

# 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

**curriculum.nu**

---

VANDAAG WERKEN AAN HET ONDERWIJS VAN MORGEN

## **Colofon**

Dit rapport is onderdeel van het advies 'Samen bouwen aan het primair en voortgezet onderwijs van morgen' van 10 oktober 2019. Curriculum.nu is tot stand gekomen en uitgevoerd onder gezamenlijke coördinatie van de VO-raad, de PO-Raad, CNV onderwijs, de Algemene Onderwijsbond (Aob), de Federatie van Onderwijsvakorganisaties (FvOv), de Algemene Vereniging Schoolleiders (AVS), het Landelijk Actie Komitee Scholieren (LAKS) en Ouders en Onderwijs. De uitvoering gebeurt in samenwerking met SLO, Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling.

Het is belangrijk om leerlingen goed te blijven voorbereiden op de toekomst. Daarom hebben we in Nederland wettelijk vastgelegd wat leerlingen moeten kennen en kunnen in de vorm van kerndoelen en eindtermen: het curriculum. Deze landelijke doelen zijn dertien jaar geleden voor het laatst vastgesteld.

Om het curriculum te actualiseren, hebben leraren en schoolleiders voor negen leergebieden voorstellen gedaan die de basis vormen voor de herziening van de kerndoelen en eindtermen. Deze leergebieden zijn: Nederlands, Engels/Moderne vreemde talen, Rekenen & Wiskunde, Burgerschap, Digitale geletterdheid, Mens & Maatschappij, Mens & Natuur, Kunst & Cultuur en Bewegen & Sport.

In de periode maart 2018 tot oktober 2019 hebben zij in ontwikkelteams per leergebied de benodigde kennis en vaardigheden bepaald. Zij waren hierbij zelf aan zet, mét de inbreng van wetenschappers, lerarenopleidingen, vervolgonderwijs, scholen en vakverenigingen. Ook haalden zij feedback op bij leraren, ouders, leerlingen, maatschappelijke organisaties en het bedrijfsleven. De ontwikkelteams werden ondersteund door leerplanspecialisten.

De voorstellen zijn beperkt tot de kern van wat leerlingen moeten leren, waardoor leraren meer ruimte krijgen voor eigen invulling. Daarnaast verbetert de overgang van basisonderwijs naar voortgezet en vervolgonderwijs én de samenhang tussen leergebieden.

## Leeswijzer

In dit document vindt u het voorstel van de leraren en schoolleiders van het ontwikkelteam Mens & Natuur. In hoofdstuk 1 vindt u een compact overzicht waarin de hoofdlijn van het voorstel wordt toegelicht. In de hoofdstukken erna kunt u de nadere uitwerking lezen. De inhoud is uitgewerkt in drie stappen: visie, grote opdrachten en bouwstenen. In de visie beschrijft het ontwikkelteam wat de relevantie en de kern is van het leergebied. De grote opdrachten zijn de essenties van het leergebied die van belang zijn voor de doorlopende leerlijn voor alle leerlingen, van primair onderwijs, speciaal onderwijs en alle sectoren in het voortgezet onderwijs. In de bouwstenen voor primair onderwijs en onderbouw voortgezet onderwijs zijn de essenties uitgewerkt naar kennis en vaardigheden die leerlingen nodig hebben om goed voorbereid te zijn op hun toekomst. De kennis en vaardigheden die benoemd zijn voor de onderbouw van het primair onderwijs zijn bedoeld ter inspiratie hoe een doorlopende leerlijn opgebouwd kan worden. De kerndoelen voor het primair onderwijs worden geformuleerd voor de bovenbouw van het primair onderwijs. Het team doet daarnaast aanbevelingen voor de bovenbouw van het voortgezet onderwijs.

Het voorstel van het leergebied Mens & Natuur staat niet op zichzelf. Het kent veel verbindingen met de andere leergebieden. Deze staan beschreven in de toelichting van het leergebied Mens & Natuur. Ook op [www.curriculum.nu/mens-natuur](http://www.curriculum.nu/mens-natuur) kunt u een beeld krijgen hoe het leergebied Mens & Natuur samenhangt met andere leergebieden.

# Inhoudsopgave

1. Kern van het leergebied .....	4
Schematisch overzicht van de grote opdrachten en de bouwstenen	7
2. Visie van het leergebied .....	11
3. Grote opdrachten en Bouwstenen .....	18
Grote opdracht 1: Aard van natuurwetenschappen & technologie	19
Bouwsteen: - Aard van natuurwetenschappen	20
- Aard van Technologie	23
Grote opdracht 2: Vraagstukken	26
Bouwsteen: - Gezondheid	27
- Duurzame ontwikkeling	30
- Technologische ontwikkeling	33
Grote opdracht 3: Werkwijzen	35
Bouwsteen: - Onderzoeken	36
- Ontwerpen	38
- Modelgebruik en -ontwerp	40
- Praktisch handelen	42
Grote opdracht 4: Denkwijzen	44
Bouwsteen: - Patronen	45
- Systemen	47
- Schaal, verhouding en hoeveelheid	49
- Relaties en verbanden	51
Grote opdracht 5: Signalen & informatie	53
Bouwsteen: - Golven en straling	54
- Signaalverwerking in het organisme	56
- Automatische systemen	58
Grote opdracht 6: Energie & wisselwerking	60
Bouwsteen: - Kracht	61
- Energie	63
Grote opdracht 7: Overleven van organismen	65
Bouwsteen: - Instandhouding van een organisme	66
- Leefomgeving en biodiversiteit	69
Grote opdracht 8: Natuurlijke grondstoffen & materialen	71
Bouwsteen: - Stoffen en reacties	72
- Winning, productie en bewerking	74
Grote opdracht 9: Aarde & Klimaat	76
Bouwsteen: - Aarde	77
- Weer en klimaat	79
Grote opdracht 10: Heelal & Tijd	81
Bouwsteen: - Heelal en tijd	82
4. Aanbevelingen voor bovenbouw voortgezet onderwijs .....	84
5. Generieke aanbevelingen voor het leergebied .....	91
Bijlage Begrippenlijst .....	94
Ontwikkelteamleden Mens & Natuur .....	95



1.

## VOORSTEL VAN HET LEERGEBIED OP HOOFDLIJNEN

*Het leergebied Mens & Natuur stimuleert de verwondering van leerlingen. Leerlingen stellen vragen en leren de wereld begrijpen aan de hand van natuurwetenschappelijke disciplines als natuurkunde, scheikunde, biologie en aardrijkskunde. Vanuit eigen behoeften leren zij over mogelijkheden om met techniek en technologie de wereld te beïnvloeden.*



## Wat we belangrijk vinden

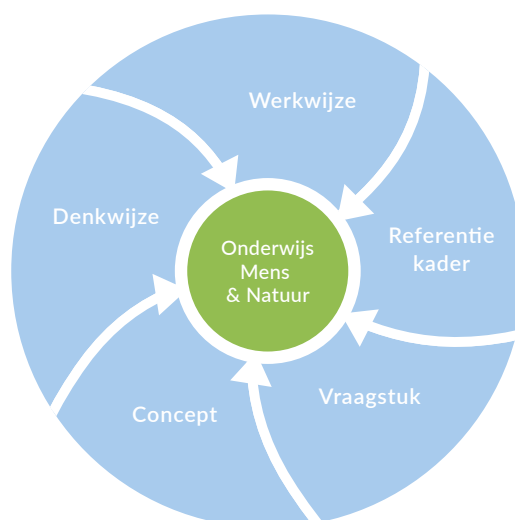
Met behulp van een doorlopende leerlijn van primair naar voortgezet onderwijs leent het leergebied zich om een diversiteit aan interdisciplinaire en contextrijke leeromgevingen op te zoeken en te ervaren, zowel binnen als buiten de school. Leerlingen worden geprikkeld om innovatieve oplossingen voor problemen te vinden en kijken daarbij naar de impact van zowel individuele als collectieve keuzes op de leefomgeving.

## Dit is het voorstel

Het ontwikkelteam Mens & Natuur pleit voor onderwijs dat betekenisvol, verdiepend en samenhangend is, en dat voor het onderwijsveld vrijheid en ruimte geeft om eigen keuzes te maken. Het voorstel is daarom het landelijk curriculum in te richten aan de hand van vijf verschillende type bouwstenen waarin de doorlopende leerlijn van primair naar voortgezet onderwijs helder beschreven staan. Hierbij krijgt de docent de ruimte om deze type bouwstenen te combineren tot onderwijs.

Het gaat daarbij om de volgende typen bouwstenen:

- Referentiekaders, die de natuurwetenschappelijke en technologische manier van kijken en de samenwerking daartussen beschrijven.
- Vraagstukken, persoonlijke en maatschappelijke dilemma's die leerlingen tegenkomen in het dagelijks leven, zoals duurzaamheid, gezondheid en technologische ontwikkelingen.
- Denkwijzen, die zorgen voor verdieping in het denken van leerlingen en handvatten geven bij het creëren van samenhang tussen de verschillende disciplines uit het leergebied. Bijvoorbeeld de relatie tussen oorzaak en gevolg of het afbakenen van grenzen om complexe situaties meer systematisch te benaderen.
- Werkwijzen, de voor het leergebied kenmerkende handelingen en activiteiten, zoals onderzoeken, ontwerpen en technisch handelen.
- Concepten, de kennisbasis waarmee leerlingen begrip opbouwen van natuurwetenschappelijke concepten als materie, leven, energie, aarde en heelal.



Figuur: visualisatie van de de verschillende type grote opdrachten en bouwstenen die in combinatie onderwijs vormen.

## Wat verandert er?

De natuurwetenschappelijke disciplines binnen Mens en Natuur worden sterker met elkaar verbonden en de rol van techniek en technologie wordt explicieter gemaakt. In het primair onderwijs leren leerlingen vanuit hun eigen belevingswereld. In het voortgezet onderwijs wordt deze wereld groter. Door het bewuster toepassen van gemeenschappelijke denk- en werkwijzen ontstaat meer samenhang tussen de disciplines. Persoonlijke en maatschappelijk actuele vraagstukken als duurzame ontwikkeling, gezondheid en technologische ontwikkeling krijgen meer aandacht. Dat zijn interdisciplinaire vraagstukken die met kennis uit de natuurwetenschap te begrijpen en te verklaren zijn.



[Bekijk hier een korte animatie van de opbrengsten Mens & Natuur](#)

## Schematisch overzicht van de grote opdrachten en de bouwstenen

		Primair onderwijs	Onderbouw voortgezet onderwijs
1	Aard van natuurwetenschappen & technologie (referentiekaders)		
1.1	Aard van Natuurwetenschappen	Leerlingen leren over de functie van natuurwetenschappen bij kennisontwikkeling en leren hoe natuurbeleving zich verhoudt tot natuurwetenschappelijke kennis.	Leerlingen leren over de rol van objectiviteit, betrouwbaarheid, voorlopigheid en natuurbeleving in de natuurwetenschappen en relateren dit aan het dagelijks leven en de maatschappij.
1.2	Aard van Technologie	Leerlingen leren over technologie, de creatieve en innovatieve mogelijkheden hiervan en de plek die techniek heeft in hun leven.	Leerlingen leren over creatief en innovatief inzetten van technologie en reflecteren op de wisselwerking tussen technologie en natuurwetenschappen.
2	Vraagstukken (Vraagstukken)		
2.1	Gezondheid	Leerlingen leren over een gezonde leefstijl en leren keuzes te maken ten aanzien van hun eigen gezondheid en gedrag.	Leerlingen leren regie te voeren over hun eigen gezondheid en gedrag en leren daarbij rekening te houden met anderen.
2.2	Duurzame ontwikkeling	Leerlingen leren dat ze door hun behoeften en (on)bewuste keuzes invloed hebben op hun eigen kwaliteit van leven. Het besef ontstaat dat hierbij tegenstrijdige belangen kunnen spelen.	Leerlingen leren over de complexiteit van duurzame ontwikkeling: de invloed van leefstijl, het gebruik van technologie, de rol van bedrijven en overheden en de schaalniveau waarop die effect hebben.
2.3	Technologische ontwikkeling	Leerlingen leren over de invloed van technologie en de (on)bedoelde effecten hiervan op de maatschappij.	Leerlingen leren over de effecten van technologische ontwikkelingen. Ze buigen zich vanuit verschillende oogpunten over de (ethische) vraagstukken.
3	Werkwijzen (werkwijzen)		
3.1	Onderzoeken	Leerlingen leren vragen te stellen, onderzoek uit te voeren, waarnemingen te interpreteren en een relatie te leggen tussen onderzoek en kennis.	Leerlingen leren onderzoeksvragen te formuleren, systematisch onderzoek uit te voeren, waarnemingen te interpreteren en deze te koppelen aan natuurwetenschappelijke concepten.
3.2	Ontwerpen	Leerlingen leren systematisch problemen op te lossen en maken ontwerpkeuzes met oog voor de gebruikers en de context.	Leerlingen leren systematisch en creatief probleemoplossen. Ze hebben hierbij oog voor verschillende contexten van een probleem en gebruiken kennis uit het leergebied.



3.3	<b>Modelgebruik- en ontwerp</b>	Leerlingen leren wat modellen zijn en hoe modellen worden gebruikt in hun eigen omgeving. Ze leren modellen te vergelijken met de werkelijkheid en verschillen te benoemen.	Leerlingen leren bestaande modellen te beoordelen en simpele modellen zelf te ontwerpen. Ze leren modellen te verbeteren door ze te relateren aan de natuurwetenschappelijke en technische context.
3.4	<b>Praktisch handelen</b>	Leerlingen leren aangeboden instrumenten, gereedschappen en materialen verantwoord en veilig te gebruiken en leren nauwkeurig te meten en observeren.	Leerlingen leren keuzes te maken tussen instrumenten, gereedschappen, stoffen en materialen. Ze leren deze doelgericht, veilig, nauwkeurig en duurzaam te gebruiken.
4	<b>Denkwijzen (denkwijzen)</b>		
4.1	<b>Patronen</b>	Leerlingen leren patronen waar te nemen, te herkennen en te onderscheiden in hun eigen omgeving en deze patronen te ordenen en classificeren.	Leerlingen leren patronen zichtbaar te maken, te analyseren, en voorspellingen te doen door voort te bouwen op waargenomen patronen.
4.2	<b>Systemen</b>	Leerlingen leren over een verscheidenheid aan systemen en de mogelijke interacties tussen (delen van) systemen.	Leerlingen leren om systemen op verschillende manieren te analyseren en interacties vanuit energie-, materie- en informatiestromen te beschrijven.
4.3	<b>Schaal, verhouding en hoeveelheid</b>	Leerlingen leren over het meten van grootheden in eenheden en de verhouding tussen eenheden op verschillende schaalniveaus.	Leerlingen leren over vakspecifieke grootheden en eenheden en de verbanden tussen verschillende grootheden.
4.4	<b>Relaties en verbanden</b>	Leerlingen leren over relaties en verbanden in hun eigen omgeving door gebeurtenissen en objecten te beschrijven.	Leerlingen leren complexe situaties te overzien en gebeurtenissen en objecten te analyseren aan de hand van verschillende relaties en verbanden.
5	<b>Signalen &amp; informatie (concepten)</b>		
5.1	<b>Golven en straling</b>	Leerlingen leren over de eigenschappen van licht, geluid en straling.	Leerlingen leren over de interactie tussen straling, golven en materie, over toepassingen van straling en over factoren die de schadelijkheid van geluid en straling bepalen.
5.2	<b>Signaalverwerking in het organisme</b>	Leerlingen leren over de zintuigen, de soorten informatie die ze ontvangen en de rol van de hersenen in de verwerking hiervan. Ook leren ze over de rol van hormonen in de ontwikkeling van het lichaam.	Leerlingen leren over de bouw en werking van de systemen voor signaalverwerking in het menselijk lichaam.
5.3	<b>Automatische systemen</b>	Leerlingen leren in hun directe omgeving automatische systemen herkennen en de hoofdelementen van eenvoudige automatische systemen te onderscheiden.	Leerlingen leren over de samenwerking tussen elementen van automatische systemen en tussen automatische systemen onderling. Ook maken leerlingen kennis met basisstructuren van programmeren.

<b>6</b>	<b>Energie &amp; wisselwerking (concepten)</b>		
<b>6.1</b>	<b>Kracht</b>	Leerlingen leren over verschillende krachten en hun effecten en over de rol van krachten bij verschillende toepassingen.	Leerlingen leren over de eigenschappen en effecten van krachten en leren algemene regels hierover toe te passen.
<b>6.2</b>	<b>Energie</b>	Leerlingen leren over de verschillende bronnen en toepassingen van energie en leren gefundeerde afwegingen te maken over het gebruik en de opwekking van energie.	Leerlingen leren over de wet van behoud van energie en leren daarmee een grote verscheidenheid aan processen te beschrijven als opslag, transport of omzetting van energie.
<b>7</b>	<b>Overleven van organismen (concepten)</b>		
<b>7.1</b>	<b>Instandhouding van een organisme</b>	Leerlingen leren over ontwikkeling en voortbestaan van organismen en leren belangrijke factoren als groei, interactie en erfelijkheid te onderscheiden.	Leerlingen leren over het instandhouden van organismen waarin groei, interactie en erfelijkheid een rol spelen.
<b>7.2</b>	<b>Leefomgeving en biodiversiteit</b>	Leerlingen leren over de biodiversiteit in landschappen om heen en over de match tussen de vorm en functie van organismen en hun omgeving en voedselrelaties.	Leerlingen leren over de vorming van landschappen. Ze leren het overleven van organismen te relateren aan de leefomgeving en de interactie met andere soorten.
<b>8</b>	<b>Natuurlijke grondstoffen &amp; materialen (concepten)</b>		
<b>8.1</b>	<b>Stoffen en reacties</b>	Leerlingen leren over eigenschappen van stoffen en materialen en dat deze eigenschappen kunnen veranderen.	Leerlingen leren over de bouw van materie en de relatie tussen bouw en eigenschappen. Veranderingen van stoffeigenschappen leren ze beschrijven als chemische reactie op deeltjesniveau.
<b>8.2</b>	<b>Winning, productie en bewerking</b>	Leerlingen leren over de herkomst, eindigheid en recycling van grondstoffen en de productieprocessen van materialen en voedsel.	Leerlingen leren over de mogelijkheden en grenzen van gebruik, hergebruik en verbruik van grondstoffen en om vanuit meerdere invalshoeken naar productieprocessen en de effecten daarvan te kijken.
<b>9</b>	<b>Aarde &amp; Klimaat (concepten)</b>		
<b>9.1</b>	<b>Aarde</b>	Leerlingen leren over het systeem aarde en leren verbanden leggen tussen verschillende deelsystemen (water, bodem en lucht) en de kringlopen daarbinnen.	Leerlingen leren over de continue werking van endogene en exogene processen in systeem aarde. De rol van de mens, zijn invloed, en de effecten op systeem aarde krijgt expliciet aandacht.
<b>9.2</b>	<b>Weer &amp; Klimaat</b>	Leerlingen leren hun waarnemingen van weersverschijnselen te relateren aan processen in de atmosfeer en leren over veranderingen van weer en klimaat.	Leerlingen leren over luchtdruk en over factoren die de ligging van klimaten kunnen verklaren. Ze leren te redeneren over klimaatverandering en de bijbehorende oorzaken, gevolgen en aanpassingen.

10	Heelal & tijd (concepten)		
10.1	Heelal & tijd	Leerlingen leren over verschillende hemellichamen en leren dag-en-nachtritme en seizoenen te verklaren aan de hand van de beweging van de aarde ten opzichte van de zon.	Leerlingen leren over de (on) mogelijkheden van menselijk leven buiten de aarde en leren ritmes in de tijd te verklaren aan de hand van de beweging van aarde en maan ten opzichte van de zon.



2.

## **VISIE OP HET LEERGEBIED**

# Relevantie

## Wat betekent het leergebied voor de leerling?

Een kind verwondert zich door het bijzondere in het gewone te zien. Natuurverschijnselen, zoals een regenboog of het gedrag van mieren, kunnen ons blijven verwonderen. Verwondering maakt mensen, en dus ook kinderen, nieuwsgierig. Ze gaan op zoek naar antwoorden en stellen vragen. Door de antwoorden op die vragen met hun eigen ervaring te verbinden doen ze kennis op. Die nieuwe kennis roept vervolgens weer verwondering op. Die verwondering willen we in het onderwijs, en specifiek binnen het leergebied Mens & Natuur, koesteren, voeden en stimuleren.

De wereld confronteert ieder kind met grote en kleine vragen. Sommige vragen komen voort uit verwondering, andere vragen uit persoonlijke behoefte of maatschappelijke urgentie. Ons leergebied kan in alle drie voorzien, al is er niet altijd een passend antwoord voor handen. Het leergebied Mens & Natuur biedt handvatten om mogelijkheden en kansen te leren zien en hier iets mee te doen.

## Wat betekenen maatschappelijke ontwikkelingen voor het leergebied?

Onze maatschappij is continu in beweging. Dat geeft ons als mens verschillende uitdagingen. Actuele vraagstukken vragen dringend om antwoorden. Het onderwijs heeft als doel leerlingen hierover te informeren en aan het denken te zetten.

### **Duurzame ontwikkeling**

De mens is niet alleen afhankelijk van de aarde en zijn (bio)diversiteit, maar is er ook onderdeel van. De mens draagt daarmee verantwoordelijkheid voor duurzame ontwikkeling. Duurzame ontwikkeling richt zich op de verdeling van wat de leefomgeving te bieden heeft aan onszelf, aan mensen elders, aan mensen in de toekomst en aan andere soorten dan de mens. De innovatie en kennis die verbonden is met het leergebied kan ervoor zorgen dat de ecologische voetafdruk van de mens vermindert, natuurlijke hulpbronnen en ecosystemen in stand blijven en alternatieve natuurlijke hulpbronnen kunnen worden ontdekt. Zo kunnen niet alleen de huidige, maar ook toekomstige generaties in hun behoeften worden voorzien.

