

nationale wetenschaps agenda

001 002 003 004 005 006 007 008 009 010

011 012 013 014 015 016 017 018 019 020

021 022 023 024 025 026 027 028 029 030

031 032 033 034 035 036 037 038 039 040

041 042 043 044 045 046 047 048 049 050

051 052 053 054 055 056 057 058 059 060

061 062 063 064 065 066 067 068 069 070

071 072 073 074 075 076 077 078 079 080

081 082 083 084 085 086 087 088 089 090

091 092 093 094 095 096 097 098 099 100

101 102 103 104 105 106 107 108 109 110

111 112 113 114 115 116 117 118 119 120

121 122 123 124 125 126 127 128 129 130

131 132 133 134 135 136 137 138 139 140

vragen

verbindingen

vergezichten

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

Inhoud

| | | |
|-----------------|--|------------|
| Voorwoord | | 5 |
| Deel I | Inleiding | 6 |
| Deel II | Vragen | 15 |
| | Mens, milieu en economie | 17 |
| | Individu en samenleving | 49 |
| | Ziekten en gezondheid | 93 |
| | Technologie en maatschappij | 131 |
| | Bouwstenen van het bestaan | 153 |
| Deel III | Verbindingen en vergezichten | 173 |
| Bijlage 1 | Kenmerken van de ingediende vragen | 206 |
| Bijlage 2 | Organisaties met in de NWA verwerkte onderzoeksagenda's | 210 |
| Bijlage 3 | Organisaties met in de NWA verwerkte beleidsagenda's | 212 |
| Bijlage 4 | Vragen ingedeeld naar tien thema's ontleend aan Horizon 2020 | 213 |

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

Voorwoord

Voor u ligt de Nationale Wetenschapsagenda. Zij is opgesteld door de kenniscoalitie¹ en beoogt mede richting te geven aan Nederlands onderzoek in de komende jaren. De Wetenschapsagenda vloeit voort uit de Wetenschapsvisie van het kabinet². In opdracht van de bewindspersonen van de ministeries van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap en Economische Zaken³ heeft de kenniscoalitie, bijgestaan door een klankbordgroep⁴, na een uitgebreide consultatie van het Nederlandse publiek, uitdagende vraagstukken benoemd op terreinen waarin het Nederlandse onderzoek kan excelleren en waarin het de samenleving en de kenniseconomie kan versterken. Die vraagstukken sluiten aan op de kracht van de Nederlandse wetenschap, op de grote maatschappelijke uitdagingen van deze tijd en op economische kansen die zich voordoen.

De Wetenschapsagenda is tot stand gekomen door de inbreng van velen en richt zich ook tot velen. Zij nodigt onderzoekers, bedrijven, overheden en maatschappelijke organisaties uit de handen ineen te slaan door deel te nemen, financieel bij te dragen en wetenschappelijke kennis te benutten. De Wetenschapsagenda wil maatschappelijke betrokkenheid bij wetenschappelijk onderzoek bevorderen en samenwerking langs de gehele kennisketen stimuleren. Zij is dan ook bij uitstek bedoeld als een verbindende agenda die bruggen slaat tussen uiteenlopende partijen en sectoren.

De Wetenschapsagenda beoogt de Nederlandse wetenschap beter toe te rusten om antwoorden te vinden op de grote uitdagingen van deze tijd en noodzakelijke transitie in bijvoorbeeld energiegebruik, gezondheidszorg, de ontwikkeling van onze samenleving en democratische rechtstaat, veiligheid en mondiale voedselzekerheid teweeg te brengen. Dat zijn complexe vraagstukken die zich kenmerken door botsende waarden, groeiende politieke druk en grote economische belangen. Die complexiteit vraagt om de inzet van verschillende partijen en benaderingen, nieuwe dwarsverbanden en partnerschappen. De Wetenschapsagenda wil prikkelen en aanzetten tot het smeden van wellicht ongebruikelijke allianties en tot het verkennen van onvermoede samenhang.

De Wetenschapsagenda dekt echter niet de gehele wetenschap en beoogt ook geen integrale agenda voor de gehele wetenschap te zijn. Zoals al in de opdracht stond vermeld: alles wat in de Wetenschapsagenda staat is belangrijk, maar niet alles wat belangrijk is staat in de Wetenschapsagenda. Kleinschalig, specialistisch onderzoek blijft van onverminderde betekenis en verdient steun en sympathie. De Wetenschapsagenda richt zich met name op interdisciplinaire en intersectorale uitdagingen. Dit moet leiden tot meer synergie binnen het onderzoekslandschap als geheel en zal de cohesie, de slagkracht en de impact van het Nederlandse onderzoek verder versterken.

¹ Bestaande uit universiteiten (VSNU), hogescholen (VH), instituten voor toegepast onderzoek (TO2), werkgevers (VNO-NCW en MKB-Nederland), universitair medische centra (NFU), de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk onderzoek (NWO) en de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW).

² Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, Wetenschapsvisie 2025 - keuzes voor de toekomst, november 2014.

³ Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, *Opdracht Ontwikkelen Nationale Wetenschapsagenda*, 25 november 2014.

⁴ De klankbordgroep gaf gevraagd en ongevraagd advies, participeerde in conferenties en legde relaties met strategische agenda's, kennisinstellingen en adviesorganen. De leden van de klankbordgroep namen op persoonlijke titel deel en waren afkomstig uit een breed scala aan maatschappelijke organisaties.

Deel I Inleiding

Schatkamer van vragen

Vragen liggen aan de basis van de Wetenschapsagenda. Nieuwsgierigheid begint met een zucht naar kennis en met de wil daar iets mee te doen. Mensen stellen vragen om verschillende redenen: om iets te kunnen begrijpen, om iets te kunnen beoordelen, of om iets te kunnen beïnvloeden. Verandering – of dat nu wetenschappelijke doorbraken, economische vernieuwing, of maatschappelijke vooruitgang betreft – begint immers vaak met vragen. De Wetenschapsagenda is dan ook een lofzang op de vraag: groot of klein, aarzelend of zelfverzekerd, fundamenteel of toepassingsgericht.

In de ons omringende landen zijn eveneens nationale wetenschaps- of onderzoeksagenda's geëntameerd. In Nederland is dit proces echter op een volstrekt unieke wijze vorm gegeven. De totstandkoming van de Wetenschapsagenda startte niet met een klein groepje deskundigen, maar met een brede oproep aan alle Nederlanders om vragen in te dienen. Mensen konden zowel vanuit hun individuele persoonlijke nieuwsgierigheid als uit naam van een groep vragen aan de wetenschap stellen. Deze internationaal unieke aanpak leidde tot een alle verwachtingen overtreffend aantal van 11.700 vragen⁵ die raken aan de gehele breedte van het onderzoekslandschap.

Breed samengestelde jury's van toponderzoekers hebben in discussies en workshops de ingediende onderwerpen ondergebracht in 140 clustervragen. Zo fungeren de ingediende vragen als bouwstenen en inspiratiebron voor de vraagstukken die centraal staan, en is de Wetenschapsagenda van onderop opgebouwd.

Deze opbouw van onderop heeft veel enthousiasme en energie losgemaakt en belangstelling in de media gewekt. Onder de vraagstellers bevinden zich vele in wetenschap geïnteresseerde burgers. Om dit rijke bestand van geïnteresseerden te benutten voor communicatie over en met de wetenschap, is *In Gesprek Met* ontwikkeld. Via de website van de Wetenschapsagenda www.wetenschapsagenda.nl kunnen wetenschappelijke instituten en andere kennisinstellingen op een eenvoudige manier in contact komen met vraagstellers, zonder hun privacy te schenden. Reeds tijdens de ontwikkeling van de Wetenschapsagenda zijn tientallen grote en kleine bijeenkomsten en ontmoetingen georganiseerd. Veel vraagstellers zijn rechtstreeks in contact gebracht met onderzoekers die bereid waren op hun vragen in te gaan. Dit toont de grote belangstelling voor de wetenschap onder de Nederlandse bevolking en de grote bereidheid van de wetenschap om serieus te reageren op de hoge verwachtingen van burgers en bedrijven.

Zo heeft het opstellen van de agenda op zichzelf al geresulteerd in nieuwe interacties tussen wetenschap, beleid, bedrijfsleven en maatschappij. Dit maakt de Nationale Wetenschapsagenda tot een publiek goed dat nu al kan rekenen op een breed draagvlak. De Wetenschapsagenda richt zich op terreinen waarin het Nederlandse wetenschappelijk

⁵Zie bijlage 1 voor enkele getalsmatige overzichten.

onderzoek sterk is en waarin er binnen een periode van tien jaar behoorlijke vooruitgang te boeken is. In Deel II van de Nationale Wetenschapsagenda worden de 140 clustervragen, geordend in vijf hoofdstukken, één voor één gepresenteerd. Steeds wordt het verbindende karakter van de 140 clustervragen uitgelegd.

Zo roepen alle 140 vragen op tot een interdisciplinaire aanpak. In veel gevallen overstijgen de vragen zelfs het onderscheid tussen de grotere wetenschappelijke domeinen (geesteswetenschappen, levenswetenschappen, natuurwetenschappen, sociale wetenschappen en technologische wetenschappen) en vergen samenwerking tussen twee of meer van deze velden om antwoorden te vinden.

Een voorbeeld hiervan is de vraag *Hoe krijgen we grip op de onvoorspelbaarheid van complexe netwerken en chaotische systemen?* Deze vraag is relevant voor de meest uiteenlopende gebieden. Complexe netwerken spelen een rol in onder meer communicatie, informatie, verkeer, transport, financiën, energie, klimaat en onze hersenen. Wiskunde staat centraal in het vinden van antwoorden, maar de vraag heeft vertakkingen naar vele andere (sub)disciplines, zoals bestuurskunde, biologie, chemie, economie, hersenonderzoek, informatica, natuurkunde en planologie.

