aantal kerndoelen dat ontwikkeld kon worden. Dit aantal moet beschouwd worden als een richtlijn met een zekere bandbreedte. De aanvullende opdracht van het ministerie van OCW (november 2024) heeft geleid tot een aanpassing van deze richtlijn: de set kerndoelen mens en natuur is op basis van de domeinen binnen het leergebied uitgekomen op voor het po: vier kerndoelen, met daarin twaalf doelzinnen en voor het vo vijf kerndoelen, met daarin achttien doelzinnen. Hiermee is het aantal kerndoelen beperkt, terwijl de inhoudelijke breedte en de gewenste concretisering behouden zijn gebleven. Met deze sets kerndoelen wordt voldaan aan de gestelde kaders wat betreft de ontwerpruimte.

1.3 Aanpak van de actualisatie

Deze paragraaf gaat in op hoe we de actualisatie hebben uitgevoerd en hoe daarin kwaliteitszorg is geïntegreerd. Deze aanpak is gebaseerd op de werkopdracht en omvat twee fases: een ontwikkelfase en een fase van beproeven. In de ontwikkelfase zijn de initiële kerndoelen opgesteld door een kerndoelenteam. Dat werd bijgestaan door een externe advieskring en intern door een monitorteam en een expertpoule. Daarnaast zijn ook leerlingen betrokken. In de fase van beproeven hebben we de voorstellen voorgelegd aan scholen en leraren, waarna we ze verder aangescherpt hebben tot de definitieve conceptkerndoelen die zijn opgeleverd in juli 2025.

In deze paragraaf lichten we de ontwikkelfase en de fase van beproeven toe. De inhoudelijke toelichting en verantwoording van gemaakte keuzes ten aanzien van de karakteristiek, het raamwerk en de initiële kerndoelen, beschrijven we in hoofdstuk 2.

1.3.1 Samenstelling van het kerndoelenteam

Voor de verschillende leergebieden is een apart kerndoelenteam ingericht dat bestaat uit leraren, vakexperts en curriculumexperts. Ieder kerndoelenteam is procesmatig aangestuurd door een procesregisseur. Bij de inrichting van de teams is omwille van de werkbaarheid gekozen voor een compacte samenstelling. De leden van het kerndoelenteam vertegenwoordigen het brede perspectief van het leergebied (meerdere sectoren, professionele achtergronden en perspectieven).

De werving en de selectie van leden is een transparant proces geweest en is publiek opengesteld. SLO heeft dit laten uitvoeren door een gespecialiseerd bureau. In het hele proces zijn de vakverenigingen betrokken.

Het kerndoelenteam bestond uit:

- Vijf leraren po en drie leraren onderbouw vo. Zij zijn essentiële deelnemers van het kerndoelenteam omdat ze dagelijks werken met leerlingen in de onderwijspraktijk.
- Zes vakexperts die betrokken zijn vanwege hun aantoonbare expertise op de inhoudsgebieden van de kerndoelen en op het gebied van (praktijkgericht) onderzoek.
- Vier curriculumexperts die curriculaire en vakinhoudelijke expertise inbrengen. Zij zijn verantwoordelijk voor het schrijven en de uiteindelijke kwaliteit van de kerndoelen.

Bij de samenstelling is rekening gehouden met een evenwichtige verdeling van het aantal leraren (vanuit het po en de onderbouw vo) en vakexperts. In bijlage 1 staan de namen van de teamleden.

1.3.2 Advieskring

Het kerndoelenteam is bijgestaan door een advieskring. Daarin namen experts en vertegenwoordigers van organisaties en instellingen deel, die sterke raakvlakken hebben met het leergebied en veelal een achterban representeren: vakverenigingen, lerarenopleidingen po en vo, vervolgopleidingen en voor het leergebied relevante maatschappelijke organisaties (zie bijlage 2). De advieskring heeft op vastgestelde momenten en op basis van adviesvragen uit het kerndoelenteam, expertise ingebracht die essentieel is voor de actualisering van de kerndoelen.

De advieskring had in het ontwikkeltraject drie functies:

- expertise inbrengen die de specifieke (tussen)producten verbeteren en passen binnen de kaders van de werkopdracht van het ministerie van OCW aan SLO;
- opstellen van adviezen aan de hand van adviesvragen van het kerndoelenteam;
- raadplegen van de eigen achterban en het verwerken van deze input in het advies.

De leden van de advieskring kwamen na het raadplegen van hun achterban samen om de opgehaalde input en de eigen bevindingen te bespreken. Daarna bepaalden zij gezamenlijk welke adviezen en feedback zij het kerndoelenteam wilden meegeven om de kwaliteit en de bruikbaarheid van de opbrengsten te versterken, en beschreven ze hun conclusies in een adviesrapport.

De advieskring heeft het kerndoelenteam van advies voorzien bij belangrijke kwesties. In een constructieve en open dialoog is gesproken over de visie op het leergebied in de karakteristiek, het dilemma tussen een raamwerk dat is geschreven vanuit vraagstukken of meer op inhoud is gebaseerd, de inhoudelijke omvang van het leergebied en de haalbaarheid van het ambitieuze

po curriculum. Er was discussie over of de term techniek of technologie moet worden gebruikt en de balans tussen 'het denken' en 'het doen'. Beiden punten lichten we in paragraaf 2.4.1 verder toe. Het gebruik van visualisaties om de omvang, breedte en veelzijdigheid van het leergebied zichtbaar te maken werd sterk aangemoedigd door de advieskring. Dit is echter in een wettekst niet mogelijk. Het kerndoelenteam heeft de betrokkenheid en de kritische en meedenkende houding van de advieskring als positief ervaren. Dit heeft duidelijk bijgedragen aan de ontwikkeling van de karakteristiek, het raamwerk en de kerndoelen.

Tot slot is de advieskring – na de fase van beproeven – geïnformeerd over oplevering van de kerndoelen (versie 2025). Er is een toelichting gegeven op de opgehaalde feedback en hoe dit is verwerkt in de kerndoelen. Hierbij zijn de belangrijkste aanpassingen genoemd.

1.3.3 Wetenschappelijke inbreng

De inbreng van vakexperts, wetenschappers en andere deskundigen in het ontwikkelproces is essentieel. Om die reden zijn vakexperts en wetenschappers expliciet betrokken bij de actualisatie van het curriculum. Daarnaast hebben de kerndoelenteams externe experts geraadpleegd op specifieke aspecten van de inhoud van het leergebied.

Het kerndoelenteam mens en natuur heeft op verschillende manieren en momenten experts ingezet. Er zijn gesprekken geweest met experts tijdens de ontwikkeldagen (fysiek en online) en tijdens het werken aan de tussenproducten. De inbreng van de experts werd besproken met het hele kerndoelenteam en geplaatst binnen de adviezen van de advieskring, de feedback vanuit SLO en de inzichten van de ontwikkelaars. Ook deze gesprekken waren van grote waarde. Tussenproducten werden aangescherpt en de gesprekken hielpen bij het maken van keuzes, het zien van hiaten en het toetsen van volledigheid en haalbaarheid.

Voorbeelden van thema's die met vakexperts besproken zijn:

- de plaats en inhoud van techniek in het leergebied;
- modellen en modelleren;
- haalbaarheid van het opsplitsen van denk-werkwijzen en aard van natuurwetenschappen en technologie met de vakinhoudelijke kerndoelen; haalbaarheid van de fysische en natuurlijke kant van aardrijkskunde in het po.

In bijlage 3 staat een overzicht van de geraadpleegde experts.

Bij het schrijven van de startnotitie en in de ontwikkelfase is veelvuldig gebruikgemaakt van wetenschappelijke en vakspecifieke bronnen. In de probleemanalyse (paragraaf 2.1), de ontwikkeling van de karakteristiek

(paragraaf 2.2) en het raamwerk (paragraaf 2.3) is gebruikgemaakt van (wetenschappelijke) bronnen van onder meer:

- Adviezen van het ontwikkelteam mens en natuur in het kader van Curriculum.nu (Curriculum.nu, 2019a, 2019b).
- Trendanalyse Wetenschap & Technologie. Ontwikkelingen en uitdagingen bij Wetenschap & Technologie in het basisonderwijs (Djoyoadhiningrat-Hol, & Klein Tank, 2022).
- TIMSS 2019 assessment frameworks (pp. 27–55). (Centurino & Jones, 2017).
- PISA 2025 Science Framework (OECD, 2023).
- Eindadvies referentiekaders Ruimte en Tijd (Werkgroep Referentiekaders Ruimte en Tijd, 2022).
- Leerplankader Wetenschap & Technologie (Van Graft & Klein Tank, 2018).
- Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie (Ottevanger et al., 2014).
- Basiskennis natuur en techniek (Embrechts, 2020).
- Het Europees competentiekader voor duurzaamheid (Bianchi et al., 2022).
- Technologie in de leergebieden (Van Dijk et. Al., 2017).
- Buitenlandse curricula:
 - Australië: [Australian curriculum](#)
 - Canada: Ontario: [Elementary science](#)
 - Engeland: [Science programmes of study](#)
 - Verenigde staten: [NGSS](#) (NGSS Lead States, 2013)
 - Vlaanderen Katholiek onderwijs
 - po - [Oriëntatie op natuur](#)
 - vo - [Natuurwetenschappen – 1e graad – A stroom](#)
 - Zweden: [Zweedse curriculum primair onderwijs](#)
- Tussenproducten van de actualisatie van de conceptexamenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken (SLO, persoonlijke communicatie, 1 december 2022, 11 mei 2023, 7 december 2023, 12 juli 2024);
- Conceptexamenprogramma's natuurwetenschappelijke vakken (SLO, 2025)

Adviezen en rapporten van de Wetenschappelijke Curriculumcommissie⁴ zijn benut bij het komen tot nieuwe kerndoelen. Deze onafhankelijke commissie adviseerde de bewindspersoon over de vernieuwing van het landelijke curriculum en over de manier waarop deze vernieuwing vorm moet krijgen. Ook adviseert de commissie over een periodiek systeem voor curriculumbijstelling. In de aanloop van het ontwikkelwerk voor de nieuwe kerndoelen publiceerde de commissie twee relevante adviezen voor de kerndoelenteams: het advies 'Kaders voor de toekomst' (Ağırdağ et al., 2020) en het advies 'Doel en ruimte' (Ağırdağ et al., 2021a). Daarnaast heeft de commissie 'Kaders voor kansen'

⁴ Zie [Instellingsbesluit](#) voor de opdracht van de Wetenschappelijke Curriculumcommissie.

(Ağırdağ et al., 2021b) opgeleverd – een reflectie op het beoordelingskader kansengelijkheid Taal en Rekenen dat is opgesteld door SLO – en de verdiepende studie 'Samenhang in het curriculum' (Ağırdağ et al., 2021c).

Gedurende de ontwikkelfase hebben teamleden en curriculumexperts presentaties en werkgroepen verzorgd. Deze hadden steeds een interactief karakter, waarbij ideeën en tussentijdse conceptversies werden gedeeld en besproken. De zo verkregen input werd door het team meegenomen en meegewogen in de verdere ontwikkeling van de karakteristiek en de conceptkerndoelen.

Tot slot hebben teamleden op individuele basis gesprekken gevoerd met verschillende vakexperts en collega's. Deze gesprekken hadden een informeel karakter en dienden om ideeën en denkrichtingen van het team te toetsen.

1.3.4 Monitorteam

Een belangrijk instrument van interne kwaliteitszorg is monitoring. Tussenproducten zijn meermaals door onze analisten gemonitord op basis van de leerplankundige uitgangspunten en kwaliteitscriteria uit de werkopdracht. Het gaat hierbij om consistentie in de formulering van karakteristiek en kerndoelen en om de horizontale en verticale samenhang binnen en tussen vak- en leergebieden. De bevindingen uit de interne monitoring zijn benut om gedurende het proces bij te sturen op aspecten uit de werkopdracht.

De reacties van monitoring maakten duidelijk op welke punten doelformuleringen verder gespecificeerd of geëxpliciteerd moesten worden. Verder gaf monitoring in sommige gevallen suggesties om inhoud te verschuiven tussen doelzin en uitwerking of tussen uitwerking en illustratie. De feedback van monitoring is meegenomen in de verdere ontwikkeling van de karakteristiek en de conceptkerndoelen.

1.3.5 Expertpoule

We hebben een expertpoule van onze curriculumexperts ingezet om de uitwerking te ondersteunen van inhoudelijke, leergebiedoverstijgende uitgangspunten en kwaliteitseisen die in de werkopdracht beschreven zijn: ontwerpruimte, doeldomeinen, kansengelijkheid, diversiteit, geletterdheid, gecijferdheid, LOB, 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 leergebiedoverstijgende aspecten goed gewaarborgd zijn in de (tussen)producten.

- Adviesfunctie: de expertpoule is beschikbaar om de teams bij te staan met advies of om actief te helpen bij het opnemen van leergebiedoverstijgende aspecten.

De expertpoule gaf tijdens het ontwikkelproces aan dat de (tussenproducten van de) conceptkerndoelen al veel van de leergebiedoverstijgende aspecten bevatten. Op een enkel punt (LOB) werden suggesties gegeven voor verdere explicitering.

De klankbordgroep specifieke onderwijsbehoeften sprak al vroeg in de ontwikkelfase haar waardering uit voor de inclusieve formuleringen van de eerste concepten van de karakteristiek en de conceptkerndoelen. De klankbordgroep gaf bij verschillende conceptformuleringen suggesties voor verdere verbetering, die door het kerndoelenteam zo veel mogelijk zijn verwerkt.

1.3.6 Leerlingbetrokkenheid

Om de stem van de leerling een goede plaats te geven bij de ontwikkeling van kerndoelen, zijn leerlingen van scholen voor primair en voortgezet onderwijs geraadpleegd via leerlingenpanels (Van der Laan, 2023). Dit vond plaats op scholen, waar op basis van een instrument, leerlingen hun ideeën en ervaringen konden uiten over de relevantie van vakinhouden. In de voorbereiding is samengewerkt met Landelijk Actie Komitee Scholieren (LAKS). Daarnaast hebben de leraren uit de teams ook hun eigen leerlingen bevraagd.

Resultaten van het leerlingenpanel

Het blijkt dat leerlingen onderwerpen die veel in het nieuws zijn en die dichtbij hun belevingswereld staan hoog scoren op 'belangrijkheid' en op het zelf willen leren. Te denken valt aan het opwekken van energie, het beschermen van de natuur, het repareren van spullen, gezonde voeding, en vragen zoals "waarom mag je een batterij niet in de gewone prullenbak gooien?", "wat gebeurt er in je lichaam als je ziek bent?" Opvallend laag scoren de meeste onderdelen die te maken hebben met technologie: het timmeren van een stoel, de werking van producten en het ontwerpen van een speeltuin. Het repareren en het gebruiken van gereedschappen scoort daarentegen wel hoog. De reden die leerlingen opgeven over waarom ze iets niet belangrijk vinden, is bijna altijd dat ze het saai of niet interessant vinden, of het al weten. Slechts bij een zeer klein aantal specifieke voorbeelden, zoals het gedrag van dieren, of het maken van een zenuwspiraal, geven enkele leerlingen aan dat ze deze kennis en vaardigheden niet nodig hebben. Deze uitkomsten bevestigen dat de inhoudelijke keuzes draagvlak hebben bij de ondervraagde leerlingen.

1.3.7 Fase van beproeven

In de werkopdracht is vastgelegd dat de voorstellen voor kerndoelen die de kerndoelenteams opleveren (november 2024) worden beproefd in de

onderwijspraktijk. SLO heeft hiervoor de fase van beproeven ingericht. Deze fase is uitgevoerd in 2025.

Het primaire doel van de fase van beproeven was het toetsen van de (verwachte) bruikbaarheid van de initiële kerndoelen voor scholen en leraren. Daarnaast was het van belang om zicht te krijgen op de waardering voor de inhouden, de verwachte impact en de behoeften van scholen bij de implementatie. In deze paragraaf beschrijven we kort de fase van beproeven.

Bijeenkomsten en praktijkopdrachten voor scholen

Om zo veel mogelijk scholen en leraren in het hele land te bereiken is gekozen voor het organiseren van zes regionale bijeenkomsten, waaraan 56 scholen en 103 leraren en schoolleiders deelnamen.

Op de regiobijeenkomsten kregen de scholen een programma aangeboden dat enerzijds gericht was op het informeren over de nieuwe kerndoelen en anderzijds in het teken stond van het ophalen van feedback. De bijeenkomsten waren opgebouwd volgens de drieslag *verkennen*, *verdiepen* en *waarderen*.

1. In het onderdeel *verkennen* speelden de deelnemers een zogenoemd 'kerndoelenkaartspel' waarbij ze in gesprek gingen over de vraag of ze de inhouden van de nieuwe kerndoelen al in hun huidige lespraktijk terugzagen, of ze het belang van nieuwe inhouden onderschreven en welke uitdagingen ze zagen bij het vormgeven van hun schoolcurriculum met deze kerndoelen.
2. Het onderdeel *verdiepen* was gericht op het doordenken van de betekenis van de nieuwe kerndoelen voor de dagelijkse onderwijspraktijk. De belangrijkste punten uit de nieuwe kerndoelen en de overeenkomsten en verschillen met de kerndoelen uit 2006 werden aan de deelnemers gepresenteerd. Aan de hand van door het kerndoelenteam ontwikkeld voorbeeldmateriaal kregen de deelnemers een nader beeld van de bedoelingen van de nieuwe kerndoelen.
3. Tijdens het onderdeel *waarderen* konden de deelnemers hun eerste reactie geven door een online vragenlijst in te vullen.

De deelnemers aan de regiobijeenkomsten kregen vervolgens de praktijkopdracht om deze zelfde drieslag ook met collega's op hun eigen school te doorlopen. Daartoe kregen ze een kerndoelenkaartspel mee en een link naar een online vragenlijst die na afloop van de teambijeenkomst moest worden ingevuld. Op deze manier is zowel tijdens de regiobijeenkomst feedback opgehaald, en vond een tweede meting plaats bij de scholenteams.