### **Gezondheid**

Gezondheid is het vermogen zich aan te passen en een eigen regie te voeren, in het licht van de fysieke, emotionele en sociale uitdagingen van het leven (Huber, 2013). Kennis over gezondheid is belangrijk omdat het mensen de mogelijkheid geeft voor zichzelf en anderen te zorgen.

Bovendien zijn gezondheidsrisico's overal aanwezig. Maatschappelijke trends kunnen gevolgen hebben voor de individuele gezondheid van mensen, denk hierbij aan de toevoeging van suikers aan bewerkt voedsel of de (lokaal) afnemende vaccinatiegraad.

### **Technologische ontwikkeling**

Soms ontstaan nieuwe innovaties toevallig of puur uit plezier. Vaker ontstaan nieuwe innovaties doelgericht vanuit een behoefte of probleem. Naast een behoefte vervullen of een probleem oplossen, kunnen technische innovaties ook nieuwe problemen en uitdagingen veroorzaken. Technologische innovaties hebben verwachte en onverwachte impact op het persoonlijk leven, op de omgeving en de maatschappij (KNAW, 2018). We worden steeds meer afhankelijk van technologie. Denk bijvoorbeeld aan het opslaan van informatie in de cloud, dat vaak erg handig is, maar ons ook (nog) afhankelijk(er) maakt van een werkende internetverbinding.

## Visie op onderwijs

Iedere leerling beleeft, ervaart, begrijpt en waardeert de wereld op zijn eigen manier. Onderwijs zou het leerlingen mogelijk moeten maken om zich te blijven ontwikkelen op hun eigen niveau, zelfs als hij bepaalde vaardigheden en kennis al heeft verworven of hier juist veel moeite mee heeft. Door een diversiteit aan contextrijke leeromgevingen in de natuurlijke en gemaakte wereld op te zoeken komt de leerling in aanraking met de wereld en wordt de wereld binnen de school gebracht. De leerling oriënteert zich op de toekomst en mogelijke beroepen binnen het leergebied. Nauwe samenwerking met experts, organisaties en het bedrijfsleven bieden veel mogelijkheden voor een contextrijke, betekenisvolle leeromgeving. Het landelijke curriculum dient wat ons betreft aan te geven in welke richting leerlingen zich ontwikkelen. Het moet alle leerlingen, ongeacht hun aanleg en niveau, ruimte geven om te groeien. Het ontwikkelteam Mens & Natuur pleit voor onderwijs dat betekenisvol, verdiepend en samenhangend is voor iedere leerling. Het landelijke curriculum zou dan ook de vrijheid en ruimte moeten bieden voor het onderwijsveld om keuzes te maken die aansluiten bij de actualiteit, de behoefte van de leerling, de regio, de visie van de school of de expertise van de leraar.

## Inhoud van het leergebied

Het leergebied wordt gekenmerkt door de invalshoeken van verschillende disciplines, die met kenmerkende concepten ieder een bijdrage leveren aan het begrijpen en verklaren van de complexe wereld om ons heen. De natuurwetenschappelijke disciplines binnen het leergebied zijn aardrijkskunde, biologie, natuurkunde en scheikunde. Uit deze verschillende disciplines zijn verschillende schoolvakken voortgevloeid en zullen in de toekomst nieuwe schoolvakken voortvloeien. Naast de natuurwetenschappelijke disciplines spelen techniek en technologie een onmisbare rol in het leergebied. De natuurwetenschappelijke en de technologische benadering vormen samen de basis voor het leergebied. Vaardigheden als onderzoeken en ontwerpen bieden de mogelijkheid om de leerlingen te laten ervaren hoe in het leergebied wordt gewerkt.

### Natuurwetenschappen

De natuur en de wereld om ons heen worden door de leerling beleefd en bekeken als geheel, maar vanuit dit leergebied benaderd en verklaard in delen. Door natuurwetenschappelijk onderzoek weten we als mens steeds meer over die wereld. De verschillende natuurwetenschappelijke disciplines kunnen de leerling helpen om samenhang in de complexiteit van de wereld te kunnen zien. Mensen interpreteren de kennis die natuurwetenschap voortbrengt. Nieuwe kennis dwingt ons soms om overtuigingen te veranderen, ons gevoel ter discussie te stellen of zelfs opzij te zetten. Wetenschappelijke kennis kan ons verrassen, zelfs verontrusten, vooral als we ontdekken dat onze wereld niet is zoals we die waarnemen of zouden willen zien. Doordat de leerling leert hoe kennis in de natuurwetenschappen tot stand komt en dat deze kennis altijd weer kan veranderen door nieuwe inzichten, kan hij (wetenschappelijke) informatie op waarde schatten. Om kritisch te kunnen nadenken over de betrouwbaarheid van informatie heeft een leerling houvast aan wetenschappelijke waarden als integriteit en openheid. De leerling krijgt hierdoor handvatten om een bewuste en met argumenten onderbouwde mening te vormen.

### Technologie

Techniek en technologie gaan over de werkelijkheid zoals we die willen maken, terwijl de natuurwetenschappen de werkelijkheid bestuderen zoals die zich aan ons voordoet. Techniek en technologie gaan over vooruitgang, innovatie en verbeelding. De mens maakt bij bijna alles wat hij doet gebruik van gereedschappen, machines en apparaten; of het nu gaat om het groeien van voedingsgewassen en het zorgen voor



een dak boven ons hoofd, of om communicatie, het genezen van ziekten en entertainment. Technologie heeft ons in staat gesteld taken efficiënter uit te voeren dan mensen daarvoor ooit konden. Kennis van en over techniek en technologie komt van pas bij het aanschaffen, gebruiken, maken, repareren, onderhouden en ontwerpen van producten. Nieuwe technologie wordt vaak mogelijk gemaakt door wetenschappelijke ontdekkingen. Op haar beurt maakt technologische ontwikkeling weer nieuw wetenschappelijk onderzoek mogelijk. Leerlingen ervaren dat zij zelf ook invloed kunnen uitoefenen op die wereld.

## Hoofddoelen van het onderwijs

Het voorstel van het ontwikkelteam Mens & Natuur is bedoeld voor het onderwijs aan alle leerlingen, niet alleen zij die later een beroep in de natuurwetenschap of techniek zullen kiezen. Onderwijs in het leergebied Mens & Natuur dient dan ook een belangrijke bijdrage te leveren aan alle drie de hoofddoelen van het onderwijs, kwalificatie, socialisatie en persoonlijke ontwikkeling.

### Kwalificatie

Leerlingen leren kritisch nadenken over de wereld om hen heen door zelf systematisch kennis te ontwikkelen. Kennisopbouw speelt een belangrijke rol in het leergebied. Het aanbrengen van een solide kennisbasis moet binnen het leergebied Mens & Natuur gecombineerd worden met het ontwikkelen van vaardigheden. Onderwijs in dit leergebied helpt hen bovendien bewust te worden van hun mogelijke eigen rollen (vervolgopleiding en beroepsmatig) en biedt hen inzicht in de invloed die ze kunnen hebben op hun omgeving. In de dagelijkse praktijk van natuurwetenschappers, technici, artsen en technologen zijn typische werk- en denkwijzen te ontdekken. Samen met kennis van en over de wereld geven deze invulling aan de kwalificerende functie van onderwijs in het leergebied Mens & Natuur.

### Socialisatie en persoonlijke ontwikkeling

Door vragen te stellen en antwoorden te (onder)zoeken ontdekt de leerling wie hij is in relatie tot zijn eigen lichaam, anderen, de directe omgeving en de wereld daarbuiten. Onderwijs in het leergebied Mens & Natuur kan helpen bij het maken van gefundeerde keuzes wanneer het gaat om de enorme mogelijkheden die natuurwetenschap en technologie biedt en nog gaat bieden.

Binnen het leergebied spelen ook waarden en normen een grote rol. Om de rol van natuurwetenschap en technologie in onze samenleving beter te kunnen begrijpen is kennis nodig over hoe natuurwetenschappen en technologie werken. De leerlingen kunnen zo keuzes die in de samenleving worden gemaakt en hun consequenties, beter begrijpen. Door bovendien vraagstukken als duurzame ontwikkeling, gezondheid en technologische ontwikkeling natuurwetenschappelijk te benaderen, worden leerlingen ondersteund bij het vormen en beargumenteren van hun mening. Onderwijs binnen het leergebied Mens & Natuur levert ten slotte een belangrijke bijdrage aan het beeld dat leerlingen zich vormen over de natuur en techniek en over de rol van de natuurwetenschappen en technologie in de samenleving. Daarmee is het leergebied onlosmakelijk verbonden met socialisatie en persoonlijke ontwikkeling.

## De positie van het leergebied

De breedte en rijkdom van het leergebied Mens & Natuur bieden veel aanknopingspunten om het onderwijs in samenhang aan te bieden met alle andere leergebieden. Het ontwikkelteam Mens & Natuur pleit dan ook voor veel meer samenhang in het curriculum met name voor het primair onderwijs.

De leergebieden Mens & Natuur en Mens & Maatschappij delen heel veel. Beide zijn samengestelde leergebieden die uit een veelheid van disciplines de wereld om ons heen bestuderen en beschrijven. Samen zorgen zij voor wereldoriëntatie.

Het ontwikkelteam stelt ook voor om taal- en rekenonderwijs te verbinden met het leergebied Mens & Natuur, het zogenaamd taal- en rekenbewust vakonderwijs. Rijke teksten uit het leergebied Nederlands kunnen bijdragen aan het ontwikkelen van kennis en begrip van natuurwetenschappelijke concepten en zijn essentieel voor de taal- en denkontwikkeling van leerlingen. Wiskundige kennis en denk- en werkwijzen worden functioneel gebruikt bij de rijke contexten vanuit het leergebied Mens & Natuur. Andersom biedt Rekenen & Wiskunde krachtig gereedschap voor het begrijpen, verklaren en beïnvloeden van de wereld.

## Ontwikkelkader

Om alle elementen uit de visie systematisch een plek in dit curriculumvoorstel te geven, heeft het ontwikkelteam Mens & Natuur gebruik gemaakt van een ontwikkelkader. Dit ontwikkelkader helpt om de grote opdrachten en bouwstenen gericht uit te werken. Het geeft het curriculum structuur, verheldert de complexiteit van het leergebied en biedt ruimte aan verschillende onderwijs-organisatorische en didactische benaderingen.

Het ontwikkelkader beschrijft het leergebied Mens & Natuur vanuit vijf verschillende type grote opdrachten en bouwstenen:

### Referentiekaders:

De aard van het leergebied; kaders van waaruit het leergebied als geheel kan worden bekeken. Referentiekaders geven richting en structuur aan het leergebied.

### Vraagstukken:

Ontwikkelingen die maatschappelijke en persoonlijke uitdagingen, problemen en dilemma's oproepen. Leerlingen hebben zich tot deze vraagstukken te verhouden. Het leergebied levert een bijdrage aan de antwoorden op deze vraagstukken.

### Werkwijzen:

Kenmerkende handelingen en activiteiten zoals ze worden uitgevoerd in de beroepspraktijk van het leergebied. Er is een diversiteit aan kennis en vaardigheden nodig om deze werkwijzen te kunnen gebruiken.

### Denkwijzen:

Denkwijzen geven structuur aan waarnemingen en ondersteunen de leerling bij het stellen van vragen, het redeneren en het formuleren. De denkwijzen zijn voor het leergebied kenmerkende manieren van kijken, ordenen en/of redeneren.

### Concepten:

De kernbegrippen van het leergebied die de basis vormen voor de (disciplinaire) kennisopbouw in het leergebied. Het zijn principes, beginselen, theorieën, wetten, structuren, ordeningen of systemen die verbonden kunnen zijn aan één of meerdere disciplines.

De verschillende types zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden, maar zijn apart van elkaar omschreven. In het verdere voorstel is iedere grote opdracht of bouwsteen verbonden aan één van de vijf types. In de tabel

hieronder vindt u het aantal grote opdrachten en bouwstenen per type. Het aantal zegt niets over het belang van het type grote opdracht of bouwsteen.

Referentiekaders	1 grote opdracht en 2 bouwstenen
Vraagstukken	1 grote opdracht en 3 bouwstenen
Werkwijzen	1 grote opdracht en 4 bouwstenen
Denkwijzen	1 grote opdracht en 4 bouwstenen
Concepten	6 grote opdrachten en 12 bouwstenen

In de onderwijspraktijk zullen de typen grote opdrachten en bouwstenen moeten worden gecombineerd. De referentiekaders, vraagstukken, denkwijzen en werkwijzen zijn nodig om de concepten te doorgronden. Andersom zijn de concepten nodig om de referentiekaders, vraagstukken, denkwijzen en werkwijzen inhoud en betekenis te geven. In combinatie worden de bouwstenen dan ook pas onderwijs. De figuur hieronder geeft dit schematisch weer.



Het kader is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met het leergebied Mens & Maatschappij. De achtergrond van en de beweegredenen bij de totstandkoming van dit ontwikkelkader zijn separaat beschreven in de toelichting bij dit voorstel.

## Voorbeelden van gebruik

Hieronder beschrijven we twee voorbeelden waarin combinaties van verschillende bouwstenen worden gebruikt om onderwijs te maken. In het document "Toelichting op het voorstel voor de basis van de herziening van de kerndoelen en eindtermen van de leraren en schoolleiders uit het ontwikkelteam Mens & Natuur" zijn meer voorbeelden te vinden, hoofdstuk "Voorbeelden van combinaties bouwstenen".

### Waterkringlopen

- Werkwijze-bouwsteen: onderzoeken
- Denkwijze-bouwsteen: systemen
- Concept-bouwsteen: weer en klimaat

Leerlingen verwonderen zich over de regen en vragen zich af waar die vandaan komt. Door experimenten te doen met verschillende temperaturen in kleine kas-systemen zien leerlingen dat water niet verdwijnt uit een gesloten systeem maar alleen verdampt en weer condenseert. Zo leren leerlingen dat het water uit een regenplas ook niet verdwijnt en maken ze de verbinding naar regen en de waterkringloop op grote schaal.

### **Biomimicry**

Referentiekader-bouwsteen: aard van technologie

Werkwijze-bouwsteen: ontwerpen

Denkwijze-bouwsteen: relaties en verbanden

Concept-bouwsteen: biodiversiteit en leefomgeving

Hoe ontwerp je goede isolatie? Eén manier is om te kijken naar organismen. Een ijsbeer overleeft bijvoorbeeld in een flink koude omgeving. Hoe werkt dat? De vacht van een ijsbeer is wat betreft samenstelling, lengte en hoeveelheid van de haren geëvolueerd tot het optimaal warm houden van de ijsbeer. De vorm sluit dus aan bij de functie. Aan de hand van het voorbeeld van de vacht van een ijsbeer, kan een leerling voorstellen doen voor nieuwe isolatie.



3.

## **GROTE OPDRACHTEN EN BOUWSTENEN**

# Grote opdracht 1: Aard van natuurwetenschappen & technologie

## Relevantie

Technologie en natuurwetenschappen spelen een belangrijke rol in de samenleving. Denk bijvoorbeeld aan vraagstukken als de energietransitie, circulaire impact, duurzame productie van gezond en veilig voedsel, en oorsprong van het leven op aarde en in het heelal. Als leerlingen de rol van wetenschap bij de totstandkoming van kennis begrijpen, kunnen zij (wetenschappelijke) informatie beter op waarde schatten en feiten en fictie van elkaar scheiden. Deze kennis stimuleert het kritisch denken en het verwerven, beoordelen en formuleren van argumenten in (maatschappelijke) discussies.

De mens is bij alles wat hij doet afhankelijk van gereedschappen, machines en apparaten. Of het nu gaat om het groeien van voedingsgewassen en het zorgen voor een dak boven ons hoofd, of om communicatie, het genezen van ziekten en entertainment. Omdat technologie invloed heeft op alles in het leven, is een basisbegrip van technologie essentieel om de hedendaagse veranderende wereld te blijven begrijpen.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht helpt leerlingen te begrijpen wat natuurwetenschappen en technologie zijn, waar ze toe dienen en wat ze in de toekomst kunnen betekenen.

Met wetenschap wordt het systematische proces bedoeld dat leidt tot nieuwe verifieerbare kennis, de manier waarop deze kennis geïnterpreteerd wordt en het systeem waarbinnen men de kennis kan blijven ontwikkelen.

Met techniek en technologie wordt de verzameling van apparaten, machines, mogelijkheden en de kennis die daarbij hoort, bedoeld. Hoewel 'technologie' niet dezelfde betekenis heeft als 'techniek', worden deze begrippen in praktijk vaak door elkaar gebruikt. Technologie kan worden opgevat als 'de wetenschap van techniek'. Waar wij in dit stuk technologie schrijven, kan ook techniek gelezen worden. Hiermee volgen wij de lijn van het stuk "Technologie in de leergebieden" (Van Dijk et al., 2017).

Deze grote opdracht bestaat uit twee bouwstenen, aard van natuurwetenschappen en aard van technologie.

De bouwsteen aard van natuurwetenschappen kent de groeirichtingen:

- relatie tussen wetenschap en kennis
- oriëntatie op wetenschap en (inter)disciplines
- natuurbeleving

De bouwsteen aard van technologie kent de groeirichtingen:

- creativiteit en innovatie
- oriëntatie op technologie en (inter)disciplines
- technologiebeleving



# Aard van natuurwetenschappen & technologie

## AARD VAN NATUURWETENSCHAPPEN

De bouwsteen “aard van natuurwetenschappen” gaat over de relatie tussen wetenschappelijk onderzoek en kennis, de rol van natuurwetenschappelijke disciplines en de beleving van de natuur. Wetenschappelijke kennis wordt voortdurend aangevuld en opnieuw beoordeeld in het licht van nieuwe opbrengsten van onderzoek en daarbij horende nieuwe inzichten. Deze kennis ontwikkelt zich in een wereldwijde gemeenschap waarin wetenschappers samenwerken (sociale context). Dat maakt dat de wetenschap als een sociaal waardevol kennissysteem kan worden gezien. Hierbij pendelen natuurwetenschappers heen en weer tussen de natuur als geheel en de onderdelen waaruit de natuur is opgebouwd. Deze bouwsteen bevat **niet alleen** de kennis over wetenschap en het omgaan met wetenschappelijke kennis, maar **ook** het onderscheid tussen hun persoonlijke beleving en objectieve verklaringen. Bij de bouwsteen “onderzoeken” staat het onderzoek doen door de leerlingen zelf centraal.

## Primair onderwijs onderbouw

### Inleiding

In de onderbouw van het po ontdekken leerlingen wat wetenschap in hun dagelijks leven inhoudt. Zij leren hierover vragen te stellen en oriënteren zich op beroepen met een natuurwetenschappelijke achtergrond. Zij leren bovendien onder woorden te brengen hoe zij de natuur ervaren.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

Relatie tussen wetenschap en kennis

- verhelderende vragen te stellen naar aanleiding van natuurwetenschappelijk onderzoek in de actualiteit (te denken valt aan het bespreken van nieuwsberichten over nieuwe ontdekkingen).
- onderscheid te maken tussen feiten en meningen aan de hand van situaties uit het dagelijks leven (te denken valt aan het kunnen benoemen van het verschil tussen de smaak van chips en of het lekker smaakt).

Oriëntatie op wetenschap en (inter)disciplines

- over de rol die wetenschap speelt in verschillende beroepen (te denken valt aan de dokter die achterhaalt welke ziekte je hebt, de monteur die onderzoekt wat er mis is met de verwarming en de politieagent die via vingerafdrukken een dader opspoot).

Natuurbeleving

- om uit te drukken hoe zij de natuur in de eigen omgeving in zijn geheel ervaren.
- herkennen dat men verschillende natuurbeleving kan hebben (te denken valt aan vinden dat iets stinkt of mooi is).

## Bovenbouw primair onderwijs

In de bovenbouw van het po worden leerlingen zich bewust van (on)betrouwbaarheid van informatie waarmee zij in aanraking komen. Ze leren wat de functie van wetenschap en verschillende natuurwetenschappelijke disciplines is bij kennisontwikkeling en hoe natuurbeleving zich verhoudt tot natuurwetenschappelijke kennis.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(relatie tussen wetenschap en kennis)*

- aan de hand van situaties in de eigen omgeving vragen te stellen over betrouwbaarheid (te denken valt aan “is dit waar?” en “hoe weet ik dat dit waar is?”).
- bewust te zijn van de mogelijkheid die wetenschap biedt om tot betrouwbare antwoorden op vragen te komen (te denken valt aan de meerwaarde van experimenten voor kennisontwikkeling).
- om te gaan met een verscheidenheid aan verklaringen voor natuurlijke verschijnselen en de onzekerheid die dit met zich mee brengt.
- de bron van een uitspraak gebruiken om een inschatting van de betrouwbaarheid te maken (te denken valt aan een bedrijf dat zijn eigen product aanbeveelt of een wetenschapper uit het ene vakgebied dat een uitspraak doet over een ander vakgebied).
- verhelderende vragen te stellen na aanleiding van natuurwetenschappelijk onderzoek in de actualiteit.

*(oriëntatie op wetenschap en (inter)disciplines)*

- over de rol die wetenschap speelt in verschillende situaties en beroepen (te denken valt aan onderzoek naar gevolgen voor de natuur na een bosbrand of een astronaut die in een ruimtestation onderzoek doet naar de groei van planten).
- over het vergroten van kennis door samenwerking.