Veel vraagstukken zullen alleen door een combinatie van fundamenteel, toegepast, praktijkgericht en soms ook beleidsgericht onderzoek kunnen worden opgelost, in onderlinge samenhang of in het verlengde van elkaar. De vraag *Wat is het belang van biodiversiteit en hoe behouden we deze?* is daarvan een voorbeeld. De vraag verbindt fundamenteel onderzoek in de ecologie met de beleidsgerichte en toegepaste ecologie. Maar er is ook een relatie met het onderzoek van vele vrijwilligers en biedt dus een kans om burgers met wetenschap te verbinden ('citizen science').

Veel vragen kennen meerdere dimensies. Zij tonen niet alleen een beschrijvende of verklarende insteek, maar hebben bijvoorbeeld ook een normatieve, evaluerende kant of juist een ontwerpende doelstelling. De vraag *Wat betekenen mens en natuur voor elkaar en wat is de optimale relatie tussen beide?* omvat zo de normatieve zoektocht naar de waardering van de staat van de natuur en van de optimale relatie tussen mens en natuur. Maar deze vraag raakt ook aan de beschrijving en analyse van de effecten van menselijk handelen op de natuur, aan ethische keuzes achter het ontwikkelen van algoritmes en aan het ontwerpen van simulatiemodellen.

De Wetenschapsagenda biedt spelers binnen het wetenschapsbestel uitgelezen mogelijkheden om elkaar te vinden. Bezoekers van de website vinden er ook informatie over reeds bestaande onderzoeksagenda's: agenda's van Nederlandse instellingen die wetenschappelijke kennis genereren⁶. Zij vertegenwoordigen de aanbodkant van de wetenschap. Met deze informatie kunnen vraagstukken uit de Wetenschapsagenda vergeleken worden met thema's en speerpunten van Nederlandse kennisinstellingen. Ook zijn gegevens over beleidsagenda's opgenomen⁷. Dit zijn agenda's van afnemers van wetenschappelijke kennis die de vraagkant vertegenwoordigen.

Beleidsagenda's hebben betrekking op verschillende geografische schaalniveaus. Op mondiaal niveau zijn er de werelddoelen van de Verenigde Naties (de zogenaamde duurzame ontwikkelingsdoelen). De Europese Commissie heeft onder één van de

⁶Zie bijlage 2 voor de organisaties met in de NWA verwerkte onderzoeksagenda's.

⁷Zie bijlage 3 voor de Organisaties met in de NWA verwerkte beleidsagenda's.

pijlers van Horizon 2020 grote maatschappelijke uitdagingen geformuleerd. Op nationaal niveau gaat het om de kennis- en innovatieagenda's (KIA's) van de topsectoren en de strategische kennisagenda's van de ministeries. Zo wordt de relatie zichtbaar tussen de Nationale Wetenschapsagenda en het nationale beleid. Tenslotte zijn er ook op provinciaal of regionaal niveau agenda's voor onderzoek en innovatie. Een onderdeel hiervan is toegang tot financiering uit het Europese Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO).

Voor elke clustervraag in de Wetenschapsagenda is op de website zichtbaar welke van de vele partijen uit de vraagkant en de aanbodkant van de wetenschap zich vanuit één of ander perspectief met de vraag bezig houden. Dat kunnen partijen zijn die elkaar soms niet kennen of niet van elkaars werk op de hoogte zijn. Wellicht benadert de één zo'n vraag (of een deel van zo'n vraag) vanuit een fundamenteel wetenschappelijk perspectief terwijl een ander meer praktijkgericht met de vraag bezig is. Het zichtbaar maken van deze gedeelde betrokkenheid kan het startpunt zijn voor nadere oriëntatie, onderlinge afstemming en toekomstige samenwerking. Met deze informatie zullen nieuwe allianties kunnen opbloeien tussen onderzoeksinstituten van NWO en KNAW, universiteiten, universitair medische centra, rijkskennisinstellingen, bedrijven, hogescholen, TO2-organisaties, ministeries en maatschappelijke instellingen.

Zo brengt de vraag *Hoe wapenen we ons tegen natuurrampen als aardbevingen, vulkaanuitbarstingen en overstromingen?* veel partijen bij elkaar, niet alleen in Nederland maar ook internationaal. De risico's op rampen worden door de toenemende wereldbevolking groter. Een beter begrip van het systeem aarde vergt intensieve mondiale samenwerking. Het ontsluiten van fundamentele kennis op dit terrein stelt grote eisen aan technologische vooruitgang. Ook technische mogelijkheden om gebouwen, bruggen en dijken bestendiger te maken tegen allerlei rampen moeten ontwikkeld worden. Het bedrijfsleven is hierbij een onmisbare partner. De gevolgen van rampen kennen tal van lokale, nationale en internationale bestuurlijke, sociale en maatschappelijke aspecten waarbij overheden en maatschappelijke organisaties nauw betrokken zijn.