Bevindingen fase van beproeven

De belangrijkste conclusie uit de fase van beproeven is dat de meerderheid van de po- en vo-scholen positief waren over de conceptkerndoelen. Ze geven

voldoende houvast en zijn duidelijk en begrijpelijk. Vooral de uitwerking en het gebruiken van de handelingswerkwoorden daarin worden als positief ervaren. Enkele leraren geven aan dat ze concrete lijstjes willen: dit wel en dat niet.

In de kerndoelen po zijn er een aantal kerndoelen die volgens de respondenten duidelijker geformuleerd kunnen worden. Het gaat dan om de conceptkerndoelen: denkwijzen, werkwijzen en aard van natuurwetenschappen en technologie. De inhoud en zijn herkenbaar en worden gewaardeerd, maar worden tegelijkertijd in deze formulering als te wetenschappelijk en te complex beoordeeld voor het po. De manier waarop de inhoud van deze kerndoelen zijn weergegeven is nieuw. Hierdoor ontbreekt het de respondenten aan voldoende kennis op dit onderwerp, waardoor zij niet kunnen inschatten of deze doelen haalbaar zijn in het po. Het gestelde uitgangspunt bij het formuleren van de kerndoelen, dat het gaat om zowel denken en als doen, wordt duidelijk onderschreven. De explicitering van het denken zorgt voor twijfel. Zo viel tijdens de gesprekken op dat leraren po zich niet bij alle inhoud van het leergebied competent genoeg voelen. Ze beschikken over te weinig eigen voor- en achtergrondkennis om alle kerndoelen goed te begrijpen.

Niveau

Bij het beproeven van de kerndoelen vo vielen de kerndoelen voor aanvulling havo-vwo op. De respondenten gaven aan dat ze deze doelen te hoog gegrepen vinden voor de onderbouw vo.

Daarnaast gaven veel vmbo-docenten aan dat ze twijfelden over de haalbaarheid van de kerndoelen voor de vmbo-leerlingen. Hierbij speelt ook mee dat in de huidige schoolsituatie van de respondenten niet alle vakken gegeven kunnen worden door een tekort aan bevoegde docenten, en door bezuinigingen. Daarbij werd geconstateerd dat het verwachte niveau van rekenen in de kerndoelen mens en natuur een obstakel kan vormen voor de vmbo-leerlingen.

Het aantal deelnemende vo scholen aan de fase van beproeven van de kerndoelen mens en natuur was beperkt en niet goed verdeeld, waardoor er geen eenduidige conclusies aan de resultaten konden worden verbonden. Daarom is er besloten om twee online focusgroepen te organiseren zodat er gefundeerde keuzes rondom het niveau voor het vmbo en de invulling van de aanvullende doelen havo-vwo konden worden gemaakt. Hieraan hebben in totaal 30 docenten meegedaan.

In de focusgroep vmbo zijn alle kerndoelen langsgelopen op haalbaarheid voor de leerling. Hieruit bleek dat vmbo-docenten de kerndoelen over veiligheid, aard van natuurwetenschappen en technologie en relationele seksuele gezondheid goed waardeerden. De combinatie van inhoud en experimenteren werd gewaardeerd en haalbaar geacht op het vmbo. De kerndoelen over scheikunde waren nieuw voor basis en kader. Het vele rekenwerk en de verwachte

abstractie lijkt te hoog gegrepen. Er zijn afwegingen meegeven wat men als echt noodzakelijk zag voor onderbouw en wat meer thuis hoorde in aanvullende doelen havo-vwo of in de examenprogramma's. Er werden zorgen geuit over het verschuiven van inhoud van het vo naar po, de overladenheid, en de indeling in vakken waardoor technologie en gezonde keuzes in de verdrukking kunnen komen, omdat die buiten de nu aangeboden schoolvakken vallen.

In de focusgroep havo-vwo werden zorgen geuit of docenten wel overweg kunnen met het kerndoel over aard van de natuurwetenschappen en technologie. De kerndoelen over werken met en denken over modellen werden als belangrijk gezien, maar tegelijkertijd ook moeilijk door de formulering. Bij de kerndoelen over licht en energie werd een zorg geuit tot welk niveau leerlingen hier iets van moesten weten. De gebruikte formulering kon volgens hen ook geschikt zijn voor vwo 6. In de kerndoelen systeem aarde en weer en klimaat werd het aardrijkskundig denken en redeneren gemist.

Verwerken feedback

In het proces van weging en waardering van de fase van beproeven en de focusgroepen is alle opgehaalde feedback zorgvuldig gestructureerd. Op basis van de uitkomsten van deze analyse is de inhoud van de initiële kerndoelen waar nodig en gewenst aangepast of verhelderd. De afwegingen en beoogde aanpassingen zijn gedeeld en besproken met het kerndoelenteam en met de advieskring. Dit alles heeft geresulteerd in de definitieve conceptkerndoelen mens en natuur (versie 2025).

Nadere afstemming met andere leergebieden

Tijdens de ontwikkelfase en de fase van beproeven is meerdere malen overlegd met de kerndoelenteams en curriculumexperts van de verschillende leergebieden. De kerndoelenteams bekeken elkaars tussenproducten en bespraken onder andere de raamwerken, ordeningen, uitdagingen en dilemma's. Daarnaast keken ze naar logische samenhangen tussen de leergebieden en hoe die een plek kunnen krijgen in de kerndoelen, de karakteristieken en de toelichtingen.

Tijdens de fase van beproeven is er nogmaals gekeken naar de inhoudelijke afstemming van mens en natuur met mens en maatschappij. De afstemming met mens en maatschappij richtte zich op de indeling en vormgeving van de domeinen, de denkwijzen en de inhoud van aardrijkskunde.

Dit leidde tot aanpassing in de formulering van het onderdeel samenhang in de karakteristiek en aanscherpingen in de doelformuleringen.

Daarnaast zijn de begrippen in de begrippenlijst over de leergebieden heen afgestemd, zodat de begrippen consistent en bruikbaar zijn bij verschillende leergebieden.

1.4 Herziene versie 2025

1.4.1 Aanvullende opdracht

Op 16 oktober 2024 debatteerde de Vaste Kamercommissie Onderwijs over het curriculum. Het Regeerakkoord (kabinet-Schoof) speelde een belangrijke rol in dit debat. Hierin staat dat de curriculumherziening door moet gaan, maar dat het aantal kerndoelen fors moet verminderen. Ondanks vele vragen en reacties vanuit het veld hield het Kabinet vast aan het besluit om concrete invulling te geven aan het hoofdlijnenakkoord. Op 26 november 2024 werd [een motie](#) ingediend, die met een meerderheid is aangenomen.

De aanvullende opdracht van OCW is verwerkt in de definitieve conceptkerndoelen, versie 2025: we hebben een extra stap gezet om de kerndoelen meer in samenhang te presenteren, waarbij er een goede focus ligt op het versterken van lezen, schrijven en rekenen. Het aantal kerndoelen is verminderd, en de gewenste concrete uitwerking is behouden. In deze paragraaf lichten we de wijzigingen toe.

Een nieuwe formulering van kerndoelen

In de initiële kerndoelen (versie 2024) zijn de leergebieden onderverdeeld in domeinen met bijbehorende kerndoelen. De kerndoelen zijn concreter geformuleerd dan voorheen, wat heeft geleid tot een toename in aantal. In de aanvullende opdracht is gesteld dat het aantal kerndoelen moet verminderen. Daarom hebben we de initiële kerndoelen binnen een leergebied geclusterd. Elk cluster heeft een overkoepelende kernzin gekregen met daaronder één tot maximaal vier initiële kerndoelen als uitwerking. Dit geheel wordt wettelijk verankerd, zodat de gewenste concrete formulering van de kerndoelen (zie paragraaf 1.2.1 en 1.2.2) blijft bestaan.

Bij het formuleren en herordenen van de kerndoelen keken we ook naar het bevorderen van samenhang en het voorkomen van redundantie, om de overladenheid binnen het beoogde curriculum terug te dringen.

1.4.2 Algemene uitgangspunten voor clustering mens en natuur

De kerndoelen mens en natuur zijn conform de aanvullende opdracht van OCW geclusterd tot een kleiner aantal doelen. Het doel van het clusteren van de kerndoelen was enerzijds een duidelijker focus te laten zien op lezen, schrijven en rekenen, en anderzijds behoud van de door het onderwijsveld gewenste concrete formulering van de doelzinnen en de uitwerkingen. Om die reden zijn de sets kerndoelen teruggebracht tot vier kerndoelen voor po/so en vijf kerndoelen voor de onderbouw v(s)o.

Bij het clusteren zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De clustering is gebaseerd op thematische en inhoudelijke samenhang van de initiële kerndoelen.

- De clustering is afgestemd met de conceptexamenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken, zodat de afgestemde doorlopende leerlijn gehandhaafd en zichtbaar blijft.
- De clustering is afgestemd met andere leergebieden voor consistentie en samenhang. Dit draagt bij aan een eenduidige terminologie binnen het curriculum.
- Waar nodig is rekening gehouden met eerder gegeven feedback vanuit de advieskring en de onderwijspraktijk.

1.4.3 Overwegingen bij indeling clusters

In deze paragraaf hebben we korte toelichtingen opgenomen bij de indeling in de clusters. In hoofdstuk 2 onderbouwen we de inhoudelijke toelichtingen op de kerndoelen, maar om de opbouw en de nummering van de kerndoelen te begrijpen, lichten we eerst de clusters van kerndoelen toe.

Clustering en kernzinnen

Voor zowel po/so als v(s)o is bij de clustering grotendeels de bestaande samenhang uit de domeinen behouden. Voor po en vo is een cluster (29) gevormd van de doelzinnen over vraagstukken, de aard, denk- en werkwijzen. Deze inhouden kunnen niet los worden gezien van de vakinhouden van de andere kerndoelen po 30-32 en vo 30-33.

In po zijn de volgende drie vakinhoudelijke clusters gevormd:

- Kerndoel 30 – een combinatie van natuurkundige en scheikunde verschijnselen met technische systemen.
- Kerndoel 31 – een combinatie van inhouden die gaan over organismen en gezondheid.
- Kerndoel 32 – een combinatie van inhouden die gaan over systemen in en op de aarde.

In het vo zijn de volgende vier vakinhoudelijke clusters gevormd:

- Kerndoel 30 – omvat inhouden die gaan over technische systemen en natuurkundige verschijnselen.
- Kerndoel 31 – omvat inhouden die gaan over scheikundige verschijnselen en processen
- Kerndoel 32 – omvat inhouden die gaan over organismen en gezondheid.
- Kerndoel 33 – omvat inhouden die gaan over systemen in en op de aarde.

Alle clusters in het v(s)o bevatten specifieke aanvullende inhouden voor havo en vwo.

Vanuit de fase van beproeven kwam er veel feedback dat de naamgeving van de domeinen verwarrend was. Daarom hebben we bij de clustering ook de namen aangepast aan de nieuwe geclusterde inhoud.

Kernzin

In de kernzinnen zijn consequent twee handelingswerkwoorden 'toont inzicht in' en 'experimenteren met' of 'verkennen' gebruikt. De achterliggende reden is dat dit dicht ligt bij datgene dat leerlingen en wetenschappers doen: de wereld om hen heen waarnemen en er grip op proberen te krijgen door er betekenis aan te geven of deze te beïnvloeden. Een volgende stap die zowel bij leerlingen, wetenschappers en technologen plaatsvindt is het begrijpen, verklaren en aanpassen. We denken dat 'inzicht tonen' en 'experimenteren' beter passen dan werkwoorden als onderzoeken en ontwerpen. De reden hierachter is dat, vanuit het perspectief van de leerkrachten, 'onderzoeken' en 'ontwerpen' een directe relatie hebben met de didactiek van onderzoekend en ontwerpen leren. De kerndoelen schrijven geen didactiek voor.

Inhouden havo-vwo

Bij de clustering was uitdrukkelijk de eis om het aantal clusters te beperken tot vijf. Het betekende dat de havo-vwo inhoud over het 'werken met' en 'denken over modellen' een plek moeten krijgen bij andere doelen in de clusters 29 tot 33. De inhoud is als aanvulling havo-vwo ondergebracht bij de doelen die passen bij de inhoud, namelijk de doelen over denk- en werkwijzen, de doelen over energie, deeltjes, reacties, organismen, voortbestaan van leven op aarde en weer, klimaat en water.

Onderwerp veiligheid

Het onderwerp veiligheid in het vo is als vijfde doel opgenomen in kerndoel 29. Een vijfde doelzin is niet gebruikelijk in de gehanteerde architectuur. Toch is er gekozen voor deze oplossing, omdat het doel inhoud bevat over veiligheidsaspecten gerelateerd aan geografische, natuurkundige en chemische verschijnselen, weer en klimaat. Het is een inhoud die zich over alle disciplines verspreidt en daarmee vergelijkbaar is met de andere doelen in dit cluster die ook op alle inhoud toepasbaar zijn. Het alternatief was om al deze aspecten over veiligheid onder te brengen in de vakinhoudelijke clusters 30-33. Dit zou echter geen recht doen aan de hoge waardering hiervoor vanuit de fase van beproeven en zou nieuwe vragen opleveren.

1.4.4 Aanpassingen in formulering van de conceptkerndoelen

Tijdens het verwerken van de feedback uit de fase van beproeven en het uitvoeren van de aanvullende opdracht zijn ook wijzigingen aangebracht in de formulering van de doelzinnen en/of uitwerkingen van de initiële kerndoelen (versie 2024). Deze wijzigingen betreffen een verduidelijking en verbetering van de leesbaarheid van de kerndoelen. Het betreffen aanpassingen in

handelingswerkwoorden en tekstuele aanpassingen. De belangrijkste aanpassingen lichten we hieronder toe.

Algemene aanpassingen in kerndoelen po/so

De manier waarop de inhoud is weergegeven, is voor veel leerkrachten nieuw en roept vragen op over wanneer het doel behaald is, welke materialen nodig zijn, hoe de leefomgeving of omgeving van de school ingezet kan worden en hoeveel die omgeving van invloed mag zijn. De doelen zijn afgestemd op de achtergrond en kennis van de leerkracht basisonderwijs. De doelen zijn minder wetenschappelijk, meer praktisch en meer vanuit ervaring van de leerling beschreven. De bedoeling is dat leerlingen niet alleen inzicht krijgen in hoe een wetenschapper of technoloog werkt, maar ervaringen op doen met hun werkzaamheden en hun motieven. Het leren doorgronden van wetenschap en technologie gebeurt het meest wanneer de werkwijzen, denkwijzen, inzicht in het proces van kennisconstructie en deelnemen aan discussie over het onderzoek gecombineerd worden in het onderwijs (Van der Zee, 2017). Vraagstukken uit de leefomgeving, denkwijzen en werkwijzen zullen steeds samen met concepten worden aangeboden en niet apart getoetst worden. De norm voor het "goede" antwoord ligt besloten in de vraag. Je kunt altijd doorvragen, net als wetenschappers. Het gaat er hierbij om een antwoord te vinden dat past bij de vraag (Van Keulen en Oosterheert, 2016). Zo kan de leerling de verschillende kanten van het werk van wetenschappers en technologen ontdekken.

Aanpassing licht

Licht is een onderwerp dat in het huidige onderwijs in de onderbouw natuurkunde wordt gegeven. Vanwege de overladenheid en omdat de belangrijkste inhoud al in het po aan bod komen is licht niet opgenomen in de kerndoelen vo. In de aanvullende doelen havo-vwo is er wel ruimte om 'licht' op te nemen omdat het een goed beeld schetst over de natuurkunde in de bovenbouw, raakt aan het dagelijks leven en natuurkundige modellen in combinatie-experimenten mogelijk maakt. Het onderwerp licht sluit goed aan bij de andere aanvullende havo-vwo-doelen die gaan over modellen. Het doel over licht is nu als een havo-vwo-doel opgenomen in kerndoel 30. Bij het herformuleren en verwerken van de uitkomsten van de fase van beproeven is de relatie tussen 'licht' en 'informatie afkomstig van het objecten in het heelal', geschrapt aangezien dat niet haalbaar werd bevonden. We hebben in de uiteindelijke versie concreter geformuleerd welke kennis en vaardigheden op het gebied van licht wordt verwacht.

Aanpassing modellen

Een model kan een schema, tekening, diagram, maquette, formule of meer wiskundige representatie van de werkelijkheid zijn (Jansen, 2022). Het gebruiken van modellen en het opstellen van een model is een gebruikelijke manier van denken en werken van wetenschappers en technologen. Door het

toevoegen van modellen in de denkwijzen, krijgen modellen een duidelijke plek in het onderwijs voor alle leerlingen. Het gebruik van modellen heeft een duidelijke plek gekregen in de aanvulling havo-vwo bij de kerndoelen over denken en werkwijzen. Daarbij is aandacht voor wat je met modellen kunt doen en dat aan modellen beperkingen zitten. Ten slotte is op basis van de expertfeedback in de fase van beproeven het kerndoel technische systemen aangepast met werkende 2D- en 3D-modellen.

Aanpassing denkwijzen

In het kerndoel over denkwijzen (30 po/so en vo) is de doelzin aangepast om te verduidelijken wat het doel van de denkwijzen is. Het gaat om het verklaren van de wereld. In de uitwerking is er consequent gekozen voor het handelingswerkwoord 'redeneren' voor zowel po/so als vo. Beide werkwoorden geven aan dat het de bedoeling is dat leerlingen denkwijzen inzetten bij het formuleren en gebruiken van verbanden en relaties tussen vakinhouden. In po/so en vo is de uitwerking 'redeneren met systemen uitgebreid met modellen, omdat er modellen worden gebruikt wanneer je gaat redeneren met systemen. 'Hierbij geldt dat een systeem altijd een model is, maar dat een model niet altijd een systeem is.