*(natuurbeleving)*

- om bij natuurbeleving onderscheid te maken tussen objectieve, algemene verklaringen van natuurverschijnselen en subjectieve, persoonlijke ervaringen (te denken valt aan kennis over geluidsgolven vs. persoonlijke emoties bij muziek).

## Onderbouw voortgezet onderwijs

In de onderbouw van het vo leren leerlingen over de rol van objectiviteit, betrouwbaarheid, voorlopigheid en natuurbeleving in de natuurwetenschappen. Ze leren om dit te relateren aan ervaringen en dilemma's in dagelijks leven en maatschappij en krijgen inzicht in de rol van de natuurwetenschappelijke disciplines hierin.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(relatie tussen wetenschap en kennis):*

- natuurwetenschappelijk onderzoek uit de actualiteit te gebruiken om eigen kennis te vergroten.

- om te gaan met het streven binnen de natuurwetenschappen om zo objectief mogelijk te zijn (te denken valt aan de voorlopigheid van resultaten).
- factoren te herkennen die iets zeggen over de betrouwbaarheid van natuurwetenschappelijk onderzoek (te denken valt aan het variëren van parameters, het nemen van meerdere monsters of het herhalen van een experiment).
- onderscheid te maken tussen feiten en meningen door uit te zoeken of informatie afkomstig is uit betrouwbare en valide bronnen.
- de veranderingen in hun eigen kennis door inzichten uit (nieuw) natuurwetenschappelijk onderzoek te beschrijven.

*(oriëntatie op wetenschap en (inter)disciplines)*

- over de rol die de natuurwetenschap speelt in verschillende maatschappelijke vraagstukken en beroepen (te denken valt aan de ecooloog die betrokken is bij de aanleg van een weg of de chemisch analist die in een fabriek de kwaliteit van producten monitort).
- natuurwetenschap en (natuur)wetenschappelijke disciplines te herkennen in de eigen omgeving en in de media.
- over het bestaan van natuurwetenschappelijke disciplines die elk hun eigen deel van de wereld beschrijven, elk hun eigen vaktaal gebruiken en in een disciplinaire gemeenschap samenwerken.
- over de rol van natuurwetenschap in hun toekomst voor wat betreft hun eigen interesses en mogelijke loopbaan.

*(natuurbeleving)*

- om relaties te leggen tussen objectieve, algemene verklaringen van verschijnselen en subjectieve, persoonlijke ervaringen.
- om bewust te zijn dat natuurverschijnselen niet altijd verklaard kunnen worden via een optelsom van de objectieve, algemene verklaringen over onderdelen van de natuur (te denken valt aan uitleg over holistisch vs. reductionistisch benaderingen door natuurwetenschappers).

# Aard van natuurwetenschappen & technologie

## AARD VAN TECHNOLOGIE

Deze bouwsteen gaat over het gebruik van technologie en technologische oplossingen. Het gaat daarbij om de aard van technologie, waarbij creativiteit, innovatie en het doelgerichte karakter van technologie een grote rol spelen. Leerlingen leren dat technologie kan ontstaan vanuit een behoefte of probleem en dat het concrete oplossingen en nieuwe producten kan opleveren. Ze leren bovendien dat er een sterke wisselwerking tussen technologie en de (natuur)wetenschap is.

Technologie zorgt voor verandering in beroepen, het verdwijnen van beroepen door automatisering en voor het ontstaan van nieuwe beroepen. Zo werken artsen tegenwoordig met complexe en innovatieve technologieën en zijn er steeds meer big-data analisten nodig.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po leren de leerlingen de gemaakte en natuurlijke wereld te onderscheiden en ervaren ze spelenderwijs de mogelijkheden van technologie in hun directe omgeving.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(creativiteit en innovatie)*

- over verschillende redenen om gereedschappen en technologieën in te zetten (te denken valt aan een schaar om papier in stukken te verdelen of een rekenmachine om makkelijker en sneller te rekenen).
- over de diversiteit aan mogelijkheden die technologie biedt om simpele problemen op te lossen in dagelijkse situaties (te denken valt aan een krukje om ergens bij te kunnen).

*(oriëntatie op technologie en (inter)disciplines)*

- over de rol die technologie speelt in verschillende beroepen uit de eigen omgeving (te denken valt aan de arts die gebruik maakt van een stethoscoop, de vuilnisman een vuilniswagen, de brandweer vuurwerende kleding).

*(technologiebeleving)*

- onderscheid te maken tussen de natuurlijke wereld en de door de mens gemaakte wereld.
- dat het beleven van technologie plezier kan geven.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po maken leerlingen kennis met de doelmatige en creatieve ontwikkeling van technologie en de bedoelde en onbedoelde invloed die technologie heeft op de wereld om hen heen.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(creativiteit en innovatie)*

- over hoe mensen creatief denken, onderzoeken en ontwerpen om tot technologische oplossingen voor problemen te komen.
- over het steeds verbeteren van bestaande gereedschappen en technologieën.
- over het doelgerichte karakter van technologie.
- over de rol die de mens heeft in het aansturen, kiezen en gebruiken van technologie.

*(oriëntatie op technologie en (inter)disciplines)*

- over de rol die technologie speelt in verschillende beroepen uit de directe omgeving (te denken valt aan de arts die gebruik maakt van een digitale thermometer, de boer een melkmachine, de leerkracht een smartboard).

*(technologiebeleving)*

- uit te drukken hoe zij technologie ervaren en welke behoefte zij hebben op het gebied van technologie.
- over de diversiteit aan analoge en digitale technologie in hun directe omgeving.
- te onderzoeken of het omgaan met of ontwikkelen van technologie hen plezier geeft (te denken valt aan digitale games, apparaten in het huishouden en zelf programmeren).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo reflecteren leerlingen op de interactie tussen technologie en wetenschap, oriënteren zich op werken in de technologie en ze vragen zich af of alle mogelijkheden van technologie ook gebruikt moeten worden.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(creativiteit en innovatie)*

- over de rol van de probleemstelling of behoefte enerzijds en creativiteit anderzijds in de ontwikkeling van technologie.
- over de rol die oneigenlijk gebruik kan spelen bij innovatie.

*(oriëntatie op technologie en (inter)disciplines)*

- over de rol die technologie speelt in verschillende beroepen (te denken valt aan de arts die gebruik maakt van een MRI-scanner, de fotograaf van een foto-bewerkingsprogramma en de zoekmachine-ontwerper van kunstmatige intelligentie).
- over de bijdrage die kennis uit de (natuur-)wetenschappen levert aan nieuwe technologie (te denken valt aan kennis over elektromagnetische golven bij het ontwikkelen van wifi).
- over de bijdrage die technologische ontwikkelingen leveren aan de (natuur-)wetenschap (te denken valt aan de microscoop die maakt dat we nu hele kleine deeltjes kunt zien of de grote hoeveelheid data die nu beschikbaar zijn door digitale technologie).

*(technologiebeleving)*

- uit te drukken waarom en hoe zij technologie gebruiken.
- over de diversiteit aan analoge en digitale techniek in hun verschillende omgevingen.
- Omgaan met hoe zij technologie in hun eigen omgeving ervaren (te denken valt aan “het geeft plezier” en “het is ingewikkeld”).



# Grote opdracht 2: Vraagstukken

## Relevantie

Drie persoonlijke en maatschappelijke vraagstukken zijn in het bijzonder belangrijk voor het leergebied Mens & Natuur: gezondheid, duurzame ontwikkeling en technologische ontwikkeling. Kennis uit het leergebied Mens & Natuur helpt leerlingen om een mening te vormen over deze vraagstukken en toekomstgericht te denken en handelen.

Gezondheid is voor iedereen belangrijk in het kader van de fysieke, emotionele en sociale uitdagingen van het leven. Iedere leerling leeft in een wereld vol verleidingen. Altijd zijn er andere mensen die, direct of indirect, hun keuzes beïnvloeden. Samen met kennis over gezondheid helpt dit vraagstuk de leerling bij het maken van gefundeerde keuzes, die bijdragen aan het welzijn van zichzelf en anderen, nu en in de toekomst.

Duurzame ontwikkeling, is de “ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden, zonder het vermogen van toekomstige generaties, om in hun behoeften te voorzien, in gevaar te brengen (Brundtland, 1987).” Bij duurzaamheidsvraagstukken spelen spanningen tussen verschillende behoeften, belangen en waarden, zowel individueel als collectief. Dit vraagt om inzicht en kennis van natuurlijke hulpbronnen, menselijk handelen en innovatieve oplossingen.

Regelmatig worden er nieuwe technologieën ontwikkeld. Dit roept vragen op over wat er nu kan, wat wellicht in de toekomst mogelijk zou kunnen worden en tot onvoorziene gevolgen zou kunnen leiden. De steeds bredere inzet van technologie vraagt dus om ethische overwegingen. Technologie is op zichzelf niet goed of slecht, maar in de handen van de mens kan het zowel positief als negatief ingezet worden. Vanwege de invloed van technologie op ons leven is het essentieel dat leerlingen realiseren dat technologische ontwikkeling ook een maatschappelijke ontwikkeling is, dat ze een positief kritische houding ontwikkelen tegenover technologie en dat ze er hierin keuzes kunnen maken.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht helpt leerlingen om te gaan met gezondheid, duurzame ontwikkeling en technologische ontwikkeling. Leerlingen leren bewuster keuzes te gaan maken en zorg te dragen voor zichzelf, elkaar en hun omgeving. Ze leren vanuit hun eigen waarden en normen te redeneren en geven waardeoordelen over mogelijke risico's.

Deze grote opdracht bestaat uit drie bouwstenen: gezondheid, duurzame ontwikkeling en technologische ontwikkeling.

De bouwsteen gezondheid kent de groeirichtingen:

- welzijn
- voeding
- seksualiteit
- risico's en veiligheid

De bouwsteen duurzame ontwikkeling is een gemeenschappelijke bouwsteen met het leergebied Mens & Maatschappij en kent drie groeirichtingen:

- Gemeenschappelijk
- Mens & Natuur
- Mens & Maatschappij (uitgewerkt in het voorstel van Mens & Maatschappij) De bouwsteen technologische ontwikkeling kent de groeirichtingen:
  - effecten van technologische ontwikkeling
  - wisselwerking maatschappij en technologie

# Vraagstukken

## GEZONDHEID

Het vraagstuk gezondheid gaat over verschillende aspecten van gezondheid zoals voeding, ziekte, risico's en seksualiteit. Gezondheid is voor iedereen belangrijk. Het is van belang dat leerlingen leren welke invloed ze kunnen uitoefenen op hun eigen fysieke en mentale gezondheid, en op die van anderen in hun omgeving. Leerlingen leren hun keuzes op het gebied van gezondheid te verantwoorden. Door met vragen over hun eigen gezondheid en die van anderen in hun omgeving aan de slag te gaan, leren ze regie te voeren over eigen lichaam en de risico's die in hun omgeving aanwezig zijn.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po oriënteren leerlingen zich op een gezonde leefstijl, gezond gedrag en de rol die voeding en ziekte spelen in hun eigen leven en dat van klasgenoten.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(welzijn)*

- om te gaan met welbevinden en ziekte bij zichzelf en anderen (te denken valt aan iemand te troosten die ziek is en uiten dat je je niet prettig voelt).
- sociaal om te gaan met anderen (te denken valt aan het helpen met strikken van veters, leesmaatjes zijn en elkaar aanspreken op (pest)gedrag).
- herkennen dat leefomgeving en natuur van invloed kan zijn op hun welbevinden (te denken valt aan buitenspelen en vrolijk zijn als de zon schijnt).

*(voeding)*

- hun eigen voorkeuren met betrekking tot voeding te herkennen (te denken valt aan de smaak en geur van verschillende voedingsmiddelen).
- om te gaan met hun eigen eetgewoonten in relatie tot hun gezondheid (te denken valt gezonde traktaties en voldoende water drinken).

*(seksualiteit)*

- de wensen en grenzen van anderen met betrekking tot fysiek contact te respecteren.

*(risico's en veiligheid)*

- om gevolgen voor henzelf in te schatten en te voorspellen (veilig fietsen en het kiezen van veilige plekken om te spelen).
- inzien dat gebeurtenissen gevolgen kunnen hebben voor hun directe omgeving (te denken valt aan hulp bieden of inschakelen als iemand valt).

# Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po worden leerlingen zich bewust van verschillen tussen mensen wat betreft leefstijl en relateren ze dit aan gezondheid. Ze gaan bewuster keuzes maken ten aanzien van hun eigen gezondheid en gedrag.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(welzijn)*

- maatregelen te nemen om het eigen welzijn en dat van anderen te bevorderen (te denken valt aan het kunnen handelen wanneer iemand zich verwondt en ervoor zorgen dat niemand wordt buitengesloten).
- om te gaan met verschillende mogelijkheden bij het behandelen van ziekten (te denken valt aan het gebruik van bepaalde medicijnen).
- uitdrukking geven aan de invloed die de leefomgeving en natuur kan hebben op het welbevinden en deze uitingen van anderen te respecteren.

*(voeding)*

- hun eigen voorkeuren met betrekking tot voeding te verkennen en hun keuze hierin te beschrijven.
- keuzes te maken met betrekking tot voedsel en gezondheid (te denken van aan een appel eten in plaats van chips).
- om te gaan met hun eigen eetgewoonten en die van anderen in relatie tot gezondheid en duurzaamheid.
- in te zien dat voedselpatronen effect kunnen hebben op de leefomgeving en de maatschappij (te denken valt aan voedselverspilling of suikerziekte).

*(seksualiteit)*

- zich bewust te zijn van gevoelens rond relaties en seksualiteit.
- te erkennen dat je zelf keuzes kunt en mag maken over relaties en seksualiteit en dat anderen dat ook kunnen en mogen.
- uitdrukking te geven aan eigen wensen en grenzen rond relaties.
- om te gaan met de veranderingen van hun lichaam in de puberteit.

*(risico's en veiligheid)*

- gevolgen voor henzelf, de directe en de indirecte omgeving in te schatten en te voorspellen en daarbij aansluitend veiligheidsmaatregelen te nemen (te denken valt aan het toepassen van hygiënemaatregelen).
- Leren wat de effecten van genotsmiddelen zijn (te denken valt aan het risico van verslaving).

# Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo ontwikkelen leerlingen het vermogen regie te voeren over hun eigen gezondheid en daarbij rekening te houden met anderen. Ze zijn zich bewust van diversiteit in hun omgeving.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(welzijn)*

- maatregelen te nemen om het eigen welzijn en dat van anderen te bevorderen (te denken valt aan ziekte en ongevallen).
- om te gaan met verschillende maatregelen ten behoeve van de volksgezondheid (te denken valt aan regelgeving op het gebied van vaccinaties en orgaandonatie).
- zich te verhouden tot verschillende mogelijkheden bij de behandeling en het voorkomen van ziekten (te denken valt aan het gebruik van medicijnen of het aanpassen van leefstijl).
- keuzes te maken in hun leefstijl die invloed hebben op de gezondheid.
- uitdrukking te geven aan het eigen welbevinden en aan het welbevinden van anderen.
- welke invloeden vanuit de leefomgeving bijdragen aan het welbevinden (te denken valt aan een opge-ruimde kamer en afspraken nakomen).

*(voeding)*

- bewust om te gaan met hun eigen voedingspatroon.
- in te zien welke effecten voedselkeuzes kunnen hebben op gezondheid (te denken valt aan de rol van suikers bij het ontwikkelen van diabetes).
- in te zien welke effecten die voedselpatronen kunnen hebben op de leefomgeving (te denken valt aan biologische landbouw, vleesconsumptie en voedselverspilling).

*(seksualiteit)*

- om te gaan met hun gevoelens over relaties en seksualiteit.
- uitdrukking te geven aan hun eigen wensen en grenzen over relaties en seksualiteit, erkennen dat ze daarin zelf keuzes kunnen en mogen maken en daarin respect hebben voor de grenzen van anderen.
- om te gaan met veranderingen van hun lichaam in de puberteit (te denken valt aan groeispurt, stemverandering, klachten rond menstruatie).
- op een veilige manier om te gaan met seksualiteit (te denken valt aan aangeven van grenzen, aangeven waar je aan toe bent, gelijkwaardigheid tussen partners, veilige en onveilige seksuele handelingen).
- te reflecteren op hun eigen waarden en normen met betrekking tot relaties en seksualiteit.

*(risico's en veiligheid)*

- Situaties te analyseren en vervolgens maatregelen te nemen om de kans, de blootstelling en/of de gevolgen van een risico te verkleinen en daarmee veiligheid te vergroten (te denken valt aan weerbaarheid tegen dealen op school en alcoholgebruik).

# Vraagstukken

## DUURZAME ONTWIKKELING

*Deze bouwsteen is gezamenlijk door het leergebied Mens & Natuur en Mens & Maatschappij ontwikkeld.*

Duurzame ontwikkeling, is de “ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden, zonder het vermogen van toekomstige generaties, om in hun behoeften te voorzien, in gevaar te brengen.” Duurzame ontwikkeling richt zich op de verdeling van wat de aarde te bieden heeft aan onszelf, aan mensen elders, aan mensen in de toekomst en aan andere soorten dan de mens. Duurzame ontwikkeling is relevant omdat de mens niet alleen afhankelijk is van de aarde maar er ook onderdeel van uitmaakt. Dit brengt dus verantwoordelijkheden met zich mee. Het zoeken naar een balans tussen de mens (*People*), de natuur (*Planet*) en de welvaart (*Prosperity*) is een belangrijke uitdaging.

Bij duurzaamheidsvraagstukken spelen op alle schaalniveaus spanningen tussen verschillende behoeften, belangen en waarden. Deze spanningen zijn zichtbaar in onze samenleving en bereiken ook het onderwijs en de leerlingen. Door kennis over natuurlijke (on)mogelijkheden, menselijk handelen en innovatieve oplossingen, krijgen leerlingen meer inzicht in de gevolgen van (te maken) keuzes van henzelf en die van anderen.

Vanuit meerdere leergebieden breiden leerlingen hun kennis en vaardigheden rondom duurzame ontwikkeling uit. Hierbij gaat het om het inzicht krijgen in het gebruik en verbruik van natuurlijke hulpbronnen en de invloed hiervan op de kwaliteit van leven van henzelf en anderen en op de aarde. Leerlingen leren welke positie en invloed individuen, groepen, overheden en organisaties hebben ten aanzien van duurzame ontwikkeling en de consequenties hiervan nu, later, hier en elders. Mede hierdoor vergroten ze hun vermogen om verantwoordelijkheid te nemen voor hun eigen handelen en de keuzes die zij maken. Ook reflecteren ze op wat ze ethisch verantwoord vinden. Ze verkennen oplossingen, waaronder technologische en gedragsmatige, die helpen om het verbruik van energie en grondstoffen te beperken en een bijdrage te leveren aan een duurzame toekomst; ze ontwikkelen ook inzicht in krachten en machten die oplossingen beïnvloeden en soms bemoeilijken.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het PO ontdekken leerlingen dat de (natuurlijke en sociale) leefomgeving voortdurend verandert, onder andere als gevolg van hun eigen behoeften en het gedrag van anderen.

### **Kennis en/of vaardigheden:**

#### **Leerlingen leren:**

*(gemeenschappelijk)*

- over diverse duurzame keuzes in de directe omgeving.
- over de samenhang tussen *People*, *Planet* en *Prosperity* (te denken valt aan het kappen van bossen voor hout en het scheiden van afval).
- uitdrukking te geven aan hun eigen behoeftes en deze te vergelijken die van met anderen.
- over de inzet van (digitale) technologie in de eigen omgeving m.b.t. duurzame ontwikkeling (te denken valt aan windmolens en de slimme thermostaat in huis).

(Mens & Natuur)

- uitdrukking te geven aan eigen gebruik, verbruik en hergebruik van (natuurlijke) hulpbronnen zoals grondstoffen en energie in het dagelijks leven (te denken valt aan het verbruik van elektriciteit voor digitale technologie, water in huis en voedsel voor het menselijk lichaam of het hergebruik van afval als compost of het recyclen van plastic flessen).

(Mens & Maatschappij)

- zie hun bouwsteen.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren leerlingen dat ze door hun behoeften en (on)bewuste keuzes invloed hebben op hun eigen kwaliteit van leven. Het besef ontstaat dat hierbij tegenstrijdige belangen kunnen spelen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

(Gemeenschappelijk)

- over duurzame keuzes, ook buiten hun directe omgeving.
- over mogelijke afwegingen die gemaakt kunnen worden tussen *People, Planet & Prosperity*.
- uitdrukking te geven aan hun eigen behoeftes, deze te vergelijken met die van anderen en de mate van de behoefte in hun afwegingen mee te nemen.
- over de (innovatieve) inzet van (digitale) technologie in de eigen omgeving m.b.t. duurzaamheid om het gebruik van natuurlijk hulpbronnen te optimaliseren (te denken valt aan zonnepanelen en het vergaderen op afstand d.m.v. videoconferentie).
- over de eigen mogelijkheden om aan duurzame ontwikkeling bij te dragen.

(Mens & Natuur)

- over de impact van eigen keuzes op hun ecologische voetafdruk.
- over het effect van het gebruik van (digitale) apparaten door henzelf, de omgeving en de indirecte omgeving op de ecologische voetafdruk.
- risico's van niet duurzaam gedrag voor henzelf, de directe en indirecte omgeving in te schatten en te voorspellen (te denken valt aan smog door autogebruik of watertekorten door gazonbevloeiing).

(Mens & Maatschappij)

- zie hun bouwsteen.

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo leren leerlingen over de complexiteit van duurzame ontwikkeling: de invloed van leefstijl, het gebruik van technologie, de rol van bedrijven en overheden en de schaalniveaus waarop die effect hebben.



## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(Gemeenschappelijk)*

- hoe keuzes kunnen bijdragen aan duurzame ontwikkeling.
- over de effecten van keuzes op de (natuurlijke en sociale) leefomgeving, zowel dichtbij als veraf, zowel nu als later.
- over het spanningsveld tussen individuele en collectieve belangen, zoals leefbaarheid, binnen duurzaamheidsvraagstukken.
- over mondiale duurzaamheidsdoelstellingen (te denken valt aan de Sustainable Development Goals (SDG)).
- over de (innovatieve) inzet van (digitale) technologie bij de oplossing van mondiale duurzaamheidsvraagstukken (te denken valt aan *geo-engineering* en het digitaal in plaats van fysiek versturen van informatie).
- over de mogelijkheden om in de toekomst zelf in het kader van vervolgstudie, toekomstig beroep of als burger aan duurzame ontwikkeling bij te dragen.

*(Mens & Natuur)*

- over de impact van keuzes nu en in het verleden op de ecologische voetafdruk.
- data te verzamelen en analyseren op basis waarvan uitspraken over duurzaamheid gedaan kunnen worden (te denken valt aan het meten van het energieverbruik in huis).
- risico's van niet duurzaam gedrag voor henzelf en de directe en indirecte omgeving in te schatten en te voorspellen en maatregelen voor te stellen.

*(Mens & Maatschappij)*

- zie hun bouwsteen.

# Vraagstukken

## TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING

De bouwsteen technologische ontwikkeling gaat over de effecten van technologie op het dagelijks leven en de maatschappij. Technologie is niet los te koppelen van de maatschappelijke ontwikkelingen. Technologie wordt ontwikkeld onder invloed van behoeften, kennis, organisaties en middelen. Bovendien heeft technologie verwacht en onverwacht effect op de omgeving en de maatschappij. Waar de bouwsteen “Aard van technologie” gaat over het inzetten van techniek, helpt deze bouwsteen de leerling om te gaan met de keuzes waarmee een leerling wordt geconfronteerd.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po ervaren leerlingen spelenderwijs de afhankelijkheid van technologie in hun directe omgeving.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(effecten van technologische ontwikkeling)*

- de gevolgen van technologie voor henzelf te beschrijven (te denken valt aan je nachtlampje die aangaat als het donker wordt, of de verwarming die aanslaat als het kouder wordt in de ruimte).

*(wisselwerking maatschappij en technologie)*

- situaties te herkennen waarin ze afhankelijk zijn van technologie (te denken valt aan de afhankelijkheid van het stoplicht bij het oversteken van een drukke weg of de afhankelijkheid van de verwarming in de winter).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren leerlingen omgaan met steeds complexere producten en technieken, ze zien dat technologie een groot effect heeft op hun directe omgeving en ook op de maatschappij. Ze komen in aanraking met ethische dilemma's waar we als maatschappij tegen aan lopen (te denken valt aan materialistische wereld)

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(effecten van technologische ontwikkeling)*

- over de invloed van technologische ontwikkelingen op hun dagelijks leven, het eigen gedrag en keuzes (te denken valt aan het effect van een smartphone op ons leven, of het smartbord van de leerkracht die het niet doet).
- om gevolgen van technologische ontwikkeling op zichzelf, anderen en leefomgeving te beschrijven, in te schatten en te voorspellen.

*(wisselwerking maatschappij en technologie)*

- over de rol die (maatschappelijke) behoeften en economische belangen spelen bij technologische ontwikkeling (te denken valt aan het ontwikkelen van nieuwe smartphone-modellen).
- verantwoorde keuzes te maken in gebruik van technologie (te denken valt aan de impact op milieu of werknemers, de impact op sociale contacten).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo leren leerlingen over de effecten van technologische ontwikkelingen en buigen zich vanuit verschillende oogpunten over de (ethische) vraagstukken die hieruit ontstaan.

### **Kennis en/of vaardigheden**

#### **Leerlingen leren:**

*(effecten van technologische ontwikkeling)*

- over de veranderende en toenemende rol van technologie (te denken valt aan, internet of things, big data, vlees uit stamcellen of blockchain).
- om de impact van technologische ontwikkeling op de maatschappij in te schatten en te voorspellen.
- over de mogelijke risico's van technologie (te denken valt aan vervuilingen privacy).
- over mogelijke toekomstscenario's op het gebied van technologische ontwikkeling (te denken valt aan verhalen over tijdreizen of artificial intelligence).

*(wisselwerking maatschappij en technologie)*

- over de rol die de culturele en maatschappelijke context speelt bij het ontwikkelen van technologie (te denken valt aan culturele verschillen wat betreft acceptatie van genetische modificatie of het omgaan met big data en kunstmatige intelligentie).
- te redeneren over dilemma's die ontstaan als gevolg van de mogelijkheden van technologie ("mag alles wat kan?").
- zich te verhouden tot ethische dilemma's bij het gebruik van technologie met betrekking tot gezondheid (te denken valt aan prenatale embryoselectie en robot protheses).

# Grote opdracht 3: Werkwijzen

## Relevantie

De dagelijkse beroepspraktijk van technici, natuurwetenschappers en ingenieurs wordt gekenmerkt door een typische manier van werken. We gebruiken hiervoor de term werkwijzen. Door werkwijzen te gebruiken leren leerlingen zowel de natuurlijke als gemaakte wereld begrijpen, verklaren en waarderen. Aandacht voor werkwijzen draagt ook bij aan bewustwording van de rol van deze werkwijzen in het leergebied Mens & Natuur. Deze werkwijzen bieden de leerlingen handvatten om op te groeien tot positief-kritische en zelfstandige burgers en beroepsprofessionals. De werkwijzen hangen nauw samen met denkwijzen.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht beschrijft de belangrijkste praktijken die beroepsbeoefenaars uit het leergebied Mens & Natuur toepassen bij hun werk. We gebruiken de term 'werkwijzen' in plaats van een term als 'vaardigheden' om te benadrukken dat het hier gaat om het doelgericht toepassen van combinaties van vaardigheden.

Deze grote opdracht bestaat uit vier bouwstenen: onderzoeken, ontwerpen, modelontwikkeling en -gebruik en praktisch handelen.

De bouwsteen onderzoeken kent de groeirichtingen:

- het proces van onderzoek
- relatie tussen (eigen) onderzoek en kennis

De bouwsteen ontwerpen kent de groeirichtingen:

- het ontwerpproces
- ontwerpvaardigheden
- het gebruik van kennis in ontwerpen

De bouwsteen modelgebruik en -ontwerp kent de groeirichtingen:

- gebruik van modellen
- ontwerpen van modellen
- reflectie op modellen
- mathematiseren

De bouwsteen praktisch handelen kent de groeirichtingen:

- doelmatig, veilig en duurzaam gebruik
- maken, bouwen en installeren
- nauwkeurig meten en observeren

# Werkwijzen

## ONDERZOEKEN

Met de werkwijze 'onderzoeken' ontwikkelen leerlingen vaardigheden en inzicht om onderzoek uit te kunnen voeren. De nieuwe kennis die wordt opgedaan tijdens het onderzoeken, helpt de leerling de natuurlijke en gemaakte wereld begrijpen en verklaren. De bouwsteen omvat het proces van onderzoek doen, de kennis die hiervoor nodig is en de wederkerige relatie tussen onderzoek en kennis, waarbij onderzoek nieuwe kennis oplevert en kennis nieuwe (onderzoeks)vragen oproept. Deze bouwsteen gaat over het (leren) stellen van vragen en het zelf (leren) doen van onderzoek. Het leren omgaan met wetenschappelijke kennis die anderen hebben geproduceerd is beschreven in bouwsteen MN1.1 Aard van natuurwetenschappen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po ervaren leerlingen op een speelse manier de onderzoeksfasen, waarbij ze starten met het stellen van vragen vanuit verwondering, ervaring en nieuwsgierigheid.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(het proces van onderzoek)*

- vragen te stellen vanuit verwondering en nieuwsgierigheid ter oriëntatie op een onderwerp.
- gegevens te verzamelen om antwoorden op vragen te vinden.
- argumenten te gebruiken bij het bespreken, vergelijken, aan elkaar uitleggen en evalueren van gegevens.

*(relatie tussen (eigen) onderzoek en kennis)*

- de kennis die ze opbouwen door het zelf doen van onderzoek te beschrijven.
- te beschrijven hoe eigen onderzoeksresultaten bijdragen aan het vergroten van hun eigen kennis en die van anderen.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po zoeken leerlingen systematisch naar antwoorden op vragen die ontstaan vanuit verwondering en ervaring. Ze relateren hun onderzoek aan natuurwetenschappelijke concepten.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(het proces van onderzoek)*

- vragen te stellen vanuit verwondering en systematisch naar antwoorden op deze vragen te zoeken.
- onderscheid te maken tussen een alledaagse vraag en een onderzoeksvraag.

- gegevens te verzamelen door zorgvuldig te meten en observeren, en vaktaal te gebruiken bij hun beschrijvingen.
- onderzoeksgegevens mondeling en schriftelijk te verwerken, de onderzoeksvraag te beantwoorden, de resultaten met elkaar te delen en hierbij gebruik te maken van vaktaal.
- op basis van eigen onderzoeksconclusies nieuwe vragen te stellen (cyclisch proces).

*(relatie tussen (eigen) onderzoek en kennis)*

- op basis van eigen onderzoeksconclusies te beschrijven welke kennis hierdoor wordt opgebouwd.
- te beschrijven hoe hun eigen kennis over een onderwerp verandert door inzichten uit eigen onderzoek.
- verbindingen te leggen tussen eigen onderzoeksresultaten en natuurwetenschappelijke concepten.
- zich te oriënteren op een eigen onderzoeksonderwerp (te denken valt aan het gebruik van betrouwbare bronnen en eigen interesses).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo onderzoeken leerlingen vanuit zowel eigen vragen als vragen vanuit de samenleving. Ze onderbouwen een mening in vaktaal met argumenten vanuit de natuurwetenschappen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(het proces van onderzoek)*

- zich, bij de voorbereiding van een eigen onderzoek, te verdiepen in een natuurwetenschappelijk onderwerp met behulp van bronnen, een onderzoeksvraag op te stellen, deze zo nodig aan te scherpen en indien van toepassing een verwachting te formuleren.
- kiezen voor een bij de onderzoeksvraag passend type onderzoek en passende onderzoeksmethode.
- gegevens te verzamelen en deze te analyseren.
- te kiezen voor een passende manier van weergave van onderzoeksgegevens, betrouwbare conclusies te trekken en deze te relateren aan de onderzoeksvraag, met gebruik van vaktaal, zowel mondeling als schriftelijk.
- eigen onderzoek kritisch te evalueren, met anderen te delen, erover te discussiëren en op nauwkeurigheid en betrouwbaarheid te beoordelen.
- nieuwe onderzoeksvragen op te stellen die voortkomen uit onderzoek.

*(relatie tussen (eigen) onderzoek en kennis)*

- onderzoek door anderen te gebruiken voor het opstellen van een eigen onderzoek.
- bij de oriëntatie op een eigen onderzoeksonderwerp te zoeken naar betrouwbare bronnen over het kennisgebied.
- conclusies uit eigen onderzoek te vergelijken met bestaande kennis te duiden.

# Werkwijzen

## ONTWERPEN

Met de werkwijze 'ontwerpen' ontwikkelen leerlingen kennis en vaardigheden die hen helpen bij het oplossen van problemen. De bouwsteen omvat het creatieve ontwerpproces, het ontwikkelen van ontwerpvaardigheden en het benutten van kennis in ontwerpproces. Hierdoor leren leerlingen systematisch oplossingen voor problemen zoeken, waarbij ze rekening houden met de wensen en behoeftes van gebruikers en met de maatschappelijke context. Typerend voor het creatieve proces is het afwisselen van divergent en convergent denken (ideeën laten ontstaan en vervolgens keuzes maken). Leerlingen lossen problemen uit de eigen omgeving op door oplossingen te bedenken, te maken en te testen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen spelenderwijs kennis met de verschillende stappen van het ontwerpproces.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(Het creatieve ontwerpproces)*

- te herkennen wat in een situatie verbeterd kan worden.
- verschillende oplossingen te bedenken voor een probleem (divergent denken).
- een oplossing voor een probleem uit te proberen en te benoemen of het probleem is opgelost.

*(Het ontwikkelen van ontwerpvaardigheden)*

- uit te leggen waarom een eigen ontwerp past bij het probleem.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren leerlingen systematisch problemen op te lossen, ze maken weloverwogen keuzes met oog voor de gebruikers en de context.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(Het creatieve ontwerpproces)*

- een ontwerpproces in zijn geheel te doorlopen en zien dat ontwerpen een proces is dat zichzelf herhaalt.
- een probleemsituatie te identificeren, te onderzoeken en te beschrijven.
- op een systematische manier een uitgevoerd ontwerp (of prototype) te evalueren, ook tijdens het ontwerpproces.



*(Het ontwikkelen van ontwerpvaardigheden)*

- afwisselend divergent en convergent te denken.
- in een ontwerpproces samen te werken en over elke stap in dat proces te communiceren, reflecteren en evalueren.

*(Het benutten van kennis in ontwerpen)*

- eenvoudige concepten uit het leergebied toe te passen in een ontwerp (te denken valt aan hefboomen, elektrische schakelingen).
- eigen onderzoek toe te passen in een ontwerp (te denken valt aan een onderzoek naar de stevigheid van verschillende constructies of het effect van verschillende thermostaat-instellingen op het comfort).
- eigen ervaringen, kennis en emoties toe te passen in een ontwerp (te denken valt aan kennis over elektrische schakelingen of de gevoelens bij een lichtkleur toepassen in het ontwerp voor een lamp).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de VO onderbouw leren leerlingen passende ontwerpmethoden te gebruiken voor het vinden van oplossingen voor praktische maatschappelijke of natuurwetenschappelijke problemen.

### **Kennis en/of vaardigheden**

#### **Leerlingen leren:**

*(het creatieve ontwerpproces)*

- een vraagstuk te identificeren en beschrijven, stakeholders te benoemen en kritische vragen te stellen over het probleem.
- een programma van eisen op te stellen met onderscheid tussen eisen en wensen.
- verschillende brainstormtechnieken in te zetten in het ontwerpproces.
- een ontwerp uit te voeren en weloverwogen keuzes te maken voor een techniek, een materiaal en een ontwerp op schaal uit te werken tot een prototype of model.
- een uitgevoerd ontwerp systematisch te evalueren en verbetervoorstellen te doen met behulp van het programma van eisen en gebruikersonderzoek.

*(Het ontwikkelen van ontwerpvaardigheden)*

- divergent en convergent denken iteratief en in de juiste fase van het ontwerp in te zetten.
- communiceren over een ontwerp op een manier die past bij het doel en de fase van het ontwerp (te denken valt aan een gebruikershandleiding voor een eindgebruiker, een technische tekening voor een bouwer, een moodboard voor een koper).

*(Het benutten van kennis in ontwerpen)*

- kwantitatieve en technische gegevens uit het leergebied toe te passen in een ontwerp (te denken valt aan een batterij met een geschikte capaciteit of een materiaal met de juiste dichtheid).
- gebruikersonderzoek toe te passen in een ontwerpproces en deze te benutten bij keuzes in het ontwerp (te denken valt aan het wel of niet meenemen van kosten en/of emoties).

# Werkwijzen

## MODELGEBRUIK EN -ONTWERP

Met de werkwijze 'modelgebruik en -ontwerp' ontwikkelen leerlingen vaardigheden om modellen te gebruiken en te maken, waardoor ze de complexe werkelijkheid versimpeld in beeld leren brengen. Dit kan door middel van verschillende representaties, zoals bijvoorbeeld schema's, tekeningen, 3D-voorwerpen of getallen. Ze leren kritisch met modellen om te gaan, doordat ze begrijpen waarom en hoe ze gebruikt worden. Uitkomsten die door modellen verkregen zijn, zijn niet zonder meer waar in elke situatie. De werkwijze omvat het gebruiken van bestaande modellen, het ontwerpen van nieuwe modellen en het reflecteren op de grenzen en bruikbaarheid van modellen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po ontdekken leerlingen wat modellen zijn en hoe modellen worden gebruikt in hun eigen omgeving. Ze ontdekken dat model en werkelijkheid verschillen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(gebruik van modellen)*

- tastbare modellen (2D/3D) te gebruiken om kennis over onderwerpen uit de nabije omgeving te vergroten (te denken valt aan modellen van het menselijk lichaam of het schoolgebouw).

*(ontwerp van modellen)*

- modelmatige tekeningen te maken van alledaagse dingen en plekken.

*(reflectie op modellen)*

- te herkennen dat in een model niet alles 'uit de werkelijkheid' terug te vinden is en vice versa (te denken valt aan het missen van een neus op een legopoppetje en kleuren op een plattegrond die niet in de werkelijkheid terugkomen).

*(mathematiseren)*

- aspecten van de werkelijkheid in getallen weer te geven en aan de hand van die getallen uitspraken te doen over de werkelijkheid (te denken valt aan het meten van de lengte van twee personen en op basis hiervan aan te geven wie er groter is).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren leerlingen, in natuurwetenschappelijke en technische contexten, modellen te beoordelen op bruikbaarheid en kunnen ze beschrijven hoe model en werkelijkheid verschillen en overeenkomen.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(gebruik van modellen)*

- tastbare modellen te gebruiken om natuurwetenschappelijke en technische concepten te beschrijven (te denken valt knikkers voor het deeltjesmodel of een tekening van een hefboomconstructie).

*(ontwerp van modellen)*

- een tastbaar of getekend model te maken.
- modellen begrijpelijk weer te geven.
- te benoemen welke keuzes zijn gemaakt bij het maken of tekenen van een eigen model (te denken valt aan het weglaten van het stoeptegelpatroon in een kaart van het schoolplein).

*(reflectie op modellen)*

- de beperkingen van een model te benoemen als bekend is wat wel en niet in het model is meegenomen (te denken valt aan: een model over de temperatuur doet geen uitspraken over regenval).

*(mathematiseren)*

- kwantitatieve meetgegevens zo te organiseren dat verbanden tussen grootheden zichtbaar kunnen worden (te denken valt aan een tabel of grafiek).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo gebruiken leerlingen passende modellen in natuurwetenschappelijke en technische contexten. Ze beoordelen bestaande modellen op bruikbaarheid, doen voorstellen voor verbetering en ontwerpen zelf simpele modellen.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(gebruik van modellen)*

- (de uitkomsten van) een model vergelijken met natuurwetenschappelijke kennis.
- modellen te gebruiken om de werking van (technische) systemen te begrijpen (te denken valt aan een technische tekening, infographic of een weergave met verschillende soorten aanzichten).
- modellen te gebruiken om verandering in een systeem te begrijpen (te denken valt aan een voedselweb in een ecosysteem).

*(ontwerp van modellen)*

- voor een eigen model keuzes te maken die passen bij de gekozen doelstelling (te denken valt aan wat wel en niet weer te geven of welke materialen, technieken of programma's wel of niet te gebruiken).

*(reflectie op modellen)*

- de overeenkomsten en verschillen tussen (eigen ontworpen) modellen en de werkelijkheid te relateren aan het doel van het model.
- verbeteringen te bedenken om een gegeven model beter te laten aansluiten bij het doel van het model.

*(mathematiseren)*

- wiskundige weergaven van verbanden tussen grootheden analyseren en toepassen bij gebruik en ontwerp van modellen.

# Werkwijzen

## PRAKTISCH HANDELEN

Met de werkwijze 'praktisch handelen' ontwikkelen leerlingen instrumentele handvaardigheden en praktische technische vaardigheden die nodig zijn om concrete doelen te bereiken, zoals het in elkaar zetten van een bouwwerk aan de hand van een handleiding of het uitvoeren van een onderzoek. De bouwsteen omvat het doelmatig, veilig en duurzaam gebruiken van instrumenten, apparaten, (elektrische) gereedschappen, stoffen en materialen. Leerlingen maken, bouwen, repareren en installeren. Ze leren nauwkeurig meten en observeren.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen kennis met instrumenten, apparaten, gereedschappen en materialen uit hun eigen omgeving. Ze gebruiken deze om metingen uit te voeren.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(doelmatig, veilig en duurzaam gebruik)*

- instrumenten, apparaten en gereedschappen uit de dagelijkse omgeving doelmatig, zorgvuldig en veilig te gebruiken (te denken valt aan een schaar, hamer, balans, liniaal of schroevendraaier).
- duurzaam gebruik te maken van (knutsel)materiaal (te denken valt aan papier, hout en plastic).

*(Maken, bouwen en installeren)*

- nabouwen aan de hand van een tekening, voorbeeld of stappenplan (blokken, LEGO WeDo)

*(nauwkeurig meten en observeren)*

- meten en observeren met behulp van instrumenten.
- metingen te vergelijken en te bespreken.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po gebruiken leerlingen instrumenten, apparatuur, gereedschap en materialen die hen bekend en minder bekend zijn en leren zij nauwkeurig metingen te doen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(doelmatig, veilig en duurzaam gebruik)*

- instrumenten, apparaten, (elektrische) gereedschappen en materialen doelmatig, zorgvuldig en veilig te gebruiken.

- een passende keuze te maken voor de geschikte instrumenten en apparaten op basis van functie en doel.
- na te denken over hergebruik van afgedankte instrumenten, apparaten, (elektrische) gereedschappen en materialen.

*(maken, bouwen en installeren)*

- materialen van verschillende aard gebruiken in een maakproces (te denken valt aan een knikkerbaan van lego, karton en buizen).
- namaken aan de hand van recept of handleiding (te denken valt aan taart bakken of een kast in elkaar zetten).

*(nauwkeurig meten en observeren)*

- nauwkeurig te meten en daarbij rekening te houden met de meetnauwkeurigheid van het instrument.
- de nauwkeurigheid van metingen in vaktaal te bespreken.