Uit analyse van al deze onderzoeks- en beleidsagenda's blijkt dat hun onderliggende speerpunten en thema's ruim in de Wetenschapsagenda worden gerepresenteerd en met veel andere vragen in verband kunnen worden gebracht. De Wetenschapsagenda is voorzien van een zoekroutine en is daarmee een digitaal instrument dat brede deelverzamelingen vragen kan koppelen aan bestaande onderzoeksagenda's maar ook aan grotere groepen belangstellenden.

Routekaart door het kennislandschap

Tegen die achtergrond is het idee ontstaan van 'routes' door de Wetenschapsagenda. Routes brengen een deelverzameling van samenhangende vragen rond een complex thema in kaart. Via de routes kan de totale kracht van de Nederlandse kennisinfrastructuur worden aangesproken en gemobiliseerd om te komen tot een betere aanpak van bijvoorbeeld de grote maatschappelijke uitdagingen. De routes zijn daarmee een instrument om vanuit de Wetenschapsagenda nieuwe partners op te zoeken. Doordat op die manier belangrijke onderzoeksrichtingen uit verschillende wetenschapsgebieden bij elkaar komen, zullen ook nieuwe benaderingen zichtbaar worden die het succes en de impact van onderzoek zullen versterken.

De Wetenschapsagenda is daarmee een routekaart geworden waarin de clustervragen een brug slaan tussen de vraagkant en de aanbodkant van de wetenschap.

Het is mogelijk de vragen op verschillende manieren te doorzoeken en met elkaar en met speerpunten uit de andere agenda's in verband te brengen. Dat vormt dan ook het unieke karakter van een route: via dit instrument wordt de breedte van de Nederlandse onderzoekkracht toegankelijk gemaakt. Een route inspireert tot nieuwe oplossingen, daagt uit tot het maken van keuzes en geeft de richting aan die het best past bij het aanpakken van complexe vraagstukken.

In Deel III worden zestien exemplarische routes gepresenteerd – alle stimulerend en veelbelovend in een wetenschappelijke cultuur die zo voor samenwerking open staat als de Nederlandse. De zestien routes zijn de eerste representatie van belangrijke opgaven aan de wetenschap. Tegelijkertijd demonstreren ze hoe het route-instrument de Nederlandse wetenschap kan mobiliseren en welke richting de wetenschap moet inslaan om deze opgaven met succes te volbrengen. Die routes illustreren heel concreet de kracht van de Wetenschapsagenda als verbindend instrument. De kenniscoalitie heeft deze zestien routes uitgekozen op grond van hun relevantie voor de samenleving, de economie en de wetenschap zelf. De zestien routes vormen een begin, waaraan nieuwe belangrijke routes zullen worden toegevoegd. De zestien routes zijn dus niet uitputtend maar ook niet vrijblijvend. De kenniscoalitie zal dan ook de verdere uitwerking van deze routes zelf ter hand nemen.

Met de 140 clustervragen en het instrument van de routes schept de Wetenschapsagenda een richtinggevend kader voor meer samenhang en afstemming binnen het wetenschappelijk onderzoek. De Wetenschapsagenda zal zo dienen als kompas voor de doorontwikkeling van bestaande onderzoeksagenda's. Dit kompas neemt echter niet de plaats in van de bestaande agenda's, het is er een aanvulling op. Het kompas richt zich specifiek op interdisciplinaire en intersectorale uitdagingen en wijst zo de weg naar veelbelovende allianties. De resulterende kruisbestuivingen zullen bijdragen aan synergie binnen het wetenschapsbestel als geheel en aan meer samenhang tussen de eerste, tweede en derde geldstroom.

Zo zouden rond de route *'Personalised medicine'* partijen als de topsectoren Life Sciences & Health, High Tech Systemen en Materialen, de UMC's, het NKI/AvL en het Hubrecht Laboratorium, TNO en RIVM, alsmede de universiteiten en diverse biotechbedrijven met elkaar een samenwerkingsverband kunnen vormen waardoor technologisch, biomedisch en psychosociaal onderzoek geïntegreerd wordt. Zij kunnen daarmee voorsorteren op de Europese financieringsprogramma's, in dit geval op de Grand Challenge 'Health'.

Een ander voorbeeld biedt de route *'Big data verantwoord gebruiken'*, die bruggen slaat vanuit de wiskunde en de statistiek naar economie, recht en ethiek, vanuit de praktijk van de retail naar de ethiek van de privacy, en vanuit de fundamentele informatica naar de harde technologie, met achterliggende vraagstellers en te betrekken onderzoeksgroepen uit alle geledingen van de samenleving. Uitgaande van het recente rapport van de Adviesraad voor Wetenschap, Technologie en Innovatie⁸ zou een te vormen consortium rondom deze route een kans bieden om het peil van de Nederlandse ICT-technologie en -vaardigheden te verhogen, en een leidende rol in Europees verband te gaan spelen (bijvoorbeeld als reactie op de Grand Challenge 'Europe in a Changing World' of op de Key Enabling Technologies). Er zijn al enkele veelbelovende initiatieven in die richting, zoals Commit2data.

