Toelichting Mens & Natuur

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

curriculum.nu

VANDAAG WERKEN AAN HET ONDERWIJS VAN MORGEN

Inleiding

10 oktober 2019

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.

Op basis van de aangereikte feedback en inzichten uit literatuur zijn de ontwikkelteams tot hun voorstel gekomen. In dit document vindt u een toelichting op het voorstel van het ontwikkelteam Mens & Natuur. In deze toelichting beschrijft het team de keuzes die zij gemaakt hebben om tot een visie, grote opdrachten en bouwstenen voor hun leergebied te komen en de bronnen die zij daarbij hebben benut. Ook licht het team de opbouw van de doorlopende leerlijn toe en de samenhang tussen de verschillende onderdelen en met andere leergebieden. Het voorstel zelf vindt u in het document 'Voorstel voor de basis van de herziening van de kerndoelen en eindtermen van de leraren en schoolleiders uit het ontwikkelteam Mens & Natuur'. 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 kunt u een beeld krijgen hoe het leergebied Mens & Natuur samenhangt met andere leergebieden. Onder verantwoording-mens-natuur vindt u de verantwoording van het team over de gemaakte keuzes en de verslagen naar aanleiding van de consultatierondes.

Inhoudsopgave

Vooraf 4
Leeswijzer 5
1. Toelichting op de visie 6
2. Toelichting op de grote opdrachten 9
3. Toelichting op bouwstenen 17
4. Toelichting op de aanbevelingen voor de bovenbouw 27
5. Voorbeelden van combinaties bouwstenen 29
6. Bronnenlijst 31
Bijlage A: Begrippenlijst 35
Bijlage B: Samenhang per bouwsteen 36

Vooraf

Voor u ligt de toelichting bij het definitieve voorstel voor het leergebied Mens & Natuur. Het definitieve voorstel en deze toelichting vormen samen het eindresultaat van het werk van 'het ontwikkelteam'; achttien ervaren leraren en schoolleiders uit het basis- en het voortgezet onderwijs.

Wij zijn trots op het eindresultaat. Het definitieve voorstel beschrijft wat leerlingen binnen het leergebied Mens & Natuur leren aan kennis en vaardigheden, over maatschappelijke vraagstukken en over hun eigen rol in de wereld. Het voorstel biedt ruimte om vanuit uiteenlopende onderwijsconcepten invulling aan het leergebied te geven. En het biedt handvatten om sector-overstijgend te werken aan relevant, betekenisvol en kwalitatief goed Mens & Natuur-onderwijs.

Om tot verantwoorde keuzes binnen het tussenproduct te komen, hebben wij gebruik gemaakt van een consultatieprocedure. Deze procedure is beschreven in bijlage 6. In totaal zijn er vier open consultatie-periodes geweest waarin iedereen kon reageren en één consultatieronde waarin we gericht met diverse betrokkenen in gesprek zijn gegaan. Velen hebben meegedacht en feedback gegeven. Zonder al deze commentaren hadden wij niet tot dit resultaat kunnen komen. Ieder commentaar is gelezen en gewogen. In deze toelichting beschrijven wij hoe het eindproduct tot stand is gekomen, vanuit welke gedachten keuzes zijn gemaakt en hoe het voorstel aansluit bij de opdracht die ons gegeven is. Tijdens de consultaties is gesproken met wetenschappers, vakverenigingen, individuele docenten, ouders, leerlingen en maatschappelijke organisaties.

Uiteraard zijn in deze toelichting niet alle reacties van feedbackgevers opgenomen en besproken. Dat had de toelichting nog omvangrijker gemaakt dan deze nu al is. U kunt alle reacties wel lezen op de website van curriculum.nu.

Curriculumontwikkeling en het bijbehorende gesprek is nooit klaar. In het laatste hoofdstuk (aanbevelingen voor de vervolgfase) van het hoofddocument doen wij daarom belangrijke aanbevelingen.

Het ontwikkelteam Mens & Natuur, 10 oktober 2019

Leeswijzer

We volgen in dit document de stappen die wij genomen hebben om tot ons voorstel te komen. We zijn gestart vanuit een visie op het leergebied, vervolgens hebben we grote opdrachten geformuleerd en zijn we tot bouwstenen gekomen.

Figuur 1: de verschillende onderdelen van het traject curriculum.nu

In dit document geven we per stap in het ontwikkeltraject eerst globaal aan wat onze overwegingen zijn geweest (totstandkoming). Vervolgens geven we een uitgebreide verantwoording over de keuzes achter het voorstel.

1.

TOELICHTING OP DE VISIE

In de visie hebben we beschreven wat het belang is van ons leergebied voor het onderwijs. Dit hebben we gedaan door in de visie de relevantie, inhoud en positie van het leergebied te verwoorden.

Totstandkoming visie

Bij het formuleren van de visie hebben we onder andere gebruik gemaakt van de startnotitie van SLO, de visiestukken van de vakverenigingen NVON en KNAG, de expertise van de leden van het ontwikkelteam en wetenschappelijke literatuur, met name het werk van Roberts (1988). Het werk van Roberts is een veelgebruikt raamwerk dat de doelstellingen van een grote diversiteit aan curriculumherzieningen op het gebied van science typeert. Dit raamwerk hebben we gebruikt om de volledigheid van de visie na te gaan. Daarnaast is, om maatschappelijke relevantie te waarborgen, gekeken hoe natuurwetenschappelijke actualiteit een plek heeft in onze visie. Daarvoor heeft o.a. de nationale wetenschapsagenda gediend (Nationale kenniscoalitie, 2015).

In onze visie staat centraal dat leerlingen leren vanuit verwondering. Ze ontwikkelen zich op hun eigen niveau, maar wel in een gemeenschappelijke richting (dit hebben we 'groeirichting' genoemd). In de eerste versie van de visie hebben we verwondering als startpunt van ontwikkeling centraal gezet. Na feedback op deze visie hebben de we conclusie getrokken dat focus op verwondering een te eenzijdig beeld geeft. Daarom hebben we het leren vanuit de individuele behoefte van de leerling (om te begrijpen hoe zijn/haar eigen lichaam werkt, om een band te kunnen plakken) en vanuit maatschappelijke urgentie (klimaatverandering, ethische kwesties rond biotechnologie) toegevoegd. Daarnaast kwam uit de feedback naar voren dat het beeld was ontstaan dat vaardigheden leidend zouden zijn in de visie, wat niet overeenkwam met onze intentie (zie het thema hieronder).

De balans tussen kennis en vaardigheden

De werkopdracht voor de ontwikkelteams richt zich op balans tussen de drie hoofddoelen van het onderwijs - kwalificatie, socialisatie en persoonlijke ontwikkeling - en de kennis en vaardigheden die we onze leerlingen willen meegeven. In de discussie over onze visie met diverse betrokkenen kwam dit uitgangspunt vaak terug.

Kennis blijft belangrijk. We willen kennis relevant maken voor alle leerlingen, zowel de leerlingen die in hun toekomst verder gaan binnen de natuurwetenschappen en technologie, als de leerlingen die in hun loopbaan niet of zelden in aanraking komen met natuurwetenschap of technologie. Bij het maken van de eerste versie van de visie is het beeld ontstaan dat wij een solide kennisbasis niet belangrijk vinden. Het is nooit onze bedoeling geweest om vaardigheden boven kennis te stellen. Het aanbrengen van een solide kennisbasis kan binnen het leergebied Mens & Natuur goed gecombineerd worden met het ontwikkelen van vaardigheden. Kennis binnen dit leergebied is immers tot stand gekomen (en komt nog steeds tot stand) door het toepassen van verschillende vaardigheden. Het toepassen van vaardigheden binnen het leergebied Mens & Natuur is alleen zinvol als het gekoppeld wordt aan kennis.

Wij vonden het gedurende het gehele traject belangrijk om de gelijkwaardigheid tussen kennis en vaardigheden nadrukkelijk te beschrijven en uit te dragen. De reacties in de media en tijdens consultaties maakten dat we deze boodschap steeds scherper zijn gaan verwoorden. Bij het gebruik van de bredere termen "kennis en vaardigheden" zijn we onderscheid gaan maken binnen deze twee categorieën. Bij kennis valt onderscheid te maken tussen feitenkennis, conceptuele kennis, procedurele kennis en metacognitieve kennis (Krathwohl, D. R., 2002). Bij vaardigheden zijn we uitgegaan van leergebiedspecifieke werk- en denkvaardigheden en brede vaardigheden, zoals deze zijn gebruikt in de werkopdracht van curriculum.nu (SLO, 2018). Deze brede vaardigheden zijn leergebiedoverstijgend vastgesteld.

Disciplines/vakken/samenhang

Curriculum.nu gaat over de inhouden van leergebieden en niet over de vorm waarin die inhouden dienen te worden onderwezen. Het is aan de scholen om te bepalen hoe het onderwijs georganiseerd wordt. Veel feedbackgevers zagen in de manier waarop het leergebied Mens & Natuur werd beschreven een pleidooi voor (vormen van) vakintegratie. Wij beschreven de inhoudelijke samenhang binnen het leergebied, de huidige organisatie van onderwijs stond niet ter discussie[1]. Wij namen kennis van de kritiek op vakintegratie maar deden, in lijn met de opdracht, geen uitspraken over onderwijs-organisatorische- en didactische concepten. We hadden de opdracht om het “wat” te beschrijven en niet het “hoe”.

In Nederland hebben scholen op basis van de huidige kerndoelen veel vrijheid om hun aanbod zelf vorm te geven. Toch volgen in de onderbouw van het vo relatief weinig leerlingen een geïntegreerd science-vak: 16% van de leerlingen in Nederland versus 35% van de leerlingen in OESO-landen (OECD, 2016). Veel leraren, vakverenigingen en vakexperts veronderstelden dat hun vak en de inhouden van hun vak mogelijk zouden verdwijnen door dit curriculum. Ze hadden daarom weinig vertrouwen in het proces en daarmee weinig vertrouwen in de opbrengsten. We hopen de gevoeligheid gedurende het ontwikkeltraject te hebben weggenomen, door expliciete aandacht voor zowel disciplinair als interdisciplinair denken en door zowel overeenkomsten als verschillen tussen de disciplines te benoemen. Niet voor niets is bij de samenstelling van ons team rekening gehouden met de verschillende disciplines aardrijkskunde, biologie, scheikunde, natuurkunde en techniek.

Uit onderzoek is weinig duidelijk geworden over de effecten van het aanbieden van onderwijs in losse of meer geïntegreerde vakken (Wilschut en Pijls, 2018). In de internationale PISA-vergelijkingen is geen significant verschil te vinden tussen de prestaties van leerlingen in onderwijssystemen waar de verschillende disciplines als losse vakken of als geïntegreerd vak worden onderwezen (OECD, 2016).

1 *Zie ook de aangenomen Tweede Kamermotie van de leden Bisschop en Bruins om bij de uitwerking van het plan van aanpak de bestaande vakken en kennisgebieden als uitgangspunt te kiezen (motie 31293-370, 2017).*

2.
TOELICHTING OP DE GROTE OPDRACHTEN

Totstandkoming grote opdrachten

Op basis van de visie bepalen de ontwikkelteams wat de grote opdrachten van hun leergebied zijn. Het gaat om de belangrijkste inzichten van en over het leergebied die leerlingen tot betekenisvol leren uitdagen. We hebben als team erg geworsteld met het eenduidig formuleren van de grote opdrachten. We zochten naar grote opdrachten die goed aansloten bij de uitgangspunten zoals deze in onze werkopdracht geformuleerd stonden, namelijk:

- omvatten het hele leergebied en zijn voor zover als mogelijk herkenbaar en bruikbaar voor alle disciplines in het leergebied;
- hebben een onderbouwde relatie met de visie;
- bieden inzichten in en van het leergebied;
- zijn in essentie herkenbaar voor zowel het primair onderwijs als het voortgezet onderwijs;
- zijn te vertalen naar en uit te werken in kennis en vaardigheden voor verschillende bouwen.