Aanpassing werkwijzen

De aanpassing bij het kerndoel werkwijzen (29C vo) betreft de aanvulling havo-vwo waarbij het gebruiken van model centraal staat en de formulering van de doelzin is afgestemd op die van de denkwijzen

Aanpassing aard van natuurwetenschappen en technologie

De abstractie van het kerndoel 'aard van natuurwetenschappen en technologie' is aangepast voor zowel po/so als vo. De belangrijkste aanpassing is dat het kerndoel een ervaringsdoel is geworden in plaats van een beheersingsdoel. Daarbij is gebruikgemaakt van hoe de KNAW kijkt naar integer onderzoek. De nu gehanteerde inhouden zijn geformuleerd als eerlijk, onafhankelijk, transparant, verantwoordelijk en zorgvuldig werken en zijn hiermee goed bruikbaar om in de klas te bediscussiëren. Een tweede aanpassing betreft de aanvulling havo-vwo. Er wordt vanuit een kritisch en wetenschapsfilosofisch perspectief gekeken naar de aard van natuurwetenschappen en technologie.

Aanpassing aardrijkskunde

De conceptkerndoelen over de aan aardrijkskunde gerelateerde inhouden zijn kritisch bekeken tijdens de fase van beproeven op inhoud en samenhang met het leergebied mens en maatschappij. De doelen zijn geheel doorgelicht en feitelijk herschreven opdat er een duidelijker onderscheid is tussen wat in de aarde gebeurt, aan en vlak onder de aardkorst en erboven. De mens-en-natuurrelaties zijn helderder verwoord.

Bij het leergebied mens en maatschappij gaat het om gebruik van ruimte, analyseren van vraagstukken vanuit verschillende invalshoeken en perspectieven op en het denken in toekomstscenario's. Bij mens en natuur gaat het om de vraag waar en waarom daar? De inhoud gaat over endogene en exogene processen, weer en klimaat. In beide leergebieden is de relatie tussen menselijk handelen en de natuur belangrijk en de gevolgen zowel qua ruimtegebruik, mitigatie en adaptatie als gevolg van een veranderend klimaat. De aangepaste kerndoelen po/so en vo zijn nog een keer besproken met de KNAG.

Aanpassing deel inhoud van algemeen naar havo-vwo

Naar aanleiding van opmerkingen over de haalbaarheid van het niveau in de fase van beproeven, zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- Een aantal krachten bij het kerndoel natuurkundige verschijnselen (30B vo) zijn verplaatst naar aanvulling havo-vwo.
- De relatie tussen energieverbruik en planetaire grenzen is bij kerndoel 30D verplaatst naar aanvulling havo-vwo.
- Bij het kerndoel scheikundige verschijnselen in vo is het rekenen (31B vo) en bouw van materie (31A vo) verplaatst naar aanvulling havo-vwo.

De **begrippenlijst** is aangepast om de beschrijvingen beter af te stemmen op andere leergebieden en om begrippen nauwkeuriger te duiden in relatie tot de concepteindtermen die gespecificeerd worden in de syllabi. Tevens heeft een deel van de vaktaal dat door leerkrachten niet altijd werd herkend een plek gekregen in de begrippenlijst.

Tot slot is ook de **karakteristiek** aangepast, om de samenhang tussen de leergebieden te verduidelijken. En is gezorgd dat de formulering van karakteristiek overeenkomt met de doelzinnen en uitwerkingen van de aangepaste kerndoelen. Daarnaast zijn redactionele wijzigingen doorgevoerd.

2. Inhoudelijke toelichting

In dit hoofdstuk lichten we de inhoudelijke keuzes toe die ten grondslag liggen aan de kerndoelen. Eerst gaan we in op de specifieke uitdagingen voor het leergebied mens en natuur. Vervolgens gaan we in op de karakteristiek, het raamwerk en de kerndoelen. Per onderdeel geven we een toelichting op de keuzes van het kerndoelenteam, de belangrijkste discussies daarbij en hoe er is omgegaan met feedback uit de ontwikkelfase en de fase van beproeven en welke bronnen daarbij betrokken zijn. In de toelichting betrekken we ook kwaliteitscriteria uit de werkopdracht van OCW.

2.1 Specifieke uitdagingen actualisatie kerndoelen mens en natuur

De probleemanalyse die onderdeel uitmaakt van de startnotitie mens en natuur is een belangrijk uitgangspunt voor de actualisatie. De ontwikkelde conceptkerndoelen vormen een antwoord op de problemen die in de startnotitie (Djoyoadhiningrat-Hol et al., 2023) zijn benoemd. De belangrijkste punten uit de startnotitie samengevat:

- Welke inhouden van het leergebied mens en natuur hebben leerlingen nodig om lokale, omgevings- of mondiale vraagstukken te begrijpen? Welke kennis en vaardigheden hebben leerlingen nodig om een mening te kunnen vormen en adequaat te kunnen handelen bij maatschappelijke ontwikkelingen, nu en in de toekomst, dichtbij of veraf? De maatschappelijke vraagstukken rondom gezondheidszorg, energie, voedselvoorziening en klimaat en water vragen om een actualisatie van onderwerpen in het curriculum. Ook vragen ze wellicht om andere inhouden.
- Hoe maak je de samenhang binnen het leergebied inzichtelijk? Welke begrippen en denk- en werkwijzen deelt mens en natuur met de andere leergebieden? Welke deelt het vooral met mens en maatschappij? De indeling in deze leergebieden zorgt ervoor dat bijvoorbeeld aardrijkskunde wordt verdeeld. Hoe ziet deze verdeling en samenhang tussen mens en natuur, en tussen mens en maatschappij eruit?
- De huidige kerndoelen mens en natuur omvatten veel onderwerpen en zijn van wisselend abstractieniveau. Doordat ze vaak algemeen zijn beschreven, bieden ze weinig houvast om duidelijk gedefinieerde leerinhouden aan te bieden aan de leerlingen.
- Het beschrijven van een duidelijk eindniveau po/so is van belang omdat er in het po/so grote onderlinge verschillen zijn in de prestaties van leerlingen in het leergebied. Hierdoor komen ze niet met hetzelfde beheersingsniveau

het vo binnen (Inspectie van het onderwijs, 2017; Meelissen et al., 2020; Platform Talent voor Technologie, 2020).

2.2 Toelichting op de karakteristiek

Onderwijs in mens en natuur gaat over waarnemen, experimenteren, denken en maken. Daarvoor is bepaalde kennis over de wereld nodig (Harlen, 2015; NGSS Lead States, 2013). Deze kennis wordt opgebouwd en verdiept door verschijnselen te bestuderen, de omgeving te verkennen en deze te ervaren door het stellen van vragen die voortkomen uit verwondering en nieuwsgierigheid (Van der Molen et al., 2013; Velthorst et al., 2011). Door te werken volgens verschillende methodieken, zoals natuurwetenschappers en technologen dat doen, ervaren leerlingen hoe kennis kritisch en betrouwbaar tot stand komt. Ook krijgen ze inzicht over de vergankelijkheid en ontwikkeling van kennis (Bell et al., 2012). Vraagstukken verbinden voor de leerling het onderwijs met hun eigen leefomgeving, en uiteindelijk met de wereld. Door te werken aan vraagstukken, passen leerlingen de voor het leergebied mens en natuur karakteristieke kennis, denk- en werkwijzen toe. Op deze manier leren leerlingen de wereld te zien, te begrijpen en te verklaren en worden ze voorbereid om zelfstandig beslissingen te nemen en keuzes te maken.

2.2.1 Doeldomeinen

Het funderend onderwijs beoogt een breed onderwijsaanbod voor alle leerlingen te bieden. Dat brede aanbod wordt onder andere geborgd door aandacht voor de drie doeldomeinen van onderwijs: kwalificatie, socialisatie en persoonsvorming (Ağirdağ et al., 2021b). In de karakteristiek is beschreven hoe het leergebied mens en natuur in het po/so en de onderbouw vo bijdraagt aan die doeldomeinen, zoals beschreven in de rationale van het funderend onderwijs (Ministerie van OCW, 2022a). Het is belangrijk om te realiseren dat kerndoelen vaak bijdragen aan meerdere doeldomeinen en dat de doeldomeinen ook niet helemaal zijn te scheiden. Dit geldt ook voor het leergebied mens en natuur. Toch wordt hierna de bijdrage van het leergebied mens en natuur aan de afzonderlijke doeldomeinen zo goed mogelijk afzonderlijk beschreven.

Ten aanzien van **kwalificatie** stelt de rationale: "het onderwijs heeft de opdracht om leerlingen te onderwijzen in basiskennis en -vaardigheden die ze nodig hebben voor toekomstige studies en de uitoefening van toekomstige beroepen, om zo hun potentieel te kunnen realiseren."

In de kerndoelen mens en natuur is het doeldomein kwalificatie te herkennen in de karakteristieke denk- en werkwijzen in combinatie met de vakinhouden uit de verschillende disciplines. De denkwijzen, in het buitenland vaak aangeduid met *crosscutting concepts* (NGSS Lead States, 2013), zijn bijvoorbeeld patroondenken, oorzaak-gevolg-denken en systeemdenken. De denkwijzen zijn op te vatten als 'zo redeneren wetenschappers en technologen waarmee ze

kennis over de wereld verkrijgen'. Met werkwijzen bedoelen we alle methodieken die zijn te scharen onder de paraplu-terminen: onderzoeken, ontwerpen en modelleren. Er is geen eenduidige methode: er is niet één natuurwetenschappelijke methode of ontwerpmethodiek en er zijn talloze modellen.

Ten aanzien van **socialisatie** stelt de rationale: "het onderwijs heeft de opdracht om leerlingen bekend te maken en te verbinden met culturen, tradities en praktijken in de samenleving, waaronder democratische normen en waarden."

Het leergebied mens en natuur draagt bij aan socialisatie doordat leerlingen ervaren hoe wetenschappers en technologen denken en werken. Ze ervaren de normen en waarden die wetenschappers en technologen hanteren om tot betrouwbare kennis te komen. Daarnaast leren de leerlingen over de rol van wetenschap en technologie in de maatschappij. Het oordelen over de waarde van kennis, naast die van meningen en ideeën, is daarbij essentieel. Het werken vanuit vraagstukken betekent bovendien dat er recht wordt gedaan aan de diverse achtergronden van leerlingen.

Ten aanzien van **persoonsvorming** stelt de rationale: "het onderwijs heeft de opdracht om leerlingen ervaringen te bieden die aanzetten tot nadenken over henzelf als persoon in de wereld."

Persoonsvorming komt op verschillende plekken herkenbaar terug in de kerndoelen van mens en natuur. Om de natuur te begrijpen is het van belang om er ervaringen mee op te doen en er uit verwondering of nieuwsgierigheid vragen over te stellen. Die ervaringen leiden tot een diversiteit aan perspectieven op de natuur en een eigen waardeoordeel over het leergebied mens en natuur. Leerlingen leren zichzelf en de natuur steeds beter te begrijpen, passend bij hun mogelijkheden. Dit leren ze door spelen, ervaren en ontdekken. Deze activiteiten geven de leerlingen de mogelijkheid om hun interesses en talenten te ontdekken en ontplooien. Daarnaast leren ze over het menselijk lichaam en doen ze inzichten op over zowel mentale als fysieke gezondheid en leefstijl. Het leergebied besteedt aandacht aan oriëntatie op studie en beroep (LOB). Leerlingen doen ervaringen op over hoe ze zich verhouden tot de wereld. Daardoor ontwikkelt hun zelfbeeld en ontdekken ze wat anderen daarvan vinden.

De nadruk binnen dit leergebied lijkt, gezien het aantal kerndoelen, te liggen op het zich eigen maken van kennis en vaardigheden, oftewel kwalificatie. Het is echter belangrijk om aan alle drie de doeldomeinen voldoende aandacht te schenken. Het leergebied gaat, naast de inhoudelijke kennis, ook over hoe de leerling zichzelf verhoudt tot de natuur en het maken van toekomstbestendige en gezonde keuzes. Hierbij komt de manier van denken en werken van

wetenschappers en technologen terug en hoe deze leidt tot betrouwbare kennis over de wereld en werkende producten.

Leerlingen zien en ervaren de rol van wetenschap en technologie in de samenleving, en wanneer deze wel of juist geen bijdrage kunnen leveren aan een oplossing voor een vraagstuk. Bijvoorbeeld als het gaat om nature-based oplossingen, morele aspecten of gedragscomponenten. Het gaat daarbij om de eigen keuzes, al dan niet voorzien van argumenten op basis van mens-en-natuur-inhouden en hoe anderen daarnaar kijken.

2.2.2 Interne samenhang van het leergebied mens en natuur

Het onderwijs in mens en natuur omvat veel disciplines: biologie, fysische geografie, geologie, gezondheidswetenschappen, milieukunde, natuurkunde, scheikunde, techniek en technologie. Deze disciplines zijn voortgekomen uit een menselijke behoefte om de omringende wereld met allerlei natuurverschijnselen te begrijpen en te verklaren en het ontwikkelen of maken van producten en diensten om die wereld iets aan te passen.

In het leergebied hebben de denk- en werkwijzen een doorlopende lijn van po/so naar onderbouw vo. Dit sluit aan bij de examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken. Iedere discipline bevat specifieke kennis en perspectieven, maar maakt gebruik van gezamenlijke natuurwetenschappelijke en technologische denk- en werkwijzen. Wetenschappers en technologen hebben een gemeenschappelijke manier van redeneren ontwikkeld, zoals denken in patronen, oorzaak-gevolg, systemen, schaal, hoeveelheden en kringlopen (NGSS Lead States, 2013). Er zijn overeenkomsten hoe natuurwetenschappers en technologen werken en hoe zij tot kennis en producten komen. Het gaat hierbij om principes van integer onderzoek: eerlijkheid, verantwoordelijkheid en zorgvuldigheid.

Het werken aan vraagstukken kent een opbouw in schaalniveaus. Het po/so blijft bij de leefomgeving en belevingswereld van leerlingen. In het vo zullen leerlingen meer buiten de eigen belevingswereld werken en te maken krijgen met complexere vraagstukken op nationale en mondiale schaal.

2.2.3 Externe samenhang van het leergebied mens en natuur

Het leergebied mens en natuur heeft raakvlakken met alle leergebieden, zie figuur 1 voor een voorbeeld. Het leergebied kan worden gebruikt als inhoud van rijke teksten bij de talen. Rekenen, wiskunde en digitale geletterdheid spelen een onmisbare rol in de natuurwetenschappen en technologie, met name op het gebied van patroonherkenning, dataverwerking, het gebruiken van modellen en het toepassen van wiskundige vaardigheden.

Groep 6 onderzoekt de waterkwaliteit van het klassenaquarium. Die wordt elke ochtend gemeten. Door deze meetgegevens in tabellen en grafieken weer te geven, kan groep 6 concluderen hoe het met de waterkwaliteit is gesteld.

Figuur 1. Voorbeeld van een lessituatie waarbij het leergebied mens en natuur raakt aan het leergebied rekenen-wiskunde.

Naast het gebruiken van elkaars inhouden, zijn er ook leergebieden die inhoudelijk met mens en natuur samenhangen. Hierbij wordt gewerkt aan gemeenschappelijke onderwerpen vanuit de eigen achtergrond en inhouden van de individuele leergebieden. Een voorbeeld is het onderwerp gezondheid, dat raakvlakken heeft met bewegen en sport, mens en maatschappij en mens en natuur. Gezonde keuzes gaan dan over welke voeding een leerling eet, waar die beschikbaar is en hoeveel dagelijks beweging voldoende is voor een gezonde leefstijl. Een ander voorbeeld is de samenhang met het leergebied kunst en cultuur. Hierin is het iteratief ontwerpen een gedeelde vaardigheid: een fiets heeft een aantal ontwikkelstadia doorgemaakt in de tijd en is daarbij niet alleen bruikbaar geworden, maar ook op een aantrekkelijke manier vormgegeven.

De grootste mate van samenhang is met het leergebied mens en maatschappij, waarmee het schoolvak aardrijkskunde wordt gedeeld. Ook is er grote mate van samenhang op het gebied van relationele en seksuele gezondheid. In paragraaf 2.4.5 beschrijven we deze samenhang in meer detail.

2.3 Toelichting op het raamwerk

Keuzes in het raamwerk

De kerndoelen van het leergebied mens en natuur zijn verdeeld over verschillende domeinen. Voor het po/so zijn dat vier domeinen en voor het vo vijf.

- *Natuurwetenschappen en technologie* Dit domein bevat de denk- en werkwijzen en de aard van natuurwetenschappen en technologie. Hiermee gaan leerlingen de leefomgeving (po/so) of de wereld (vo) verkennen, onderzoeken en ervaren. Dit doen ze door te werken aan vraagstukken. Bij het vo is het inzicht in gevaren en hoe te handelen onderdeel van dit domein.
- *Natuurkundige en scheikundige verschijnselen en technische systemen* bevat de inhouden die horen bij technische systemen, natuur- en scheikundige verschijnselen en bijbehorende begrippen en verklaringen. Dit domein is voor vo opgedeeld in twee domeinen:
 - Natuurkundige verschijnselen en technische systemen
 - Scheikundige verschijnselen

- *Organismen en gezondheid* bevat de inhouden die horen bij organismen, het voortbestaan van leven op aarde, gezondheid, leefstijl, en relationele en seksuele gezondheid.
- *Systeem aarde* bevat de inhouden van ecologie en de fysische inhouden van de geografie: systeem aarde, water, weer en klimaat en het heelal en ecosystemen

Totstandkoming van het raamwerk

Bij de eerste raadpleging is er aan de advieskring gevraagd welke overwegingen zij zien bij het ontwikkelen van een raamwerk. Hieruit kwam naar voren dat het niet wenselijk is om concepten op te sluiten in één vraagstuk of thema, maar dat het raamwerk didactisch neutraal moet zijn, en genoeg handvaten moet bevatten om zowel thematisch als vanuit de klassieke vakkenstructuur of andere vormen van onderwijs te werken.