⁸ *Klaar voor de Toekomst? Naar een brede strategie voor ICT*, AWTI, 2015.

Ook de route 'Duurzame en veilige voedselproductie en gezondheid' verbindt zeer veel partijen in de samenleving. Deze route is bij uitstek een voorbeeld van een wereldwijde uitdaging die vanuit een brede wetenschappelijke, industriële en maatschappelijke Nederlandse traditie opgepakt kan worden. De route raakt aan een groot aantal maatschappelijke en kennisagenda's, zoals het rapport aan de regering van de WRR 'Naar een voedselbeleid', de Agri & Food 2016-2019 roadmaps, de Joint Programming Initiatives 'Agriculture, Food Security and Climate Change', 'Healthy Diet for a Healthy Life', de Horizon 2020 Grand Challenge 'Food security, sustainable agriculture and forestry, marine and maritime and inland water research and the bioeconomy'. Ook zijn hier aanknopingspunten met agenda's voor mondiale voedselzekerheid van de Verenigde Naties (de tweede van de werelddoelen), het Ministerie van Buitenlandse Zaken en het daaraan gerelateerde Food & Business Kennisplatform. De betrokkenheid bij dit vraagstuk in de samenleving is groot: zowel de consument als de maatschappij stellen steeds meer eisen aan de kwaliteit van producten en de wijze waarop de producten worden geproduceerd.

De route 'Veerkrachtige en zinvolle samenlevingen', als laatste voorbeeld, raakt ons allemaal. Door de globalisering dringen vraagstukken ons leven binnen waarop vertrouwde stelsels en instituties onvoldoende antwoord geven. De route verbindt agenda's en strategische thema's van universiteiten (zoals 'Institutions'/UU) en hogescholen met Kennis en Innovatie-agenda's van de topsectoren Water, High Tech Systemen en Materialen/ICT, Agri & Food, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Life Sciences & Health, Creatieve Industrie, Logistiek en de Sociale infrastructuur agenda, en sluit aan bij het rapport aan de regering van de WRR 'Naar een lerende economie', de Horizon 2020 Grand Challenge 'Europe in a changing world', en bij maatschappelijke agenda's als 'Erfgoed en Ruimte' en 'Verbinden van Duurzame Steden'. Door de aansluiting bij een groot aantal agenda's kan de route op veel draagvlak rekenen.

Het is geen toeval dat in de hierboven genoemde voorbeelden steeds verwezen wordt naar Horizon 2020. Veel vragen van de Wetenschapsagenda hebben betrekking op de thema's van Horizon 2020. Alle 140 clustervragen van de Wetenschapsagenda zijn onder te brengen in 10 aan Horizon 2020 ontleende thema's⁹. In dat opzicht is de Wetenschapsagenda een Nederlandse doorvertaling van Horizon 2020 die laat zien op welke gebieden het Nederlandse onderzoek bij uitstek een bijdrage kan leveren aan de Europese agenda. De kenniscoalitie ziet dan ook goede kansen om deze routes een vervolg te geven in aanvragen voor Europese financiering.

De start van een proces

De oplevering van de Nationale Wetenschapsagenda is geen eindstation maar eerder een begin. Het is de start van een proces van implementatie en doorontwikkeling waarin de agenda een dynamisch instrument wordt voor het bevorderen van synergie.

Om de routekaart actueel en geschikt voor gebruik te houden zal informatie over bestaande agenda's steeds worden aangepast. Die informatie is nu gebaseerd op de websites van de betrokken instellingen. Die instellingen (zoals universiteiten, hogescholen, instituten, maar ook ministeries en topsectoren) worden op termijn verantwoordelijk voor de informatie in de Wetenschapsagenda die over henzelf gaat. Zij krijgen via een account de gelegenheid binnen de grenzen van een vast format wijzigingen aan te brengen in de

⁹Zie bijlage 4 voor een verdeling van de vragen over de 10 thema's.

gegevens die henzelf betreffen. De instellingen hebben er belang bij dat goed te doen. Ze worden immers zichtbaar en daardoor benaderbaar. Kwaliteitsverbetering krijgt zo een zelfversterkende werking. De bindingskracht van de agenda zal op deze manier blijven groeien.