Hierbij moet opgemerkt worden dat de interpretatie van de term “grote opdrachten” in de loop van het proces is geëvolueerd. In de tweede ontwikkelsessie hebben we gekozen voor een benadering met twee typen grote opdrachten:

- opdrachten vanuit het leergebied: hoe kijken we vanuit de vakdisciplines naar onze wereld? (een meer conceptuele benadering)
- opdrachten aan het leergebied: voor welke uitdagingen staat onze maatschappij en wat kan het leergebied Mens & Natuur daaraan bijdragen? (een meer contextuele benadering)

We hebben een aantal voorbeeldmatige Grote Opdrachten als opbrengst gedeeld en deze gebruikt als toetsing in de consultatieperiode. In de consultatie bleek dat er grote bedenkingen waren bij onze aanpak: deze werd als niet systematisch gezien en men miste structuur en verantwoording. Ook werkte de indeling in twee types grote opdrachten verwarrend. Deze feedback heeft er mede voor gezorgd dat we terug zijn gegaan naar de tekentafel: we hebben een ontwikkelkader opgesteld dat ons in staat stelt de grote opdrachten meer systematisch te ontwikkelen. Op basis van literatuur, met name de Next Generation Science Standards (NGSS, 2013), de inbreng van de vakinhoudelijke adviesgroep en de inbreng de vakvereniging NVON zijn we tot een ontwikkelkader gekomen. We hebben dit kader samen met het ontwikkelteam Mens & Maatschappij ontwikkeld omdat beide leergebieden zijn samengesteld uit een veelheid van disciplines die de wereld om ons heen bestuderen en beschrijven. Hieronder beschrijven we hoe dit kader tot stand is gekomen. Gedurende het traject is het ontwikkelkader verder geëvolueerd op basis van feedback en onze eigen wensen. Onderdelen van het ontwikkelkader zijn meerdere malen tijdens het proces aangepast en aangescherpt (zie bijvoorbeeld verantwoording vraagstukken hieronder), maar het idee van een kader is overwegend positief ontvangen. Dit kader heeft ervoor gezorgd dat grote opdrachten gestructureerd en systematischer op papier konden worden gezet.

Het ontwikkelkader

Naast een beschrijving in ‘kennis en vaardigheden’ werden door stakeholders ook beschrijvingen genoemd in de vorm van ‘big ideas’, ‘bestaansverhelderende vragen’, ‘cross-cutting concepts’, ‘thema’s’, ‘handelingspraktijken’, ‘rollen’ of ‘betekenisvolle contexten’. Voor ons stond voorop dat de beschrijving van het leergebied voor iedere school en ieder onderwijsconcept herkenbaar moest zijn. Tegelijkertijd moet het kader houvast geven voor de gemeenschappelijke inhouden van het leergebied. Het gekozen ontwikkelkader doet, zo is onze overtuiging, recht aan de diversiteit van het Nederlandse onderwijs en geeft het voldoende richting.

Op basis van literatuur, de inbreng van stakeholders en teamleden en in overleg met het team Mens & Maatschappij zijn we in eerste instantie tot vier dimensies gekomen: vaardigheden, denkwijzen, concepten en contexten. Het idee van een meerdimensionaal model en de dimensies 'concepten', 'denkwijze' en 'vaardigheid' zijn gebaseerd op het *K-12 science education framework* (National Research Council, 2012) uit de VS dat is uitgewerkt in de *Next Generation Science Standards* (NGSS, 2013) en in veel landen navolging vindt. De vierde dimensie, contexten, wordt ook gebruikt in bijvoorbeeld het framework van de OECD (2017). Betekenisvol onderwijs ontstaat vervolgens door het combineren van elementen uit verschillende dimensies, waarbij het ook mogelijk is om elementen uit Mens & Natuur te combineren met elementen uit andere leergebieden.

Er zijn verschillende redenen om voor een meerdimensionaal kader te kiezen:

- om recht te doen aan de diversiteit, complexiteit en veranderlijkheid van het leergebied;
- om het gesprek over het curriculum te faciliteren;
- om een curriculum voor de gehele breedte van het leergebied te ontwerpen;
- om het leren vanuit betekenisvolle ervaringen te stimuleren;
- om te voorkomen dat er een eenzijdig beeld van het toekomstige curriculum ontstaat, bijv. alleen gericht op vaardigheden of vakinhoud;
- om zowel overeenkomsten als verschillen tussen de disciplines van ons leergebied te belichten;
- om samenhang met andere leergebieden expliciet te kunnen maken.

In ons uiteindelijke voorstel worden vijf dimensies gehanteerd, namelijk referentiekaders, vraagstukken, werkwijzen, denkwijzen en concepten. In het voorstel worden deze beschreven als verschillende typen grote opdrachten en bouwstenen. Hieronder verantwoorden we de totstandkoming van de verschillende dimensies.

Verantwoording bronnen

Voor ons zijn het *K-12 science education framework* van de National Research Council in de Verenigde Staten en de daarop gebaseerde *Next Generation Science Standards (NGSS)* belangrijke bronnen. Deze standards zijn ontstaan vanuit de gedachte dat science-onderwijs een weerspiegeling zou moeten zijn van de onderling verbonden disciplines zoals die in de echte wereld worden beoefend en ervaren. Dit sloot goed aan bij onze visie. Van de website van de *NGSS:* "Het raamwerk is ontworpen om te helpen bij het realiseren van onderwijs waarin studenten actief betrokken zijn bij wetenschappelijke en technische praktijken en doorkruisende concepten *(crosscutting concepts)* toepassen om hun begrip van de kernideeën op deze gebieden te verdiepen."

In dit framework wordt gebruikt gemaakt van de volgende drie dimensies:

- *Science and engineering practices* (te vergelijken met de werkwijzen uit ons kader)
- *Crosscutting concepts* (te vergelijken met de denkwijzen uit ons kader)
- *Disciplinary Core Ideas* (te vergelijken met de concepten uit ons kader)

In de *NGSS* zijn vervolgens leerdoelen *(standards)* ontwikkeld waarin een *practice*, een *crosscutting concept* en een *core idea* uit het *framework* gecombineerd worden. Ook in de Nederlandse publicatie "kennisbasis voor de onderbouw" wordt deze systematiek gehanteerd (Ottevanger, W. et al., 2014). Diverse auteurs en

wetenschappers die aan de basis hebben gestaan van dit document, hebben ons aangeraden om deze structuur in ons voorstel op te nemen. Naast de NGSS en de kennisbasis zijn er nog andere voorbeelden van meerdimensionale curricula, zoals in Australië (ACARA, 2010).

Een andere belangrijke bron is voor ons het PISA 2015 *science framework* (OECD, 2017) geweest. Hoewel dit een framework voor toetsing is en niet voor een curriculum, is de meerdimensionale opzet wel een inspiratie geweest voor ons. In het PISA *framework* wordt bijvoorbeeld aan iedere vraag (onder andere) een type kennis, een vaardigheid en een context gekoppeld. De dimensie 'context' is voor ons zowel qua idee als qua inhoud belangrijk geweest bij het denken over contexten in het curriculum. Uiteindelijk hebben wij contexten wel gebruikt om leerinhouden te selecteren, maar hebben wij contexten niet zelf als leerinhoud beschreven.

De dimensies in ons voorstel vormen geen hiërarchie. Evenmin zijn ze bedoeld als ideeën die op zichzelf staan. Ook in onderzoek van Marzano zien we deze term zo worden uitgelegd (Marzano, R. J.,1988). In zijn definitie zijn dimensies geen afzonderlijk vergelijkbare categorieën. Ze overlappen elkaar in sommige gevallen en ze hebben op verschillende manieren betrekking op elkaar.

Vraagstukken

In de werkopdracht werd ons gevraagd de relevantie van het leergebied te beschrijven. In de discussie kwamen daarbij al snel verschillende thema's aan de orde die breed voor het leergebied speelden: duurzaamheid, gezondheid en technologie. We hebben lang gezocht naar de juiste plek voor deze belangrijke onderwerpen en veel feedback gezocht en gekregen. In eerste instantie hebben we ze buiten het kader geplaatst als 'pijlers' die vooral als ontwerphulpmiddel fungeerden omdat we vonden dat de pijlers niet geïsoleerd zouden moeten worden. Als feedback kregen we dat de keuze voor deze drie pijlers werd herkend. Wel was er de vraag of we met onze keuze om bijvoorbeeld duurzaamheid op veel plekken terug te laten komen niet versnippering in de hand werken. Als feedback, bijvoorbeeld van de vak experts, kwam ook binnen dat kennis over de aard van wetenschap onvoldoende in het product terugkwam. Dit hebben we daarom in het product opgenomen als vierde pijler.

Nadat we de bouwstenen hadden uitgewerkt kregen we als feedback dat de pijlers niet herkenbaar genoeg waren in de bouwstenen. We hebben daarom besloten de pijlers toch uit te werken in hun eigen grote opdracht en bouwstenen. Omdat ons kader beschrijft dat betekenisvol onderwijs ontstaat in de combinatie van verschillende typen bouwstenen, is gewaarborgd dat de pijlers niet geïsoleerd raken.

Ook kregen we uit de feedback dat de term 'pijlers' meer verwarring veroorzaakt dan duidelijkheid. We hebben lang gezocht naar een betere term, we hebben 'perspectieven' geprobeerd, maar uiteindelijk was de oplossing om een conceptuele splitsing te maken tussen maatschappelijke vraagstukken enerzijds - duurzame ontwikkeling, gezondheid en technologische ontwikkeling - en referentiekaders van het vakgebied anderzijds - aard van wetenschap en aard van technologie. Technologie heeft in dit onderscheid een duale positie: technologische ontwikkeling is een maatschappelijk vraagstuk, maar de aard van technologie is bepalend voor het vakgebied. Daarom hebben we voor twee bouwstenen over technologie gekozen: een referentiekader (MN1.2) en een vraagstuk (MN2.3).

Ook speelt dat deze vraagstukken interdisciplinair van aard zijn. Er zijn kennis en vaardigheden nodig uit meerdere leergebieden om deze vraagstukken op een gedegen manier in een curriculumvoorstel op

te kunnen nemen. Denk bijvoorbeeld aan het thema technologische ontwikkelingen. Digitale geletterdheid, maar ook het ethisch redeneren dat aan bod komt binnen het leergebied burgerschap, is nodig om technologische ontwikkeling als vraagstuk in de klas in te kunnen brengen. Tijdens het proces zijn de maatschappelijke vraagstukken die wij hebben geïdentificeerd dan ook door meerdere teams beschreven en zijn er uiteindelijke vier mondiale thema's - duurzame ontwikkeling, technologische ontwikkeling, gezondheid en globalisering - door de teams gezamenlijk benoemd. Als voorbeeld van hoe hier in het vervolgtraject samenhang op kan worden gezocht hebben wij voorbeeldmatig met Mens & Maatschappij de bouwsteen duurzame ontwikkeling gezamenlijk ontwikkeld. Het ontwikkelteam Mens & Natuur heeft ervoor gekozen het thema globalisering niet expliciet uit te werken. We zijn van mening dat globalisering een sociaal maatschappelijk vraagstuk is dat door ons leergebied niet conceptueel ondersteund wordt.