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo beheersen leerlingen verschillende praktische technieken en vaardigheden. Ze kunnen keuzes maken die aansluiten bij hun onderzoek, ontwerp of model. De instrumenten, apparaten en gereedschappen worden complexer.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(doelmatig, veilig en duurzaam gebruik)*

- instrumenten, apparaten, (elektrische) gereedschappen en/of materialen te gebruiken volgens een zelf opgezette werkwijze.
- keuzes maken voor het doelmatig, veilig en duurzaam gebruik van instrumenten, apparaten, (elektrische) gereedschappen, stoffen en materialen.
- bij het gebruik van instrumenten, apparaten en gereedschappen rekening te houden met het effect op de omgeving (te denken valt aan het effect van loodoplossingen op waterkwaliteit of een pneumatische hamer op geluidsoverlast).

*(maken, bouwen, installeren)*

- simpele technische systemen op te bouwen, te installeren, te onderhouden en te repareren (te denken valt aan een eenvoudige schakeling opbouwen met pneumatische componenten of een lek vinden en verhelpen in een simpel buizenstelsel).
- installeren en gebruiken van eenvoudige randapparatuur en software om een computer te gebruiken bij onderzoeken, ontwerpen en modellen maken (te denken aan een (lego)robot in elkaar zetten, aansluiten, opladen en installeren).
- werken met recepten, handleidingen en technische tekeningen.

*(nauwkeurig meten en observeren)*

- objectieve meetmethodes te kiezen, fouten op te sporen bij metingen en vaktaal te gebruiken bij het verwoorden hiervan.

# Grote opdracht 4: Denkwijzen

## Relevantie

Leerlingen kunnen verschillende manieren van denken gebruiken om vragen te stellen en tot antwoorden te komen over de wereld om hen heen. Ook over verschijnselen die ze nog nooit zijn tegengekomen en waarover ze nog geen kennis bezitten, kunnen ze zich afvragen wat de oorzaak is en of er patronen in te herkennen zijn. Aandacht voor deze verschillende manieren van denken, de denkwijzen, draagt bij aan de bewustwording van de rol die deze denkwijzen spelen in het leergebied Mens & Natuur. De verschillende denkwijzen bieden de leerlingen handvatten om op te groeien tot positief-kritische en zelfstandige burgers en beroepsprofessionals.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht beschrijft manieren waarop leerlingen naar de wereld om hen heen kunnen kijken, daar ordening in aan te brengen en daarover vragen te stellen. Door het toepassen van denkwijzen wordt een interpretatie toegevoegd aan ervaringen: er wordt een abstracte relatie gelegd die kan helpen om de werkelijkheid te doorgronden. Het toepassen van denkwijzen helpt bij het zoeken naar verklaringen. Bovendien kunnen denkwijzen ondersteunen bij het aanleren van werkwijzen.

Deze grote opdracht bestaat uit 4 bouwstenen: patronen; systemen; schaal, verhouding en hoeveelheid; relaties en verbanden.

De bouwsteen patronen kent de groeirichtingen:

- waarneembaarheid van patronen
- ordening en classificatie
- patroongebruik

De bouwsteen systemen kent de groeirichtingen:

- definiëren van systemen
- werking van systemen

De bouwsteen schaal, verhouding en hoeveelheid kent de groeirichtingen:

- meten
- verhouding en verschillende schaalniveaus

De bouwsteen relaties en verbanden kent de groeirichtingen:

- gevolg - oorzaak
- doel - middel
- structuur - functie

# Denkwijzen

## PATRONEN

De denkwijze 'patronen' geeft leerlingen inzicht in de wijze waarop ze vragen kunnen stellen, kunnen ordenen en kunnen classificeren. De bouwsteen omvat het waarnemen en beschrijven van patronen in bijvoorbeeld cijferreeksen, diersoorten, grafieken, kaarten en technologische systemen. Door patronen te herkennen kun leerlingen ordening en classificatie aanbrengen en worden overeenkomsten en verschillen zichtbaar.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po ontdekken en herkennen leerlingen waarneembare patronen in hun omgeving. Ze leren op basis hiervan ordenen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(waarneembaarheid van patronen)*

- een waarneembaar patroon te ontdekken en herkennen (te denken valt aan alle vogels leggen eieren en alle voorwerpen van hout drijven in water).

*(ordening en classificatie)*

- in waarneembare patronen overeenkomsten en verschillen te gebruiken om ordening en classificatie aan te brengen (te denken valt aan bomen classificeren in loof- en naaldbomen).

*(patroongebruik)*

- voort te bouwen op bestaande en/of gegeven patronen (te denken valt aan voorspellen hoeveel poten een onbekende spinnensoort heeft).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po gebruiken leerlingen de patronen om de samenhang in de wereld waar te nemen, te herkennen en te begrijpen.

### Kennis en/of vaardigheden

Leerlingen leren:

*(waarneembaarheid van patronen)*

- waarneembare patronen te ontdekken en herkennen en op basis hiervan vragen te formuleren (te denken valt aan "zijn alle zwanen wit?" of "zijn er ook ijzeren voorwerpen die geen stroom geleiden?").
- onregelmatigheden in bestaande patronen te signaleren (te denken valt aan vogelbekdieren als zoogdieren die eieren leggen).

(*ordening en classificatie*)

- waarneembare overeenkomsten en verschillen in patronen te beschrijven om ordening en classificatie aan te brengen op basis van eigenschappen.
- patronen in gekwantificeerde gegevens te gebruiken om ordening en classificatie aan te brengen.

(*patroongebruik*)

- voort te bouwen op patronen om een verwachting te formuleren.

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo gebruiken leerlingen patronen in gegevens om verbanden te leggen. Door patronen te analyseren kunnen zij bijvoorbeeld voortbouwen op patronen of voorspellingen doen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### **Leerlingen leren:**

(*waarneembaarheid van patronen*)

- (niet) waarneembare patronen zichtbaar te maken. (te denken valt aan gegevens verwerken in een grafiek en meetapparatuur gebruiken).
- onregelmatigheden en mogelijkheden tot veranderingen in patronen te signaleren (te denken valt aan de vorm aanpassen van een ijzeren voorwerp zodat het wel drijft).

(*ordening en classificatie*)

- patronen in kwantitatieve meetgegevens te gebruiken om ordening en classificatie aan te brengen (te denken valt aan gegevens over massa en volume te gebruiken om stoffen te determineren).

(*patroongebruik*)

- patronen te analyseren en op basis hiervan vragen te formuleren.
- voort te bouwen op patronen om een hypothese op te stellen.



# Denkwijzen

## SYSTEMEN

De denkwijze 'systemen' geeft inzicht in de complexe werkelijkheid door onderdelen en hun interacties als een geheel te bekijken. De bouwsteen omvat het kunnen definiëren van een systeem en de werking van een systeem. Om in systemen te kunnen denken, is het nodig om af te bakenen wat het systeem is waar je naar kijkt. Welke grenzen handig zijn, hangt af van het doel van de beschrijving: om faseovergangen te beschrijven is het voldoende een molecuul als een geheel te beschouwen, maar om chemische reacties te beschrijven moeten ook de atomen beschreven worden. Zo helpt het denken in systemen bijvoorbeeld ook om complexe apparaten te beschrijven en begrijpen: een computer bevat een processor, een harde schijf en een muis. Veel aspecten van een computer kunnen worden begrepen door naar het gedrag van en de interactie tussen deze systemen te kijken, zonder te hoeven weten hoe ieder systeem werkt. Hierbij is ook aandacht voor emergente verschijnselen: een systeem vertoont soms eigenschappen die niet te verklaren zijn met de eigenschappen van de losse onderdelen. Een gedefinieerd systeem kan vervolgens beschreven worden aan de hand van omzettingen, transport, stabiliteit, verandering en kringlopen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po krijgen leerlingen in voor hen betekenisvolle omgevingen inzicht in wat een systeem is. Ook ontdekken ze hoe onderdelen van een systeem interactie met elkaar kunnen hebben.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(definiëren van systemen)*

- de wereld om zich heen af te bakenen en daarmee een systeem te herkennen (te denken valt aan huis-straat-dorp/stad).
- verschillende onderdelen van een systeem te herkennen.

*(werking van systemen)*

- samenwerking (interacties) tussen losse onderdelen van een systeem te herkennen (te denken valt aan de trappers van een fiets die zorgen dat je kracht kunt leveren en de ketting die die kracht doorgeeft).
- dat invloed uitgeoefend kan worden op de werking van een systeem.
- een kringloop herkennen in een systeem.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po gaan leerlingen inzien dat het systeem als geheel eigenschappen kan hebben die elk onderdeel apart niet heeft. Ook zien ze in dat de werking en interactie van onderdelen daarvoor zorgen.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(definiëren van systemen)*

- een systeem te herkennen als een groep gerelateerde onderdelen die samen een geheel vormen, waarbij het geheel eigenschappen kan hebben die elk onderdeel apart niet heeft.
- een systeem te herkennen als een onderdeel van een groter systeem of als bestaand uit subsystemen.

*(werking van systemen)*

- de verschillende onderdelen en interacties van een systeem te beschrijven.
- dat de werking van het systeem zowel van binnenuit als van buitenaf beïnvloed kan worden.
- te herkennen of een systeem dat op korte termijn stabiel lijkt, over een langere periode toch kan veranderen (te denken valt aan klimaatverandering).
- het effect van feedbackmechanismen in technische en natuurlijke systemen te beschrijven (te denken valt aan thermostaat).
- te beschrijven of binnen een systeem sprake is van kringloop (circulair) en/of transport (lineair/input-output) (te denken valt aan een supermarkt waar producten in en uitkomen of een kas waar verdampt water wordt opgevangen en hergebruikt).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo gaan leerlingen leren een systeem op verschillende manieren te analyseren. Met creativiteit kunnen leerlingen interacties beschrijven vanuit energie-, materie-, en informatiestromen.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(definiëren van systemen)*

- de verschillende onderdelen van en interacties in systemen te analyseren en beschrijven met aandacht voor emergente verschijnselen (te denken valt aan een kleur die niet te verklaren is op basis van atoom eigenschappen).

*(werking van systemen)*

- de werking van een systeem vanuit energie-, materie-, en informatiestromen beschrijven.
- verklaringen te geven voor stabiliteit en verandering binnen een systeem door naar verschillende tijd- en ruimteschalen te kijken (te denken valt aan moleculaire of atomaire schaal).
- feedback mechanismen binnen systemen te analyseren, te voorspellen en toe te passen.
- een proces binnen een systeem te beschrijven als circulair of lineair en daarmee uitspraken te doen over input, output, transport, omzetting.
- over het herstructureren van een lineair proces tot een circulair proces (te denken valt aan circulaire economie en recycling van grondstoffen).

# Denkwijzen

## SCHAAL, VERHOUDING EN HOEVEELHEID

De denkwijze 'schaal, verhouding en hoeveelheid' geeft inzicht in de orde van grootte van verschijnselen en het gebruik van verhoudingen op verschillende schaalniveaus. De bouwsteen omvat het kunnen werken met grootheden en eenheden. Op verschillende schaalniveaus zijn verschillende eenheden meer of minder handig om te gebruiken. Veel belangrijke grootheden, zoals snelheid (afstand en tijd) en druk (kracht en contactoppervlak) zijn gebaseerd op verhoudingen die zowel op kwalitatieve als kwantitatieve manier te bepalen, beschrijven en te vergelijken zijn. Heel veel verschijnselen zijn veel te klein of te snel, of juist veel te groot of te traag om waar te kunnen nemen. Daarom zijn methodes nodig die rekening houden met het schaalniveau.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po gaan leerlingen spelenderwijs grootheden en eenheden, die ze in hun directe omgeving tegenkomen, gebruiken en vergelijken.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

(meten)

- grootheden en eenheden te gebruiken die in hun directe omgeving van toepassing zijn (te denken valt aan het opmeten van de zandbak in meter of de duur van een potje voetbal in minuten).
- hoeveelheden te relateren aan bekende objecten uit hun directe omgeving.

(verhouding en verschillende schaalniveaus)

- verhoudingen te relateren aan bekende objecten uit hun directe omgeving (te denken valt aan een sinaasappel die 3 keer groter is dan een mandarijn).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po ervaren leerlingen dat we allerlei soorten grootheden en eenheden gebruiken om onszelf uit te drukken en dat de eenheid moet passen bij het schaalniveau waarop je werkt.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

(meten)

- grootheden en daarbij verschillende eenheden te gebruiken die veelvuldig van toepassing zijn (te denken valt aan de afstand in kilometer en meter, of massa in kilogrammen en grammen).

(verhouding en verschillende schaalniveaus)

- relaties te zien tussen eenheden op verschillende schaalniveaus.

- informatie te halen uit de verhouding tussen verschillende grootheden (te denken valt aan het gebruiken van de verhouding tussen de afgelegde afstand en de benodigde tijd om iets te zeggen over de snelheid van verschillende vervoermiddelen).
- de beschrijving van een evenredige relatie op verschillende schaalniveaus aan elkaar te relateren (te denken valt aan: het hart van een walvis is zo groot als een auto; één meter voor een mier is te vergelijken met de afstand van één kilometer voor een mens).
- hoeveelheden van eenzelfde grootte te vergelijken (te denken valt aan bepalen of 3 uur korter of langer is dan 250 minuten).
- eenheden te kiezen die passen bij verschillende schaalniveaus.
- beseffen dat er hele kleine en hele grote objecten en organismen bestaan (te denken valt aan huisstofmijt en planeten).
- beseffen dat tijd in zeer kleine momenten of zeer grote perioden te beschrijven is.
- beseffen dat verschijnselen die op één schaal waarneembaar zijn mogelijk niet op een andere schaal waarneembaar zijn (te denken valt aan cellen die op menselijke lengteschaal niet zichtbaar zijn en plattentektoniek die op menselijke tijdschaal niet zichtbaar is).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo gaan leerlingen vakspecifieke grootheden en eenheden gebruiken. Zo doen leerlingen praktische ervaring op met kwantitatieve en kwalitatieve verbanden tussen grootheden.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(meten)*

- vakspecifieke grootheden en eenheden te gebruiken.

*(verhouding en verschillende schaalniveaus)*

- eenheden te kiezen die passen bij verschillende schaalniveaus.
- beseffen dat verschijnselen en fenomenen op verschillende schaalniveaus kunnen worden waargenomen, maar niet altijd op alle.
- de waargenomen functie van natuurlijke en ontworpen systemen te relateren aan het schaalniveau waarop het wordt waargenomen.

# Denkwijzen

## RELATIES EN VERBANDEN

De denkwijze 'relaties en verbanden' helpt leerlingen na te denken over de samenhang in de wereld om hen heen. De denkwijze bevat drie verschillende relaties: oorzaak-gevolg relaties waarbij gevolgen volgen op oorzaken zonder tussenkomst van een handelende actor; doel-middel relaties waarin (vrijwel altijd) mensen bepaalde keuzes maken om hun doelen te bereiken; en structuur-functie relaties waarbij de eigenschappen van een object of organisme bepalen hoe het functioneert. Het is voor leerlingen steeds van belang om te bepalen of een verband daadwerkelijk bestaat. Het modelleren van verbanden en relaties vormt de basis van veel technologische toepassingen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po verwonderen leerlingen zich over vormen en functies in hun eigen omgeving door vragen te stellen over oorzaken en gevolgen van gebeurtenissen en objecten.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(gevolg - oorzaak)*

- zich af te vragen wat de oorzaak van een gebeurtenis is.
- verbanden te leggen tussen waarneembare gevolgen en oorzaken.
- bewijs te verzamelen om hun eigen ideeën over oorzaken van gebeurtenissen te ondersteunen of te weerleggen.

*(doel - middel)*

- zich af te vragen met welk doel (onderdelen van) objecten in de directe omgeving zijn gemaakt.

*(structuur - functie)*

- vormen en structuren te herkennen en te relateren aan een functie.
- eigenschappen van objecten en voorwerpen uit hun directe omgeving te relateren aan materialen.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po doen de leerlingen inzicht op over relaties en verbanden in hun eigen omgeving aan de hand van eenvoudige beschrijvingen van gebeurtenissen en objecten.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(gevolg - oorzaak)*

- zich af te vragen wat de oorzaak of oorzaken van een gebeurtenis is/zijn en zich af te vragen of deze gebeurtenis zelf weer de oorzaak is van een nieuwe gebeurtenis.
- verbanden te leggen tussen verschillende waarneembare en niet-waarneembare gevolgen en oorzaken.
- aan de hand van bewijzen hun eigen ideeën over oorzaak-gevolg relaties te ondersteunen of te weerleggen.

*(doel - middel)*

- dat een doel met verschillende middelen bereikt kan worden.
- dat een middel meerdere doelen kan dienen.

*(structuur-functie)*

- verklaren dat de vorm in relatie staat tot de functie van objecten en organismen en hun onderdelen.
- de eigenschappen van materialen verklaren aan de hand van waarneembare structuren (te denken valt aan de splinters van hout).
- materialen kiezen op basis van eigenschappen.

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo kunnen leerlingen complexe situaties met meer verbanden overzien en analyseren zij gebeurtenissen en objecten aan de hand van de verschillende verbanden.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(gevolg - oorzaak)*

- onderscheid te maken en te analyseren tussen verschillende waarneembare en niet-waarneembare gevolgen en oorzaken.
- aan de hand van bewijzen hun eigen ideeën over oorzaak-gevolg relaties te ondersteunen, te weerleggen en voorspellingen te doen.

*(doel - middel)*

- dat het aanpassen van functies van natuurlijke en gemaakte objecten een middel zijn om een bepaald doel te dienen.

*(structuur-functie)*

- vormen en structuren op hele grote en hele kleine schaalniveaus te herkennen, benoemen en relateren aan functie en/of eigenschap.
- aanpassingen van de vorm van objecten en organismen (aan de (leef)omgeving) die zich over langere tijd hebben afgespeeld te verklaren.
- op basis van functie-eisen van objecten verklaringen te geven voor de vorm en/of structuur.
- veranderende structuren en eigenschappen van samengevoegde materialen te herkennen.

# Grote opdracht 5: Signalen & informatie

## Relevantie

In de moderne samenleving worden signalen overal om ons heen uitgezonden en verwerkt, veelal door automatische systemen die op basis van deze signalen acties uitvoeren en nieuwe signalen versturen.

Begrip over het eigen complexe informatieverwerkende systeem is nodig voor elke leerling om bewust om te gaan met signalen die van binnen en buiten het eigen lichaam komen, zoals trek in een vette hap, angst voor spinnen, agressie of stress.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht geeft inhoud aan de natuurkundige, technische en biologische aspecten van signalen en informatieverwerking. Deze opdracht omvat verschillende natuurkundige verschijnselen die door mensen en apparaten worden gebruikt om informatie te versturen en ontvangen zoals licht en geluid.

De grote opdracht omvat ook informatieverwerking en de aansturing die daaruit volgt. In het (menselijk) lichaam vindt die plaats door neuronen en hormonen; in moderne elektronica door sensoren en verwerkers.

Deze grote opdracht bestaat uit drie bouwstenen: golven en straling, signaalverwerking in het organisme en automatische systemen.

De bouwsteen golven en straling kent de groeirichtingen:

- Licht
- Straling
- Geluid en golven

De bouwsteen signaalverwerking in het organisme kent de groeirichtingen:

- Zintuigen
- Neurale regulatie
- Hormonale regulatie

De bouwsteen automatische systemen kent de groeirichtingen:

- Robotica
- Sensoren en actuatoren
- Programmeren

# Signalen & informatie

## GOLVEN EN STRALING

De bouwsteen 'Golven en straling' gaat over wat golven zijn en straling is, waar ze voorkomen en hoe er gebruik van gemaakt kan worden. In de directe omgeving van de leerling zijn overal vormen van golven en straling aanwezig. Daarom is kennis over de aard van licht, geluid en straling noodzakelijk. Het helpt leerlingen bovendien om bronnen en detectieapparaten verstandig en veilig te gebruiken. De leerlingen leren bovendien hoe ze zich kunnen beschermen tegen geluidshinder, verblinding en schade door onzichtbare straling.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen spelenderwijs kennis met licht(effecten) binnen hun eigen omgeving.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

(licht)

- over lichtbronnen en hun effecten (te denken valt aan weerkaatsing, schaduw en verbranding door de zon).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po maken leerlingen kennis met onzichtbare straling en gaan zij eigenschappen van geluid ontdekken.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

- over de schade die licht, geluid en straling kunnen toebrengen en verschillende manieren om je daartegen te beschermen (te denken valt aan een zonnebril en te harde muziek uit een koptelefoon).

(licht)

- Over het kleurenspectrum van licht (te denken valt aan een regenboog en het zien van kleuren).

(straling)

- over verschillende soorten onzichtbare straling in hun omgeving (te denken valt aan röntgenstraling, uv-straling en warmtestraling).

(geluid & golven)

- over eenvoudige eigenschappen van geluid (te denken valt aan volume en toonhoogte).



# Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo maken leerlingen kennis met de interactie tussen straling, golven en materie.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(Licht)*

- over toepassingen van de breking en reflectie van licht (te denken valt aan brillen en glasvezelkabels).

*(Straling)*

- over de toepassingen van straling (te denken valt aan röntgenfoto, wifi).
- over verschillende factoren die de schadelijkheid van straling bepalen (te denken valt aan doordringend vermogen, blootstellingstijd en afstand tot de bron).

*(Geluid & golven)*

- over geluid als golfverschijnsel (te denken valt aan voortplanting door een medium en frequentie/toonhoogte).
- over verschillende factoren die de schadelijkheid van geluid bepalen (te denken valt aan geluidsniveau, blootstellingstijd en afstand tot de bron).