Op termijn kan verdere verdieping plaatsvinden door informatie over bestaande agenda's uit te breiden met gegevens over achterliggende onderzoeksgroepen en beschikbare financiering. Ook kunnen additionele bestaande agenda's aan het databestand worden toegevoegd. Het bereik van de Wetenschapsagenda als routekaart zal hierdoor toenemen. *In Gesprek Met* wordt een permanente functionaliteit van de Wetenschapsagenda. Het medium kan worden doorontwikkeld om ruimte te bieden aan nieuwe toetreders. Geïnteresseerde burgers kunnen zich dan inschrijven en aangeven naar welke onderwerpen hun belangstelling uit gaat. Zo kan *In Gesprek Met* uitgroeien tot een krachtig communicatiemiddel dat wetenschap en samenleving verbindt.

De Wetenschapsagenda wil een basis en inspiratiebron zijn voor verdere planvorming. Individuele instellingen zullen aan de hand van de Wetenschapsagenda hun eigen strategische of profileringsagenda kunnen aanscherpen. De Wetenschapsagenda zal ook een rol spelen in de afstemming met de financierende overheid. Zij wil bijdragen aan de dialoog tussen de ministers en de koepels en instellingen. Dit zal bevorderen dat individuele instellingen (universiteiten, universitair medische centra, hogescholen, bedrijven, TO2-organisaties, rijkskennisinstellingen, onderzoeksinstituten) hun planvorming op elkaar gaan afstemmen. Instellingen zullen meer dan nu het geval is hun programmering in het verlengde van elkaar kunnen vormgeven langs de kennisketen.

Om richting te geven aan het Nederlandse onderzoek zal de Wetenschapsagenda een stabiel kompas moeten zijn voor de doorontwikkeling van bestaande agenda's. Dat wil zeggen dat de gekozen vraagstukken gedurende langere tijd een vast referentiekader vormen. Tegelijk dient ervoor gewaakt te worden dat deze stabiliteit een keurslijf wordt waardoor nieuwe ontwikkelingen geen kans krijgen. Er moet ruimte zijn voor opkomende vraagstukken die zo relevant zijn dat ze tussentijds aan de agenda moeten worden toegevoegd. Zo zou de agenda mee moeten evolueren met ontwikkelingen in de samenleving en binnen de wetenschap zelf. Actoren binnen het wetenschapsbestel zullen de Wetenschapsagenda dus op vele manieren kunnen gebruiken om doelstellingen na te streven op het gebied van prioritering, alliantievorming, financiering, valorisatie of communicatie.

Het Nederlandse wetenschapsbestel staat echter onder toenemende druk. De oorzaak hiervan ligt in de stagnerende investeringen in het bestel binnen een internationale context van toenemende concurrentie. Publieke investeringen in R&D en innovatie nemen de komende jaren geleidelijk af. Private investeringen van bedrijven in eigen R&D zijn weliswaar relatief stabiel maar liggen duidelijk onder het Europese gemiddelde. Investeringen in universitair onderzoek houden alle langere tijd geen gelijke tred met de groei van aantallen studenten in het hoger onderwijs. De honoreringspercentages voor de financiering van onderzoek zijn naar een dieptepunt gezakt. Bovendien is de afgelopen jaren fors bezuinigd op de financiering van het toegepaste onderzoek. Internationaal nemen de investeringen in onderzoek juist sterk toe. Hierdoor verhevigt de concurrentie voor financiering, het aantrekken van talent en de positie op internationale ranglijsten. De plaats van Nederlandse universiteiten in die ranglijsten vertoont een dalende trend.

Om het volle potentieel van de Wetenschapsagenda te realiseren is een versterking van het wetenschapsbestel nodig. Dit vraagt om gerichte investeringen van publieke en private zijde. De oplevering van de agenda is tevens het begin van een proces om tot een goed onderbouwd voorstel voor een investeringsagenda te komen. Dit zal gebeuren met behulp van het instrument van de routes door de agenda. Gedurende de eerste helft van 2016 zal de kenniscoalitie routeworkshops organiseren, in eerste instantie gericht op de 16 exemplarische routes die in deel III van de Wetenschapsagenda worden beschreven, om vernieuwende samenwerking rond complexe thema's tot stand te brengen.

Die routeworkshops stellen universiteiten, universitair medische centra, onderzoeksinstellingen, rijkskennisinstellingen, hogescholen, bedrijven en TO2-organisaties in staat om vanuit eigen kracht mogelijkheden voor samenwerking te verkennen en daarin keuzes te maken. Hierdoor zullen nieuwe consortia ontstaan voor interdisciplinaire, intersectorale en publiek-private samenwerking. Dit kan leiden tot het wegnemen van schotten en tot een nieuwe dynamiek over de grenzen van sectoren heen. In die routeworkshops zullen keuzes worden gemaakt voor samenwerking rond specifieke thema's. Zo verschijnen van onderop de contouren van een impliciete prioritering.

De uitkomsten van deze routeworkshops zullen zicht geven op redundancies en witte vlekken in het wetenschapsbestel. Het kan duidelijk maken welke thema's door veel partijen als belangrijk worden gezien en welke dwarsdoorsnijdende aandachtsvelden zich aandienen. De kenniscoalitie zal de uitkomsten van deze routeworkshops analyseren en op basis daarvan tot een prioriteitsstelling voor additionele investeringen in het wetenschapsbestel komen.