Referentiekaders

Bij het vaststellen van referentiekaders als dimensie in het curriculumvoorstel hebben we ons mede laten inspireren door internationale trends in het curriculum, waarbij we als uitgangspunt zijn uitgegaan van natuurwetenschappelijke en technologische geletterdheid. De rol van natuurwetenschap en technologie in de samenleving is namelijk voor iedereen belangrijk. Daarmee leveren ze een belangrijke bijdrage aan de socialiserende functie van het leergebied.

Bovendien kregen we als feedback van zowel vak experts als vakverenigingen terug dat (kennis over) de aard van natuurwetenschappen niet expliciet genoeg terugkomt in de producten. Daarnaast werd aangegeven dat in de bouwstenen over technologie gefocust werd op het effect van technologie (maatschappelijke vraagstukken) en niet de ontwikkeling van technologie in onze maatschappij. Wij waren het eens met deze feedback en hebben nagedacht en gediscussieerd over hoe deze ontwikkeling beter terug kan komen. Uiteindelijk is, op basis van de literatuur, gekomen tot de een lijst van zeven sleutelbegrippen over de aard van natuurwetenschap en een lijst van 10 sleutelbegrippen voor de aard van technologie. Deze twee bronnen zijn gebruikt om in de voorstellen expliciete aandacht voor "nature of science" (Abd El Khalick, 1998) en "nature of technology" (New Zealand Government) te verwerken.

Werkwijzen

De vaardigheden onderzoeken en ontwerpen worden in zowel onze visie als in diverse bestaande (al dan niet voorbeeldmatige) leerplannen sterk verbonden met het leergebied Mens & Natuur. We willen graag voortbouwen op bestaande leerplannen, maar ook op bestaande onderwijspraktijken waar al veel ervaring is opgedaan met onderzoeken en ontwerpen (Klatter, E. et al, 2016; Graft, M. et al, 2016, Boersma, K.Th, 2016; van Wessel, T., 2014). We sluiten daarbij ook graag aan op de gestelde ambities van de rijksoverheid om WenT in het basisonderwijs duurzaam te implementeren (Rijksoverheid, 2013) door onderzoeken en ontwerpen ook daadwerkelijk als expliciet doel in het landelijk curriculum op te nemen. Tot op heden is de ambitie om WenT een vaste plek in schoolcurricula te geven helaas beperkt gebleven tot enkele scholen (Rijksoverheid, 2016). Het landelijk curriculum zou volgens het team veel beter op deze ambitie kunnen aansluiten. Vandaar de duidelijke plek van de werkwijzen onderzoeken en ontwerpen in onze voorstellen.
Naast de werkwijzen onderzoeken en ontwerpen, die van nature al erg snel met het leergebied Mens & Natuur worden geassocieerd, zijn gedurende het traject al vrij snel twee andere werkwijzen toegevoegd. De eerste werkwijze die is toegevoegd is modelleren. In een aantal van onze consultaties bleek dat de term modelleren te wiskundige associaties opriep. We willen dat leerlingen leren om modelmatig te denken en

simpele modellen (kaart, maquette) leren gebruiken, maar ook ontwerpen. In de verschillende vakdisciplines spelen modellen een belangrijke rol bij het beschrijven van (delen van) de werkelijkheid. Daarmee is het ontwikkelen van en reflecteren op modellen voor ons essentieel binnen het leergebied Mens & Natuur. Veel respondenten in de consultatieperiode bleken het daarmee eens.

We hebben als team in de werkwijzen onderzoeken, ontwerpen en modelgebruik en -ontwerp veel kansen gezien om praktische vaardigheden te integreren. Toch hebben we uiteindelijk besloten om ook praktisch handelen als aparte werkwijze op te nemen. Een aantal redenen hiervoor zijn:

- In onze visie is duidelijk de ambitie terug te lezen om techniek en technologie een plek te geven. Een aparte bouwsteen “praktisch handelen” zorgt voor een duidelijke plek voor techniek.
- Uit het vmbo kwam als feedback dat de werkwijzen te academisch zijn. Er zijn veel redenen om op bepaalde momenten in het onderwijs praktische vaardigheden niet geïntegreerd aan te bieden met bijvoorbeeld onderzoek en ontwerpen. Er hoeft bijvoorbeeld niet altijd per se een ontwerpfase vooraf te gaan aan een praktische handeling.

Daarnaast is veel discussie gevoerd over het toevoegen van de volgende vaardigheden:

- Informatievaardigheden
- Redeneervaardigheden
- Rekenkundige en wiskundige vaardigheden
- Waarderen en oordelen

We zien voor deze vaardigheden een belangrijke rol weggelegd binnen het leergebied Mens & Natuur, maar hebben ervoor gekozen deze niet als aparte bouwstenen op te nemen. De werkwijzen zijn niet leergebied-specifiek. We hebben daarom in gesprek met andere teams gewerkt aan samenhang op het gebied van deze vaardigheden (zie hoofdstuk “Samenhang” verderop in deze toelichting).

Denkwijzen

De *NGSS* (zie Thema: het ontwikkelkader) hebben niet alleen als bron gediend voor het idee van een meerdimensionaal curriculum met denkwijzen als één van de dimensies, ze zijn ook onze belangrijkste bron geweest voor de invulling van de denkwijzen. In de tabel hieronder geven we de *crosscutting concepts* uit de *NGSS*, de *key ideas* uit het Australische curriculum die herkenbaar op de *crosscutting concepts* zijn gebaseerd, maar niet hetzelfde zijn, en onze eigen denkwijzen. In tabel 1 is zichtbaar dat wij op twee manieren zijn afgeweken van de *NGSS*.

Next Generation Science Standards	Key Ideas Australië	Ons voorstel
Patterns	Patterns, order and organisation	Patronen
Systems and System Models Stability and Change Energy and Matter	Systems Stability and change Matter and energy	Systemen
Scale, Proportion and Quantity	Scale and measurement	Schaal, verhouding en hoeveelheid
Cause and Effect Structure and Function	Form and function	Relaties en verbanden

Tabel 1: denkwijzen in verschillende curricula

Ten eerste omvat onze denkwijze 'systemen' naast *Systems and System Models* ook *Stability and Change* en *Energy and Matter*. Wij hebben hiervoor gekozen omdat het kijken naar verandering en stabiliteit, of naar transport en behoud van energie en materie vrijwel altijd gebeurt met systemen als denkkader. Energie is behouden in een gesloten systeem; een systeem waarop gelijke maar tegengestelde invloeden werken van buiten blijft stabiel, in een lichaam worden stoffen van het ene naar het andere deelsysteem getransporteerd. De meer conceptuele invulling van de begrippen energie en materie - wat is het, hoe gedraagt het zich - zijn opgenomen in de conceptuele bouwstenen, vooral 'energie' en 'deeltjes en reacties'.

Ten tweede omvat onze denkwijze 'relaties en verbanden' zowel *Cause and Effect* als *Structure and Function*. Hier hebben we voor gekozen omdat we er bij het opstellen van de bouwstenen tegenaan liepen dat *Structure and Function* in feite twee verschillende relaties beschrijft:

- Doel-middel relaties waarin een bewuste actor middelen kiest om een bepaald doel te bereiken. Deze relatie speelt een belangrijke rol in de technologie.
- Structuur-functie relaties waarbij de door natuurlijke processen tot stand gekomen structuur van een object, bijvoorbeeld een kristal of een orgaan, bepaalt voor welke functies het gebruikt kan worden. Deze relatie speelt een belangrijke rol in de scheikunde, waar de micro- en/of mesoscopische structuur van een stof de macroscopische eigenschappen en daarmee de mogelijke functies van die stof bepaalt, en in de biologie, waar evolutie een belangrijke rol speelt bij het ontstaan van structuren die functies kunnen vervullen die de kans op overleven vergroten.

Ieder begrip dat deze twee relaties samen beschrijft, is ook van toepassing op gevolg-oorzaak relaties. Daarom hebben we deze gezamenlijk in één bouwsteen beschreven. De drie typen relatie zijn wel als aparte groeirichtingen onderscheiden.

Concepten

Om tot de keuze van de conceptuele grote opdrachten en de bijbehorende bouwstenen te komen hebben we verschillende overwegingen meegenomen:

- We hebben de (vakinhoudelijke) kennisdomeinen uit verschillende bronnen als input gebruikt, onder andere de NGSS (NGSS, 2013), de kennisbasis (Ottevanger, W. et al., 2014), de huidige examenprogramma's voor zowel vmbo als havo als vwo (CvTE), het PISA 2015 science framework (OECD, 2017) en de big ideas van Harlen (Harlen, 2010).
- We hebben concepten geselecteerd die nodig zijn om voor leerlingen relevante contexten en handelingspraktijken te beschrijven en begrijpen. Voor deze contexten hebben we onder andere het PISA 2015 science framework (OECD, 2017), de notitie Samenhang in het natuurwetenschappelijk onderwijs voor havo en vwo (Boersma et al., 2010) en de nationale wetenschapsagenda (Nationale kenniscoalitie, 2015) gebruikt.
- We hebben concepten geselecteerd die aansluiten bij de drie vraagstuk-bouwstenen.
- We hebben concepten geselecteerd die belangrijk zijn voor de conceptuele opbouw van de verschillende disciplines van het leergebied.

Daarnaast hebben we in een voortdurend proces van clusteren en verkavelen gezocht naar een werkbare ordening (zie ook Totstandkoming bouwstenen). Hierbij heeft het formuleren van groeirichtingen binnen de bouwstenen, in feite een verdere conceptuele indeling, het ordenen van de concepten over de bouwstenen vergemakkelijkt. Het gaat te ver om in dit document iedere beslissing om een bepaald concept al dan niet als grote opdracht, bouwsteen, groeirichting of begrip op te nemen toe te lichten.

3.
TOELICHTING OP DE BOUWSTENEN

Totstandkoming bouwstenen

In de werkopdracht wordt een bouwsteen als volgt gedefinieerd: “De bouwstenen beschrijven welke kennis en vaardigheden ten minste nodig zijn om invulling te geven aan de grote opdrachten. Het gaat om een beschrijving in termen van aanbod. De bouwstenen vormen, samen met de visie en de grote opdrachten, input voor de herziening van de kerndoelen en eindtermen. De bouwstenen geven tevens voorbeeldmatig inzicht in de opbouw van de gewenste kennis en vaardigheden gedurende de verschillende fasen van het onderwijs. [...] De bouwstenen laten zien hoe de doorlopende leerlijn is opgebouwd in de verschillende sectoren.”

Op basis hiervan hebben we, onder andere op advies van de vakexperts en de NVON, gekozen om per dimensie bouwstenen te ontwikkelen. Hierdoor is per dimensie duidelijk wat belangrijk is voordat er in de kerndoelen eventueel dimensies gecombineerd gaan worden (zie hoofdstuk “aanbevelingen voor de vervolgfase” in het voorstel). Het was voor ons duidelijk dat alle dimensies uit het ontwikkelkader in bouwstenen moeten worden uitgewerkt. Op die manier ontstaat er een diversiteit aan doorlopende leerlijnen. Omdat het voor ons heel belangrijk is dat de bouwstenen in het onderwijs uiteindelijk niet geïsoleerd maar in combinaties aan de orde komen, hebben we op twee plaatsen verschillende voorbeelden beschreven (in het voorstel hoofdstuk “ontwikkelkader” en in deze toelichting hoofdstuk “voorbeelden van combinaties bouwstenen”) van hoe de verschillende soorten bouwstenen tot leeractiviteit gecombineerd kunnen worden.