In de volgende fase zijn alle gewenste onderwerpen verdeeld over het beschikbare aantal kerndoelen. Met deze clustering is gepuzzeld om een logische verdeling van kerndoelen te krijgen over de domeinen. Uitgangspunten zijn dat de domeinen van het po/so en vo hetzelfde zijn en dat het eerste domein relevant is voor alle disciplines die vallen onder het leergebied. De andere domeinen hebben elk een eigen disciplinair karakter.

Afstemming over raamwerk met het leergebied mens en maatschappij

Doordat het schoolvak aardrijkskunde wordt gedeeld met het leergebied mens en maatschappij heeft er afstemming plaatsgevonden. Beide raamwerken hebben een gelijksoortige domeinindeling: de denkwijzen en vraagstukken zijn in het eerste domein opgenomen en de geografische inhouden zitten in een eigen domein. Bij mens en maatschappij is dat het domein mens en ruimte en bij mens en natuur het domein systeem aarde. Zie paragraaf 2.4.5. voor verdere toelichting over de samenhang.

Verschillen in het raamwerk po/so en vo

Bij de ontwikkeling van de initiële kerndoelen waren er minder kerndoelen beschikbaar voor po/so dan voor vo. Hierdoor zijn inhouden die in het vo een apart kerndoel hadden over meerdere kerndoelen in po/so verdeeld. Zo is relationele en seksuele gezondheid opgenomen in het kerndoel gezond leven en in het kerndoel sociaal emotionele ontwikkeling bij het leergebied mens en maatschappij. Het kerndoel veiligheid is opgenomen in relevante po/so-kerndoelen binnen het leergebied.

Verticale samenhang en differentiatie

De differentiatie tussen po/so en vo wordt duidelijker door de doorlopende lijnen toe te lichten. Daarnaast is er sprake van een differentiatie op inhouden.

Doorlopende lijnen

Kerndoelen laten een opbouw zien vanuit het po/so naar de vo-onderbouw (met aanvullende doelen voor havo en vwo) en sluiten aan op de natuurwetenschappelijke examenprogramma's.

In de startnotitie is beschreven dat het verbeteren van de verticale samenhang binnen het leergebied één van de curriculaire uitdagingen is. Om deze te verduidelijken heeft het kerndoelenteam gekozen voor een doorlopende lijn waarbij het aantal en de inhoud van de kerndoelen voor po/so en vo verschillen, maar wel op elkaar zijn afgestemd.

De doorlopende lijn is ontstaan door af te stemmen met de in september 2022 gestarte actualisatie van de natuurwetenschappelijke examenprogramma's (SLO, persoonlijke communicatie, 1 december 2022, 11 mei 2023, 7 december 2023, 12 juli 2024). Bij deze actualisatie wordt er voor alle zeventien examenprogramma's hetzelfde raamwerk gebruikt (SLO, 2025). Dit bestaat uit de domeinen: aard van de natuurwetenschappen en technologie, concepten, denkwijzen, vraagstukken, werkwijzen en zelfontwikkeling. Om de doorlopende lijn naar de examenprogramma's zichtbaar te maken, komen de namen van de domeinen terug in de titels van de kerndoelen (tabel 1). Daarnaast zijn de inhoud van de aard van de natuurwetenschappen, denkwijzen, werkwijzen en vraagstukken van de bovenbouw, afgestemd op de kerndoelen voor het po/so en onderbouw vo met aanvulling havo-vwo.

Po/so Conceptkerndoelen MN (kerndoel)	Vo Conceptkerndoelen MN (kerndoel)	Conceptexamenprogramma NWV (domein)
Aard van N&T (29D)	Aard van N&T (29D)	Aard van N&T (A)
Concepten (30, 31 & 32)	Concepten (30, 31, 32 & 33)	Concepten (B)
Denkwijzen (29B)	Denkwijzen (29B)	Denkwijzen (C)
Vraagstukken (29A)	Vraagstukken (29A)	Vraagstukken (D)
Werkwijzen (29C)	Werkwijzen (29C)	Werkwijzen (E)
LOB (29A)	LOB (29A)	Zelfontwikkeling bevat o.a. LOB (F)

Tabel 1. Overzicht van de conceptkerndoelen mens en natuur en de conceptexamenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken. Tussen haakjes het kerndoel of domein.

Differentiatie op inhoud

De vraagstukken blijven in het po/so dicht bij de leefomgeving en belevingswereld van leerlingen. In het vo komen leerlingen meer buiten de eigen belevingswereld door te werken aan complexere vraagstukken op nationale en mondiale schaal.

De conceptuele inhoud van de drie sets kerndoelen zijn op elkaar afgestemd. Hiervoor heeft het team buitenlandse curricula bekeken en de inhoud die worden onderzocht in de TIMMS- en PISA studies (zie par. 1.3.3). Hieruit is door het kerndoelenteam en de curriculumexperts, in samenspraak met de advieskring, de conclusie getrokken dat er conceptueel meer kan worden verwacht van leerlingen eind groep 8 dan in de huidige kerndoelen het geval is. Dat is gerealiseerd door inhoud die nu in het vo klas 1 en 2 programma staan, in het po/so op te nemen:

- Licht: directe lichtbronnen, schaduw, lenzen, prisma, kleuren mengen.
- Geluid: voortplanting geluid, gehoorschade, frequentie en geluidssterkte.
- Stofeigenschappen: meer dan mengen en ontmengen.
- Natuurkundige en scheikundige veranderingen: ordenen van materialen naar eigenschappen, in veranderingen als gevolg van faseovergangen en chemische reacties.
- Ecosystemen: een meer systemische benadering.

Hierdoor is in onderbouw van het vo is ruimte voor inhoud die nodig zijn voor de leerlingen die geen mens en natuurvakken in de bovenbouw kiezen (eindonderwijs) en de doorstroming naar de bovenbouw (voor de leerlingen die wel een of meerdere mens en natuurvakken kiezen. Zowel de leerkrachten po/so en docenten vo die deelnamen aan de fase van beproeven gaven aan dat dit haalbaar en passend bij de doelgroep is. Het gaat om de volgende onderwerpen:

- stroomnet en energievoorziening
- mitochondriën toegevoegd als celorganel (gelijkgetrokken met buitenlandse curricula)
- impact van technologie, materialen en producten op de maatschappij
- scheikunde; deeltjes, atoombouw, reacties en lineaire en circulaire productieketens

Er is ook gekeken naar de aanvullende invulling voor havo-vwo.

Binnen de conceptkerndoelen kunnen aanvullende doelen voor havo-vwo worden beschreven als dat noodzakelijk is voor een goede doorstroming naar de bovenbouw. Het is mogelijk om een extra doel te formuleren en extra bullets op te nemen in de uitwerking.

In de ontwikkelfase is geconcludeerd dat t voor een goede doorstroom naar de bovenbouw van havo – vwo aanvullende inhoud nodig zijn. Dit werd in de fase van beproeven en de focusgroepen bevestigd. Het gaat om het werken met modellen en het denken over modellen. In de kerndoelen zijn er voor elk examenvak verdiepende inhoud opgenomen. Dit zijn andere inhoud dan in de onderbouw. Om recht te doen aan alle elementen van zijn deze inhoud, zijn er aanvullende uitwerkingen voor de onderbouw van havo-vwo opgenomen.

2.4 Toelichting op de definitieve conceptkerndoelen

2.4.1 Keuzes in inhoud en opbouw

Denken en doen

Een terugkerend thema tijdens ontwikkeltraject was de balans tussen het denken en het doen in de conceptkerndoelen. De natuurwetenschappen en technologie kennen zowel een kennis- als experimentele kant (Bell, et al, 2012). Kennis wordt hier gebruikt in de betekenis van feiten, processen, heuristieken en modellen. De experimentele kant bestaat globaal uit twee delen: dat van het waarnemen, het onderzoeken en bestuderen van de wereld om ons heen op verschillende schaalniveaus, en dat van het maken, bouwen, en ontwerpen van producten om de wereld beter te kunnen onderzoeken en om tegemoet te komen aan behoeften van mensen (Barak et al., 2024).

Zowel de cognitieve als de praktische kant zijn nauw verbonden met de aard van dit leergebied. Beide kanten hebben elkaar nodig om meer kennis te verkrijgen of producten te ontwerpen. Om meer kennis te verkrijgen over onze wereld zijn praktische activiteiten nodig om verschijnselen tot in detail te bestuderen of om modellen te verifiëren. Om producten te ontwerpen is kennis over materialen, verbindingen en constructies nodig.

Het is daarom essentieel dat beide kanten herkenbaar naar voren komen in de formulering van de kerndoelen, zodat leerlingen een goed beeld krijgen en relevante ervaringen opdoen. Hiernaast is het ook belangrijk dat leraren het 'doen' in alle mogelijke onderwijsvormen een plek kunnen geven. Daarom zijn de werkwijzen en denkwijzen los beschreven en niet direct gekoppeld aan bepaalde concepten of inhoud. In overleg met het team en de advieskring is de oplossing gevonden in het raamwerk en de formulering van de kerndoelen:

- De denk- en werkwijzen zijn beheersingsdoelen (29B en 29C). De leerling moet deze denk- en werkwijzen beheersen in combinatie met de vakinhouden (zie figuur 2), zonder daarbij vast te leggen in welke onderwijssituaties, thema's of volgorde dit moet gebeuren.
- Alle vakinhoudelijke doelen (po/so 30-32 en vo 30-33) zijn hybride. Het gaat om kennis beheersen en het opdoen van ervaringen met die kennis. Op deze manier doen we recht aan de kenmerken van dit leergebied. De doelzin van de vakinhoudelijke doelen heeft daarom de structuur 'de leerling toont inzicht in ... en verkent of experimenteert met ...'. 'Toont inzicht in' betekent dat de leerling niet alleen de losstaande vakinhouden beheerst, maar ook relaties kan leggen tussen deze begrippen, feiten en processen. In de uitwerking staat het beheersingsniveau en om welke kennis en relaties het gaat.

Koude fles cola met condens...

Wanneer juf Maaïke aan het begin van de les een koude fles cola uit de koelkast haalt en er met de leerlingen naar kijkt, valt al gauw op dat er druppeltjes aan de buitenkant van de fles vormen. Dat dit condens heet, komt tijdens het gesprek met de leerlingen naar boven. Daaruit rijst bij de leerlingen de vraag hoe condens ontstaat en waar dat vandaan komt. Komt het misschien uit de fles?

Oplossen met de denkwijzen: oorzaak-gevolg, systeemdenken en hoeveelheid. Juf Maaïke besluit met de klas de fles te wegen. Op dat moment is de massa van de literfles cola 1050 gram. Gedurende de dag neemt de massa van de fles met condens toe. Uiteindelijk kan de klas de conclusie trekken dat de condensdruppeltjes niet uit de fles komen, want dan zou de massa niet toenemen. Koppeling met de kennis over water en de verschijningsvorm daarvan (gas/vloeibaar/vast) doet de klas inzien dat waterdamp uit de lucht condenseert op de koude fles, waardoor zichtbare druppeltjes vormen.

Kerdoel 29B po (denkwijzen) en kerndoel 30B po (stoffen en hun eigenschappen) zijn in dit voorbeeld beide gebruikt om tot betekenisvolle lesinhoud te komen.

Figuur 2. Voorbeeld van een lesactiviteit met een koppeling van inhouden en denkwijzen.

Vraagstukken in leefomgeving en wereld en aard van de natuurwetenschappen en technologie

Zowel in het po/so als de onderbouw van het vo spelen vraagstukken een grote rol in de kerndoelen. Daarbij moeten we in ogenschouw nemen dat voor ongeveer 50% van de leerlingen dit tevens het eindonderwijs is in het leergebied. Het is dus belangrijk dat leerlingen een goed beeld krijgen van de rol van vragen in het denken en de manier van werken van wetenschappers en technologen. Op die manier kunnen zij zich verhouden tot deze manieren van werken en de resultaten hiervan in de wereld om hen heen. Bovendien zijn de vragen die bij kinderen opkomen over hun leefomgeving al ontzettend lang de basis van wetenschap op school (Unesco, 1970).

Het leergebied mens en natuur staat voor een manier van kijken naar en benaderen van de wereld. Door het stellen van vragen, door oplossingen te bedenken voor problemen of behoeften, en vanuit hun eigen fantasie, leren kinderen over gebeurtenissen, gebieden, organismen, verschijnselen en voorwerpen die in de wereld om hen heen voorkomen; hier en daar, vroeger, nu of in de toekomst (Graft et al., 2018). Het stellen van eigen vragen wordt vaak gekoppeld aan inquiry-based science education (Furtak et al., 2012; Uum et al., 2016), een bepaalde onderwijsvorm. De kerndoelen zijn niet bedoeld om de vorm het onderwijs vast te leggen. In de kerndoelen over vraagstukken staat het stellen van vragen centraal, zoals wetenschappers en technologen dat doen (Herranen et al., 2019). Daarmee is het zelf (leren) stellen van vragen, het doen van onderzoek of uitvoeren van een ontwerpproces, een wezenlijk

onderdeel van het mens en natuuronderwijs. In het onderwijs kan dat op verschillende manieren vorm krijgen: het kan plaatsvinden binnen het continuüm van directe instructie of met een open vorm van onderzoekend leren (Furtak et al., 2012).

Vraagstukken zijn onderdeel van de aard van het leergebied en bieden een manier van kijken en benaderen van dit leergebied. Daarnaast hebben ze ook andere functies. De eerste functie is dat leerlingen ervaren dat het leergebied een bijdrage levert aan oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen omtrent voeding, schoon drinkwater, klimaatverandering en biodiversiteit. Door te werken aan dergelijke vraagstukken leren ze over de plek van wetenschap in de maatschappij (Gresnigt et al., 2014) en neemt de kennis over de aard van wetenschap en technologie toe (Bouni et al., 2024).

Een tweede functie is de verbinding met andere leergebieden. Dergelijke vraagstukken, vaak benoemd als wicked problems (Rittel et al., 1973), hebben niet een eenduidige wetenschappelijke of technologische oplossing. Meestal is een verscheidenheid aan andere perspectieven (maatschappelijk, economisch of politiek) en disciplines (scheikunde, gedragswetenschappen, geneeskunde of sociale geografie) nodig om dat vraagstuk ook werkelijk op te lossen.

Daarmee komen we bij de derde verbindende functie: leerlingen meningen te laten vormen over dergelijke vraagstukken, en na te laten denken wat wetenschappers daarover kunnen zeggen of welke oplossing technologen kunnen bieden. Hiermee wordt de aard van wetenschap en technologie zichtbaar voor leerlingen.

In de discussies met de advieskring is er nooit gediscussieerd over de waarde van kerndoelen over vraagstukken (29A). Er is wel veel discussie geweest over dat vraagstukken niet 'het doen' oftewel de praktische kant, in de weg moet zitten. Het mag niet leiden tot alleen maar mens en natuuronderwijs uit een boekje of van een scherm. Hiermee wil het team mogelijkheden creëren om de leefomgeving te kunnen verkennen en ervaren, daarin te kunnen bewegen en daarmee de eigen leefomgeving te vergroten (Hovinga, 2013) en de wereld tegemoet te treden (Biesta, 2022). De leerling wordt naar een bepaalde zelfstandigheid gebracht om te kunnen functioneren in de maatschappij. Een natuurrijke omgeving nodigt kinderen hier in het bijzonder toe uit en "(...) supports a child's sense of self, allowing children to recognise their independence alongside an interdependence and connectedness with their ecological worlds." (Lester 2006, p.4, Robertson, J., 2023).

Bij de kerndoelen is er expliciet aandacht voor de waarde die leerlingen mogen geven aan resultaten, in de vorm van meer kennis of een product of van het werken aan een vraagstuk. Het gaat hierbij om het innemen van verschillende perspectieven en het maken van een afweging daarover.

Het evaluatiekader 'planetaire grenzen' (vo kerndoel 30C) is voor dit leergebied interessant om een tweetal redenen. Ten eerste bevat het evaluatiekader negen

biofysische grenzen van het systeem Aarde. Deze zijn gebaseerd op een wetenschappelijke grondslag waarbinnen de mensheid moet blijven navigeren, wil men gebruikmaken van de hulpbronnen die we op aarde hebben. Ten tweede bevatten de grenzen onzekerheden en dat maakt ze ook bruikbaar om te werken aan inzicht in modellen (Gupta et al. 2023). Om te zorgen voor een evenwichtig curriculum dat past in de ontwerpruimte hebben we ervoor gekozen om dit alleen op te nemen in de aanvullende doelen havo-vwo.

Denkwijzen

Een denkwijze is een natuurwetenschappelijke manier van redeneren die wetenschappers en technologen gebruiken om de wereld om ons heen te begrijpen en te verklaren of om producten te ontwikkelen (National Research Council, 2012). In het buitenland wordt deze manier van redeneren crosscutting concepts genoemd, omdat deze bij alle natuurwetenschappelijke en technologische praktijken worden gebruikt. In Nederland worden deze crosscutting concepts 'denkwijzen' genoemd (Ottenvanger et al., 2014; curriculum.nu, 2019a). Onder denkwijzen worden de volgende manieren van redeneren geschaard: 'patronen', 'oorzaak-gevolg', 'systeemdenken', 'schaal, verhouding, hoeveelheid', 'stabiliteit en verandering', 'kringlopen, behoud en transport' en 'structuur, vorm, functie en eigenschap'. In de conceptkerndoelen voor het po/so zijn de denkwijzen 'stabiliteit-verandering, energie transport en behoud van massa' niet opgenomen omdat deze denkwijzen niet aansluiten bij de voor het po/so opgenomen vakinhouden in de vakspecifieke kerndoelen.

Voor het mens en natuuronderwijs in het po/so en de onderbouw v(s)o, zijn twee van de vier functies van denkwijzen belangrijk (Rivet et al., 2016). De eerste functie, genaamd 'gereedschap', is dat denkwijzen woorden bieden om relaties en verbanden weer te kunnen geven. Denk daarbij aan oorzaak, gevolg, patronen, systeem, behoud en kringloop. Dit helpt bij het verkrijgen van inzicht om fenomenen en situaties te analyseren, te begrijpen en te verklaren (Krajcik et al., 2021). Een tweede functie, genaamd 'lens', is dat het een manier van kijken oproept om grip te krijgen op een bepaalde situatie of fenomeen. De twee andere functies van de denkwijzen 'brug' en 'spelregel' zijn niet relevant voor het po/so en onderbouw vo.