Daarmee wordt een belangrijke component voor een geïntegreerd wetenschaps-, innovatie- en technologiebeleid opgeleverd. De kenniscoalitie zal dit gebruiken bij het opstellen van een gezamenlijk manifest, voorzien van een onderbouwd en gedetailleerd voorstel voor een investeringsagenda die doorloopt naar een volgend regeerakkoord. Dit manifest en de investeringsagenda zullen breder zijn dan alleen een thematische prioritering en ook betrekking hebben op nieuwsgierigheidsgedreven onderzoek, talentontwikkeling en grootschalige infrastructuur. Zij zullen randvoorwaarden voor het versterken van de doorwerking van de Wetenschapsagenda benoemen. Medio 2016 zal het manifest met de investeringsagenda worden aangeboden. Zo kan een belangrijke volgende stap worden gezet in het realiseren van de ambities van de Wetenschapsvisie.

De Nationale Wetenschapsagenda is dankzij de gekozen aanpak een succesvol experiment gebleken. De agenda maakt de nieuwsgierigheid van Nederland op een bijzondere wijze zichtbaar, nieuwsgierigheid die in samenhang gemotiveerd is vanuit maatschappelijke behoeften, economische kansen of simpelweg vanuit de menselijke wil om te weten. De vervolgfase zal voortbouwen op de energie die in de samenleving en bij de achterbannen van de kenniscoalitie is losgemaakt.





Deel II Vragen

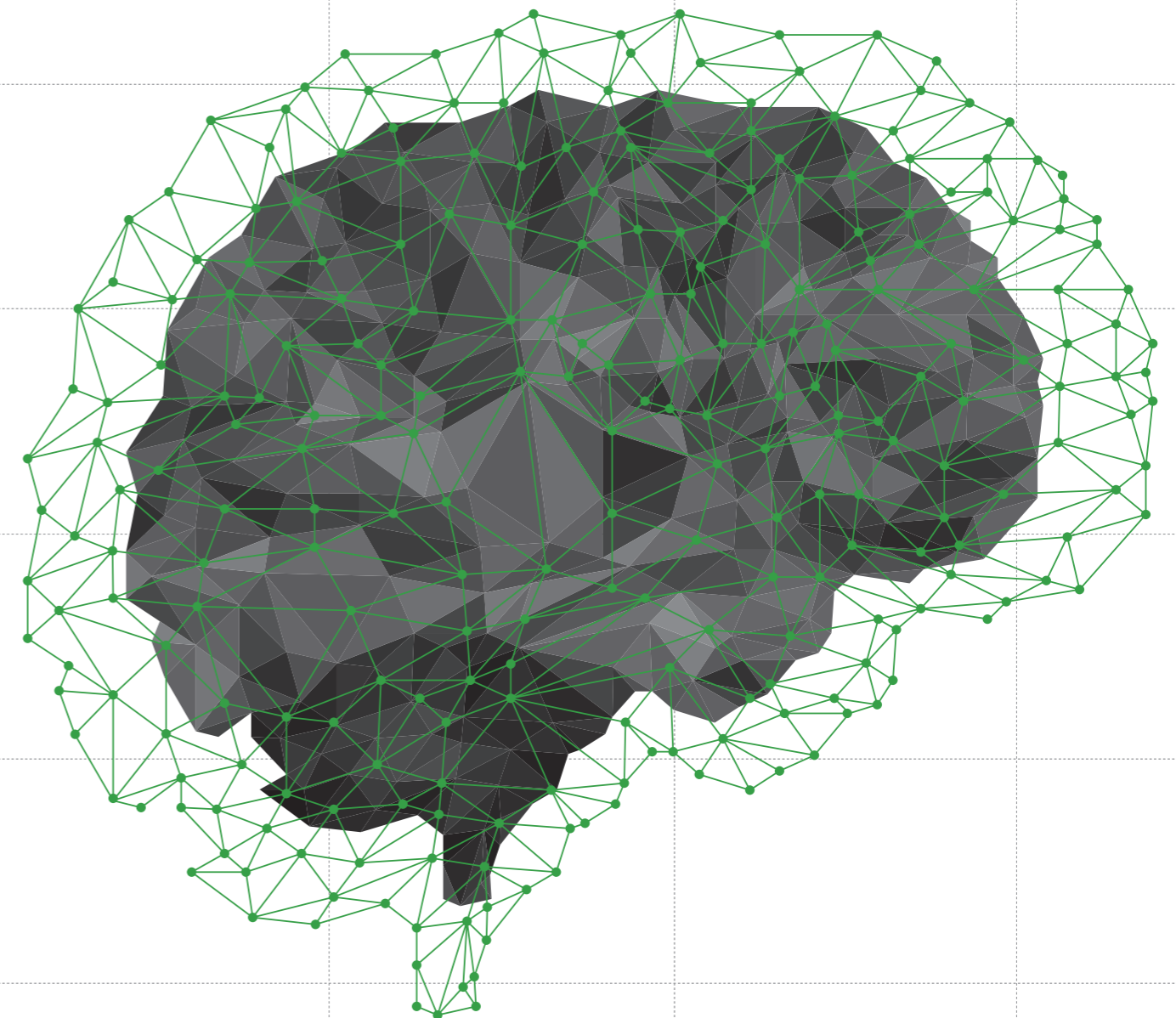
In het nu volgende deel van de Wetenschapsagenda worden 140 clustervragen gepresenteerd. Elk van die clustervragen bundelt en overkoepelt oorspronkelijke vragen van zeer gevarieerde herkomst, zowel geïnspireerd vanuit de theorie als vanuit de praktijk, met vertakkingen naar meerdere wetenschappelijke disciplines. Het totaal weerspiegelt de diversiteit en de kwaliteit van het Nederlandse onderzoek, en ook de verwevenheid van onze economie en samenleving met wetenschappelijke kennis.