Om bij de grote opdrachten bouwstenen te formuleren hebben we steeds gekeken wat belangrijke en op zichzelf te beschrijven clusters van inhouden waren. Tijdens het uitwerken zijn we er regelmatig tegenaan gelopen dat wat in eerste instantie belangrijk en/of op zichzelf te beschrijven leek, in de praktijk kleiner of meer verweven was dan voorzien. Een aantal voorbeelden:

- De grote opdracht ‘Kringlopen en Transport’ bevatte op een gegeven moment twee bouwstenen, ‘kringlopen’ en ‘transport’. Tijdens het uitwerken werd duidelijk dat ieder transport- of kringloopverschijnsel dat we wilden beschrijven ook op een andere plek paste/hoorde (bijvoorbeeld de waterkringloop in de bouwsteen ‘aarde’). Daardoor realiseerden we ons dat een proces beschrijven als kringloop of transport precies het soort mentale gereedschap is dat wij als denkwijzen hebben benoemd. We hebben dus besloten om de bouwstenen ‘kringlopen’ en ‘transport’, en daarmee ook de bijbehorende grote opdracht, te schrappen en kringlopen te beschrijven onder de denkwijzen (in de bouwsteen ‘systemen’, zie verantwoording ‘denkwijzen’).
- De grote opdracht ‘Natuurlijke grondstoffen en materialen’ bevatte op een gegeven moment (onder andere) de bouwstenen ‘materiaal- en stofeigenschappen’ en ‘processen en reacties’. Tijdens het uitwerken kwamen we er echter achter dat om beide onderwerpen goed te beschrijven het nodig was om naar deeltjesmodellen te kijken. Hierdoor ontstond overlap tussen deze twee bouwstenen. Dit hebben we opgelost door de bouwstenen samen te voegen tot de bouwsteen ‘deeltjes en reacties’.

Als extra hulpmiddel om het uitwerken van de bouwstenen te structureren en het beschrijven van leerlijnen te vergemakkelijken hebben we per bouwsteen groeirichtingen geformuleerd, die in feite een subverdeling van de bouwsteen zijn. Deze zijn in de tekst van de bouwstenen als tussenkopjes te zien *(tussen haakjes en cursief)*.

‘Wat en ‘Hoe’

In de werkopdracht wordt benadrukt dat het ontwikkelteam de opdracht had om het ‘wat’ (de inhoud) te schrijven. Het ‘hoe’ (de didactiek) is aan de scholen. In de feedbackrondes kwam een aantal keer terug dat lezers bepaalde grote opdrachten en bouwstenen ervaren als een beschrijving van didactiek en niet van inhoud van leergebied Mens & Natuur.

Didactische benaderingen

In het curriculumvoorstel Mens & Natuur zijn de grote opdrachten Werkwijzen en Denkwijzen opgenomen. De bijbehorende bouwstenen werden door feedbackgevers soms gezien als een didactische benadering, terwijl deze bedoeld zijn als lesinhoud: leerlingen leren werk- en denkwijzen toe te passen. Deze bouwstenen kunnen zowel in praktische als theoretische lessen uitgewerkt worden door leraren. De didactiek over hoe werkwijzen en denkwijzen aangeleerd worden aan leerlingen is en blijft dus de verantwoordelijkheid van leraren en scholen.

Onderscheid onderzoeken en ontwerpen vs. onderzoekend en ontwerpend leren

Leren onderzoeken en ontwerpen werd in de feedback soms verward of in één adem genoemd met onderzoekend en ontwerpend leren. Onderzoekend en ontwerpend leren zijn echter didactische benaderingen. Hierbij ligt de nadruk op het verwerven van kennis binnen een bepaald vakgebied, via een leerweg waarin de leerling onderzoekende en ontwerpende taken uitvoert. Bij leren onderzoeken en ontwerpen (onze bouwsteen MN3.1 Onderzoeken en MN3.2 Ontwerpen) zijn onderzoeken en ontwerpen het doel en is de keuze voor de taken die worden gebruikt om dit aan te leren nog open (Wientjes en Veenhoven, 2016).

Techniek en technologie

We hebben bij de start als team de ambitie om techniek en technologie expliciet in de voorstellen op te nemen. Overigens is dit ons ook door de politiek meegegeven[2].

Ook in de visie van NVON was deze ambitie terug te lezen: “Gezien de belangrijke en toenemende rol van technologie in onze huidige en toekomstige samenleving moet vooral onderwijs in techniek en technologie veel explicieter dan nu deel uitmaken van die voorbereiding.” Het team heeft in haar plannen altijd geprobeerd techniek en technologie een integraal onderdeel te laten zijn. Hiermee volgen we de lijn van de verkenningscommissie ‘technologie in de leergebieden’. De commissie beschrijft daarin de opvatting dat ‘technologie’ in een onderwijscurriculum vooral vanuit een integratieve benadering een plek moet krijgen. Leerlingen leven immers in een technologische en complexe samenleving die ze niet in de vorm van disciplines maar als een geïntegreerd geheel ervaren (Van Dijk et all., 2017).

Gedurende het traject bleek het echter toch lastig om het onderscheidende karakter van techniek en technologie voldoende herkenbaar in het product terug te laten komen. Verschillende respondenten gaven in verschillende rondes aan dat techniek te versnipperd was en daardoor niet meer herkenbaar. Dit zorgt ervoor dat techniekdocenten veel lastiger praktisch aan de slag kunnen. Op veel plekken bleek techniek wel te koppelen, maar werd dit door de verschillende feedbackgevers niet herkend. Uiteindelijk hebben we heel bewust extra items opgenomen. We hebben hiervoor extra expertise betrokken door expert en lerarenopleider techniek Gerald van Dijk te betrekken.

2 *Motie-van Meenen c.s. Tweede Kamer, vergaderjaar 2016–2017, 31 293, nr. 376*

In het voorstel zijn in de onderstaande bouwstenen duidelijke koppelingen gemaakt met technologie en techniek:

- MN1.2 Aard van technologie
- MN 2.3 Technologische ontwikkeling
- MN 3.2 Ontwerpen
- MN 3.3 Modelgebruik en –ontwerp
- MN 3.4 Praktisch handelen
- MN 4.1 Patronen
- MN 4.2 Systemen
- MN 4.3 Schaal, verhouding en hoeveelheid
- MN 4.4 Relaties en verbanden
- MN 5.3 Automatische systemen
- MN 6.1 Kracht
- MN 6.2 Energie
- MN 8.2 Winning, productie en bewerking
- MN 10.1 Heelal en tijd

Brede vaardigheden

In de bouwstenen van Mens & Natuur wordt een bijdrage geleverd aan alle vaardigheden uit de handreiking brede vaardigheden (Curriculum.nu, 2018) die ons in de werkopdracht is meegegeven. We hebben er bewust voor gekozen de brede vaardigheden alleen te verbinden aan referentiekader-, vraagstuk-, werkwijze- en denkwijze- bouwstenen. Soms wordt door alle bouwstenen van een bepaald type een bijdrage geleverd aan een bepaalde brede vaardigheid omdat dit inherent is aan het type bouwsteen (zo dragen alle werkwijze-bouwstenen bij aan probleemoplossend handelen). In andere gevallen draagt een bouwsteen bij aan een brede vaardigheid door de specifieke eigenschappen van die bouwsteen (zo draagt ontwerpen als enige werkwijze-bouwsteen bij aan ondernemend denken en handelen). Het totaaloverzicht van alle bijdragen van bouwstenen aan brede vaardigheden is te vinden in tabel 2, daaronder wordt besproken waarom bepaalde bouwstenen bijdragen aan bepaalde brede vaardigheden.

De OECD heeft de voorstellen van alle negen leergebieden bekeken om te analyseren in hoeverre hun lijst van competenties, die overeenkomsten vertoont met de lijst brede vaardigheden, terug is te vinden in ons product. Hieruit blijkt dat wij, in vergelijking met de andere landen die door de OECD geanalyseerd zijn, veel aandacht besteden aan, bijvoorbeeld, de competenties anticipation (inschattingen maken van gevolgen) en critical thinking (veel overlap met brede vaardigheid kritisch denken) en weinig aandacht besteden aan, bijvoorbeeld, de competenties trust (de attitude van vertrouwen in instituties en mensen) en co-agency (de interactieve, wederzijds ondersteunende relaties die leerlingen helpen hun doelen te bereiken).

bouwsteen	Kritisch denken en handelen	Creatief denken en handelen	Probleemoplossend denken en handelen	Ondernemend denken en handelen	Zelfregulering	Oriëntatie op jezelf, je studie en je loopbaan	Sociale en culturele vaardigheden	Communiceren	Samenwerken
1.1, aard van wetenschap	x					x	x	x	
1.2, aard van technologie				x		x		x	
2.1, gezondheid	x				x		x	x	
2.2, duurzaamheid	x		x		x			x	
2.3, technologisering	x				x			x	
3.1, onderzoeken	x	x	x					x	
3.2, ontwerpen		x	x	x				x	x
3.3, modelgebruik en -ontwerp	x	x	x					x	
3.4, praktisch handelen		x	x						
4.1, patronen	x	x							
4.2, systemen	x	x							
4.3, schaal, verhouding en hoeveelheid	x	x							
4.4, relaties en verbanden	x	x	x						

Tabel 2: overzicht van bouwstenen die een bijdrage leveren aan brede vaardigheden

Referentiekader-bouwstenen

- **Alle referentiekader-bouwstenen:** een leerling die het gebruik van wetenschap en technologie in beroepen leert kennen, kan dit gebruiken om na te denken over keuzes voor vervolgopleiding of beroep **(oriëntatie op jezelf, je studie en je loopbaan).**
- **Bouwsteen 1.1, aard van wetenschap:** Een leerling die reflecteert op de betrouwbaarheid van (natuurwetenschappelijke) uitspraken en op het verschil tussen feit en mening, ontwikkelt het vermogen om zelfstandig te komen tot weloverwogen en beargumenteerde oordelen en beslissingen (**kritisch denken**), om effectief te kunnen leren, werken en leven met mensen van verschillende etnische, sociale en culturele achtergronden (**sociale en culturele vaardigheden**) en om communicatie van anderen te interpreteren (**communiceren).**
- **Bouwsteen 1.2, aard van technologie:** een leerling die uit hoe hij technologie ervaart en wat dat met hem doet, ontwikkelt het vermogen om met anderen te **communiceren.**
- **Bouwsteen 1.2, aard van technologie**: een leerling die leert hoe de behoeftes van mensen hebben geleid tot de ontwikkeling van nieuwe technologie, kijkt met een andere blik naar mogelijkheden die zich voordoen (**ondernemend denken en handelen**).

Vraagstuk-bouwstenen

- **Alle vraagstuk-bouwstenen:** een leerling die reflecteert op zijn eigen behoeftes, de belangen van anderen en maatschappelijke ontwikkelingen ontwikkelt het vermogen om zelfstandig tot weloverwogen en beargumenteerde oordelen en beslissingen te komen **(kritisch denken).**
- **Alle vraagstuk-bouwstenen:** een leerling die voor zichzelf onderscheid leert maken tussen wensen en behoeften, ontwikkelt daarmee het vermogen om zelfstandig te handelen en daarvoor verantwoordelijkheid te nemen **(zelfregulering).**
- **Alle vraagstuk-bouwstenen:** een leerling die zijn eigen wensen en behoeftes leert uiten, ontwikkelt het vermogen om boodschappen doelgericht over te brengen **(communiceren)**.
- **Bouwsteen 2.1, gezondheid:** een leerling die zich bewust is van zijn eigen voorkeuren en behoeftes en die van anderen en eventuele verschillen daartussen, ontwikkelt het vermogen om om te gaan met mensen die anders zijn dan hij (**sociale en culturele vaardigheden**).
- **Bouwsteen 2.2, duurzaamheid:** een leerling die nadenkt over de voor- en nadelen van (mogelijke) duurzame innovaties, ontwikkelt het vermogen om problemen te herkennen, tot een plan te komen en het probleem op te lossen (**probleemoplossend denken en handelen**).