In navolging van de actualisatie van de examenprogramma's voor de natuurwetenschappelijke vakken zijn denkwijzen expliciet verwoord in een apart kerndoel voor zowel po/so als vo. Daar zijn een aantal redenen voor. Denkwijzen zijn niet gebonden aan specifieke concepten, schoolvakken of disciplines ('crosscutting'). Door denkwijzen te expliciteren worden het doelen. Daarbij is de verwachting dat leerlingen betekenis kunnen geven aan en meer grip krijgen op nieuwe situaties in andere lessen, hun latere leven en buiten school. Door met denkwijzen te werken, ervaren leerlingen hoe wetenschappers werken, wat bijdraagt aan het begrijpen en verklaren van fenomenen. Deze kennismaking met wetenschappelijke denkwijzen helpt leerlingen met hun toekomstige profiel en studiekeuze (Goggins et al., 2021).

Denkwijzen kunnen niet los worden gezien van concepten en werkwijzen (Nordine et al., 2023) en zijn daardoor alleen in gezamenlijkheid te toetsen.

Werkwijzen en modellen

Met werkwijzen wordt bedoeld het werken in stappen die iteratief, systematisch en logisch zijn om van een vraag naar een uitkomst te komen. Onderzoeken, ontwerpen en modelleren zijn voorbeelden van werkwijzen die veel gebruikt worden door natuurwetenschappers en technologen.

Werkwijzen

In de kerndoelen voor po/so (kerndoel po/so 29C) en onderbouw vo (kerndoel vo 29C) is een apart kerndoel opgenomen over werkwijzen. In navolging van buitenlandse curricula worden werkwijzen niet beschreven met een vast stappenplan of een cyclus van stappen voor het onderzoeksproces en het ontwerpproces (Pedaste et al., 2015; Van Graft et al., 2018; Van Uum et al., 2016). Dat komt omdat de processen van onderzoeken en ontwerpen geen vast stramien van stappen kennen. Wel kennen ze een aantal herkenbare fasen (Pedaste et al., 2015). Er is niet zoiets als de 'natuurwetenschappelijke methode', omdat er niet één methode is. Elk type onderzoek, elke situatie, elke omstandigheid, het subject van onderzoek en het beoogde resultaat vraagt om een passende werkwijze.

De kerndoelen over werkwijzen volgen de 'practices' van de NGSS, in navolging van de gemaakte keuze bij de actualisatie van de examenprogramma's. Elke fase is beschreven met herkenbare elementen uit de wetenschappelijke en technologische praktijk. De belangrijkste verschillen tussen de fasen van NGSS en de indeling van Pedaste zijn, dat 1) fasen meer expliciet zijn gemaakt (NGSS) en niet zijn samengenomen (Pedaste) 2) de fasen in werkprocessen binnen wetenschappelijke en technologische praktijken naast elkaar zijn gelegd (NGSS) en niet alleen betrekking hebben op onderzoek (Pedaste) en 3) expliciet gebruik is gemaakt van rekenvaardigheden en modellen (NGSS). Het team en de advieskring waren het unaniem eens met de keuze om de 'practices' als leidraad te gebruiken, omdat hierin techniek en technologie herkenbaar terug te vinden zijn.

Het kerndoelenteam is nagegaan of de elementen van duurzaamheidscompetenties (Bianci et al., 2022; PISA framework 2025; Wiek et al., 2011) aanwezig zijn in de kerndoelen. Hieruit is gebleken dat dat onderwijs rond het thema duurzaamheid mogelijk is doordat bij verschillende kerndoelen (po/so 29A, 32A, en vo 31B, 30C, 33C, 33A en 33B) aandacht is voor hoe het systeem aarde werkt (ecosysteem, weer en klimaat), in relatie tot natuurlijke en menselijke factoren. Daarnaast is er in de kerndoelen aandacht voor oplossingen die niet alleen technologisch van aard zijn, maar die ook de relatie tussen mens en natuur erbij betrekken.

Modellen

Met een model wordt bedoeld: een schematische weergave van de werkelijkheid; een fenomeen of een systeem dat tot uiting komt in verschillende vormen. Te denken valt aan een materieel model, een tastbaar torso van de mens; een schematische weergave met relaties van iets, een beslisschema; een visueel model, een tekening; een mathematisch model, allerlei formules en een conceptprocesmodel, waarin processen en interacties schematisch zijn weergegeven (Janssen, 2022). Wetenschappers en technologen gebruiken modellen als een essentieel onderdeel van verklaringen en voorspellingen. Denk daarbij aan typische natuurwetenschappelijke modellen zoals het deeltjesmodel, de bouw van materie, klimaatmodellen, het weer, de evolutie, het ontstaan van het heelal en de stikstofkringloop.

Het kerndoelenteam vindt dat het gebruiken van modellen samen met het kritisch kijken naar hoe deze worden geconstrueerd en gebruikt, belangrijk is voor 1) het inzicht hoe wetenschappers en technologen werken met modellen en de bijdrage aan de kennis over de aard van wetenschap en technologie en de waarde die aan die kennis wordt gegeven, 2) dat modellen altijd een representatie zijn van de werkelijkheid, daarmee niet gelijk zijn aan die werkelijkheid en dus beperkt geldig zijn en 3) het leren verhouden tot het gebruik van modellen bij het oplossen van maatschappelijke uitdagingen en bij het ontwikkelen van beleid.

Beheersingsniveau van vakinhouden

De neerwaartse lijn in scores van Nederland bij TIMMS (Meelissen et al., 2016) en PISA (Van der Hoeven et al., 2017) is een reden om te kijken wat er nu precies verwacht wordt van de jongeren (OECD, 2023). Het gaf niet alleen aanleiding voor een grondige discussie in het team over het gewenste niveau, maar ook over welke inhouden in de kerndoelen opgenomen moeten worden. De neerwaartse lijn wordt immers ook veroorzaakt door een discrepantie tussen de inhouden van de huidige kerndoelen, gepubliceerd in 2006, en de vaststelling van de inhouden van TIMMS en PISA, die recenter zijn opgesteld (zie figuur 3).

Het bestuderen van curricula van Canada, Australië, UK, Vlaanderen, Zweden, het NGSS curriculum en OESD-documentatie over het PISA framework (OECD, 2023) en de groene competenties (Bianchi et al., 2022, zie figuur 4), maakte zichtbaar dat er verschillen zijn tussen Nederland en andere landen wat betreft welke inhouden aan bod komen en het beheersingsniveau van die inhouden.

In het PISA framework 2025 (OECD, 2023) gaat het over het wetenschappelijk kunnen verklaren van fenomenen, het construeren en evalueren van onderzoekopzetten, het kritisch interpreteren van data en resultaten, en tenslotte om hoe onderzoek, het evalueren en gebruiken van wetenschappelijke informatie kan worden toegepast bij het nemen van besluiten en uitvoeren van acties. Naast hoe wetenschappers tot kennis komen en waarom zij dat zo doen, gaat het ook over mens en natuurrelaties, het duurzaam omgaan met de omgeving, en verschillende perspectieven bestuderen en innemen rondom een sociaalwetenschappelijk vraagstuk.

Figuur 3. Korte beschrijving van de in PISA genoemde competenties.

In het Europees competentiekader voor duurzaamheid (Bianchi et al., 2022) gaat het over nadenken over persoonlijke waarden en die van mensen in de toekomst en de plaats van de mens in de natuur. Het gaat over systeemdenken en kritisch denken, toekomstgericht denken en het individueel en collectief handelen.

Figuur 4. Korte beschrijving van het OECD-competentiekader over duurzaamheid.

Elk curriculum heeft zijn eigen accenten op cultureel gebied (integratie van inheemse culturen) of thema's als duurzaamheid. Natuurkundige, scheikundige en biologische inhouden bleken in de curricula veel overeenkomsten te hebben. Deze overeenkomsten houden verband met de niet-wettelijke inhoudslijnen en in mindere mate met de globale omschrijving van de huidige kerndoelen. De plek van techniek en technologie in een leergebied bleek alleen goed geborgd te zijn in NGSS. In andere curricula is techniek een onderdeel van een ander leergebied. In alle curricula zijn inhouden geordend aan de hand van de disciplines natuurkunde, scheikunde, biologie en soms fysische geografie. Bestudering van deze curricula en bronnen gaf een basis voor een beschrijving van inhouden en een beheersingsniveau.

2.4.2 Aanbod, beheersing en ervaring

De inhouden van het leergebied mens en natuur zijn beschreven in hybride doelen. In de uitwerkingen wordt aandacht besteedt aan inhouden waarvoor een bepaalde mate van beheersing en ervaring noodzakelijk is (zie paragraaf 1.2.4). Deze keuze is gebaseerd op onze visie over het denken en doen (zie paragraaf 2.4.1) en komt tot uiting in de keuze van de handelingswerkwoorden in de doelzinnen (zie paragraaf 1.4.3).

2.4.3 Vakspecifiek verloop en besproken kwesties

Conceptuele afwegingen

Techniek en technologie

We hanteren de term technologie en niet techniek. Dit is in navolging van de actualisatie van de examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken. Techniek wordt geassocieerd met constructies, verbindingen en omzettingen en is nog steeds onderdeel van de onderwijspraktijk. Techniek is de praktijk van het bedenken en realiseren van hulpmiddelen die de mens gebruikt. Technologie kan worden opgevat als 'de kennis over techniek', een soort techniekkunde (van Dijk et al. 2017). Daarin gaat het om het leren van techniek en bijbehorende procedurele en epistemologische kennis.

Keuzes in verschuiving van onderwerpen

Er is een duidelijkere positionering van scheikunde in po/so en onderbouw vo. Het lijkt een nieuw onderwerp in het po/so, maar deze inhouden waren al impliciet aanwezig in de huidige kerndoelen 42 en 45. Het gaat in dat geval om eigenschappen van materialen en faseovergangen. Nieuw in het po/so is het concept chemische reacties.

De natuurkundige verschijnselen licht en geluid waren in de conceptkerndoelen po/so opgenomen. In de definitieve conceptkerndoelen is het onderwerp licht als aanvulling voor de onderbouw havo- vwo opgenomen. De inschatting van het ontwikkelteam is dat het niet past binnen de ontwerpruimte voor onderbouw vo om beide onderwerpen voor alle leerlingen op te nemen. In het geheel van onderwerpen is deze verdeling het meest in balans. Het onderwerp licht is, in samenspraak met de advieskring, stevig aangezet in het aanvullende kerndoel 30D, licht voor havo-vwo. Het onderwerp 'schade door geluid' is toegevoegd aan het kerndoel vo 29E veiligheid.

Ecosystemen

Om aan te sluiten bij internationale curricula en zorg te dragen voor een goede doorgaande leerlijn is een kerndoel ecosystemen toegevoegd. In kerndoel 32C (po/so) over ecosystemen en de samenhangende relaties daarbinnen, is nadrukkelijker aandacht hiervoor. Het gaat hier niet alleen om de biologische beschrijving van het systeem, maar ook om hoe de mens zich verhoudt tot ecosystemen, de mens en natuur-relaties en hoe de mens zich verhoudt tot ecologische uitdagingen. Met deze toevoeging sluit Nederland aan bij buitenlandse curricula (NGSS Lead States, 2013; OECD, 2023) en onderwerpen die binnen het vak aardrijkskunde belangrijk worden gevonden (Béneker et al., 2023).

Veiligheid vo

Tijdens het ontwikkelproces is er veel gediscussieerd over de plaats van veiligheid. Het is een belangrijk en veelomvattend thema met veel facetten rond

gebruik van chemicaliën, apparatuur en instrumenten, persoonlijke veiligheid en verschijnselen in de leefomgeving zoals bliksem en de wolf. De inhoudten werden in de fase van beproeven goed gewaardeerd. Dit thema kan ondergebracht worden bij verschillende kerndoelen, of grotendeels bij een eigen kerndoel. Het bleek dat het verdelen van het thema veiligheid over kerndoelen bij het vo lastig was, en dat het zeker niet paste bij de kerndoelen over gezondheid en energie. Er is daarom gekozen voor een eigen kerndoel, dat is opgenomen in kerndoel 29 met alle andere discipline-overstijgende doelen.

Gezondheid

Over het kerndoel *gezond leven* (po/so 31B) en (vo 32C) heeft veel inhoudelijk overleg met de advieskring plaatsgevonden. De huidige formulering is in goede samenspraak ontstaan. Er is onderscheid gemaakt tussen lichamelijk en mentale gezondheid. Persoonlijke gezondheid bestaat uit deze twee typen.

Om pedagogische en leeftijdsgebonden redenen wordt in de doelzin in het po/so-kerndoel de termen 'keuzes verkennen' gehanteerd en in het vo-kerndoel de term 'reflecteren'.

Er is op advies van de advieskring bewust gekozen om niets over verslaving op te nemen in het kerndoel. Dit met name om de leerlingen niet aan te zetten tot een verkenning die uiteindelijk kan leiden tot een verslaving.

In de hele set kerndoelen is er bewust aandacht voor zowel de positieve als negatieve kanten van bacteriën. Bacteriën veroorzaken niet alleen maar ziekten, ze hebben ook een nuttige biologische functie.

2.4.4 Doorlopende leerlijn

Kerndoelen laten een opbouw zien vanuit het po/so naar de vo-onderbouw (met aanvullende doelen voor havo en vwo) en sluiten aan op de examenprogramma's. In de toelichting op het raamwerk gaan we dieper in op de verticale samenhang (paragraaf 2.3).

2.4.5 Aandacht voor samenhang

Het expliciteren van samenhang in het curriculum was een van de belangrijkste uitgangspunten bij het formuleren van de kerndoelen. De kerndoelen voor mens en natuur beschrijven op landelijk niveau de inhoudelijke doelen voor dit leergebied. Dit biedt een kader voor het onderwijs. Een uitwerking op lesniveau met een pedagogisch-didactische invulling gebeurt in de concrete onderwijssituatie. De kerndoelen gaan dan ook alleen over het wat en niet over het hoe. Dit betekent dat de indeling in de domeinen en de volgorde waarin de kerndoelen zijn vermeld, een logische ordening is vanuit inhoudsperspectief, maar niet de volgorde aangeeft waarin ze in het onderwijs aan de orde moeten komen. De beschrijving van inhoudten in kerndoelen zijn zo dat deze inhoudten niet los van elkaar aan de orde moeten komen. Het is juist de bedoeling om in

de onderwijspraktijk het werken aan verschillende kerndoelen te combineren, zowel binnen het leergebied mens en natuur als tussen andere leergebieden. In de karakteristiek wordt de samenhang beschreven van mens en natuur met de verschillende leergebieden Nederlands, moderne vreemde talen, mens en maatschappij, burgerschap, digitale geletterdheid, rekenen en wiskunde, kunst en cultuur, en bewegen en sport.

Samenhang aardrijkskunde

Om te voorkomen dat inhoud dubbel wordt beschreven, is er een duidelijke afbakening afgesproken over aardrijkskunde:

- Bij het bestuderen van de wereld gaat het bij mens en maatschappij om de sociale en relationele kant, en bij mens en natuur om de fysische en natuurlijke kant.
- Mens en natuurrelaties komen in beide leergebieden voor.
- De denkwijzen uit beide leergebieden bieden samen de complete set voor het schoolvak aardrijkskunde.

De fysisch geografische onderwerpen van aardrijkskunde zijn ondergebracht in het domein systeem aarde (32 po/so en 33 vo). De sociaalgeografische onderwerpen zijn te vinden in het leergebied mens en maatschappij (26 po/so en 25 vo). Het is een goed voorbeeld van dat de vakgebieden op onderwerpen met elkaar samenhangen. Betekenisvol onderwijs put uit beide leergebieden om niet alleen processen te beschrijven, maar ook de invloed daarvan op de samenleving te duiden. Het leergebied mens en natuur spitst zich toe op processen in systeem aarde: ecosystemen, weer, klimaat en water en veranderingen in dat systeem. Economische gevolgen, keuzes in gebruik van ruimte, gevolgen voor de samenleving en mens en natuur relaties zijn juist te vinden in de kerndoelen van het leergebied mens en maatschappij.

Relationele en seksuele gezondheid

Dit onderwerp komt terug in verschillende leergebieden. De leergebieden burgerschap en mens en maatschappij hebben dit opgenomen in aanbodsdoelen (po/so 20D & 28D en vo 19B & 28D). Bij mens en natuur zijn inhoudsopgenomen als beheersingsdoel in de kerndoelen po/so 31 (A en B) en vo 32 (A, B, C en D). Daarbij beschrijven de andere leergebieden wat er van de school wordt verwacht en mens en natuur welke kennis leerlingen moeten beheersen. Omdat er overlap kan zijn, hebben we de volgende afspraken gemaakt met mens en maatschappij:

- Relaties vallen onder de sociaal-emotionele ontwikkeling. Dit is opgenomen bij het leergebied mens en maatschappij.
- Het omgaan met diversiteit is onderdeel van het leergebied burgerschap.

Seksuele gezondheid en hoe men daarmee omgaat op relationeel en lichamelijk gebied, heeft raakvlakken met biologie en maakt daarom onderdeel uit van het leergebied mens en natuur.

Leefstijl

Ook leefstijl is een onderwerp dat zich niet laat vangen in één leergebied. Binnen mens en natuur wordt aandacht besteed aan de invloeden van hygiëne, voeding, slaap, natuur, relaties, seksualiteit en beweging op lichamelijke en mentale gezondheid. Daarnaast komen het ontstaan en omgaan met ziektes aan bod en is er een doel dat leerlingen laat kennis maken met diverse organisaties voor hulp en mentale steun aan jezelf en anderen.

Omgaan met emoties, het bespreekbaar maken van grenzen en wensen en het stimuleren van veilige sociale omgang en weerbaarheid zijn terug te vinden in het leergebied mens en maatschappij.