# Signalen & informatie

## SIGNAALVERWERKING IN HET ORGANISME

De bouwsteen 'signaalverwerking in het organisme' gaat over hoe het lichaam informatie uit de omgeving haalt en verwerkt. Het lichaam heeft interactie met zowel de levende als niet-levende omgeving. De zintuigen halen signalen en prikkels binnen uit deze omgeving, de hersenen verwerken die tot informatie en het lichaam reageert daarop. Het is voor leerlingen belangrijk om te weten hoe deze systemen werken omdat het zo mogelijk is om de reactie op signalen en prikkels te begrijpen en beïnvloeden.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen kennis met de verschillende zintuigen die ze gebruiken om de wereld om hen heen te begrijpen.

### **Kennis en/of vaardigheden**

#### **Leerlingen leren:**

*(zintuigen)*

- over de vijf zintuigen en de verschillende soorten informatie die ze ontvangen.

*(neurale regulatie)*

- over de rol van de hersenen bij het verwerken van externe prikkels.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po maken leerlingen kennis met de relaties tussen zintuigen en het neurale systeem.

### **Kennis en/of vaardigheden**

#### **Leerlingen leren:**

*(neurale regulatie)*

- over de relatie tussen zintuigen, hersenen en de rest van het lichaam (te denken valt aan impulsgeleiding en reflexen).
- over interne prikkels (te denken valt aan hongergevoel en volle blaas).

*(hormonale regulatie)*

- over het bestaan van hormonen en hun effect op de ontwikkeling van het lichaam (te denken valt aan menstruatie en groei).

# Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo maken leerlingen kennis met de bouw en werking van de systemen voor signaalverwerking in het menselijk lichaam.

## **Kennis en/of vaardigheden**

### **Leerlingen leren:**

*(zintuigen)*

- over de bouw en werking van zintuigen.

*(neurale regulatie)*

- over de bouw en werking van het zenuwstelsel.
- over de beïnvloeding van het neurale systeem door externe factoren (te denken valt aan drugs, alcohol, dwarslaesie en overprikkeldheid).

*(hormonale regulatie)*

- over de regulerende rol van hormonen bij groei en gedrag in verschillende levensfasen.

# Signalen & informatie

## AUTOMATISCHE SYSTEMEN

De bouwsteen 'automatische systemen' bestaat uit wat een automatisch systeem is, hoe ze te herkennen en te gebruiken zijn, en hoe ze werken. Onder automatische systemen worden machines of producten verstaan die, vaak met behulp van elektronica, automatisch handelingen kunnen verrichten. In verschillende situaties en omgevingen zijn automatische systemen te vinden. Automatische systemen maken het leven makkelijker doordat zij taken (deels) zelfstandig, vaak sneller en nauwkeuriger, uitvoeren. Kennis over deze systemen is belangrijk omdat ze invloed hebben op hun omgeving en de omgeving invloed heeft op hen. Binnen automatische systemen zit ook veel techniek, al is dat niet altijd direct zichtbaar. De belangrijke elementen van automatische systemen zijn sensoren, verwerkers, actuatoren en verbindingen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken de leerlingen spelenderwijs kennis met voorbeelden van automatische systemen in hun directe omgeving. Ze verwonderen zich hierover en stellen vragen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(robotica)*

- over de verscheidenheid aan apparaten in hun directe omgeving en het vermogen van die apparaten om (deels) automatisch te handelen.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po maken de leerlingen kennis met de hoofdelementen van de automatische systemen - sensoren, verwerkers, actuatoren en verbindingen - en verkennen het bouwen van eenvoudige systemen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(robotica)*

- over de rol van sensoren, verwerkers, actuatoren en verbindingen in automatische systemen.

*(sensoren en actuatoren)*

- over verschillende soorten sensoren en hun functie (te denken valt aan sensoren voor beweging, geluid, licht en temperatuur).
- over feedback-mechanismen in apparaten (te denken valt aan een thermostaat). *(programmeren)*
- over het beïnvloeden van een automatisch systeem door programmeren (te denken valt aan instellen van een klimaatinstallatie en een robot die stopt bij een rode lijn).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo leren de leerlingen over de werking van verschillende sensoren en actuatoren. Ze leren deze te kiezen, gebruiken en programmeren.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(robotica)*

- over de samenwerking tussen automatische systemen (te denken valt aan zelfrijdende auto's die met elkaar communiceren en een klimaatinstallatie met verwarming, zonwering en ventilatie).

*(sensoren en actuatoren)*

- over het gebruik van elektrische schakelingen om actuatoren te maken.
- over het combineren en installeren van verwerkers, sensoren en actuatoren tot automatische systemen.

*(programmeren)*

- over veelgebruikte structuren bij het programmeren van een automatisch systeem (te denken valt aan opvolging, keuze en herhaling).

# Grote opdracht 6: Energie & wisselwerking

## Relevantie

Wisselwerking tussen voorwerpen zien we overal om ons heen. Daarbij speelt energie een grote rol. Energie komt voor in vele vormen en gaat nooit verloren. Toch 'verbruikt' de mens veel energie. Dat vraagt van de maatschappij om energiebronnen goed in te zetten.

Wisselwerking via krachten bepaalt of en hoe voorwerpen en organismen bewegen. Een lange brug, een aardbevingsbestendig flatgebouw en een bionische arm: om deze technologische oplossingen goed te ontwerpen en bouwen is kennis nodig van krachten en hun uitwerkingen.

Waar haalt ons lichaam zijn energie vandaan? Met kennis over de energiehuishouding van het menselijk lichaam kunnen leerlingen bewuste keuzes maken over de balans tussen voeding en lichaamsbeweging.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht geeft inhoud aan kracht, beweging en interactie, bijvoorbeeld effecten van krachten op beweging, de werking van het spierstelsel en hefboomen. De grote opdracht geeft ook inhoud aan energie, energiebehoud en energieomzettingen.

Deze grote opdracht bestaat uit twee bouwstenen: kracht en energie .

De bouwsteen kracht kent de groeirichtingen:

- Kracht en beweging
- Toepassen van krachten
- Kracht in het lichaam

De bouwsteen energie kent de groeirichtingen:

- Energienetwerk
- Energieomzetting
- Energiegebruik
- Schakelingen
- Energie in organismen

# Energie & wisselwerking

## KRACHT

De bouwsteen 'kracht' bestaat uit wat de effecten zijn van kracht, welke krachten er zijn en hoe er gebruik van gemaakt kan worden. In heel veel verschillende situaties spelen krachten een belangrijke rol. Daarom is kennis over krachten belangrijk. Krachten en hun effecten zijn soms duidelijk zichtbaar en soms niet. Ze komen voor in bewegingen, maar ook in (stilstaande) constructies; in de natuurlijke en gemaakte wereld en in het eigen lichaam. Krachten zijn te manipuleren, met bijvoorbeeld katrollen en hefbomen, om een doel te bereiken.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen spelenderwijs kennis met krachten en hun effecten.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(toepassen van krachten)*

- over stabiliteit in zelfgemaakte constructies (te denken valt aan blokkentorens).

*(kracht in het lichaam)*

- over de rol die botten en spieren hebben in de stevigheid en beweging van het menselijk lichaam.
- over het uitoefenen van krachten met je lichaam en welke invloed deze krachten hebben (te denken valt aan duwen en trekken).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po wordt het begrip kracht benoemd en uitgediept zodat leerlingen het kunnen herkennen bij verschillende verschijnselen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(kracht en beweging)*

- over verschillende vormen van beweging (te denken valt aan glijden, rollen en cirkelbewegingen).
- over contactloze krachten (te denken valt aan magnetisme, zwaartekracht en elektrostatische kracht).

*(toepassen van krachten)*

- over stevigheid in constructies (te denken valt aan driehoeksconstructie, verspringen bij metselen en vergroten van het grondvlak van een voorwerp).

- over gebruik en werking van hefboomen in de omgeving (te denken valt aan deurklink, schaar en slagboom).

(kracht in het lichaam)

- over verschillende bewegingen van het menselijk lichaam en de rol die (trek- en duw-)krachten hierin spelen (te denken valt aan het aanspannen en ontspannen van spieren en aan afzetten).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo wordt het concept kracht geformaliseerd en worden algemene regels over de eigenschappen en effecten van krachten geïntroduceerd.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

(kracht en beweging)

- over de effecten van kracht op beweging (te denken valt aan vertragen en het veranderen van richting).

(toepassen van krachten)

- over de effecten van krachten op de vorm van materialen (te denken valt aan oprekken, verbuigen en breken).
- over hulpmiddelen die de grootte en richting van krachten kunnen beïnvloeden (te denken valt aan hefboom, katrol en een scherp snijvlak).

(kracht in het lichaam)

- over het samenspel tussen spierstelsel en skelet bij beweging.



# Energie & wisselwerking

## ENERGIE

De bouwsteen 'energie' bestaat uit de verschillende vormen van energie, hoe er in energiebehoefte wordt voorzien en hoe er gebruik van gemaakt kan worden. Energie komt in verschillende vormen voor (warmte, beweging, licht, elektriciteit, voeding). Sommige van die vormen zijn niet zo makkelijk te gebruiken, omdat ze lastig op te slaan of te transporteren zijn. Deze vormen van energie worden vaak omgezet in elektrische energie, die wel makkelijk te transporteren is (zoals de beweging van wind die in een windmolen omgezet wordt in elektrische energie) of chemische energie, die makkelijk op te slaan is (zoals in een batterij).

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen kennis met de vele verschillende bronnen en toepassingen van energie.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(energienetwerk)*

- over de verscheidenheid aan energiebronnen (te denken valt aan brandstof, wind, zonlicht, batterij en boterham).

*(energiegebruik)*

- over de verscheidenheid aan energiegebruikers (te denken valt aan een verwarming, een auto, een tablet en een jachtluipaard).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po wordt het concept energie uitgediept zodat leerlingen gefundeerde afwegingen kunnen maken over het gebruik en opwekken van energie.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(energienetwerk)*

- over voor- en nadelen van het gebruik van verschillende energiebronnen (te denken valt aan vervuiling, kosten en het opraken van grondstoffen).
- over transport van energie van bron naar gebruiker (te denken valt aan elektriciteitskabels, brandstoftransport en straling).

*(energieomzetting)*

- over verschillende vormen van energie en het omzetten van de ene vorm van energie in de andere (te denken valt aan de omzetting van bewegingsenergie naar elektrische energie in een windmolen, van chemische energie naar bewegingsenergie in een auto en van chemische energie in voedsel naar bewegingsenergie in organismen).

*(energiegebruik)*

- over het verschil in energiegebruik tussen gebruikers.

*(schakelingen)*

- over de rol van bronnen, schakelaars en apparaten in een stroomkring.

*(energie in organismen)*

- over de verschillende energiebronnen van planten, dieren en mensen (te denken valt aan de zon en voedsel).
- over de relatie tussen voeding, inspanning en opslag van energie in het lichaam (te denken valt aan energiebehoefte bij sportprestaties en reserves opbouwen voor de winterslaap of vogeltrek).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo maken leerlingen kennis met de wet van behoud van energie en kunnen een grote verscheidenheid aan processen beschrijven als opslag, transport of omzetting van energie.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(energienetwerk)*

- over voor- en nadelen van verschillende vormen van energievoorziening en -opslag (te denken valt aan fossiele brandstof, waterstof en elektrische auto's).

*(energieomzetting)*

- over rendement en de wet van behoud van energie.

*(energiegebruik)*

- over het (rekenkundige) verband tussen vermogen, energiegebruik en energiekosten.
- over manieren om energieverlies te beperken (te denken valt aan isolatie en het verbeteren van het rendement van een apparaat).

*(schakelingen)*

- over veiligheidsvoorzieningen in de elektrische huisinstallatie (te denken valt aan aardlekschakelaar, zekering en aarding).
- over componenten die gebruikt kunnen worden om de werking van schakelingen te beïnvloeden, rekening houdend met de functie van de schakeling (te denken valt aan de componenten LED en dimmer).

*(energie in organismen)*

- over de rol van fotosynthese in het opslaan van zonne-energie in organisch materiaal (te denken valt aan voedsel en brandhout).

# Grote opdracht 7: Overleven van organismen

## Relevantie

Om ons heen bevindt zich een enorme verscheidenheid aan planten, dieren en micro-organismen in verschillende ecosystemen. De instandhouding van die verscheidenheid aan vormen van leven en de bijbehorende genetische variatie is van grote waarde voor de natuur: zij brengt balans in groottes van populaties en vergroot de beschikbaarheid van natuurlijke bronnen. De verschillende organismen binnen ecosystemen zijn op allerlei manieren relevant voor de mens: ze zuiveren bijvoorbeeld drinkwater of ze leveren grondstoffen, voedsel of medicijnen. Acties van de mens kunnen de biodiversiteit zowel vergroten als verkleinen.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht geeft inhoud aan de manieren waarop deze grote variëteit aan organismen zichzelf in leven houdt en voortplant, en door welke eigenschappen zij kunnen overleven in hun leefomgeving.

Deze grote opdracht bestaat uit twee bouwstenen: instandhouding van een organisme en leefomgeving & biodiversiteit.

De bouwsteen instandhouding van een organisme kent de groeirichtingen:

- Groei, ontwikkeling en voortbestaan
- Verdediging
- Erfelijkheid

De bouwsteen leefomgeving en biodiversiteit kent de groeirichtingen:

- Landschappen
- Evolutie
- Interactie in ecosystemen

# Overleven van organismen

## INSTANDHOUDING VAN EEN ORGANISME

De bouwsteen 'instandhouding van een organisme' bestaat uit kennis over factoren die een rol spelen bij de instandhouding van organismen. Om te begrijpen hoe een organisme zichzelf in stand houdt en in stand gehouden wordt, is het van belang dat leerlingen kennis hebben over groei, ontwikkeling en het voortbestaan van organismen. Ook hebben leerlingen kennis nodig over de mechanismen waarmee organismen zichzelf verdedigen tegen bedreigingen van buitenaf en over erfelijke factoren die een rol spelen bij de instandhouding van organismen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po ontdekken leerlingen welke factoren belangrijk zijn voor de instandhouding van dieren en planten, zoals groei, interactie en erfelijkheid.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(Groei, ontwikkeling en voortbestaan)*

- over de onderdelen (opbouw) van planten en dieren (te denken valt aan wortels, stengels en bladeren en aan kop, romp en poten).
- over de functie van onderdelen van planten en dieren (te denken valt aan opname van stoffen en verplaatsen).
- over de groei en ontwikkeling van planten en dieren (te denken valt aan ontkieming van zaad).
- over het belang van voedsel voor energie en groei.

*(Verdediging)*

- over verdedigingsmechanismen van planten en dieren tegen bedreigingen (predatoren, ziekteverwekkers) van buitenaf (te denken valt aan stekels, gifstoffen, dikke huid en camouflage).

*(Erfelijkheid)*

- over overeenkomsten en verschillen tussen waarneembare eigenschappen van organismen uit de eigen omgeving (te denken valt aan de eigen familieleden, huisdieren en bloemen).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po onderzoeken leerlingen belangrijke factoren voor ontwikkeling en voortbestaan van organismen. Leerlingen verwonderen zich over variaties tussen individuele organismen.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(Groei, ontwikkeling en voortbestaan)*

- over kenmerkende verschillen en overeenkomsten tussen de onderdelen (opbouw) van planten en dieren (te denken valt aan vergelijkbare bouw van gewervelden en het verschil tussen loof- en naaldbomen).
- over de functie en werking van orgaanstelsels met betrekking tot de stofwisseling van planten en dieren (te denken valt aan transport van voedsel en zuurstof via bloed).
- over fysiologische verschillen tussen mannen en vrouwen met betrekking tot voortplanten en mogelijke voorbehoedsmiddelen.
- over de functie van koolhydraten, vetten en eiwitten in het lichaam.

*(Verdediging)*

- over ziekteverwekkers, de daarbij horende symptomen, en het herstellend vermogen van mens en dier (te denken valt aan koorts en verkoudheid).

*(Erfelijkheid)*

- over verwantschap tussen individuen (te denken valt aan bekende familieverbanden).
- over de combinatie van erfelijke factoren (DNA) en omgevingsfactoren die voor de waarneembare eigenschappen (fenotype) van een organisme zorgt (te denken valt aan invloed van DNA en voedingspatroon op lengte of de invloed van aanleg en training bij sportprestaties).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo relateren leerlingen processen ten behoeve van groei, ontwikkeling en voortbestaan aan het instandhouden van organismen.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

*(Groei, ontwikkeling en voortbestaan)*

- over verschillen en overeenkomsten in anatomische en fysiologische kenmerken bij organismen (te denken valt aan bloedsomloop van vissen in vergelijking met zoogdieren).
- over de levensfasen in de levenscycli van planten en dieren (te denken valt aan embryonale en lichamelijke ontwikkelingen).
- over een verscheidenheid aan voedingsstoffen en hun effecten op het lichaam (te denken valt aan vezels, verzadigde en onverzadigde vetten, vitamines en mineralen).

*(Verdediging)*

- over een verscheidenheid aan oorzaken van ziekten en bijbehorende behandelingen (te denken valt aan longontsteking, ebola en kanker).
- over interne afweermechanismen van organismen om zich te verdedigen (te denken valt aan de rol van de witte bloedcellen en het zuur in de maag).

*(Erfelijkheid)*

- over mogelijke oorzaken en gevolgen van veranderingen in erfelijk materiaal.
- over de (on)mogelijkheden om doelmatig aan te sturen op veranderingen in erfelijk materiaal (te denken valt aan veredeling en biotechnologie).
- over het verband tussen variatie in erfelijk materiaal en uiterlijke kenmerken en het verband met erfelijke variatie door voortplanting (te denken valt aan ongeslachtelijke en geslachtelijke voortplanting, IVF).

# Overleven van organismen

## LEEFOMGEVING EN BIODIVERSITEIT

De bouwsteen 'leefomgeving en biodiversiteit' gaat over het (over)leven van organismen in relatie tot hun leefomgeving. Om de relatie tussen leefomgeving en biodiversiteit te zien, is het belangrijk dat leerlingen kennis hebben over landschappen en de interactie tussen verschillende (soorten) organismen. Kennis over evolutie helpt leerlingen om te zien hoe populaties in interactie met de leefomgeving geleidelijk veranderen en hoe dit uiteindelijk kan leiden tot verandering van soorten.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po ervaren de leerlingen in wat voor soort landschap zij leven en verwonderen zij zich over hoe planten en dieren bouwplannen hebben die passen bij hun leefomgeving.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(Landschappen)*

- over de diversiteit aan organismen in verschillende landschappen.
- over kenmerken van landschappen in hun directe omgeving (te denken valt aan bodemsoort (zand, ijs, grond) en begroeiing).

*(Evolutie)*

- over hoe planten en dieren bouwplannen hebben die passen bij hun leefomgeving (te denken valt aan zwemvliezen voor het leven in water, wateropslag in cactus).

*(Interactie in ecosystemen)*

- over communicatie tussen soortgenoten via signalen (te denken valt aan spraak bij mensen, een kat die geursporen achterlaat).
- over voedselrelaties die bestaan tussen verschillende planten- en diersoorten in hun eigen omgeving (te denken valt aan een koe die gras eet of een lieveheersbeestje die bladluizen eet).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po ontdekken leerlingen hoe organismen aangepast zijn aan diverse landschappen en verwonderen zij zich over de verandering van het leven tijdens de geschiedenis van de aarde.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

#### *(Landschappen)*

- over de diversiteit aan leefplekken voor planten en dieren (te denken valt aan het maken van nesten door vogels in bomen of op de bodem, de aanwezigheid van planten in de nabijheid van de zee).
- over de kenmerken van verschillende landschapstypen in Nederland (te denken valt aan duinlandschap en bos).

#### *(Evolutie)*

- over de samenhang tussen de kenmerken van soorten en het overleven in hun leefomgeving.
- over verandering en uitsterven van soorten als gevolg van veranderingen in hun leefomgeving (te denken valt aan ontbossing en grote uitstervingsgolven door een vulkaanuitbarsting).

#### *(Interactie in ecosystemen)*

- over samenwerking tussen soortgenoten met betrekking tot voedsel en voortplanting (te denken valt aan roofdieren die samenwerken om hun prooi te vangen en het beschermen van nakomelingen).
- over voedselrelaties die bestaan tussen soorten in een ecosysteem.

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo ontdekken leerlingen welke landschappen er wereldwijd zijn en hoe deze zijn ontstaan. Daarnaast maken zij expliciet kennis met concepten over evolutie om aanpassingen aan een leefomgeving te kunnen verklaren.

## Kennis en/of vaardigheden

### Leerlingen leren:

#### *(Landschappen)*

- over kenmerken van verschillende landschapstypen wereldwijd (te denken valt aan tropisch regenwoud en taiga).
- Over de vorming van landschappen en de invloed van de mens hierop.

#### *(Evolutie)*

- over de rol van natuurlijke selectie bij de verandering van soorten.
- over de verwantschap tussen soorten op basis van bouw en erfelijk materiaal.

#### *(Interactie in ecosystemen)*

- over de rol van producenten, consumenten en reducenten in ecosystemen.
- over concurrentie en samenwerking tussen soortgenoten met betrekking tot voedsel en voortplanting (te denken valt aan het afbakenen van het territorium en baltsgedrag).
- over de afhankelijkheid van verschillende soorten van elkaar voor hun voedsel (te denken valt aan concurrentie om dezelfde prooi of de anemoonvis die veilig blijft in een anemoon).
- over energiestromen in ecosystemen (te denken valt aan voedselrelaties en fotosynthese).