Werkwijze-bouwstenen

- **Alle werkwijze-bouwstenen:** een leerling die bekende gereedschappen en procedures in nieuwe situaties leert inzetten, ontwikkelt het vermogen om nieuwe toepasbare ideeën voor vraagstukken te vinden (**creatief denken en handelen**).
- **Alle werkwijze-bouwstenen:** een leerling die de vaardigheid ontwikkelt om gereedschap en procedures in verschillende situaties in te zetten, ontwikkelt het vermogen om een probleem te herkennen, tot een plan te komen en het probleem praktisch op te lossen (**probleemoplossend denken en handelen).**
- **Bouwsteen 3.1, onderzoeken:** een leerling die onderzoeksgegevens verwerkt en evalueert ontwikkelt het vermogen om tot weloverwogen en beargumenteerde conclusies te komen (**kritisch denken**).
- **Bouwsteen 3.1, onderzoeken**: een leerling die de uitkomsten van zijn onderzoek verwerkt, presenteert en bespreekt, ontwikkelt het vermogen om doelgericht boodschappen over te brengen (**communiceren**).

- **Bouwsteen 3.2, ontwerpen:** een leerling die zijn ontwerp en ontwerpproces presenteert, bespreekt en uitlegt aan anderen, ontwikkelt het vermogen om doelgericht boodschappen over te brengen (**communiceren**).
- **Bouwsteen 3.2, ontwerpen**: een leerling die bij een ontwerp de behoeftes van een gebruiker in overweging neemt, ontwikkelt het vermogen om iets nieuws te scheppen dat bijdraagt aan kwaliteit van leven (**ondernemend denken en handelen**).
- **Bouwsteen 3.2, ontwerpen**: een leerling die bij een ontwerpproces leert samenwerken, kan deze vaardigheden ook daarbuiten toepassen (**samenwerken**).
- **Bouwsteen 3.3, modelgebruik en -ontwerp:** een leerling die reflecteert op de grenzen van een model, ontwikkelt het vermogen om de betrouwbaarheid van conclusies te beoordelen (kritisch **denken**).
- **Bouwsteen 3.3, modelontwikkeling en -gebruik**: een leerling die doelgericht een passend model kiest, aanpast of ontwerpt, ontwikkelt het vermogen om doelgericht boodschappen over te brengen (**communiceren**).

Denkwijze-bouwstenen

- **Alle denkwijze-bouwstenen:** een leerling die leert om zelf mentale constructen, zoals patronen en systeemafbakeningen aan de werkelijkheid toe te voegen, ontwikkelt het vermogen om nieuwe toepasbare ideeën voor vraagstukken te vinden (**creatief denken en handelen).**
- **Alle denkwijze-bouwstenen**: een leerling die denkwijzen toepast is voortdurend vragen aan het stellen (“is hier een patroon?”, “wat is de oorzaak van dit gevolg?”), en ontwikkelt zo een kritische houding (**kritisch denken**).
- **Bouwsteen 4.4, relaties en verbanden**: een leerling die relaties leert leggen tussen doel, en middel, ontwikkelt het vermogen om problemen en hun oplossingen te herkennen (**probleemoplossend denken en handelen**).

Concept-bouwstenen

In de concept-bouwsteen komen brede vaardigheden niet expliciet aan bod. Door deze conceptbouwsteen te combineren met referentiekader-, vraagstuk-, werkwijze- en/of denkwijze-bouwstenen, wordt onderwijs ontworpen waarbij aandacht wordt besteed aan brede vaardigheden. Welke brede vaardigheden aan bod komen, is afhankelijk van de gekozen bouwsteencombinatie.

Doorlopende Leerlijnen

De doorlopende leerlijn in het leergebied Mens & Natuur wordt aan de hand van groeirichtingen vormgegeven. Deze zijn in de tekst van de bouwstenen als tussenkopjes te zien *(tussen haakjes en cursief*). We hebben gezocht naar groeirichtingen waarin iedere leerling zich kan blijven ontwikkelen. In de verschillende fases po onderbouw, po bovenbouw en vo onderbouw zijn alle leerelementen gekoppeld aan een bepaalde groeirichting.

Afhankelijk van het type bouwsteen is gebruik gemaakt van verschillende vormen van opbouw. Hieronder worden deze vormen van opbouw besproken. Het totaaloverzicht van welke opbouw terugkomt in welke bouwstenen is te vinden in tabel 3.

- **Van dichtbij en concreet naar veraf en abstract:** leerlingen leren de inhoud van de bouwsteen eerst herkennen, gebruiken en beschrijven in situaties die voor hen bekend zijn, met personen die dichtbij hen staan en voor het heden. Dit wordt opgebouwd naar situaties die zij niet (dagelijks)

tegenkomen, mensen die zij niet kennen, in verleden of toekomst. Deze opbouw speelt in alle bouwstenen een rol.

- **Van simpel naar complex:** leerlingen leren de inhoud van een bouwsteen eerst kennen in situaties waar deze (zoveel mogelijk) geïsoleerd en/of eenduidig is. Dit wordt opgebouwd naar steeds complexere situaties. Deze opbouw speelt in alle bouwstenen een rol.
- **Van beschrijven naar verklaren:** leerlingen leren eerst wat er precies om hen heen gebeurt om daarna deze verschijnselen te verklaren. Deze opbouw speelt een rol bij alle concept-bouwstenen.
- **Van dagelijks algemeen taalgebruik naar school- en vaktaal:** leerlingen groeien in het gebruik van formele taal en vaktaal, zowel mondeling als schriftelijk. Van kennismaken met vaktaal door het aanbod van de onderwijsgevende, naar steeds meer zelf gebruiken. Deze opbouw speelt een rol bij de denk- en werkwijze-bouwstenen.
- **Van weten over en gebruiken van, naar reflecteren:** leerlingen leren eerst hoe de wereld in elkaar zit, hoe dingen werken en hoe dingen georganiseerd zijn. Vervolgens kunnen leerlingen zich afvragen of ze het daar mee eens zijn en wat ze ervan vinden. Deze opbouw speelt een rol bij de referentiekaders en de vraagstukken.

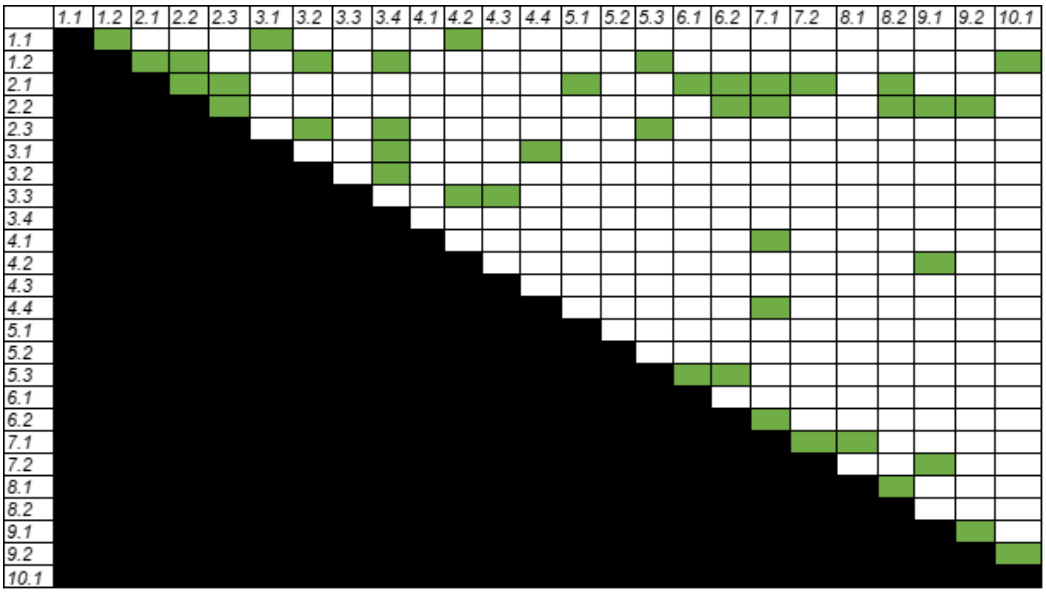
bouwsteen	Van dichtbij en concreet naar veraf en abstract	Van simpel naar complex	Van beschrijven naar verklaren	Van dagelijks algemeen taalgebruik naar school- en vaktaal	Van weten over naar reflecteren
Refrentiekader-bouwstenen	x	x			x
Vraagstuk-bouwstenen	x	x			x
Werkwijze-bouwstenen	x	x		x	
Denkwijze-bouwstenen	x	x		x	
Concept-bouwstenen	x	x	x		

Tabel 3: opbouw per bouwsteen

Samenhang

Samenhangrelaties binnen het leergebied

Het is mogelijk om iedere bouwsteen met iedere bouwsteen van een ander type te combineren. Sommige combinaties liggen echter meer voor de hand dan anderen, zoals bijvoorbeeld de combinatie van 'aard van wetenschap' en 'onderzoeken' of de combinatie 'duurzaamheid' en 'energie'. Ook zijn er bouwstenen die samenhang hebben met een andere bouwsteen van hetzelfde type, zoals 'weer en klimaat' en 'heelal en tijd' of 'aard van wetenschap' en 'aard van technologie'. In tabel 4 hieronder geven we een overzicht van beide vormen van samenhang. In het vervolgtraject waarin de kerndoelen gemaakt gaan worden hebben deze samenhangrelaties binnen het leergebied mogelijk consequenties (zie hiervoor in het voorstel het hoofdstuk "Aanbevelingen voor de vervolgfase").



Tabel 4: overzicht van samenhangrelaties binnen het leergebied

Samenhangrelaties met andere leergebieden

De breedte en rijkdom van het leergebied biedt veel aanknopingspunten om het onderwijs in samenhang aan te bieden:

- Met het leergebied Mens & Maatschappij delen we een kader.
- De vraagstukken van Mens & Natuur komen overeen met de mondiale thema's die door diverse leergebieden worden geadresseerd.
- Rijke teksten uit het leergebied Nederlands kunnen bijdragen aan het ontwikkelen van kennis en diep begrip van natuurwetenschappelijke concepten en zijn essentieel voor de taal-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.
- Er is veel wederzijdse samenhang op individuele bouwstenen, deze wordt per bouwsteen beschreven in bijlage B; Een totaaloverzicht van deze samenhang is te vinden in tabel 5.

M&N	M&M	BU	R&W	DG	B&S	K&C	NL
1.1 Aard van natuurwetenschappen	10.1, 10.2, 10.3	11.5					6.1
1.2 Aard van technologie	8.3					4.1	
2.1 Gezondheid	4.1	4.1, 5.1, 11.6, 11.7		3.1	3.1		
2.2 Duurzame ontwikkeling	8.2	11.6, 11.7, 11.8, 11.9, 8.1					
2.3 Technologische ontwikkeling	8.3	10.1, 11.8, 11.9					
3.1 Onderzoeken	10.2			4.3		4.1	1.1, 1.2, 6.1
3.2 Ontwerpen				4.3, 3.1		1.1 , 4.1	1.1, 1.2, 6.1
3.3 Modelgebruik- en ontwerp			12.1	3.2			1.1, 1.2
3.4 Praktisch handelen			3.1	3.1		1.1, 3.1	1.1, 1.2
4.1 Patronen			4.1, 4.2				1.1, 1.2
4.2 Systemen			6.1				1.1, 1.2
4.3 Schaal, verhouding en hoeveelheid	1.1		2.1, 3.1				1.1, 1.2
4.4 Relaties en verbanden	11.5		5.2,				1.1, 1.2
5.1 Golven en straling							
5.2 signaalverwerking in het organisme							
5.3 Automatische systemen				3.2, 4.1			
6.1 Kracht							
6.2 Energie							
7.1 Instandhouding van een organisme							
7.2 Leefomgeving en biodiversiteit	1.1						
8.1 Stoffen en reacties							
8.2 Winning, productie en bewerking	3.2						
9.1 Aarde							
9.2 Weer en klimaat	1.1						
10.1 Heelal en tijd	2.1						

Tabel 5: overzicht van wederzijdse samenhang per bouwsteen

4.