Het leergebied bewegen en sport besteed ook aandacht aan het thema leefstijl. Leerlingen verkennen hoe bewegen en sporten het gevoel van welbevinden kan beïnvloeden.

2.5 Toelichting op leergebiedoverstijgende kwaliteitseisen

De werkopdracht noemt een aantal kwaliteitseisen die in de kerndoelen terug moeten komen. In eerdere paragrafen is een deel daarvan al aan de orde geweest, namelijk de doeldomeinen, ontwerpruimte en opbouw van de doelen. De overige kwaliteitseisen volgen hier.

2.5.1 Verbindende vaardigheden

Bij de kerndoelen hanteren we de volgende definitie voor vaardigheden: *een vaardigheid is een vermogen om door middel van denken en handelen op basis van bepaalde kennis problemen op te lossen of taken adequaat uit te voeren*. Vaardigheden zijn dus altijd gebaseerd op kennis. Dat betekent dat vak- of leergebiedvaardigheden zijn gebaseerd op vak- of leergebiedkennis.

Niet alle vaardigheden zijn uniek voor één leergebied. Deze vaardigheden noemen we verbindende vaardigheden. In de kerndoelen voor mens en natuur zijn ook verbindende vaardigheden opgenomen. Van de verschillende categorieën verbindende vaardigheden (Sol & Visser, 2023) gaat het met name om:

1. Leervoorwaardelijke vaardigheden – vaardigheden die betrekking hebben op het proces van leren in een communicatief, cognitief, sociaal en coöperatief proces.
2. Denkvaardigheden – vaardigheden die betrekking hebben op analytisch, kritisch of creatief denken.

3. Samengestelde vaardigheden – vaardigheden die betrekking hebben op complexe situaties, zoals bij onderzoeken, ontwerpen of loopbaanvaardigheden.

Van de verbindende vaardigheden komen voornamelijk de denkvaardigheden terug in de kerndoelen 30 t/m 32 van het po/so en kerndoelen 30 t/m 33 van het vo. De leervoorwaardelijke vaardigheden zijn niet voorgeschreven binnen dit leergebied. De denkvaardigheden zijn het meest aanwezig bij het werken aan de vraagstukken uit kerndoel 29A van het po/so en kerndoel 29A van het vo. Daarnaast wordt in veel kerndoelen het handelingswerkwoord 'inzicht tonen in' gebruikt, waardoor de denkvaardigheden veel aan bod komen. Bij dit kerndoel wordt het vraagstuk via de denk- en werkwijzen gekoppeld aan de conceptuele inhouden van het leergebied. Hier zijn analytische, kritische en creatieve denkvaardigheden voor nodig, alsmede de samengestelde vaardigheden onderzoeken en ontwerpen. Bij het werken aan kerndoel 29A worden ook de LOB-vaardigheden toegepast.

2.5.2 Diversiteit

De werkopdracht stelt het volgende: "de conceptkerndoelen doen recht aan de diversiteit in de samenleving (diversificatie) door de keuze van inhouden, perspectieven bij die inhouden en de formulering / het gebruik van begrippen in kerndoelen".

Ten aanzien van de keuze van inhouden heeft het kerndoelenteam van het leergebied mens en natuur nagedacht over kennisconstructie vanuit eigen vragen van leerlingen en heeft daarbij gekozen om vanuit het perspectief van diversiteit de volgende inhouden een plek te geven:

- expliciete aandacht voor sociale dynamiek rondom het tot stand komen van kennis, wetenschap en technologie. Dit zijn immers sociale constructen;
- kennis over de pluriforme Nederlandse samenleving met betrekking tot gedeelde waarden en diversiteit: het gaat om het met waarde geladen zijn van kennis, en dat men zowel op die waarde als op de kennis zelf verschillende perspectieven kan hebben.

Daarnaast is een plek voorzien voor rolmodellen en een respectvolle, veilige omgeving. Daarbij is gekozen om vanuit het perspectief van diversiteit de volgende inhouden een plek te geven:

- aandacht voor het terugdringen van vooroordelen door de behandeling van achtergronden en effecten van stereotypering, discriminatie, racisme en verwachtingen op groeps- en individueel niveau;

- kennis van en over culturen: de formulering is zodanig dat er recht wordt gedaan aan de individuele ervaring van de leerling en dat er niet wordt gedacht vanuit een stereotiep beeld.

Deze keuzes zijn meegenomen in de formulering van de kerndoelen over de vraagstukken aard van natuurwetenschappen en technologie, gezond lichaam en relationele en seksuele gezondheid (kerndoelen po/so: 29A, 29D en 31B en voor vo: 29, 32C en 32D).

In het kerndoel *vraagstukken* hebben we gekozen om expliciet ruimte te bieden aan meerdere perspectieven op de inhoud. Het staat aan de basis van kennisconstructie aan de hand van vragen van de leerlingen, en biedt kansen om diverse achtergronden van de leerlingen te verwerken. Perspectieven van leerlingen met een verschillende thuissituatie, culturele achtergrond, of kinderen die in de stad of erbuiten wonen, vormen het begin van een gesprek over het inhoudelijke onderwerp (Banks, 2014). Relationele en seksuele gezondheid (kerndoel vo 32D) gaan bij uitstek over het respecteren van verschillen tussen mensen. Voor het po/so is dit terug te vinden in de kerndoelen van mens en maatschappij (po/so 28D en vo 28D). Ook het uitnodigen van vertegenwoordigers van een beroepsgroep en het reflecteren op rolmodellen zijn voorbeelden van het gesprek over de diversiteit in talenten, achtergrond en interesses, ambities en capaciteiten van de leerlingen.

Het kerndoelenteam mens en natuur heeft bij de begrippen en formulering in de kerndoelen ook rekening gehouden met diversiteit in de samenleving. In het bijzonder is nagedacht over het begrip seksuele oriëntatie. Door dit open te formuleren en hierop te reflecteren vanuit onder meer plezierige relaties en sociale veiligheid, is er de mogelijkheid tot het voeren van gesprekken vanuit de eigen beleavingswereld. Door aandacht te hebben voor eigen grenzen en grenzen van anderen, ontstaat ruimte voor begrip van anderen.

2.5.3 Inclusiviteit

Het uitgangspunt is dat de kerndoelen haalbaar zijn voor zoveel mogelijk leerlingen. In de werkopdracht is gesteld dat in de doelformulering ook rekening gehouden moet worden met de haalbaarheid voor leerlingen met specifieke onderwijsbehoeften, met uitzondering van zeer moeilijk lerende of meervoudig beperkte leerlingen, waarvoor functionele kerndoelen zijn ontwikkeld. De klankbordgroep specifieke onderwijsbehoeften heeft twee keer grondig feedback gegeven op de kerndoelen mens en natuur. Hun suggesties zijn meegenomen in de formulering van de karakteristiek en in de kerndoelen (zie paragraaf 1.3.5).

Inclusiviteit is zichtbaar in de abstractie van de doelzinnen, in combinatie met de keuze in handelingswerkwoorden. Deze zijn zo 'open' mogelijk geschreven, zodat ze ruimte bieden voor differentiatie en de wijze waarop het doel behaald zou kunnen worden. Met name bij onderwerpen als licht en geluid blijkt het

lastig om deze volledig inclusief te maken, omdat hier bepaalde zintuiglijke functies voor nodig zijn. Omdat deze natuurkundige verschijnselen tot de basis behoren, heeft het team er wel voor gekozen deze onderwerpen op te nemen (e.g. Harlen, 2015). Desondanks is het team zich ervan bewust dat dit wellicht wat betreft tijd binnen de ontwerpruimte voor leerlingen met auditieve of visuele beperkingen niet haalbaar is.

2.5.4 Taaldenkfuncties

Er wordt gesproken van taaldenkfuncties wanneer je taal gebruikt om denkstappen onder woorden te brengen. Bijvoorbeeld om te beschrijven of benoemen (eenvoudigere taaldenkfuncties), of om te vergelijken, redeneren of concluderen (complexere taaldenkfuncties).

In het leergebied mens en natuur hebben we in de doelformuleringen vooral gebruikgemaakt van de volgende hoofdfuncties: beschrijven, verklaren en verkennen. Dat is zichtbaar door met name het handelingswerkwoord 'inzicht tonen in', dat in veel kerndoelen terugkomt bij zowel po/so als onderbouw vo. Waar het gaat over complexere vaardigheden of moeilijker leerstof is hiervoor gekozen omdat inzicht verwijst naar kennis van relaties tussen begrippen, processen en feiten. Een mooi voorbeeld is inzicht tonen in technische systemen uit de leefomgeving, waarbij de leerling niet alleen begrijpt hoe een object werkt, maar ook verkent hoe het geconstrueerd is en welke materialen om welke reden zijn gebruikt. Ook verklaren, reflecteren, interpreteren en keuzes maken komen terug in de kerndoelen.

2.5.5 Digitale geletterdheid

In de kerndoelen mens en natuur wordt zowel impliciet als expliciet verwezen naar het leergebied digitale geletterdheid. Het gaat om verwijzingen over het gebruik van digitale instrumenten en het interpreteren van metingen in het kerndoel over werkwijzen (29C). Bij het gebruiken van modellen gaan we impliciet ervan uit dat dit ook simulaties of digitale representaties zijn van bijvoorbeeld klimaatmodellen, bouw van materie en overstromingsscenario's. In het kerndoel over technische systemen gaat het om het maken van 2D en 3D modellen zowel prototypes als digitale modellen en het gebruiken van digitale meet en regelsystemen (vo 30A). Ten slotte gaat het in het kerndoel over relationele en seksuele gezondheid over bijdragen aan een veilige online omgeving, op het gebied van seksualiteit (vo 32D).

2.5.6 Loopbaanontwikkeling en -begeleiding

In de werkopdracht staat: "Loopbaanleren/LOB-vaardigheden krijgt in de (...) leergebieden een passende plek als ervaringsdoelen in po/so en onderbouw vo." Om richting en sturing te kunnen geven aan de eigen ontwikkeling is het van belang dat leerlingen een goed zelfbeeld ontwikkelen. Leerlingen moeten zelf ontdekken waar hun talenten, eigenschappen en interesses liggen. Dit proces vindt plaats in interactie met de omgeving. Leerlingen doen die ontdekkingen

door in of buiten de schoolse situatie ervaringen op te doen en het gesprek hierover aan te gaan. Op die manier kunnen zij verbanden leggen tussen hun motieven en kwaliteiten en de wereld om hen heen. Omdat leerlingen in de gelegenheid moeten zijn om in dialoog te gaan met rolmodellen, is het belangrijk dat ze met beroepsbeoefenaars kennismaken⁵.

LOB is specifiek zichtbaar in de uitwerking van de kerndoelen po/so 29A & 29D en vo 29A. Er is aandacht voor beroepsbeelden die opgeroepen worden bij leerlingen, omdat die al op vrij jonge leeftijd vastliggen als gevolg van stereotypering in de maatschappij (Endendijk & Portengen, 2022; Osborne & Dillon, 2008). Daarnaast zien we het onderwijs als een aaneenschakeling van ervaringen waarmee de leerling eigen interesses en kwaliteiten ontdekt. Dit is een belangrijke factor bij de toekomstige oriëntatie op studie en beroep. Door een combinatie van de kerndoelen over werk- of denkwijzen met een inhoudelijk kerndoel, kan er regelmatig aan oriëntatie op studie of beroep worden gewerkt. Zo kunnen leerlingen de toepassing van zonne-energie in de eigen school onderzoeken en daarbij vanuit verschillende rollen een bijdrage leveren.

2.5.7 Moties Tweede Kamer, huidige kerndoelen en sectorwetten

Bij het vaststellen van inhoud van het leergebied is gekeken naar moties van de Tweede Kamer, zoals die in de werkopdracht staan beschreven. Hieronder zijn voor het leergebied mens en natuur relevante moties beschreven en is beschreven hoe gehoor is gegeven aan de moties:

35565-3 11-5-2021 Michon (VVD)

Verzoekt de regering, een verkenning uit te voeren in samenwerking met het Rode Kruis en verschillende onderwijspartijen, zoals de VO-raad en docentenvakgroepen, om te bezien op welke manier EHBO-kennis en vaardigheden op korte termijn het beste overgebracht kan worden binnen het voortgezet onderwijs en de Kamer hierover voor de zomer van 2021 te informeren.

Er is binnen de ontwerpruimte van het leergebied mens en natuur niet voldoende tijd om een volledig EHBO-programma op te nemen. Hiervoor kunnen scholen de 30% vrij in te vullen ontwerpruimte gebruiken.

In de kerndoelen po/so is in doel 31B, *gezond leven*, opgenomen dat leerlingen kunnen benoemen welke gezondheids- en welzijnsorganisaties je kunt inschakelen voor hulp en preventie voor jezelf en anderen. In het vo is in doel 29E, veiligheid, opgeschreven dat leerlingen moeten weten hoe te handelen in geval van nood bij verschillende fysische, chemische en biologische verschijnselen. Hieronder vallen onder andere ernstige

⁵ <https://www.expertisepuntlob.nl>

bloedingen, hartstilstand en allergische reacties. Het weten hoe te handelen in geval van nood bij deze verschijnselen valt onder EHBO-kennis. Hierbij is deze motie in de kerndoelen opgenomen.

30420-345 2-11-2020 Van Dijk (SP) Bergkamp (D66) El Yassini (VVD) Van den Berghe (GL) Van den Hul (PvdA)

Constaterende dat circa 15% van de scholen geen aandacht besteedt aan seksuele diversiteit; verzoekt de regering voor het eind van het jaar concrete maatregelen te treffen tegen scholen die zich hieraan onttrekken.

Deze motie is leergebiedoverstijgend en heeft raakvlakken met de leergebieden burgerschap en mens en maatschappij. Binnen het leergebied mens en natuur worden in het po/so de verschillen en overeenkomsten tussen lichamen besproken in kerndoel po/so 31A. In de onderbouw van het vo wordt in het kerndoel 32D, relationele en seksuele gezondheid, beschreven dat de leerling moet reflecteren op de betekenis van seksuele diversiteit.

31293-299 15-3-2016 Bruins (CU) Ypma (PvdA) Straus (VVD) Rog (CDA)

Verzoekt de regering, bij de verdere uitwerking van onderwijs2032 praktische vaardigheden in het primair onderwijs en het opleiden van vakmensen in het vmbo en het praktijkonderwijs nadrukkelijk vorm te geven in samenwerking met leraren, scholen in het vakonderwijs, het bedrijfsleven en maatschappelijke partners.

Een belangrijk onderdeel van het leergebied mens en natuur is het praktisch werken. In zowel het po/so als het vo komt dit terug in kerndoel 29, waarin leerlingen ervaringen opdoen met technologie in de leefomgeving en aan het werk gaan met vraagstukken die gaan over technische systemen. Hoe ze hiermee praktisch aan het werk gaan staat voor po/so en vo beschreven in kerndoel 29C, werkwijzen, en in kerndoel 30A staan de technische vakinhouden die hierbij noodzakelijk zijn.

529 16-6-2020 Van Raan (PvdD)

Verzoekt de regering te onderzoeken op welke wijze het beste tegemoet kan worden gekomen aan de behoefte van leraren omtrent kennis en lesmaterialen rondom duurzaamheid; verzoekt de regering tevens de samenwerkende non-profitorganisaties voor duurzaam onderwijs te betrekken bij dit onderzoek.

Zie onderstaande beantwoording van motie 34000-46.

34000-46 30-10-2014 Ouwehand (PvdD) c.s.

Verzoekt de regering, te onderzoeken hoe duurzame ontwikkeling op integrale wijze in het Nederlandse onderwijs gefaciliteerd zou kunnen worden, gebruikmakend van de reeds aanwezige kennis binnen de onderwijssector en in het buitenland, en met een voorstel hierover naar de Kamer te komen.

Leren voor duurzame ontwikkeling is een leergebiedoverstijgend thema. In de volgende kerndoelen komt leren voor duurzame ontwikkeling terug:

In het kerndoel *vraagstukken* (po/so 29A, vo 29A) wordt gewerkt aan vraagstukken die gaan over duurzame ontwikkeling. Leerlingen worden hierbij uitgedaagd om de verschillende perspectieven van een vraagstuk te onderscheiden en om te kijken hoe het vraagstuk rondom duurzame ontwikkeling kan worden opgelost. Daarnaast wordt verwacht dat leerlingen verwoorden wat het vraagstuk en de mogelijke oplossingen met ze doen.

In kerndoel *werkwijzen* (po/so 29C, vo 29C) leren leerlingen om duurzaam met instrumenten, gereedschappen en materialen om te gaan.

In kerndoel *aard van natuurwetenschappen en technologie* (po/so 29D, vo 29D) is aandacht voor de betrouwbare totstandkoming van uitkomsten uit natuurwetenschappelijk en technologisch onderzoek en voor de maakbaarheid en ethische grenzen daarvan.

In kerndoel po/so 32A, *systeem aarde*, beschrijven leerlingen hoe landschappen veranderen door menselijk handelen.

In kerndoel po/so 32C, *ecosystemen*, beschrijven leerlingen de wederkerige relatie tussen mens en de biodiversiteit binnen een ecosysteem.

In kerndoel vo 31B, *reacties*, evalueren leerlingen de wederkerige relatie tussen maatschappij en chemie en de impact van chemie op de omgeving en maatschappij.

In kerndoel vo 30C, *energie*, beschrijven leerlingen de relatie tussen energiebronnen en -behoefte en de planetaire grenzen van het natuurlijke systeem.

In kerndoel vo 32A, *organismen*, toont de leerling inzicht in het gebruik van organismen in de biotechnologie, landbouw en veeteelt.

In kerndoel vo 32B, *voortbestaan van leven*, beschrijft de leerling de aanpassing van erfelijke eigenschappen door de mens: veredeling, fokken en genetische modificatie.

In kerndoel vo 33A, *systeem aarde*, beredeneerd de leerling op tijd- en ruimtelijke schaal hoe menselijk handelen van invloed is op reliëf, vulkanen, rivieren, kusten, oceanen en vegetatie.