# Grote opdracht 8: Natuurlijke grondstoffen & materialen

## Relevantie

De natuurlijke en gemaakte wereld is opgebouwd uit verschillende grondstoffen en materialen met specifieke eigenschappen. Door in te zoomen op het microniveau van stoffen krijgen we inzicht in de structuur die bepalend is voor de eigenschappen van die stoffen en het gedrag van stoffen in bijvoorbeeld faseovergangen of chemische reacties.

Technologische innovatie kan helpen om materialen te ontwikkelen met eigenschappen die geschikt zijn voor een breed scala aan toepassingen.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht geeft inhoud aan de bouw en de eigenschappen van stoffen, en het omzetten van de ene stof in de andere. Daarnaast geeft de opdracht inhoud aan het winnen van grondstoffen en het verwerken van grondstoffen tot producten, waaronder voedsel.

Deze grote opdracht bestaat uit twee bouwstenen: stoffen en reacties, en winning, productie en bewerking. De bouwsteen stoffen en reacties kent de groeirichtingen:

- Eigenschappen
- Deeltjes
- Processen

De bouwsteen winning, productie en bewerking kent de groeirichtingen:

- Herkomst
- Productieprocessen

# Natuurlijke grondstoffen & materialen

## STOFFEN EN REACTIES

De bouwsteen 'stoffen en reacties' bestaat uit stoffen, hun eigenschappen, hun opbouw en de fysische en chemische veranderingen die ze door kunnen maken. De materialen uit de omgeving van de leerlingen hebben zeer verschillende eigenschappen. Leerlingen hebben kennis nodig van die verschillende eigenschappen om te begrijpen waarom iets van een bepaald materiaal is gemaakt. Zo kunnen ze zelf ook bewust verschillende materialen gebruiken. De eigenschappen van een materiaal kunnen uiteindelijk verklaard worden door de bouw en samenstelling van dat materiaal. Vanuit deze samenstelling is ook te verklaren waarom stoffen, soms tijdelijk en soms permanent, kunnen veranderen.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po ervaren de leerlingen welke eigenschappen materialen kunnen hebben en dat die kunnen veranderen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(eigenschappen)*

- over direct waarneembare eigenschappen van materialen en stoffen (te denken valt aan kleur, smaak en of ze drijven in water).

*(processen)*

- over het effect van temperatuur op materialen en stoffen (te denken valt aan het bevriezen van water en het 'stollen' van eiwit).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren leerlingen dat faseovergangen en chemische reacties andersoortige fenomenen zijn en dat een molecuulmodel gebruikt kan worden om de verschillen tussen fases te beschrijven.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(eigenschappen)*

- over stoffeigenschappen (te denken valt aan oplosbaarheid in water en brandbaarheid).

*(deeltjes)*

- over de opbouw van stoffen uit kleinere deeltjes die samen de eigenschappen van de stof bepalen.

(processen)

- over het verband tussen de opbouw van stoffen en de verschillende fasen van stoffen.
- over verschillende verschijnselen bij chemische reacties (te denken valt aan warmteontwikkeling, het ontstaan van nieuwe stoffen en kleurverandering).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo ontwikkelen leerlingen hun materiebegrip verder om zo chemische reacties op atomair niveau te beschrijven en verklaren.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

(eigenschappen)

- over de relatie tussen de eigenschappen van materialen en de eigenschappen van de stoffen waaruit die materialen zijn samengesteld.
- over het determineren van stoffen aan de hand van kwantitatieve eigenschappen (te denken valt aan smeltpunt en dichtheid).

(deeltjes)

- over de opbouw van materie uit moleculen en atomen.

(processen)

- over het verband tussen de opbouw van materie en verschillende fysische processen (te denken valt aan oplossen en destilleren).
- over het verschil tussen fysische processen en chemische reacties.
- over atoom- en massabehoud.
- over het gebruiken of juist vrijkomen van energie bij chemische reacties.
- over fotosynthese en verbranding als opbouw- en afbraakreacties in dode en levende materie.

# Natuurlijke grondstoffen & materialen

## WINNING, PRODUCTIE EN BEWERKING

De bouwsteen 'winning, productie en bewerking' bestaat uit de herkomst van grondstoffen en de processen die gebruikt kunnen worden om die grondstoffen te verwerken. Leerlingen maken gebruik van veel verschillende producten en dus van de grondstoffen en materialen waar die producten van gemaakt zijn. Daar zijn productieprocessen voor nodig. Waar komen die grondstoffen vandaan en hoe worden ze gewonnen? Welke bewerkingen zijn er nodig voordat je een plastic tasje of een beker vruchtenyoghurt hebt? De winning van natuurlijke grondstoffen, zoals water, olie en erts heeft effecten op de aarde en sommige grondstoffen kunnen opraken. Materialen kunnen ook worden hergebruikt. Een afvalproduct uit het ene proces kan dus weer de grondstof zijn voor het andere product.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po leren de leerlingen waar materialen, grondstoffen en voedingsmiddelen uit hun omgeving vandaan komen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(herkomst)*

- over de herkomst van producten (te denken valt aan houten planken van bomen, bakstenen van klei).
- over de dierlijke en plantaardige herkomst van voedsel (te denken valt aan visserij en land- en tuinbouw).

*(productieprocessen)*

- over het stapsgewijze karakter van productieprocessen (te denken valt aan tarwe dat via meel tot brood wordt verwerkt en hout dat als plank tot tafel wordt bewerkt).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren de leerlingen dat de winning en productie van materialen, grondstoffen en voedingsmiddelen neveneffecten kunnen hebben.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(herkomst)*

- over het verband tussen producten, materialen en grondstoffen (te denken valt aan het verwerken van grondstoffen tot materialen en het kiezen van een geschikt materiaal voor een bepaald product).
- over de herkomst, eindigheid en recycling van grondstoffen (te denken valt aan zand als grondstof voor glas en de eindigheid van de aardolievoorraad).

- over de (voornamelijk) seizoens- en locatiegebondenheid van voedselproductie (te denken valt aan de verkrijgbaarheid van verschillende fruitsoorten in de zomer en bananen uit tropische gebieden).

*(productieprocessen)*

- over verschillende halffabricaten en hun productie tot eindproducten (te denken valt aan aluminium plaatmateriaal, suiker en plastic korrels).
- over de mogelijke neveneffecten van productieprocessen (te denken valt aan CO<sub>2</sub>-productie van de staalindustrie, dierenwelzijn bij vleesproductie en verrijking van landbouwgrond door plantenresten te laten liggen).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo leren de leerlingen om een productieproces vanuit verschillende invalshoeken te bekijken.

### **Kennis en/of vaardigheden**

#### **Leerlingen leren:**

*(herkomst)*

- over de mogelijkheden en grenzen van hergebruiken en recyclen van grondstoffen (te denken valt aan beperking uitstoot broeikasgassen, gebruik van kunstmatige of natuurlijke mest en verlies van kwaliteit van grondstoffen).

*(productieprocessen)*

- over het bekijken van een productieproces vanuit verschillende invalshoeken en het combineren van deze invalshoeken (te denken valt aan het hergebruiken van reactiewarmte die vrijkomt bij een chemisch proces).

# Grote opdracht 9: Aarde & Klimaat

## Relevantie

De aarde is een bijzondere en complexe planeet die niet makkelijk te begrijpen is. De aarde wordt beschouwd als één groot systeem. Met verschillende onderdelen (deelsystemen) van dat systeem hebben wij dagelijks te maken. De natuurlijke processen op aarde verlopen langzaam in tijd en zijn niet altijd zichtbaar. Ze spelen zich tegelijkertijd af op meerdere schaalniveaus. Daarnaast beïnvloeden de verschillende deelsystemen (bodem, water en lucht) elkaar.

Door inzicht te verwerven in de werking van de aarde en het klimaat leren leerlingen beter te redeneren over natuurlijke processen en verschijnselen. Al het leven op aarde maakt deel uit van dit systeem en heeft er dus ook invloed op.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht stelt het systeem aarde en haar dynamiek centraal. Om de werking te kunnen doorgronden komen verschillende deelsystemen aan bod. Het deelsysteem atmosfeer in deze grote opdracht neemt een centrale rol in. Relaties tussen verschillende deelsystemen komen aan de orde en de rol en invloed van de mens krijgt aandacht.

Deze grote opdracht bestaat uit twee bouwstenen: 'aarde' en 'weer en klimaat'.

De bouwsteen aarde kent de groeirichtingen:

- Kenmerken van en relaties tussen deelsystemen
- De relatie tussen de mens en deelsystemen

De bouwsteen weer en klimaat kent de groeirichtingen:

- Weersverschijnselen
- Klimaten
- Klimaatverandering

# Aarde & Klimaat

## AARDE

De bouwsteen 'aarde' gaat over het systeem aarde, de bijbehorende deelsystemen en de relatie tussen de verschillende deelsystemen en de mens. De aarde verandert voortdurend onder invloed van organismen, natuurlijke processen van binnenuit de aarde (endogeen) en processen van buitenaf (exogeen). Samen vormen ze het complexe en steeds veranderende 'systeem aarde'. Door kennis over deze processen, zoals veranderingen in systeem aarde door invloed van water, kunnen leerlingen (mee)praten over de gevolgen hiervan.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen kennis met het systeem aarde. Aan de hand van natuurverschijnselen leren leerlingen verbanden te leggen tussen de verschillende deelsystemen water, bodem en lucht.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(kenmerken van en relaties tussen deelsystemen)*

- over verschillende kenmerken van de onderdelen van het systeem aarde (te denken valt aan hoogteverschillen van de bodem, de stroming van water en lucht als 'iets' in plaats van niets).
- over de concrete invloed van het ene deelsysteem op het andere deelsysteem (te denken valt aan de invloed van land op de loop van een rivier of vice versa).

*(de relatie tussen de mens en deelsystemen)*

- over de rol van bodem, water en lucht in het leven van de mens (te denken valt aan het bouwen van een huis met klei of de beschikbaarheid van drinkwater).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren leerlingen over de complexiteit van systeem aarde. Ze leren verbanden te leggen tussen de verschillende deelsystemen water, bodem en lucht (de sferen) en de kringlopen die zich door deze deelsystemen heen afspelen. De gevolgen van systeemprocessen die een negatieve invloed hebben op de leefomgeving, zoals natuurgeweld, krijgen aandacht.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(kenmerken van en relaties tussen deelsystemen)*

- over korte en lange waterkringloop (te denken valt aan de water dat door alle sferen heen beweegt en de rol die opwarming door de zon hierin speelt).

- over verschillende natuurwetenschappelijke kenmerken van de hydrosfeer, lithosfeer en atmosfeer (te denken valt aan bestanddelen, structuur en fases).
- over verschillen op aardoppervlak en de invloed van endogene en exogene processen hierop (te denken valt aan een rivierdelta en een vulkaan).

*(de relatie tussen de mens en deelsystemen)*

- over watermanagement (te denken valt de bescherming tegen overstromingen door dijken of meer ruimte voor de rivier)
- over de (on)bedoelde invloed van mens op bodem, water en lucht (te denken valt aan afvalstoffen in drinkwater of lucht of het verbreden van waterwegen).
- over de risico's van verschillende natuurverschijnselen voor de mens (te denken valt aan overstromingen, droogtes, aardbevingen).

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo leren leerlingen over de continue werking van de endogene en exogene processen in systeem aarde. De rol van de mens, zijn invloed en de (onbedoelde) effecten hiervan op systeem aarde krijgen expliciet aandacht.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(kenmerken van en relaties tussen deelsystemen)*

- over de gesteente-, koolstof- en waterkringloop en de interactie met biologische, fysische en chemisch processen (te denken valt aan bossen die koolstof opnemen, afzettingen die ontstaan op het moment dat een rivier minder snel stroomt of broeikasgassen die warmte vasthouden).
- over verschillen tussen processen wat betreft geologische tijdschaal (te denken valt aan de korte tijdschaal bij een aardbeving versus de miljoenen jaren bij vorming van oceanen).
- over het ontstaan van verschillende soorten aardoppervlakte onder invloed van endogene en exogene processen (te denken valt aan het verklaren van jong en oud gebergte).

*(de relatie tussen de mens en deelsystemen)*

- over de effecten van menselijke activiteit op de verschillende deelsystemen en de afhankelijkheid van de mens van die deelsystemen (te denken valt aan het effect van stedelijke bebouwing op temperatuur of het effect van menselijke activiteiten op de het klimaat).



# Aarde & Klimaat

## WEER EN KLIMAAT

De bouwsteen 'weer en klimaat' gaat over de impact van weersverschijnselen, weerpatronen, klimaat en klimaatveranderingen. Het weer is een deelsysteem van het systeem aarde waar leerlingen zich al vanaf jonge leeftijd bewust van zijn.

Het klimaat, de gemiddelde weerstoestand over langere periode, heeft impact op veel menselijke activiteiten, zoals landbouw en huisvesting.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen vanuit verwondering en ervaring kennis met weersverschijnselen.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(Weersverschijnselen)*

- over verschillende weersverschijnselen in de eigen omgeving (te denken valt aan regen, onweer en mist).

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po leren leerlingen weersverschijnselen te verklaren en maken leerlingen kennis met het begrip klimaat en klimaatverandering.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(Weersverschijnselen)*

- over het ontstaan van weersverschijnselen (te denken valt aan verdampen, neerslag, wolkvorming).

*(Klimaten)*

- over de eigenschappen van het Nederlandse zeeklimaat (te denken valt aan milde winters en zomers en aan neerslag gedurende het gehele jaar).
- over kenmerken van klimaten in verschillende gebieden wereldwijd (te denken valt aan temperatuur en hoeveelheid regen).

*(Klimaatverandering)*

- over de gevolgen van klimaatverandering in Nederland (te denken valt aan zeespiegelstijging en opwarming).

# Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo leren leerlingen op wereldschaal over klimaat(verandering) te redeneren.

## **Kennis en/of vaardigheden**

### **Leerlingen leren:**

*(Weersverschijnselen)*

- over de effecten van luchtdruk op het weer.

*(Klimaten)*

- over factoren die de ligging van de klimaten verklaren (te denken valt aan breedtegraad, afstand tot de zee en hoogte ten opzichte van de zeespiegel).

*(Klimaatverandering)*

- over het natuurlijke proces van klimaatverandering (te denken valt aan het vasthouden van warmte door de ophoping van broeikasgassen in de atmosfeer, zonneactiviteit of het albedo van de aarde).
- over de uitstoot van broeikasgassen door menselijke activiteit (te denken valt aan industriële processen of het rijden van een benzine-auto).
- over de gevolgen op korte en lange termijn van klimaatverandering wereldwijd (te denken valt aan zeespiegelstijging en extreem weer) en de aanpassingen die hiervoor nodig zijn (te denken valt aan het verhogen van dijken, klimaatmigratie of het aanleggen van groene daken).

# Grote opdracht 10: Heelal & Tijd

## Relevantie

Met verwondering kijken veel leerlingen naar de sterrenhemel. Hoe is de aarde ontstaan? Heeft het heelal grenzen? Is leven buiten de aarde mogelijk? Dit soort vragen houdt mensen bezig en ligt aan de basis van ons begrip van de werkelijkheid en onze plaats in het heelal.

Technologische vooruitgang stelt ons in staat om steeds meer te leren over het heelal en ons beeld bij te stellen. Onze planeet is niet alleen een onderdeel van ons zonnestelsel; het zonnestelsel heeft ook invloed op onze indeling van tijd en de (cyclische) processen in de natuur.

## Inhoud van de opdracht

Deze grote opdracht geeft inhoud aan ons denken over het heelal, onze plaats daarin en de invloed ervan op de aarde. Denk hierbij aan de plek van de aarde in het zonnestelsel, technologische ontwikkelingen in de ruimtevaart en de effecten van het zonnestelsel op de aarde in de vorm van de seizoenen, dag- en nachtritme en getijden.

Deze grote opdracht bestaat uit één bouwsteen: heelal en tijd. De bouwsteen heelal en tijd kent de groeirichtingen

- Planeet aarde, zonnestelsel en heelal
- Reizen in de ruimte
- Ritmes in tijd

# Heelal & Tijd

## HEELAL EN TIJD

De bouwsteen 'heelal en tijd' bestaat uit het verkennen van de verschillende hemellichamen, hun samenhang en hun invloed op de aarde. De zon, de maan en de sterren zijn (vrijwel) dagelijks zichtbaar, maar zijn voor de meeste mensen niet tastbaar. Dat roept verwondering op: waar komen de seizoenen vandaan? Kun je reizen naar de maan, naar het verleden of naar de toekomst? Hoe is de aarde ontstaan? Is er leven buiten de aarde? Leerlingen leren in deze bouwsteen welke vragen al beantwoord zijn, wat het antwoord is op die vragen en welke vragen nog beantwoord kunnen worden.

## Primair onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het po maken leerlingen kennis met verschillende hemellichamen en objecten in de ruimte die met het blote oog zichtbaar zijn. Zij leren over verschillende ritmes in tijd.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(planeet aarde, zonnestelsel en heelal)*

- over de eigenschappen van met het blote oog aan de hemel waarneembare hemellichamen en objecten (te denken valt aan zon, maan, sterren en satellieten).

*(ritmes in tijd)*

- over het dag-nacht ritme.
- over de kenmerken van de seizoenen.

## Primair onderwijs bovenbouw

In de bovenbouw van het po vergroten leerlingen hun kennis over hemellichamen en objecten in de ruimte en herkennen de verschillen tussen verschillende planeten. Ze leren ritmes in tijd te verklaren aan de hand van de beweging van de aarde ten opzichte van de zon.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(planeet aarde, zonnestelsel en heelal)*

- over de geschiedenis van de aarde en het heelal (te denken valt aan het feit dat de aarde en het heelal een begin hebben en dat omstandigheden op de aarde veranderen).
- over het manieren om de aarde vanuit de ruimte en de ruimte vanaf de aarde te bestuderen (te denken valt aan telescopen en satellieten).
- over de beweging van hemellichamen en objecten in ons zonnestelsel.

- over verschillen tussen planeten in ons zonnestelsel (te denken valt aan zwaartekracht, temperatuur, dampkring).

*(reizen in de ruimte)*

- over hoe de ruimte door mensen wordt gebruikt (te denken valt aan verkenningen, ruimteafval, communicatie en (on)bemande reizen).
- over voorwaarden die nodig zijn voor ruimtereizen (te denken valt aan een astronaut die op de maan een ruimtepak moet dragen).

*(ritmes in tijd)*

- over de verklaring van het dag-nacht-ritme en de seizoenen aan de hand van de draaibeweging van de aarde ten opzichte van de zon.

## Voortgezet onderwijs onderbouw

In de onderbouw van het vo leren leerlingen over de (on)mogelijkheden van leven voor de mens buiten de aarde en kunnen hierover afwegingen maken. Ze leren ritmes in tijd te verklaren aan de hand van de beweging van de aarde en de maan.

### Kennis en/of vaardigheden

#### Leerlingen leren:

*(planeet aarde, zonnestelsel en heelal)*

- over de tijd- en afstandsschalen in het heelal (te denken valt aan geologische tijdschalen en lichtjaren).
- over de aspecten die de (on)bewoonbaarheid van verschillende planeten verklaren (te denken valt aan samenstelling atmosfeer, weersystemen, water).

*(reizen in de ruimte)*

- over de benodigheden om in de ruimte te komen en daar te overleven (te denken valt aan voeding, brandstof, stralingsbescherming en zuurstof).

*(ritmes in tijd)*

- over ritmes waarbij de maan een rol speelt (te denken valt aan zonsverduisteringen, de fases van de maan en de getijden).



4.

## AANBEVELINGEN VOOR BOVENBOUW VOORTGEZET ONDERWIJS

Hieronder doet het ontwikkelteam Mens & Natuur, in samenspraak met een adviesteam van ongeveer 25 vakdocenten uit de bovenbouw van vmbo en havo/vwo, aanbevelingen over hoe de grote opdrachten en bijbehorende bouwstenen uitgewerkt kunnen worden in eindtermen voor vo bovenbouw. Het team gaat uit van aanbevelingen in drie categorieën:

- Generieke aanbevelingen voor alle vakken binnen het leergebied Mens & Natuur
- Aanbevelingen voor de disciplinaire vakken biologie, natuurkunde, scheikunde en aardrijkskunde.
- Aanbevelingen voor de discipline-overstijgende vakken NLT (natuur, leven en technologie), O&O (onderzoek en ontwerpen) en T&T (technologie en toepassing).

## Generieke aanbevelingen

### Algemeen

- Beschrijf de examenprogramma's via een eenduidige structuur en opbouw. Op dit moment is de structuur en opbouw van de examenprogramma's van het vmbo enerzijds en havo/vwo anderzijds niet gelijk.
- Houd in de structuur van de examenprogramma's de vijf types (referentiekaders, vraagstukken, werkwijzen, denkwijzen en concepten) uit dit voorstel aan.
- Ga ook in de bovenbouw uit van onderwijs dat een combinatie is van de verschillende typen bouwstenen. Deze combinaties geven bijvoorbeeld de verschillende disciplines de mogelijkheid om aan te geven wat hun eigen bijdrage is aan een bepaald maatschappelijk vraagstuk.
- Sluit in de examenprogramma's aan bij opgedane kennis en vaardigheden in het vervolgonderwijs. Dit betekent dat onderwerpen die in het po en de onderbouw niet aan bod komen wel aan bod kunnen komen in de bovenbouw en andersom.
- Bouw voort op de ervaringen met de meest recente vernieuwing van de examenprogramma's voor havo/vwo en de beroepsgerichte programma's voor vmbo. Geef hierbij extra aandacht aan de inbedding van de relatief nieuwe benadering met denkwijzen.
- Zorg dat de profielgebonden vakken in het vmbo aansluiten op de beroepsgerichte profielen. Bied bijvoorbeeld per beroepsgericht profiel een specifieke syllabus aan voor de profielgebonden vakken.
- Bouw de doelen met betrekking tot het sector- en profielwerkstuk op in samenhang met één of meerdere referentiekaders, vraagstukken, denkwijzen en werkwijzen.