TOELICHTING OP DE AANBEVELINGEN VOOR DE BOVENBOUW

Om tot gefundeerde aanbevelingen voor de bovenbouw te komen, hebben wij samengewerkt met een adviesteam van 25 eindexamendocenten. Voor de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde zijn twee rondes van gesprekken gehouden waarbij de aanwezige docenten, soms per vak, soms per sector en soms gezamenlijk, input leverden voor de aanbevelingen bovenbouw. Voor fysische geografie zijn samen met M&M drie bijeenkomsten georganiseerd met aardrijkskundedocenten. Voor de disciplineoverstijgende vakken NLT en O&O is een gezamenlijke sessie georganiseerd met de Vereniging NLT en de stichting Technasium. Daarbij waren vijf vertegenwoordigers van de Vereniging NLT aanwezig en vier van de stichting Technasium.

Een eerste versie van de aanbevelingen hebben we gepubliceerd na ontwikkelsessie 6. Op deze aanbevelingen hebben we als feedback gekregen dat we nog beter moeten benadrukken dat de huidige examenprogramma's voor havo en vwo goed als uitgangspunt kunnen dienen. Ook kregen we als feedback dat het programma in de vo bovenbouw niet alleen moet aansluiten bij het programma voor de vo onderbouw en het po, maar ook bij het vervolgonderwijs. Beide punten hebben we opgenomen in de uiteindelijke lijst aanbevelingen.

5.

VOORBEELDEN VAN COMBINATIES BOUWSTENEN

Het ontwikkelteam heeft ervoor gekozen om de eigen kennis, meningen, inzichten en ervaringen van de ontwikkelteamleden over het leergebied Bewegen & Sport als startpunt te nemen voor onze opdracht. Dit is een bewuste keuze geweest, omdat het ontwikkelteam vrijuit wilde kunnen schrijven zonder directe beïnvloeding vanuit de bestaande literatuur over het leergebied Bewegen & Sport. De volgende bronnen zijn een inspiratie geweest voor de vorming van de visie en de grote opdrachten.

Hieronder beschrijven we nog drie voorbeelden waarin combinaties van verschillende bouwstenen worden gebruikt om onderwijs te maken. Deze voorbeelden zijn een aanvulling op de voorbeelden die in het ontwikkelkader ("voorbeelden van gebruik"), hoofdstuk visie, worden besproken.

Koken
Vraagstuk-bouwsteen: gezondheid
Werkwijze-bouwsteen: praktisch handelen
Concept-bouwsteen: winning, productie en bewerking

Voor jonge kinderen is het belangrijk dat ze leren hoe ze gezond kunnen leven. Bepaalde gewoonten, zoals wat en hoeveel zij eten, zijn van invloed op hun gezondheid. Samen eten klaarmaken en koken is voor kinderen gezellig en leerzaam. Hierbij leren ze praktische vaardigheden als bijvoorbeeld schillen, snijden en het gebruik van maatbekers en de weegschaal. Leerlingen kunnen kennismaken met een breed palet aan gezonde voedingsmiddelen en ervaren dat verschillende voedingsmiddelen op elkaar lijken. Afhankelijk van het gekozen recept kunnen hier verschillende denkwijzen aan de orde komen, bijvoorbeeld schaal, verhouding en hoeveelheid bij het afwegen van ingrediënten en relaties & verbanden bij veranderingen door koken of bakken.

Effectanalyse
Vraagstuk-bouwsteen: duurzame ontwikkeling
Werkwijze-bouwsteen: onderzoeken
Denkwijze-bouwsteen: schaal, verhouding en hoeveelheid
Concept-bouwsteen: energie

"Wil je het licht uitdoen als je niet in de kamer bent? Dat is goed voor het milieu." Maar hoe groot is het effect van het licht in één kamer een hele week aan laten staan op het milieu? Leerlingen onderzoeken de schaal waarop hun gedrag effect heeft op hun energiegebruik. Heeft het meer effect om de thermostaat een graadje lager te zetten of om de tv niet op stand-by te laten staan? En als heel Nederland dat doet, of de hele wereld, wat is dan het effect op wereldschaal?

Deeltjesmodellen
Referentiekader-bouwsteen: aard van natuurwetenschappen
Werkwijze-bouwsteen: modelgebruik en -ontwerp
Denkwijze-bouwsteen: relaties en verbanden
Concept-bouwsteen: stoffen en reacties

Door te bespreken hoe deeltjesmodellen over tijd zijn veranderd, krijgen leerlingen een beeld van het proces en de voorlopigheid van wetenschap. Door de geschiedenis van de natuurwetenschap als context te gebruiken leren de leerling hoe deeltjesmodellen zijn gebruikt en ontworpen. Leerlingen zien dat steeds meer eigenschappen verklaard kunnen worden vanuit de structuur van steeds complexere deeltjesmodellen en dat het oude model dus niet *fout* is, maar ontoereikend.

6.
BRONNENLIJST

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. Science education,82(4), 417-436.

ACARA (2010) Australian Curriculum. Geraadpleegd (18-09-19) van https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/structure.

Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (2017). Geraadpleegd van https://www.awti.nl/documenten/adviezen/2017/08/31/advies-onmisbare-schakels---de-toekomst-van-het-toepassingsgericht-onderzoek.

American association for the advancement of science. Geraadpleegd van http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap12.html.

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (n.d.). Key ideas Australian Curriculum. Geraadpleegd van https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/science/key-ideas.

Bell, R. (2008).Benchmarks for science literacy. New York, NY: Oxford University Press..

Boersma, K.Th., Graft, M. van, Harteveld, A., Hullu, E. de, Knecht-van Eekelen, A. de, Mazereeuw, M., Oever, L. van den, & Zande, P.A.M. van der. (2007). Leerlijn Biologie van 4 tot 18 jaar. Utrecht: CVBO.

Boersma, K., Graft, M. V., & Knippels, M. C. (2009). Concepten van kinderen over natuurwetenschappelijke thema's. Enschede: SLO.

Boersma, K. Th. (1997). Systeemdenken en zelfsturing in het biologie-onderwijs. Oratie uitgesproken op 26 november 1997. Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht.

Boersma, K. T., Bulte, A. M. W., Krüger, J., Pieters, M., & Seller, F. (2010). Samenhang in het natuurwetenschappelijk onderwijs voor havo en vwo. Universiteit Utrecht, Utrecht.

Bron, J., Oorschot, F. van, & Vliet, E. van (2012). Watereducatie: Een curriculumvoorstel. Enschede: SLO.

Brundtland, G. (1987). Our common future: Report of the 1987 World Commission on Environment and Development. United Nations, Oslo, 1, 59.

Bruning, L. & Michels, B. (2013) Concept-context venster. Zicht op de wisselwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs. SLO, Enschede. Geraadpleegd van http://www.slo.nl/downloads/2013/concept-contextvenster.pdf.

College voor Toetsen en Examens (n.d.) Examenprogramma's aardrijkskunde, biologie, nask, natuurkunde en scheikunde (vmbo, havo en vwo) Geraadpleegd van http://www.examenblad.nl.

Dijk, G. van, Graft, M. van, Hart, J. 't, Slangen, L., Sijbers, J., & Vries, M. de (2017). Technologie in de leergebieden: Advies over de positie van techniek en technologie in primair en voortgezet onderwijs. Den Haag: curriculum.nu.

Government of British Columbia (2018). BC's New curriculum for K-10. Geraadpleegd van https://curriculum.gov.bc.ca.

Graft, M. van, Klein Tank, M., & Beker, T. (2016). Wetenschap & technologie in het basis- en speciaal onderwijs: Richtinggevend leerplankader bij het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld. Enschede: SLO. Geraadpleegd van http://downloads.slo.nl/Repository/wetenschap-en-technologie-in-het-basis-en-speciaal-onderwijs.pdf.

Gott, R. & Duggan, S. (2003) Understanding and Using Scientific Evidence. How to Critically Evaluate Data. SAGE Publications, London.

Harlen, W. (Ed.). (2010). Principles and big ideas of science education. Hatfield: ASE.

Harwood, C., & Compton, V. J. (2018). The importance of the conceptual in progressing technology teaching and learning. Handbook of technology education, 251-265.

Hotze, A.C.G. & Keijzer, R. (2017). Samenhang tussen rekenen-wiskunde en wetenschap en technologie. Volgens Bartjens – ontwikkeling en onderzoek, 36(5), 41-51

Hotze, A. (2018). Lectorale rede: Wetenschap en technologie in het basisonderwijs. iPabo, Alkmaar. Geraadpleegd van https://www.ipabo.nl/upload/publicaties/Ass%20Lectoraat%20W&T/Lectorale%20rede%20WT.pdf.

Huber, M. (e.a.) (2011). How should we define health? BMJ 2011;343:d4163 geraadpleegd van https://doi.org/10.1136/bmj.d4163.

Huijer, M. (2013). Discipline. Overleven in Overvloed. Amsterdam: Boom.

Institute of Physics (2018). Overview of big ideas and detailed content for IOP framework. London: Institute of Physics.

International Technology Education Association. (2000). Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Geraadpleegd van https://www.iteea.org/42511.aspx ITEEA, Reston, USA.

Janssen, F.J.J.M. (2017). Grip krijgen op complexiteit: Onderwijs voor het 'moeras'. Oratie. Leiden: Universiteit Leiden.

Klatter, E., van Keulen, H., Kleinhans, M., van de Sande, R., & van der Molen, J. W. (2016). Stromend onderwijs via Natuur & Technologie. In Zo overleeft techniekonderwijs: Brieven aan de minister (pp. 201-205).

Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap (2018). Visie op het aardrijkskunde onderwijs voor curriculum.nu. Geraadpleegd van https://geografie.nl/visiedocument.

Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (2013), Publieke kennisinvesteringen en de waarde van wetenschap, Amsterdam: Commissie 'Waarde van Wetenschap', 2013.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. Theory into practice, 41(4), 212-218.

LAKS (2018). Brief leerlingen aan het ontwikkelteam Mens & Natuur. Geraadpleegd van https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2018/03/Brief- LAKS-Mens-Natuur.pdf.

Marzano, R. J. (1988). Dimensions of thinking: A framework for curriculum and instruction. The Association for Supervision and Curriculum Development, 125 N. West St., Alexandria, VA 22314-2798.

Ministerie Onderwijs, Cultuur & Wetenschappen (2006). Kerndoelen Primair onderwijs. Geraadpleegd van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2006/04/28/kerndoelenboekje.

MBO-raad (2018). Deelname mbo aan curriculum.nu. Geraadpleegd van https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2018/03/Visie-MBORaad-Curriculum.nu_-1.pdf.

National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington D.C.: National Academies Press.Geraadpleegd van http://www.nextgenscience.org.

Nationale kenniscoalitie (2015). De nationale wetenschapsagenda. Geraadpleegd van https://wetenschapsagenda.nl.

National Councel for the Social Studies (2010). National Curriculum Standards for Social Studies: A Framework for Teaching, Learning, and Assessment. Geraadpleegd van https://www.socialstudies.org/standards/curriculum.

Nederlandse Vereniging voor Onderwijs in Natuurwetenschappen (2018). Visie op het domein Mens en Natuur, inclusief techniek voor Curriculum.nu.Geraadpleegd van https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2018/03/Visie- definitief-NVON.pdf.