In kerndoel vo 33B, *weer, klimaat en water* analyseert de leerling hoe menselijk handelen en natuurlijke processen van invloed zijn op het natuurlijk en versterkt broeikaseffect.

In kerndoel vo 33C, *ecosystemen*, beschrijft de leerling het dynamisch evenwicht van een ecosysteem en mogelijke verstoringen daarvan. Daarnaast analyseert de leerling de menselijke afhankelijkheid van ecosystemen.

3. Slotopmerkingen en adviezen

3.1 Impuls voor het leergebied

In paragraaf 2.1 van dit toelichtingsdocument beschreven we de uitdagingen uit de startnotitie die het uitgangspunt vormden voor de bijstelling van de kerndoelen. Het kerndoelenteam denkt met de geactualiseerde set een antwoord te hebben gegeven op deze uitdagingen.

De eerste curriculaire uitdaging die het kerndoelenteam wilde oplossen in deze set kerndoelen, is het duidelijker naar voren laten komen van de kern van het leergebied in de kerndoelen. Dit is gedaan door specifiekere te zijn in de uitwerking 'het gaat hierbij om' (HGHO) onder de doelzinnen.

De tweede curriculaire uitdaging was de uitwerking van een doorlopende leerlijn van po/so, onderbouw vo naar de bovenbouw vo. De specifiekere uitwerking van kerndoelen in concrete beheersings- en hybride doelen draagt bij aan de oplossing van deze uitdaging: het duidelijker beschrijven van de kennis en vaardigheden van het po/so en onderbouw vo. Daarnaast hebben we de inhouden van de aard van de natuurwetenschappen en technologie, denkwijzen, werkwijzen, vraagstukken en de vakinhouden afgestemd op de actualisatie van de natuurwetenschappelijke examenprogramma's.

De derde uitdaging was de samenhang binnen het leergebied en de samenhang met het leergebied mens en maatschappij te versterken. De samenhang met mens en maatschappij komt terug in de complementaire afstemming op de denkwijzen, werkwijzen, vraagstukken en de vakinhouden in het domein *systeem aarde* (po/so 32 en vo 33) bij mens en natuur en het domein *mens en ruimte* bij mens en maatschappij (po/so 26 en vo 25).

De laatste en grootste curriculaire uitdaging was om de kennis en vaardigheden te beschrijven die leerlingen nodig hebben om de maatschappelijke ontwikkelingen en vraagstukken uit de leefomgeving te begrijpen. In deze set kerndoelen hebben we leerlingen de basis aan natuurwetenschappelijke en technologische kennis en vaardigheden meegegeven, zodat ze zich kunnen verhouden tot eerdergenoemde ontwikkelingen en vraagstukken.

3.2 Implementatie

De kerndoelen in deze publicatie zijn het eindproduct van de ontwikkelfase, de fase van beproeven en uitvoering van de aanvullende opdracht (zie 1.4). De kerndoelen zijn daarmee een weloverwogen en goed onderbouwd voorstel, gebaseerd op de kwaliteitscriteria uit de werkopdracht van het ministerie van OCW en beproefd op verwachte bruikbaarheid in de schoolpraktijk. Met deze set

start het ministerie van OCW het wetgevingstraject waar ongeveer een jaar mee gemoeid is. Daarna worden de kerndoelen mens en natuur landelijk ingevoerd.

Kerndoelen hebben een functie in de kwaliteitszorg van scholen en vormen het startpunt van curriculumontwikkeling op school. Om leraren en scholen te ondersteunen bij de implementatie, zijn ook adequate leerlijnen en ondersteunende materialen nodig, zoals doorkijkjes, exemplarische uitwerkingen en handreikingen. Deze zijn niet wettelijk vastgelegd, maar bieden wel concrete handvatten voor een vertaling en uitwerking van het landelijk curriculum op alle niveaus van het funderend onderwijs. Deze zijn niet alleen belangrijk voor leraren en schoolleiders, maar ook voor educatieve uitgeverijen, toetsontwikkelaars en andere onderwijsprofessionals. De komende jaren gaan we deze materialen en leerlijnen ontwikkelen en over de voortgang communiceren. OCW kan daarnaast aanvullende implementatiebevorderende initiatieven nemen. We hebben daarover advies uitgebracht aan OCW. Daarnaast zijn uit de reacties van de fase van beproeven nog een aantal specifieke aandachtspunten voor de implementatie van de kerndoelen mens en natuur naar voren gekomen. Deze worden hieronder beschreven.

Po/so

Schoolcurriculum

Uit de reactie van de leraren in de fase van beproeven bleek dat om op school onderwijs binnen dit leergebied aan te kunnen bieden, niet alleen kennis over het leergebied nodig is maar ook kennis over en een visie op de wijze van aanbieden. Het betreft een schoolvisie, maar ook een visie op onderwijs over mens en natuur. De onderwijsvisie kan gaan over onderdelen uit de karakteristiek zoals de rol van de leefomgeving, de verhouding tussen denken en doen, en de samenhang: intern en met andere leergebieden. Voor de implementatie van de kerndoelen mens en natuur hebben we rekening gehouden met scholen die vanuit een visie op wereldoriëntatie werken. Zij kunnen hiervoor de inhouden van de leergebieden mens en natuur, mens en maatschappij, burgerschap en digitale geletterdheid combineren.

Samenhang

Het leergebied mens en natuur is te herleiden tot verschillende wetenschappelijke disciplines. De samenhang binnen het leergebied is zichtbaar in de gemeenschappelijke denk- en werkwijze. Bij de implementatie is het belangrijk om na te denken hoe in het onderwijs de verbinding tussen de kerndoelen: *vraagstukken* (29A), *denk- en werkwijzen* (29B-C) en de inhouden (30-32) herkenbaar is voor leerlingen. Afhankelijk van keuzes in de vakinhouden kan er voor andere vraagstukken, denk- of werkwijzen worden gekozen. Denk- en werkwijzen komen bij verschillende leergebieden voor. Daarbij kan het helpend zijn dat er een publicatie komt waarin aandacht wordt besteed aan de samenhang binnen denk- en werkwijzen tussen leergebieden.

Deskundigheidsbevordering

De implementatie van de geactualiseerde kerndoelen mens en natuur vraagt om professionalisering op dit gebied, zowel voor leraren als voor schoolleiders, teamleiders en andere leidinggevenden in het onderwijs. Dit werd in de fase van beproeven door de resndenten aangegeven. Men voelde zich onvoldoende bekwaam op beheersing van vakinhoud, de vaktaal en de manier van beoordelen. Het gaat bij deze professionalisering niet alleen om instrumentele natuurwetenschappelijke en technische vaardigheden die leraren soms nog moeten ontwikkelen, maar ook om ontwikkeling van de pedagogische en didactische aanpak van dit leergebied.

Ook op pabo's en lerarenopleidingen is meer aandacht voor mens en natuur nodig. Uit onderzoek door het nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek (NRO) en de Inspectie van het Onderwijs in 2021 op het gebied van mens en natuur blijkt dat versterking van de self-efficacy en de Pedagogical Content Knowledge (PCK) van leerkrachten aanzienlijk kunnen helpen om het eigen mens en natuuronderwijs te verbeteren (Ummels et al., 2021). In dat onderzoek worden ook de resultaten uit voorgaande TIMMS onderzoeken aangehaald waaruit blijkt dat ongeveer een derde van de Nederlandse leerkrachten zich voldoende zeker en toegerust voelt om natuurwetenschappelijk onderwijs te verzorgen (Ummels et al., 2021). Deze opleidingen kunnen ook een rol spelen in de professionalisering van leraren op dit leergebied.

Educatieve ondersteunende materialen

SLO ontwikkelt handreikingen en leerlijnen met voorbeeldlesmaterialen. Daarmee krijgen leerkrachten een nog concreter beeld van de bedoeling van kerndoel 29 in combinatie met kerndoelen 30, 31 en 32. Bestaande publicaties met voorbeelden van stoffen, technische principes, experimenten, soortenlijsten en werkvormen kunnen hier houvast bieden aan onderwijsontwerpers en leerkrachten. Daarvan zijn goede voorbeelden uit het verleden en uit de ons omringende landen.

Onderbouw v(s)o

Schoolcurriculum

In het leergebied mens en natuur is in de onderbouw vo het denken en het doen belangrijk, gelijk aan hoe wetenschappers en technologen denken en werken. Doen betekent je leefomgeving verkennen, veldwerk en experimenteren. Dit vraagt van scholen dat zij nadenken over het doen van practica, de beschikking van faciliteiten en de (ondersteuning door) toa's. Het verkennen van de leefomgeving kan ingevuld worden door met leerlingen naar buiten te gaan om ervaringen op te doen met het waarnemen en waarderen van natuur en technologie. Dat vraagt om ruimte hiervoor in het rooster.

De kerndoelen zijn bedoeld voor de onderbouw van het vo. Implementatie van de kerndoelen vraagt om een kritische kijk op de vertaling van de leergebieden naar het onderwijs in de onderbouw. Dit is nodig omdat:

Nu is er al een grote variatie in hoe het leergebied mens en natuur wordt vertaald naar schoolvakken. Met deze concretere kerndoelen is het aan de school om te kijken of naar aanleiding van de nieuwe kerndoelen eerder gemaakte keuzes houdbaar zijn. Te denken valt aan:

- Verdeling van de inhouden en vaardigheden over de schoolvakken, bijvoorbeeld scheikunde en techniek.
- Samenhang tussen de inhouden over het leergebied heen, bijvoorbeeld: aardrijkskunde, leefstijl en relationele en seksuele gezondheid.
- De omvang van vakken in de lessentabel.
- De bevoegdheden die nodig zijn voor het vormgeven van het schoolcurriculum (teambevoegdheid klas 1-2 vs individuele bevoegdheid).

Aandachtspunt bij de uitwerking in een schoolcurriculum zijn de leerlijnen en de toetsing van denkwijzen in combinatie met vakinhouden.

Samenhang

Het leergebied mens en natuur bevat een aantal schoolvakken, waarvan aardrijkskunde ook in het leergebied mens en maatschappij voorkomt. Bij de implementatie zien we de volgende aandachtspunten ten aanzien van samenhang:

- Interne samenhang tussen de vakken in het leergebied: kerndoel 29 wordt gedeeld met alle vakken.
- Samenhang met andere leergebieden: Nederlands, reken en wiskunde kunnen betekenisvol aangeleerd worden binnen het leergebied mens en natuur.

Zicht op het curriculum

Uit het ontwikkelproces en de fase van beproeven blijkt dat er een behoefte is aan gedegen onderzoek naar het curriculum in de onderbouw vo. Het gaat dan om curriculaire aspecten rond samenhang tussen verwante vakken, leerlijnen, bevoegdheden, vaklessen in relatie tot schoolvisie en de karakteristieken van de leergebieden.

Professionalisering

Aandachtspunten voor de deskundigheidsbevordering van leraren en toa's zijn:

- aandacht voor aanleren en toetsing van de denk- en werkwijzen
- inhoudelijke scholing rond denkwijzen
- de inhouden van het kerndoel 29D vo, aard van natuurwetenschappen en technologie

- afstemming tussen kerndoelen en kennisbases voor lerarenopleidingen natuurkunde, scheikunde en biologie
- afstemming tussen kerndoelen en opleidingen voor technisch onderwijsassistent

Samenhang tussen het leergebied mens en maatschappij en mens en natuur

Bij het vormgeven van onderwijs in aardrijkskunde zijn de kerndoelen uit zowel het leergebied mens en maatschappij als mens en natuur noodzakelijk. Het is hierbij van belang dat niet alleen naar de kerndoelen wordt gekeken waar de aardrijkskundige vakinhouden staan (MN po/so 32, vo 33 en bij MM po/so 26 en vo 25), maar ook naar de kerndoelen die gaan over vraagstukken, denk- en werkwijzen en veiligheid (MN po/so 29, vo 29 en bij MM po/so 25 en vo 24).

Hieronder gaan we verder in op hoe deze koppeling bij het leergebied mens en natuur een plek heeft gekregen.

Het koppelen van vraagstukken, denk- en werkwijzen met inhoudelijke concepten.

Binnen het leergebied mens en natuur is vooral de verbinding belangrijk van de doelen uit domein natuurwetenschappen en technologie met de meer kennis- en contextrijke doelen. Ons advies is om bij het uitwerken van de kerndoelen in leerlijnen en tijdens de deskundigheidsbevordering van leraren aan deze verbindingen voldoende aandacht te schenken. Hoe deze verbindingen te maken zijn, hebben we uitgewerkt aan de hand van drie voorbeelden in bijlage 4.

Referenties

- Ağirdağ, O., Biesta, G., Bosker, R., Kuiper, R., Nieveen, N., Raijmakers, M., & Van Tartwijk, J. (2020). *Kaders voor de toekomst. Tussenadvies 1 Wetenschappelijke Curriculumcommissie*. CurriculumCommissie
- Ağirdağ, O., Biesta, G., Bosker, R., Kuiper, R., Nieveen, N., Raijmakers, M., & Van Tartwijk, J. (2021a). *Doel en ruimte. Tussenadvies 2 Wetenschappelijke curriculumcommissie*. Curriculumcommissie.
- Ağirdağ, O., Biesta, G., Bosker, R., Kuiper, R., Nieveen, N., Raijmakers, M., & Van Tartwijk, J. (2021a). *Bijlage 2 Tussenadvies 3 Rationale van het funderend onderwijs*. Curriculumcommissie.
- Ağirdağ, O., Biesta, G., Bosker, R., Kuiper, R., Nieveen, N., Raijmakers, M., Van Tartwijk, J., & Boogaard, M. (2021b). *Kaders voor kansen. Naar een beoordelingskader kansengelijkheid voor het funderend onderwijs. Verdiepende studie Wetenschappelijke curriculumcommissie*. Curriculumcommissie.
- Ağirdağ, O., Biesta, G., Bosker, R., Kuiper, R., Nieveen, N., Raijmakers, M., Van Tartwijk, J., & Boogaard, M. (2021c). *Samenhang in het curriculum. Verdiepende studie Wetenschappelijke curriculumcommissie*. Curriculumcommissie.
- Banks, J.A., (2014). *An introduction to Multicultural Education*. (fifth edition). University of Washington, Seattle.
- Barak, M., Ginzburg, T. & Erduran, S. (2024). Nature of engineering. A cognitive and epistemic account with implications for engineering education. *Science & education*, 33 (3), p. 679-697.
- Bell, R. L., Mulvey, B.K. & Maeng, J.L. (2012). Beyond understanding: process skills as a context for nature of science instruction. In Khine M.S., (eds) *Advances in Nature of Science Research- concepts and methodologies*. Springer. p.225-245.
- Béneker, T., Van Campenhout, G. & Van der Vaart, R. (2023). *Aardrijkskunde in Transitie? Vakinhoudelijke perspectieven op de examenprogramma's aardrijkskunde*. KNAG.
- Beraldo, R. M. F., Ligorio, M. B., & Barbato, S. (2018). Intersubjectivity in Primary and Secondary Education: A Review Study. *Research Papers in Education*. 33(2), 278–299.
<https://doi.org/10.1080/02671522.2017.1302497>
- Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera Giraldez, M. (2022) *GreenComp - Het Europees competentiekader voor duurzaamheid*. EUR 30955 NL. Bureau voor publicaties van de Europese Unie.
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/7670>

- Biesta, G. (2022). *Wereldgericht onderwijs: een visie voor vandaag*. Uitgeverij Phronese.
- Bouni, A., Ntam Nchia, L., Sigha, P.M., Mfeyet, B.A., Aimée, A.M., Ateba, J.A., Nchinmoun, M., Meli, N.D., & Soudani, M., 2024. The foundations of the nature of science as a tool for teaching and learning scientific concepts. *International Journal of Science and Research Archive*. 13(01), 113-120.
- Centurino, V.A.S., & Jones, L.R. (2017) TIMSS 2019 science framework. In I. V. S. Mullis & M. O. Martin (Eds.). *TIMSS 2019 assessment frameworks* (pp. 27–55). International Association for the Evaluation of Educational Achievement.
- Clements, D., & Sarama, J. (2016). Math, science, and technology in the early grades. *The Future of Children*. 26(2), 75-94.
<https://www.jstor.org/stable/43940582>
- College voor Toetsen en Examens (2019). *Toetswijzer bij de centrale eindtoets po wereldoriëntatie*. College voor Toetsen en Examens.
- Curriculum.nu. (2019a). *Leergebied Mens & Natuur, voorstel voor de basis van de herziening van de kerndoelen en eindtermen van de leraren en schoolleiders uit het ontwikkelteam Mens & Natuur*.
<https://curriculum.nu/>
- Curriculum.nu (2019b). *Leergebied Mens & Natuur, Toelichting voorstel Mens & Natuur*. <https://curriculum.nu/>
- Djoyoadhiningrat-Hol, K., Goedegebure, T., & Meijer, M. (2023). *Startnotitie kerndoelen mens en natuur*, SLO.
- Djoyoadhiningrat-Hol, K., & Klein Tank, M. (2022). *Trendanalyse Wetenschap & Technologie. Ontwikkelingen en uitdagingen bij Wetenschap & Technologie in het basisonderwijs*. SLO.
- Embrechts, A., Jansen, P., & Wolter, H. (2020). *Basiskennis natuur en techniek*. Noordhoff.
- Endendijk, J.J., Portengen, C.M. (2022). Children's Views About Their Future Career and Family Involvement: Associations With Children's Gender Schemas and Parents' Involvement in Work and Family Roles. *Front. Psychol.* 12:789764. doi: 10.3389/fpsyg.2021.789764
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D.C. (2012). *Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis*. Review of Educational Research.
- Goggins, M. A. Haas, S. Grapin, R. Januszyk, L. Llosa & O. Lee (2021). *Broadening access to science: crosscutting concepts as resources in the next generation science standards classroom*. In Nordine, J., & Okhee, L. (eds) *Crosscutting concepts : strengthening science and engineering learning*, NSTA. p. 43-62
- Gresnigt, R., Taconis, R., Keulen, H. van, Gravemeijer, K. & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula. *Studies in Science Education*. 50(1), 47-84.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2013.877694>