### Referentiekaders en Vraagstukken

- Bouw in de examenprogramma's voort op de referentiekaders en vraagstukken om balans tussen kwalificatie enerzijds en personificatie en socialisatie anderzijds in stand te houden.
- Laat de referentiekaders herkenbaar en sectorspecifiek terugkomen in de examenprogramma's. Leg hierbij de nadruk op het referentiekader aard van technologie voor vmbo en havo en het referentiekader aard van natuurwetenschappen, inclusief wetenschapsfilosofie, voor vwo. Beide referentiekaders moeten wel in alle sectoren terugkomen.
- Onderdelen van burgerschap en digitale geletterdheid verdienen een plek in de examenprogramma's (te denken valt aan ethisch redeneren).

### Denk- en werkwijzen

- Gebruik denk- en werkwijzen om meer samenhang tussen de verschillende schoolvakken te bewerkstelligen.

- Gebruik de denk- en werkwijzen om zowel taalgericht als rekenbewust vakonderwijs een plek te geven in samenhang en afstemming met de leergebieden Nederlands resp. Rekenen & Wiskunde.
- Vul de werkwijzen sectorspecifiek in. Leg daarbij in het vmbo de verbinding met de beroepsgerichte vakken.
- Benadruk de samenhang en wisselwerking tussen onderzoeken en ontwerpen.

## Concepten

- Gebruik inhoudelijke diepgang in de concepten om de meerwaarde en noodzaak van de verschillende monodisciplines in multidisciplinaire contexten zichtbaar te maken.
- Kies voor een duidelijke kern en ruime mogelijkheid tot keuze in de examenprogramma's.
- Zorg dat in de examenprogramma's vmbo minder nadruk komt te liggen op reproductie en meer op hogere denkvaardigheden, bijvoorbeeld door een uitgebreider tabellenboek te gebruiken.

## Aanbevelingen per vak

Hieronder doen wij aanbevelingen voor de disciplinaire vakken natuurkunde, biologie, scheikunde en aardrijkskunde. Waar relevant wordt een tweedeling tussen vmbo en havo/vwo gebruikt.

### Natuurkunde

#### Algemeen

- Pas de examenprogramma's havo/vwo vooral aan door de referentiekaders, vraagstukken, werkwijzen en denkwijzen expliciet te benoemen en gebruik hiervoor taalgebruik dat consistent is met po en onderbouw vo.
- Verander de huidige examenprogramma's vmbo door meer nadruk te leggen op praktische vaardigheden en innovaties.

#### Vraagstukken

- Laat de examenprogramma's natuurkunde voortbouwen op alle drie de vraagstukken (gezondheid, duurzame ontwikkeling en technologische ontwikkeling). Hierin kan per profiel en sector een andere nadruk worden gelegd.
- Besteed aandacht aan de energietransitie als uitwerking van het vraagstuk duurzame ontwikkeling; zowel aan de algemene principes als aan specifieke moderne technologieën.

#### Werkwijzen

- Laat de examenprogramma's natuurkunde voortbouwen op alle vier de werkwijzen. De volgende werkwijzen verdienen meer aandacht in de examenprogramma's in vergelijking tot de huidige situatie:
- De werkwijzen ontwerpen en praktisch handelen verdienen meer aandacht in de examenprogramma's vmbo.
- De werkwijzen ontwerpen en modelgebruik verdienen meer aandacht in de examenprogramma's havo/vwo.

#### Denkwijzen

- Laat de examenprogramma's natuurkunde voortbouwen op alle vier de denkwijzen. Het bewust toepassen van denkwijzen door leerlingen moet belangrijker worden.



- Koppel de denkwijzen in de examenprogramma's expliciet aan de concepten. Dit versterkt de onderzoekende houding van de leerling en stelt hen in staat oplossingen te zoeken voor maatschappelijke problemen, met name in samenhang met andere disciplines.

### Concepten

- Laat de examenprogramma's natuurkunde in ieder geval voortbouwen op de bouwstenen van
- Signalen & informatie (GO5)
- Energie & Wisselwerking (GO6)
- Natuurlijke grondstoffen & materialen (GO8)
- Laat in de examenprogramma's vmbo de onderwerpen 'weer' en 'heelal' vervallen (dit is voor natuurkunde in de onderbouw voldoende aan bod gekomen.)

## Biologie

### Vraagstukken

- Laat de examenprogramma's biologie voortbouwen op alle drie de vraagstukken (gezondheid, duurzame ontwikkeling en technologische ontwikkeling). Hierin kan per profiel en sector een andere nadruk worden gelegd.

### Werkwijzen

- Laat de examenprogramma's biologie havo/vwo in ieder geval voortbouwen op de werkwijzen onderzoeken en modelgebruik en -ontwerp.
- Laat de examenprogramma's biologie vmbo in ieder geval voortbouwen op praktisch handelen en modelgebruik en -ontwerp.

### Denkwijzen

- Laat de examenprogramma's biologie voortbouwen op alle vier de denkwijzen door aandacht te geven aan hoe bepaalde manieren van denken van belang zijn om complexe biologische kennis te begrijpen en te benaderen.
- Evolutionair denken zou een sterke plek moeten krijgen in de examenprogramma's havo/vwo. Dit kan door het concept evolutie te verbinden met de denkwijzen patronen, systemen, en verbanden en relaties of een denkwijze evolutionair denken op te nemen.

### Concepten

- Laat de examenprogramma's biologie havo/vwo in ieder geval voortbouwen op de bouwstenen van de volgende grote opdrachten:
  - Signalen & informatie (GO5)
  - Energie & wisselwerking (GO6)
  - Overleven van organismen (GO7)
  - Natuurlijke grondstoffen & materialen (GO8)
  - Heelal & tijd (GO10)

- Laat de examenprogramma's biologie vmbo in ieder geval voortbouwen op de bouwstenen van de volgende grote opdrachten, afhankelijk van het gekozen profiel. Voor het profiel Zorg & Welzijn is dat:
  - Signalen & informatie (GO5)
  - Energie & wisselwerking (GO6)
  - Overleven van organismen (GO7)
  - voor het profiel Groen is dat:
    - Energie & wisselwerking (GO06)
    - Overleven van organismen (GO7)
    - Aarde & Klimaat (GO9)

## Scheikunde

### Vraagstukken

- Laat de examenprogramma's scheikunde voortbouwen op alle drie de vraagstukken (gezondheid, duurzame ontwikkeling en technologische ontwikkeling).

### Werkwijzen

- Laat de examenprogramma's scheikunde voortbouwen op alle vier de werkwijzen (onderzoeken, ontwerpen, modelgebruik en -ontwerp en praktisch handelen). Voorbeelden hiervoor zijn:
  - experimenteel onderzoek en praktisch en veilig handelen in een laboratoriumsetting.
  - ontwerpen in samenhang met andere vakken waarbij conceptuele kennis over stoffen en materialen ondersteunend is in het maken van keuzes in veel ontwerpprocessen.
  - chemische analysetechnieken die nodig zijn om metingen te kunnen doen aan een productieproces.
  - besef ontwikkelen van de plek die ontwerpen inneemt in de innovaties van het scheikunde werkveld.

### Denkwijzen

- Laat de examenprogramma's scheikunde expliciet voortbouwen op alle vier de denkwijzen. De volgende werkwijzen verdienen meer aandacht in de examenprogramma's in vergelijking met de huidige situatie:
  - De denkwijze systemen, door zowel in te zoomen op losstaande processen zoals specifieke chemische reacties als uit te zoomen naar grootschalige processen in de complexe natuur en industrie.
  - In de examenprogramma's havo/vwo de denkwijze relaties en verbanden (met name de groeirichting structuur-eigenschap) door aandacht te geven aan het redeneren in termen van macro-micro.
  - In de examenprogramma's havo/vwo dient de denkwijze schaal, verhouding en hoeveelheid versterkt te worden in het denken over de nauwkeurigheid die hierbij gepaard gaat.
  - In de examenprogramma's vmbo kan de denkwijze schaal, verhouding en hoeveelheid gebruikt worden om de toepasbaarheid van scheikunde goed in te kunnen zetten in het vervolgonderwijs.

### Concepten

- Laat de examenprogramma's scheikunde in ieder geval voortbouwen op de bouwstenen uit de volgende grote opdrachten:
  - Energie & wisselwerking (GO6)
  - Natuurlijke grondstoffen & materialen (GO8)

Voorbeelden hiervoor zijn:

- Aandacht voor grondstofverbruik en -hergebruik in chemische processen vanuit het vraagstuk duurzame ontwikkeling.
- Aandacht voor het energie-effect van chemische processen en de relatie met de chemische industrie. Zorg hierbij voor voldoende aansluiting bij wiskundige kennis en vaardigheden.
- Duidelijkheid welke eigenschappen verklaard moeten worden met een deeltjesmodel en maak hierin onderscheid voor havo/vwo en vmbo.
- Laat het concept dat reacties zorgen voor een stabielere elektronenconfiguratie een plek innemen in de examenprogramma's havo/vwo in relatie tot energie en het deeltjesmodel (samenhang tussen energie en materie).

## Aardrijkskunde

*De aanbevelingen voor het vak aardrijkskunde zijn in samenwerking met het ontwikkelteam van M&M tot stand gekomen.*

### Algemeen

- Behoud in het vak de integratie tussen M&M (sociale geografie) en M&N (fysische geografie)

### Referentiekaders en vraagstukken

- Werk de vraagstukken duurzame ontwikkeling en technologische ontwikkeling in samenhang uit met de huidige examenprogramma's en zorg ervoor dat ze herkenbaar terugkomen in de examenprogramma's bijvoorbeeld d.m.v. symbolen.
- Laat het belang van technologie zien door leerlingen actief gebruik te laten maken van ict en data en leer hen daar mee omgaan via de werkwijzen informatie verwerven en verwerken (M&M) en modelgebruik en -ontwerp (M&N) in de examenprogramma's. Het gebruik van technologie zoals verwoord in grote opdracht technologie (M&M) biedt veel kans binnen de examenprogramma's aardrijkskunde toegepast te kunnen worden.

### Denk- en werkwijzen

- Breng de examenprogramma's vmbo in lijn met de M&N denkwijzen systemen en schaal, verhouding en hoeveelheid.
- Besteed in de examenprogramma's meer aandacht aan de M&M-denkwijzen denken vanuit jezelf en anderen, denken in keuzes en verantwoordelijkheden en denken in betekenis. Deze komen in de huidige situatie nog niet goed tot hun recht.

### Concepten

- Laat de examenprogramma's aardrijkskunde vanuit Mens & Natuur in ieder geval voortbouwen op de bouwstenen van de grote opdracht aarde & klimaat (MN09)

- Maak in de examenprogramma's de relevantie van geografische inhoud in het vervolgonderwijs en in de beroepscontext duidelijk.
- Voeg 'endogene processen' toe aan de examenprogramma's vmbo om een goede doorstroming van vmbo naar havo te bewerkstelligen.

# NLT, O&O en T&T

## Algemeen

De huidige examenprogramma's van natuur, leven en technologie (NLT, alleen havo/vwo), onderzoek & ontwerpen (O&O, alleen havo/vwo) en technologie & toepassing (T&T, alleen vmbo) sluiten goed aan bij de voorstellen van het ontwikkelteam. Met een aantal aanpassingen aan de examenprogramma's kan de aansluiting nog verder verbeterd worden. Waar hieronder gesproken wordt over examenprogramma's geldt dit voor de NLT, O&O en T&T.

- Verken de mogelijkheid om de vakken NLT en O&O voor iedere leerling met een N-profiel toegankelijk te maken.
- Onderzoek of voor O&O, NLT en T&T een voor leerlingen leesbaar examenprogramma haalbaar is. Er is voor deze vakken behoefte vanuit leerlingen om meer sturing te geven aan hun eigen leerproces.
- Geef meer aandacht voor beroepen en het bedrijfsleven in de examenprogramma's (met name voor NLT).
- Behoud de plek van brede vaardigheden als zelfregulering, samenwerken en sociale vaardigheden in de examenprogramma's en verken hoe de vakken NLT en O&O elkaar kunnen versterken.
- Behoud de vrijheid van onderwerpkeuze die nu in de examenprogramma's is opgenomen.
- Zorg ervoor dat de examenprogramma's de opzet in projecten en modules faciliteren. Beschouw de O&O- en T&T-projecten en NLT-modules als middel en niet als doel op zich.

## Referentiekaders en vraagstukken

- Maak de vraagstukken en referentiekaders expliciet in de examenprogramma's zodat deze in de opdrachten/projecten en modules benoemd kunnen worden.
- Geef ethische dilemma's een expliciete plek in de examenprogramma's.

## Werkwijzen

- Besteed meer aandacht aan modelleren.
- Geef ontwerpen in zowel NLT als O&O meer aandacht.

## Denkwijzen

- Maak de denkwijzen expliciet in de examenprogramma's zodat deze in de projecten/opdrachten en modules benoemd kunnen worden.
- Gebruik de denkwijzen om samenhang tussen NLT, O&O en T&T enerzijds en de monovakken anderzijds te versterken.
- Gebruik de denkwijzen voor NLT, O&O en T&T om de vaardigheden te ondersteunen.

## Concepten

- Geef in de domeinen van NLT en de bètawerelden van O&O en T&T aan hoe deze relateren aan de bouwstenen.



5.

## GENERIEKE AANBEVELINGEN VOOR HET LEERGEBIED

*Naast de visie, de grote opdrachten, de bouwstenen en de aanbevelingen voor de bovenbouw willen wij nog graag een aantal adviezen meegeven. Sommige adviezen zijn gericht op de directe vervolgfase, waarin de kerndoelen ontwikkeld gaan worden. Andere adviezen zijn gericht op de implementatie van die kerndoelen.*

## Aanbevelingen voor de vervolgfase

Wij hebben drie aanbevelingen voor de vervolgfase. Ten eerste wil het team adviseren om in de onderbouw van het vo te werken met sectorspecifieke kerndoelen. Wij denken dat het niet haalbaar is om specifiekere kerndoelen, zoals de insteek is, zodanig te formuleren dat zij voor alle sectoren, van vmbo basis tot vwo, haalbaar en richtinggevend zijn.

Ten tweede adviseren wij om de manier waarop wij samen met Mens & Maatschappij de bouwsteen duurzame ontwikkeling (MN 2.2) ontwikkeld hebben als voorbeeld te gebruiken voor het vormgeven van samenhang op gezondheid (MN 2.1) en technologische ontwikkeling (MN 2.3).

Ten derde willen we een advies meegeven over de structuur van de kerndoelen. In het onderwijs zullen altijd verschillende typen bouwstenen gecombineerd moeten worden tot betekenisvol onderwijs (zie het ontwikkelkader). Het combineren zou (gedeeltelijk) al in kerndoelen plaats kunnen vinden, of juist niet. Ons advies is gebaseerd op een aantal uitgangspunten:

1. Betekenisvol onderwijs bestaat uit een combinatie van verschillende typen bouwstenen. De structuur van de kerndoelen moet hier geschikt voor zijn en het moet voor leraren zichtbaar zijn hoe zij combinaties tussen de verschillende typen bouwstenen kunnen maken.
2. Er moeten niet alleen met bouwstenen van binnen het leergebied Mens & Natuur gecombineerd (kunnen) worden, maar ook met bouwstenen van andere leergebieden om zo de samenhang tussen de leergebieden te bevorderen.
3. De manier waarop de kerndoelen gestructureerd zijn moet voor het veld maximaal werkbaar zijn.

Op basis van deze uitgangspunten adviseren wij om kerndoelen te formuleren waarin één type bouwsteen aan de orde is en deze aan te vullen met een kleine hoeveelheid verplichte combinaties van bouwstenen, waarvan een aantal leergebiedoverstijgend. Dit laat ruimte voor de creativiteit van leraren om zelf keuzes voor combinaties van bouwstenen te maken, levert een overzichtelijk systeem op, maar borgt ook dat belangrijke combinaties of gezichtspunten aan bod komen. Het is belangrijk hierbij op te merken dat deze structuur, bijvoorbeeld op pilotscholen, uitgetoetst moet worden om vast te stellen of deze inderdaad aan uitgangspunt 3 voldoet. Ook willen we opmerken dat de wettelijke kerndoelen vergezeld moeten worden van een breed scala aan voorbeeldmatig uitgewerkte (ook leergebiedoverstijgende) combinaties van bouwstenen.

## Aanbevelingen voor implementatie

Naast deze aanbeveling voor het vervoltraject hebben wij ook een aantal aanbevelingen voor het implementatietraject:

- Zorg in het po voor leerkrachten die vol voor M&N kunnen en willen gaan.
- Geef leraren genoeg gereedschap om het nieuwe curriculum te implementeren. Dit kan bijvoorbeeld door een open source databank voor materiaal als <https://www.sciencelearn.org.nz> of door in professionalisering aandacht te besteden aan nieuwe didactiek rond denk- en werkwijzen.
- Gebruik de ervaringen uit het ontwikkeltraject als input bij het implementatietraject. Gebruik bijvoorbeeld het door ons ontwikkelde kaartspel om het werken met meerdere typen bouwstenen te demonstreren of laat leraren een kijkje in de keuken nemen bij de ontwikkelscholen.

- Zorg dat er in het po voldoende tijd is voor M&N. Dit kan bijvoorbeeld door concreet de samenhang met de Nederlands en Rekenen/Wiskunde uit te werken of door een wettelijke minimum te stellen aan deze tijd.
- Zorg dat scholen genoeg ruimte en middelen hebben om ook de praktische kant van onderwijs in het leergebied vorm te geven en geef scholen de opdracht om een visie op het leergebied te vormen.
- Laat toetsing en borging aansluiten bij het hele curriculum. Niet alleen de concepten, maar ook de referentiekaders, vraagstukken, werkwijzen en denkwijzen. Dit geldt zeker ook voor de examens.
- Houd bij de implementatie rekening met het grote verschil tussen scholen (denk bijvoorbeeld aan het verschil in aandacht voor Mens & Natuur tussen po-scholen). Kies niet voor een standaardaanpak maar geef scholen de ruimte en het gereedschap om het implementatietraject zelf vorm te geven, passend bij hun situatie.

In aanvulling op het advies van de Coördinatiegroep willen we ook graag een aantal aanbevelingen meegeven die de leergebieden overstijgen:

- Zorg dat het curriculum voor leerlingen toegankelijk is: geef een versie uit die in, fasespecifieke, kindvriendelijke taal is opgesteld en gebruik herkenbare en relevante voorbeelden om de kerndoelen te illustreren.
- Informeer, via het kanaal van de school, ook ouders over de curriculumvernieuwing.



## Bijlage Begrippenlijst

<b>Concept</b>	(Abstract) Kernbegrip van het leergebied dat de basis vormt voor de kennisopbouw in het leergebied.
<b>Denkwijze</b>	Manier van kijken, ordenen en/of redeneren.
<b>Discipline</b>	Een discipline beschrijft en verklaart een deel van de werkelijkheid met eigen methodes, modellen, concepten, theorieën en ideeën. In sommige gevallen komt een discipline overeen met een schoolvak.
<b>Duurzame ontwikkeling</b>	Ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden, zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien in gevaar te brengen (Brundtland, 1987).
<b>Gezondheid</b>	Het vermogen zich aan te passen en een eigen regie te voeren, in het licht van de fysieke, emotionele en sociale uitdagingen van het leven (Huber et al., 2011).
<b>Interdisciplinariteit</b>	Aanpak van een vraagstuk vanuit meer dan één discipline, waarbij een individu of team concepten, denk- en werkwijzen vanuit alle relevante disciplines inbrengt of verwerft.
<b>Natuurlijke hulpbron</b>	Alle bronnen in de natuur waar de mens afhankelijk van is, zoals grondstoffen, energiebronnen, voedsel en zon.
<b>Referentiekader</b>	Kader van waaruit het leergebied kan worden gezien.
<b>Schoolvak</b>	Organisatie-eenheid voor het vormgeven van onderwijs in een lesrooster. In sommige gevallen komt een schoolvak overeen met een discipline.
<b>Techniek</b>	De praktijk van het bedenken en realiseren van hulpmiddelen (Van Dijk et al., 2017).
<b>Technologische ontwikkeling</b>	Het proces van voortdurende uitbreiding van de technologische mogelijkheden en de invloed die dit heeft op de maatschappij.
<b>Technologie</b>	De kennis over techniek. Als het gaat om de inhoud van het domein, gebruiken we in dit stuk net als Van Dijk et al. (2017) het woord 'technologie', omdat in het spraakgebruik de term 'techniek' al snel een ambachtelijke associatie oproept. De term 'technologie' wordt meestal breder opgevat.
<b>Werkwijze</b>	Kenmerkende handeling en/of activiteit voor het leergebied.
<b>Wetenschap</b>	Systematisch proces dat leidt tot nieuwe verifieerbare kennis, de manier waarop deze kennis geïnterpreteerd wordt en het systeem waarbinnen men de kennis kan blijven ontwikkelen.

## Ontwikkelteamleden Mens & Natuur



Ada Oldenburg



Anja van Hirtum-Smits



Annemarie van Es



Annick Dezitter



Anouk Otto



Bianca Schoeber



Freek Slomp



Gerben van Baaren



Lennart Verton



Liesbeth Mocking



Liliane Bouma



Maaike van der Voort



Marc Mantz



Marleen de Goeij



Martin Vos



Monja Lize Antens



Nellie Schutte

## Ontwikkelteamleden Mens & Natuur



*Saskia van der Jagt*



*Timon Koster*