New Zealand Government (nd). Characteristics of technology. Geraadpleegd van http://technology.tki.org.nz/Technology-in-the-NZC/What-is-technology-in-the-NZC/Nature-of-technology/Characteristics-of-technology .

Next Generation Science Standards (2013) - Crosscutting concepts. NGSS, USA. Geraadpleegd van http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20G%20-%20Crosscutting%20Concepts%20FINAL%20edited%204.10.13.pdf .

OECD (2016). PISA 2015 results (volume I): Excellence and equity in education. PISA, OECD Publishing, Paris.

OECD (2017). PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, PISA, OECD Publishing, Paris. Geraadpleegd van https://doi.org/10.1787/9789264281820-en.

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2013). Trends shaping Education 2013. Paris: OECD. geraadpleegd van http://www.oecd.org/education/ceri/Ageing_Societies_Spotlight.pdf.

Ostrom, E. (e.a.) (1999). Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges. Science Compass, 286 geraadpleegd van http://dusk2.geo.orst.edu/prosem/Ostrom_etal1999.pdf.

Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, W., Boerwinkel, D.J., Eijkelhof, H., Vries, M. de, Hoeven, M. van der, & Kuiper, W. (2014). Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo: een richtinggevend leerplankader. Enschede: SLO. Geraadpleegd van http://downloads.slo.nl/Repository/kennisbasis-natuurwetenschappen-en-technologie-voor-de-onderbouw-vo.pdf .

Pieters, M. (1992). Mores leren: Notities over kennis, waarden en gedrag in natuur- en milieu-educatie. Enschede: SLO.

Rathenau Instituut (2017). Technologisch burgerschap: dé democratische uitdaging van de eenentwintigste eeuw. Geraadpleegd van https://www.rathenau.nl/nl/digitalesamenleving/technologisch-burgerschap-de-democratische-uitdaging-van-deeenentwintigste.

Rijksoverheid (2016). Evaluatie implementatie Wetenschap en Techniek PO en VO 2012-2015 Geraadpleegd (18-09-19) van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/06/30/

evaluatie-implementatie-wetenschap-en-techniek-po-en-vo-2012-2015.

Rijksoverheid (2013). Nationaal Techniekpact 2020. Geraadpleegd van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/convenanten/2013/05/13/nationaal-techniekpact-2020.

Roberts, D. A. (1988). What Counts as Science Education? In P. J. Fensham (Ed.), Development and Dilemmas in Science Education (pp. 27–54). London, UK: Falmer Press.

Rutgers (2016) Richtlijn seksuele en relationele vorming. Visie, doelen en uitgangspunten. Rutgers Kenniscentrum Seksualiteit, Utrecht. Geraadpleegd van https://www.seksuelevorming.nl/sites/seksuelevorming/files/PDF/Richtlijn-SVR-2013-LR.pdf .

Schnabel, P. e.a. (2016). Ons Onderwijs 2032: Eindadvies. Platform Onderwijs2032.

De Schrijver, J., Vervaet, S., Van de Keere, K., Vandebeek, C., & Cornelissen, E. (2015). Weten over weten: nature of science in het wetenschapsonderwijs. VOB Jaarboek, 12(1), 189-197.

SLO (2018) Begripsafbakening leergebied overstijgende thema's. Geraadpleegd van https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2019/05/Begripsafbakening-leergebiedoverstijgende-thema%E2%80%99s.pdf.

SLO (2018). Handreiking Brede vaardigheden voor curriculum.nu. Geraadpleegd van https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2018/04/Rapport-Handreiking- brede-vaardigheden.pdf.

SLO.(nd) Leerplankader sport, bewegen en gezonde leefstijl. Geraadpleegd van http://gezondeleefstijl.slo.nl.

SLO (2018). Startnotitie Mens & Natuur voor curriculum.nu. Enschede: SLO.

Spek, W. & Rodenboog, M. (2011). Natuurwetenschappelijke vaardigheden onderbouw havo-vwo. SLO, Enschede.

United Nations (n.d.) Sustainable development goals: 17 goals to transform our world. Geraadpleegd van from https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable- development-goals/.

Vereniging van schoolleiders en loopbaanbegeleiders (2018). Visie op LoopbaanOntwikkeling- en Begeleiding (LOB). Geraadpleegd van https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2018/03/Visie-definitief-NVS-NVL- VVSL-1.pdf.

Vereniging van Universiteiten (2018). Visie VSNU op aansluiting wetenschappelijk onderwijs op curriculum.nu. Geraadpleegd van https://curriculum.nu/wp- content/uploads/2018/03/Visie-VSNU-Curriculum.nu_-1.pdf.

Wals, A. (2019). 'Scholen doen te weinig aan klimaatverandering'. Westers denken belemmert duurzaamheid in onderwijs. One World (februari 2019). Geraadpleegd van https://www.oneworld.nl/powerswitch/land/het-westerse-denken-belemmert-duurzaamheid-in-onderwijs.

Warren, A., Archambault, L., & Foley, R., (2014). Sustainability Education Framework for Teachers: Developing sustainability literacy through futures, values, systems, and strategic thinking. Journal of Sustainability Education.

Wateren, van der, D. (2013) Welke rol speelt creativiteit in de les? Blogcollectief Onderzoek Onderwijs.

Wessel,van, T. T., Kleinhans, M. M., van Keulen, J. H., & Baar, A. (2014). Wetenschappelijk onderzoek en technologie vertalen naar onderzoekend en ontwerpend leren in het basisonderwijs.

Wientjes, H. & Veenhoven, J. (2016) Eureka! Didactiek voor het leren onderzoeken in het vwo. Onderwijsadvies & Training, Faculteit Sociale Wetenschappen, Universiteit Utrecht.

Wiig, D. (2008). Teaching the Nature of Science Through Process Skills. Science and Children,45(9), 61.

Wilschut, A., & Pijls, M. (2018). Effecten van vakkenintegratie: Een literatuurstudie. Hogeschool van Amsterdam, Kenniscentrum Onderwijs en Opvoeding.

World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. Oxford: Oxford University Press.

World Health Organization (2018).Geraadpleegd van https://www.who.int.

Bijlage A: Begrippenlijst

Concept	(Abstract) Kernbegrip van het leergebied dat de basis vormt voor de kennisopbouw in het leergebied.
Denkwijze	Manier van kijken, ordenen en/of redeneren.
Discipline	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.
Duurzame ontwikkeling	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).
Gezondheid	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).
Interdisciplinariteit	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.
Natuurlijke hulpbron	Alle bronnen in de natuur waar de mens afhankelijk van is, zoals grondstoffen, energiebronnen, voedsel en zon.
Referentiekader	Kader van waaruit het leergebied kan worden bezien.
Schoolvak	Organisatie-eenheid voor het vormgeven van onderwijs in een lesrooster. In sommige gevallen komt een schoolvak overeen met een discipline.
Techniek	De praktijk van het bedenken en realiseren van hulpmiddelen (Van Dijk et al., 2017).
Technologische ontwikkeling	Het proces van voortdurende uitbreiding van de technologische mogelijkheden en de invloed die dit heeft op de maatschappij.
Technologie	De kennis over techniek. Als het gaat om de inhouden 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.
Werkwijze	Kenmerkende handeling en/of activiteit voor het leergebied.
Wetenschap	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.

Bijlage B: Samenhang per bouwsteen

Referentiekader-bouwstenen

Bouwsteen 1.1 Wetenschap

- **MM 10.1 Informatie verwerven en verwerken, 10.2 Onderzoeken en 10.3 Waarderen, redeneren en argumenteren**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen hoe zij op een systematisch, effectieve en efficiënte wijze informatie kunnen zoeken, vinden, waarderen, gebruiken en delen en kunnen betrekken in een redenering.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen hoe ze onderscheid kunnen maken tussen feiten en meningen en de betrouwbaarheid van bronnen in te schatten.
- **BU 11.5 Kritisch Denken**
  - Bij Burgerschap leren leerlingen over het belang van waarheidsvinding en manieren om dat te doen in en ten behoeve van een vrije en open samenleving en een gelijkwaardige uitwisseling van standpunten en inzichten.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over de aard van de wetenschap en natuurwetenschappelijke methoden
- **NL 6.1 Kritisch (digitale) informatie verwerken en verstrekken**
  - Bij Nederlands leren leerlingen informatie verwerven, verwerken. Dit is onmisbaar om een beeld te krijgen bij wetenschap. Ze leren informatie beoordelen op bruikbaarheid en ervaren dat niet alle informatie betrouwbaar is.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over de werking van het systeem wetenschap. Dit helpt de leerling bij het selecteren van betrouwbare informatie.

Samenhang met bouwsteen 1.2 Aard van technologie

- **MM 8.3 Technologie**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen over de invloed van technologie op de mens en maatschappij.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over het onderscheid tussen de gemaakte en de natuurlijke wereld en de mogelijkheden van technologie en overwegen ze om daar gebruik van te maken.
- **KC 4.1 Artistieke innovatie**
  - Artistieke innovatie vanuit het leergebied Kunst & Cultuur kan helpen om nieuwe mogelijkheden bij het inzetten van technologie te ontdekken.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over doel en nut van technologie; dit helpt bij artistieke innovatie.

Vraagstuk-bouwstenen

Onze vraagstuk-bouwstenen komen overeen met drie van de vier mondiale thema's waar ook door andere leergebieden aan wordt bijgedragen.

Samenhang met bouwsteen 2.1 Gezondheid

- **MM 4.1 Welzijn**
  - Bij Mens & Maatschappij ontwikkelen leerlingen het besef dat gezondheid en (psychisch) welbevinden van individuen ook beïnvloed worden door (sociale) omstandigheden of persoonlijke eigenschappen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over de invloeden van ziekte, voeding en een gezonde leefstijl op je welzijn.
- **BU 4.1 Identiteit en 5.1 Diversiteit**
  - Bij Burgerschap leren leerlingen hoe zij om kunnen gaan met verschillen op het gebied van seksuele identiteit en sekse.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over seksualiteit en sekse.
- **BU 11.6 Affectieve empathie en 11.7 Cognitieve empathie**
  - Bij Burgerschap leren leerlingen vaardigheden om je in te leven in anderen als voorwaarde voor pro-sociaal handelen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over aspecten van gezondheid in de brede zin.
- **DG 3.1 Interacteren met digitale technologie**
  - Bij Digitale Geletterdheid leren leerlingen gedurende interactie met digitale content dat content ook gevaarlijk voor leerlingen kan zijn voor wat betreft gezondheid.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen inschattingen maken over gezondheid en verantwoordelijk nemen.
- **BS 3.1 Gezond Bewegen**
  - Bij Bewegen & Sport leren leerlingen over bewegen in relatie tot hun eigen welbevinden.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen zich te verhouden tot hun eigen eetgewoonten in relatie tot hun gezondheid, over de balans tussen energie-inname en energieverbruik.

Samenhang met bouwsteen 2.2 Duurzame Ontwikkeling

- **MM 8.2 Duurzame Ontwikkeling**
  - Samen met Mens & Maatschappij hebben wij voorbeeldmatig de bouwsteen 'Duurzame ontwikkeling' als gezamenlijke bouwsteen uitgewerkt om een beeld te geven van hoe hier in een vervolgfase mee omgegaan kan worden. Het leergebied Digitale Geletterdheid heeft aangegeven dat hun bijdrage aan het mondiale thema in deze bouwsteen ook is gedekt.
- **BU 8.1 Duurzaamheid**
  - Bij Burgerschap leren leerlingen nadenken over de spanningen die spelen tussen verschillende waarden en belangen rond duurzaamheid en over de gevolgen daarvan voor de leefomgeving, nu en later.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen herkennen dat innovaties een rol kunnen spelen bij duurzaamheid en leren ze over de impact van keuzes.
- **BU 11.6 Affectieve empathie en BU 11.7 Cognitieve empathie**
  - Bij Burgerschap beseffen leerlingen dat mensen verschillende beelden en ideeën kunnen hebben, hoe deze ontstaan en hoe daar mee om te gaan.
  - Bij Mens & Natuur beseffen leerlingen dat mensen handelen uit bepaalde behoeftes.