- Gupta, J. et al. (2023). Earth system justice needed to identify and live within Earth system boundaries. *Nature Sustainability*. 6(6).
<https://doi.org/10.1038/s41893-023-01064-1>
- Hajer, M. & Meestringa, T. (2015). *Handboek taalgericht vakonderwijs*. Uitgeverij Coutinho.
- Harlen, W. (2015). *Working with big ideas of science education*. The Science Education Programme (SEP) of IAP.
- Herranen, J. & Aksela, M. (2019): *Student-question-based inquiry in science education*. Studies in Science Education.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1658059>
- Meelissen, M., Hamhuis, E., & Weijn, L. (2020). *Leerlingprestaties in de exacte vakken in groep 6 van het basisonderwijs: Resultaten TIMSS-2019*. Universiteit Twente.
- Herranen, J. & Aksela, M. (2019): *Student-question-based inquiry in science education*. Studies in Science Education.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1658059>
- Inspectie van het Onderwijs (2017). *Peil.Natuur & Techniek 2015-2016*. Inspectie van het onderwijs.
- Jansen, S. 2022. *Fostering students' meta-modelling knowledge regarding biological concept- process models*. Thesis University Utrecht.
- Krajcik, J. & Reiser, B. (2021). *How crosscutting concepts, disciplinary core ideas, and science and engineering practices work together in the classroom*. In Nordine, J. Okhee, L. (eds) *Crosscutting concepts: strengthening science and engineering learning*, NSTA. p.19-42
- Meelissen, M., Hamhuis E., & Weijn L. (2020), *Leerlingprestaties in de exacte vakken in groep 6 van het basisonderwijs. Resultaten TIMSS-2019*. Universiteit Twente. <https://doi.org/10.3990/1.9789036551090>
- Meelissen, M., & Punter, R. A. (2016). *Twintig jaar TIMSS: Ontwikkelingen in leerlingprestaties in de exacte vakken in het basisonderwijs 1995-2015*. University of Twente.
- Ministerie van OCW (2006). *Kerndoelen primair onderwijs*.
- Ministerie van OCW (2006). *Kerndoelen onderbouw voortgezet onderwijs*.
- Ministerie van OCW (2021). *Rationale van het funderend onderwijs. Bijlage 2, Nadere adviesaanvraag tussenadvies 3*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2021/07/12/nadere-adviesaanvraag-tussenadvies-3---rationale-van-het-funderend-onderwijs>
- Ministerie van OCW (2023). *Ontwikkeling conceptkerndoelen voor de leergebieden mens en maatschappij, mens en natuur, kunst en cultuur, bewegen en sport en moderne vreemde talen voor het primair onderwijs en de onderbouw van het voortgezet onderwijs. Opdracht aan SLO*. Ministerie van OCW.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2023). [Werkopdracht](#)
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board

- on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2013. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- OECD. (2023). *PISA 2025 Science Framework*. OECD Publishing.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. The Nuffield Foundation.
- Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, W., Boerwinkel, D.J., Eijkelhof, H., De Vries, M., Van der Hoeven, M., & Kuiper, W. (2014). *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo: een richtinggevend leerplankader*. SLO.
- Platform Talent voor Technologie, (2020). *Wat doen basisscholen aan wetenschap en techniek? Enquête in het primair Onderwijs*. 2020. Platform Talent voor Technologie.
- Richardson, K. et al., (2023). *Earth beyond six of nine planetary boundaries*. Science Advance. 9, eadh2458.
- Rittel, Horst W. J., & Webber, Melvin M. (1973). *Dilemmas in a General Theory of Planning* (PDF). Policy Sciences. 4: 155–169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Rivet, A.E., Weiser, G., Lyu, X., Li, Y. & Rojas-Perilla, D. (2016). *What are crosscutting concepts in science? Four metaphorical perspectives*. ICLS proceedings. Teachers College, Columbia University
- Robertson, J. (2023). *Natuurlijk, buiten leren! Een praktische leidraad voor buitenonderwijs*. Bazalt Groep Educatieve Uitgeverij.
- SLO. (2022). *Verdeling van ontwerpruimte voor ontwikkeling van kerndoelen*. SLO.
- SLO. (2024). *Advies implementatie kerndoelen*. SLO
- SLO. (2025). *Examenprogramma's natuurwetenschappelijke vakken*. Geraadpleegd op 3 maart 2025, van <https://www.slo.nl/thema/meer/actualisatie-kerndoelen-examenprogramma/actualisatie-examenprogramma/examenprogramma-natuurwetenschappelijke/>
- Snow, C. E. (2010). Academic language and the challenge of reading for learning about science. *Science*. 328, 450-452. <https://doi.org/10.1126/science.1182597>
- Sol, Y. & Visser. A. (2023). *Vaardigheden in het landelijke curriculum*. SLO.
- Ummels, M., Gelauff, M., Van Joolingen, W., & Knippels, M. C. (2021) *Reviewstudie 'Mens en Natuur'*. Universiteit Utrecht.
- Unesco. (1970). *Source book for science teaching* (2e editie, 23e druk). Unesco
- Ummels, M., Gelauff, M., van Joolingen, W., & Knippels, M.-C. (2021). *Reviewstudie 'Mens en Natuur': Een literatuurstudie naar succesfactoren ten aanzien van natuur- en techniekonderwijs in het primair onderwijs*.

- Uum, M., Verhoeff, R. & M. Peeters (2016). *Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary teachers*. International journal of science education. 38(3), p. 450-469.
- Van der Laan, A. (2023). *Leerlingparticipatie in het kader van kerndoelen: bevindingen rekenen en wiskunde*. SLO.
- Van der Molen, J.W., Van Aalderen-Smeets, S., Groot Koerkamp, E., Venneman, G., Grol, M. (2013). *Meer ruimte voor verwondering*. JSW, Zwijssen.
- Van der Zee, S. (2017). *Op weg naar de onderzoekende pabo. Wetenschap & technologie verduurzamen op de pabo. Whitepaper – de onderzoekende pabo*. TechYourFuture.
- Van Dijk, G., Van Graft, M., 't Hart, J., Slangen, L., Sijbers, J., De Vries, M. (2017) *Technologie in de leergebieden*. <https://curriculum.nu>
- Van Graft, M., & Klein Tank, M. (2018). *Wetenschap & technologie in het basis- en speciaal onderwijs. Een richtinggevend leerplankader bij het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld*. SLO.
- Van Keulen, H. en Oosterheert, I. (2016). *Wetenschap en techniek op de basisschool*. Noordhoff Uitgevers.
- Velthorst, G., Oosterheert, I., Brouwer, N., KWTG. (2011). *Onderzoekend leren: de nieuwsgierigheid voorbij*. Tijdschrift voor lerarenopleiders. VELON
- Werkgroep Referentiekaders Ruimte en Tijd (2022). *Eindadvies referentiekaders Ruimte en Tijd*. SLO.
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C.L., 2011. Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*. 6(2):203– 218.
- Zanten, v. M., Van Graft, M., & Van Leeuwen, B. (2017). *Leerplankundige verkenning van TIMSS trends: Rekenen-wiskunde en natuurwetenschappen*. SLO.

Bijlagen

Bijlage 1. Samenstelling kerndoelenteam

Het kerndoelenteam bestaat uit een procesregisseur, leraren, vakexperts en curriculumexperts.

Procesregisseur

De procesregisseur begeleidt het kerndoelenteam en het proces om te komen tot conceptkerndoelen. Het is belangrijk dat verschillende belangen en perspectieven worden gehoord en worden meegenomen in deze actualisatie.

Procesregisseur

Ton Roelofs

Leraren po/so en vo

De leraren zijn afkomstig uit het po/so en de onderbouw vo. Zij zijn essentiële deelnemers van het kerndoelenteam, omdat ze dagelijks werken in de onderwijspraktijk.

Leraren po/so

Anja van Hirtum

Corine Noordink

Manon Nieuwenkamp

Lennard van den Akker

Patricia Jansen

Leraren vo

Diana Krouwel

Margreet van Gelderen

Senaida Bron-Sambo

Vakexperts po/so en vo

Vakexperts po/so en onderbouw vo zijn betrokken vanwege hun kennis over het leergebied. Zij zijn lerarenopleider, vakdidacticus of wetenschapper en brengen kennis mee over de uitvoering van het leergebied in de praktijk en over (praktijkgericht) onderzoek.

Vakexperts po/so

Anika Embrechts

Christine Dirkse

Peter Bom

Vakexperts vo

Nienke Nijhof

Tim Favier

Vincent de Munck

Curriculumexperts po/so en vo

De curriculumexperts hebben curriculaire en vakinhoudelijke expertise en zijn verantwoordelijk voor het schrijven van de conceptkerndoelen.

Curriculumexperts po/so

Eveline Otter

Robbert Blanken

Curriculumexperts vo

Marijn Meijer

Thijs Goedegebure

Bijlage 2. Samenstelling advieskring

- **Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON):**
 - po: Ed van den Berg
 - vo: Jan Jaap Wietsma
- **Stichting Technasium:**
Ria Sluiter
- **Koninklijk Instituut Van Ingenieurs (KIVI):**
Ferdinand van Kampen
- **Nederlandse Natuurkundige Vereniging (NNV):**
Bernadette Kruijver
- **Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI):**
Tycho Malmberg
- **Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap (KNAG):**
Marijn Hoogerbrugge
- **Gemeenten voor duurzame ontwikkeling (GDO):**
Anna Vanderveen
- **Pabonetwerk Natuur & Techniek:**
Erwin Groenenberg
- **Soa Aids Nederland - Rutgers**
- **Trimbos-instituut:**
Marloes Kleinjan
- **Voedingscentrum:**
Gijs Kurth
- **Gezonde school:**
Marjolein Biermans

Bijlage 3. Geraadpleegde experts

In de ontwikkelfase zijn er te weinig experts geraadpleegd. Dat kwam door onder andere een communicatieprobleem over stakeholders en experts. Toen dat opgelost was, was het niet haalbaar om voor tussenproduct 4 een consultatieronde te organiseren. Het betekent niet dat er geen contact is geweest met experts. Er is gebruikgemaakt van inzichten van bij de bovenbouw geraadpleegde experts Wouter van Joolingen (UU) en Gerald van Dijk (HU). Via teamleden zijn er aardrijkskunde-didactici (UU) geraadpleegd. Via de advieskring heeft Jos Marell een zinvolle bijdrage geleverd aan karakteristiek, raamwerk en kerndoelen.

Daarnaast hebben kerndoelteamleden in de ontwikkelfase op individuele basis gesprekken gevoerd met verschillende vakexperts en collega's. Deze gesprekken hadden een informeel karakter en dienden om ideeën en denkrichtingen van het kerndoelenteam te toetsen.

In de fase van beproeven zijn de volgende experts geraadpleegd:

- Gerald van Dijk, lerarenopleider en onderzoeker op het gebied van techniekonderwijs, Hogeschool Utrecht, t.a.v. techniek.
- Wouter van Joolingen, hoogleraar didactiek van wiskunde en natuurwetenschappen Universiteit Utrecht, t.a.v. modellen.
- Symen van der Zee, lector vernieuwend onderwijs en voorheen lector Wetenschap en Techniek aan Saxion Hogeschool, t.a.v. haalbaarheid van het opsplitsen van denk- en werkwijzen en aard van natuurwetenschappen en technologie met de andere kerndoelen.
- Anouk Adang en Marije Vlaar, beiden lerarenopleider aardrijkskunde aan de pabo van Hogeschool Utrecht, t.a.v. haalbaarheid voor de fysische en natuurlijke kant van aardrijkskunde in het primair onderwijs.

Bijlage 4. Combineren denk- en werkwijzen met vakinhouden

Zoals in dit toelichtingsdocument is beschreven kunnen de denk- en werkwijzen niet los worden gezien van de vakinhouden. De mogelijke combinaties kunnen worden weergegeven in een matrix.

Elke matrix is een voorbeeld van een inhoudelijk vraagstuk. Dat vraagstuk kan het startpunt zijn voor een inhoudelijke uitwerking, in combinatie met een denkwijze of werkwijze. Zo kan aan kerndoel 29A po/so, vraagstukken uit de leefomgeving, betekenis gegeven worden door een vraagstuk uit de leefomgeving van de leerling als startpunt te gebruiken. In principe is elk vraagstuk mogelijk.

Horizontaal staan denkwijzen en werkwijzen. Verticaal staan de kerndoelen po/so en vo. Op het kruispunt van een inhoudelijk kerndoel en een denkwijze of werkwijze ontstaat een betekenisvolle context. Dat betekent dat er verschillende mogelijkheden zijn: een inhoud is niet automatisch aan een bepaalde denkwijze of werkwijze gekoppeld.

Voorbeeld 1:

Leerling F wil graag weten hoe een grijparm werkt (hij heeft een opa die vaak gevallen spullen oppakt omdat hij slecht kan bukken). Inhoudelijk heeft dit vraagstuk te maken met kerndoel 30C po/so: licht, geluid, energie en krachten. Als je een kerstbal van de grond oppakt, wil je hem wel vasthouden maar niet kapot knijpen: je moet dus de juiste kracht uitoefenen. Verklaren dat de kerstbal valt bij te weinig kracht en kapot geknepen wordt bij te veel kracht, gebeurt door gebruik te maken van de denkwijze 'oorzaak en gevolgrelaties'. De benodigde onderdelen in de uitwerking van verschillende kerndoelen zijn weergegeven in figuur 5.

		Vakinhouden 30-32 po																
		Tech systemen 30A					Krachten energie 30C					Ecosysteem 32C					...	
		heho	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Denkwijzen 29B	1		X								X							Vraagstuk Hoe werkt het? Hoe maak ik het (beter)? Hoe repareer ik het? Hoe verzorg ik het? Hoe maak ik het duurzamer? Hoe werkt een grijparm?
	2										X							
	3																	
	4																	
	5																	
Werkwijzen 29C	1										X							
	2			X														
	3			X							X							
	4																	
	5																	

Figuur 5. De uitwerking voor het vraagstuk: 'hoe werkt een grijparm?' is hier weergegeven in de mogelijke combinatie van denk-, werkwijzen en inhouden met een 'x'.

Voorbeeld 2

Uit de advieskring kwam nadrukkelijk het verzoek om de kerndoelen zo te formuleren dat er aandacht komt voor 'maken en bouwen'. In figuur 6 geven we door middel van een voorbeeld van een combinatie van HGHO aan dat er zeker mogelijkheden zijn.

De uitwerking bij het vraagstuk 'Hoe maak ik een blijde (middeleeuwse katapult)?' kan een combinatie zijn van kerndoel 30A po/so, technische systemen, en kerndoel 29B po/so, denkwijzen. Een blijde is een transportsysteem dat kan worden onderzocht of verklaard aan de hand van de denkwijze 'oorzaken gevolgrelaties'. In de constructie van de blijde is een keuze gemaakt voor bepaalde materialen en het geheel heeft een bepaalde vorm. Er kan een verband worden gelegd tussen de vorm van de blijde en het gebruikte materiaal met behulp van de denkwijze 'vorm en functie' of 'eigenschap en functie'.

Hetzelfde vraagstuk kan uitgewerkt worden in een combinatie van werkwijzen (kerndoel 29C po/so) en technische systemen (kerndoel 30A po/so) als er een werkend prototype wordt gebouwd. In dat voorbeeld kan de werkwijze 'toepassen van ontwerpstappen' en 'gebruiken van gereedschappen en materialen op doelmatige, veilige en duurzame wijze' worden gebruikt. De werkwijze 'interpreteren van kwantitatieve en kwalitatieve metingen en waarnemingen' past goed bij herhaaldelijke tests waarin wordt geanalyseerd hoe ver de blijde gemiddeld schiet.

		Vakinhouden 30-32 po																						
		Tech systemen 30A					Krachten energie 30C					Ecosysteem 32C												
		hg	ho	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5						
Denkwijzen 29B	1		X							X														
	2		X							X														
	3																							
	4																							
	5																							
Werkwijzen 29C	1										X													
	2			X																				
	3			X							X													
	4																							
	5																							



Vraagstuk

Hoe werkt het?

Hoe maak ik het (betw)?

Hoe repareer ik het?

Hoe verzorg ik het?

Hoe maak ik het duurzamer?

Hoe werkt een grijparm?



Vraagstuk
Hoe werkt het?
Hoe maak ik het (beter)?
Hoe repareer ik het?
Hoe verzorg ik het?
Hoe maak ik het duurzamer?
Hoe werkt een grijparm?

Figuur 6. De verschillende combinaties van denk- en werkwijzen en inhouden waarin leerlingen iets maken of bouwen is hier weergegeven met 'x'. In dit voorbeeld is dat een blijde.

Voorbeeld 3

Zowel in het team als in de advieskring en bij interne monitoring is gesproken over 'holistisch onderwijs'. In figuur 7 staat een mogelijke combinatie van HGHO's die leerdoelen weergeven rond het vraagstuk: 'hoe maak ik een schoolplein waarin mens en natuur een plek hebben?' bij holistisch onderwijs.

		Vakinhouden 30-32 po																														
		Tech systemen 30A					...					Krachten energie 30C										Ecosysteem 32C					...					
		hgho	1	2	3	4	5						1	2	3	4	5						1	2	3	4	5					
Denkwijzen 29B	1			X																				X								
	2																															
	3																															
	4				X	X							X										X			X						
	5																						X									
Werkwijzen 29C	1																															
	2				X																											
	3				X								X																			
	4																															
	5																															

Vraagstuk
 Hoe werkt het?
 Hoe maak ik het (beter)?
 Hoe repareer ik het?
 Hoe verzorg ik het?
 Hoe maak ik het duurzamer?

Hoe maak ik een schoolplein waarin mens en natuur een plek hebben?

Figuur 7. Een combinatie van HGHO gemarkeerd met een 'x' waarbij holistisch onderwijs in combinatie met de concept kerndoelen mogelijk is.



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