- **BU 11.8 Ethisch redeneren en BU 11.9 Moreel oordelen en handelen**
  - Bij Burgerschap leren leerlingen verantwoordelijkheid nemen voor hun eigen keuzes.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen de kennis die nodig is om keuzes te maken op het gebied van duurzaamheid.

Samenhang met bouwsteen 2.3 Technologische ontwikkeling

- **MM 8.3 Technologie**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen over de invloed van technologie op de mens en maatschappij.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over het onderscheid tussen de gemaakte en de natuurlijke wereld en de mogelijkheden van technologie en overwegen ze om daar gebruik van te maken.
- **BU 10.1 Technologisch Burgerschap**
  - Bij Burgerschap worden leerlingen zich bewust van de invloed van technologische ontwikkelingen op hun leven en dat van anderen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen reflecteren op de invloed van het gebruik van technologie op de maatschappij (en henzelf).
- **BU 11.8 Ethisch redeneren en 11.9 Moreel oordelen en handelen**
  - Bij Burgerschap leren leerlingen te reflecteren op de ethische aspecten die mogelijk spelen rond de ontwikkeling en het gebruik van technologie, alsmede de mogelijkheden om hier als burger in een democratisch land invloed op uit te oefenen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over techniek en technologie.

Werkwijze-bouwstenen

Samenhang met bouwsteen 3.1 Onderzoeken

- **MM 10.2 Onderzoeken**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen sociaalwetenschappelijke onderzoeksmethoden.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen natuurwetenschappelijke onderzoeksmethoden.
- **DG 4.3 Samenwerken met digitale technologie**
  - Bij Digitale Geletterdheid leren leerlingen samenwerken in een digitale omgeving en hierin data uit te wisselen. Dit kan toegepast worden binnen het proces van onderzoeken om tot een gezamenlijk product te komen.
  - In het leergebied Mens & Natuur leren leerlingen onderzoeken en werken hierbij vaak samen met behulp van digitale middelen.
- **KC 4.1 Artistieke innovatie**
  - Bij Kunst & Cultuur leren leerlingen zich artistiek-creatief uit te drukken bij de presentatie van hun onderzoek.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen vaardigheden en inzicht om onderzoek uit te kunnen voeren. Deze komen goed van pas bij artistieke innovatie.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.

- Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.

- **NL 6.1 Kritisch (digitale) informatie verwerken en verstrekken**
  - Bij Nederlands leren leerlingen informatie verwerven, verwerken. Dit is onmisbaar als leerlingen zelf onderzoek uitvoeren.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen onderzoeksvaardigheden die ondersteunen bij het kritisch denken.

Samenhang met bouwsteen 3.2 Ontwerpen

- **DG 3.1 Interactie en creatie met digitale technologie**
  - In het leergebied Digitale geletterdheid leren leerlingen digitale technologie in te zetten binnen ontwerp en maakprocessen.
  - In het leergebied Mens & Natuur leren leerlingen systematisch probleem oplossen. Dit kan waardevol zijn bij interactie met digitale technologie.
- **DG 4.3 Samenwerken met digitale technologie**
  - In het leergebied Digitale geletterdheid leren leerlingen samenwerken in een digitale omgeving en hierin data uit te wisselen. Dit kan toegepast worden binnen het proces van ontwerpen om tot een gezamenlijk product te komen.
  - In het leergebied Mens & Natuur leren leerlingen ontwerpen en werken hierbij vaak samen met behulp van digitale middelen.
- **KC 1.1 Leren maakstrategieën gebruiken**
  - Bij Kunst & Cultuur leren leerlingen vorm te geven en te creëren en dit kan goed toegepast worden binnen technisch ontwerpen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen systematisch werken binnen het ontwerpproces. Dit kan ook worden toegepast binnen het leergebied Kunst & Cultuur.
- **KC 4.1 Artistieke innovatie**
  - Bij Kunst & Cultuur leren leerlingen artistieke innovatie, dit kan ondersteunen bij het creatief denken in het ontwerpproces.
  - Bij Mens & Natuur krijgen leerlingen inzicht in het ontwerpproces van nieuwe makers.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.
  - Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.
- **NL 6.1 Kritisch (digitale) informatie verwerken en verstrekken**
  - Bij Nederlands leren leerlingen informatie verwerven, verwerken. Dit is onmisbaar als leerlingen zelf ontwerpen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen ontwerpvaardigheden die ondersteunen bij het doelbewust verwerken van informatie.

Samenhang met bouwsteen 3.3 Modelgebruik- en ontwerp

- **RW 12.1 Modelleren**
  - In beide leergebieden leren leerlingen dat een situatie in een natuurwetenschappelijke of technische context door middel van een wiskundig model kan worden weergegeven.
- **DG 3.2 Aansturing van en creatie met digitale technologie**
  - Ook digitale computermodellen en simulaties zijn toepassingen binnen deze bouwsteen van Digitale Geletterdheid. Kennis over aansturing met behulp van digitale technologie komt hierbij van pas.
  - Om digitale technologie doordacht aan te kunnen sturen zijn modelleervaardigheden van Mens & Natuur behulpzaam of zelfs noodzakelijk.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.
  - Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.

Samenhang met bouwsteen 3.4 Praktisch handelen

- **RW 3.1 Meten**
  - Bij Rekenen & Wiskunde leren leerlingen rekenen met het metriek stelsel.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen werken met de instrumenten die nodig zijn om te meten.
- **DG 3.1 Interactie en creatie met digitale technologie**
  - Om meetapparatuur en gereedschappen te kunnen gebruiken is steeds vaker ook digitale technologie nodig.
  - Nauwkeurig kunnen werken en meten met behulp van apparatuur helpt de leerling bij de interactie met digitale technologie.
- **KC 1.1 Leren maakstrategieën gebruiken**
  - Bij Kunst & Cultuur leren leerlingen over vormgeving en creatie bij praktisch handelen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen nauwkeurig werken met gereedschappen, dit kan ook worden toegepast binnen de maakstrategieën van het leergebied Kunst & Cultuur.
- **KC 3.1 Leren technieken en artistieke vaardigheden gebruiken**
  - Bij Kunst & Cultuur leren leerlingen het gebruik van verschillende gereedschappen.
  - Technische vaardigheden uit het leergebied Kunst & Cultuur ondersteunen het praktisch handelen.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.

- Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.

Denkwijze-bouwstenen

Samenhang met bouwsteen 4.1 Patronen

- **RW 4.1 Verbanden, verschijningsvormen en vergelijkingen en RW 4.2 speciale verbanden**
  - Bij Rekenen & Wiskunde leren leerlingen over de (speciale) verbanden, verschijningsvormen en vergelijkingen die nodig zijn om bepaalde patronen te beschrijven.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen patronen te herkennen die met (speciale) verbanden kunnen worden beschreven.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.
  - Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.

Samenhang met bouwsteen 4.2 Systemen

- **RW 6.1 Veranderingen**
  - Bij Rekenen & Wiskunde leren leerlingen de effecten op systemen beschrijven en berekenen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over effecten van veranderingen op systemen.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.
  - Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.

Samenhang met bouwsteen 4.3 Schaal, verhouding en hoeveelheid

- **MM 1.1 Plaats en Ruimte**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen over de fysieke omgeving om leerlingen heen als één van de belangrijkste bronnen van hun begrip van schaal.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over verschillende grootheden en eenheden, en het omgaan met verschillende schaalniveaus.
- **RW 2.1 Verhoudingen**
  - Bij Rekenen & Wiskunde leren leerlingen te rekenen met verhoudingen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen de betekenis van verschillende eenheden, grootheden en verhoudingen (zoals snelheid als verhouding tussen afstand en tijd).

- **RW 3.1 Meten**
  - Bij Rekenen & Wiskunde leren leerlingen te rekenen met het metriek stelsel.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen metrieke eenheden aan schaalniveaus in de wereld te linken.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.
  - Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.

Samenhang met bouwsteen 4.4 Relaties en verbanden

- **MM 11.5 Denken in oorzaken en gevolgen**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen een sociaalwetenschappelijke kijk op oorzaak-gevolg-relaties.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen een natuurwetenschappelijke kijk op oorzaak-gevolg-relaties.
- **RW 5.2 Data en statistiek**
  - Bij Rekenen & Wiskunde leren leerlingen statistische correlaties te bepalen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen mogelijke interpretaties van statistische correlaties.
- **NL 1.1 Rijke teksten als voorwaarde voor taal- en denkontwikkeling**
  - Leergebied Mens & Natuur, bouwstenen rondom de werkwijzen (3.1-3.4) en de denkwijzen (4.1-4.4): bij het leren van de verschillende werk- en denkwijzen spelen mondelinge, schriftelijke, digitale en multimodale teksten met een rijke inhoud en kwalitatief goed taalgebruik een belangrijke rol.
- **NL 1.2 Interactie ten behoeve van taal- en denkontwikkeling**
  - Door de veelvuldige interactie met taal bij Nederlands leren leerlingen hun inhoudelijke redeneringen steeds beter onder woorden te brengen.
  - Werk- en denkwijzen bij Mens & Natuur ondersteunen de leerlingen bij het opzetten van hun redeneringen en bieden structuur voor taalontwikkeling.

Concept-bouwstenen

Samenhang met bouwsteen 5.3 Automatische systemen

- **DG 3.2 Aansturen van en creatie met digitale technologie**
  - In het leergebied Digitale geletterdheid leren leerlingen programmeren. Om automatische systemen te kunnen programmeren helpt kennis over sensoren, actuatoren en feedbackmechanismen.
  - In het leergebied Mens & Natuur leren leerlingen over automatische systemen, de rol en gebruik van sensoren en actuatoren. Bij het toepassingen van deze onderdelen in een ontwerp helpt kennis van programmeren.
- **DG 4.1 Netwerken**
  - Digitale netwerken (DG) kunnen een rol spelen bij het aansturen van automatische systemen (MN).
  - Om netwerken in het leergebied Digitale Geletterdheid te kunnen bestuderen helpt kennis van automatische systemen.

Samenhang met bouwsteen 7.2 Leefomgeving en biodiversiteit

- **MM 1.1 Plaats en ruimte**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen hoe mensen zich aanpassen aan hun omgeving.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen hoe organismen zich (door evolutie) aanpassen aan hun omgeving.

Samenhang met bouwsteen 8.2 Winning, productie en verwerking

- **MM 3.2 Produceren en organiseren**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen over de economische factoren die een rol spelen bij het inrichten van processen voor winning, productie en verwerking.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over de herkomst en eindigheid van grondstoffen en de processen die gebruikt kunnen worden om die grondstoffen te verwerken.

Samenhang met bouwsteen 9.2 Weer en klimaat

- **MM 1.1 Plaats en ruimte**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen over de impact van klimaatverandering op mensen en gemeenschappen.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over de werking van klimaatverandering.

Samenhang met bouwsteen 10.1 Heelal en tijd

- **MM 2.1 Tijd en Chronologie**
  - Bij Mens & Maatschappij leren leerlingen over tijdsaanduidingen en tijdsindelingen en de tijdschaal waarop menselijke geschiedenis zich voor heeft gedaan.
  - Bij Mens & Natuur leren leerlingen over de invloed van ons zonnestelsel op onze tijdsbeleving.