In een toelichting wordt de achtergrond van de vraag geschetst en de relevantie uitgelegd. Alle 140 clustervragen roepen op tot een interdisciplinaire aanpak. Veel vraagstukken zullen alleen door een combinatie van fundamenteel, toegepast, praktijkgericht en soms ook beleidsgericht onderzoek kunnen worden opgelost. Veel vragen kennen ook meerdere dimensies. Zij tonen niet alleen een beschrijvende of verklarende insteek, maar hebben bijvoorbeeld ook een normatieve, evaluerende kant of juist een ontwerpende doelstelling.

Bij elke clustervraag worden ook enkele van de onderliggende vragen getoond om een glimp te tonen van de enorme rijkdom en variatie van de ingediende vragen. Op de website zijn alle 11.700 ingediende vragen ook elk met hun eigen toelichting te vinden.

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

Mens, milieu en economie



Hoeveel mensen kan de aarde duurzaam huisvesten?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- In hoeverre bepaalt de tweede hoofdwet van de thermodynamica (entropiewet) de duurzaamheidsgrenzen van onze planeet?
- Wat zijn de kritische grenswaarden en omslagpunten in sociale, ecologische en klimaat-systemen?
- Wat gebeurt er met het leven op aarde als er een tekort komt aan één van de basiselementen?

Toelichting

Om de capaciteit van de aarde te bepalen, is een aantal factoren van belang. De aarde is als het ware een (eco)systeem met energietoevoer van de zon. We kunnen schatten hoeveel energie er van de zon op aarde komt en welk deel daarvan we in verschillende vormen kunnen opvangen. Welk deel van die energie is nodig voor de zuurstofproducerende natuur om het zuurstofniveau in stand te houden? Welk deel van deze energie hebben we nodig voor de andere processen die van levensbelang zijn om de mensheid en de natuur in stand te houden? En hoeveel energie is er dan nog over om een duurzame samenleving in te richten? Dit zou een inschatting kunnen geven van hoeveel mensen er op deze aarde maximaal zouden kunnen leven. Daarmee is echter slechts één van de onderliggende vragen aangepakt. Bij het bepalen van de capaciteit van de aarde moet bijvoorbeeld ook gekeken worden naar de invloed van klimaatverandering, biodiversiteit, maar ook naar sociale processen, inrichting van de maatschappij en verschillen daarin tussen landen, en inrichting van de leefomgeving. Ten slotte zijn er ook andere beperkende factoren, zoals de beschikbaarheid van drinkwater, grondstoffen en voedsel.

Verbindend karakter

Nieuwe inzichten in de genoemde processen die van invloed zijn, kunnen worden ingezet om bijvoorbeeld technologische ontwikkelingen aan te sturen, zoals op het gebied van mondiale voedselzekerheid. Daarmee wordt ook de economie beïnvloed. Politieke keuzes en internationale betrekkingen hebben eveneens een sterke invloed op het antwoord op de vraag. Om inzicht te krijgen in deze afhankelijkheden, is nieuwe kennis vanuit de sociale en geesteswetenschappen nodig.

Wat betekenen mens en natuur voor elkaar en wat is de optimale relatie tussen beide?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe zijn biodiversiteit en culturele diversiteit met elkaar verbonden?
- Wat is het nut van biodiversiteit voor de mens?
- Hebben andere levende wezens dan mensen rechten?

Toelichting

Door onder andere klimaatverandering, vervuiling, habitatverlies en intensivering van land- en tuinbouw komen ecosystemen onder druk te staan en wordt de biodiversiteit bedreigd. Moderne technologieën hebben geleid tot een enorme toename van onze productieve vermogens, maar geven ook steeds meer aanleiding tot fundamentele vragen over de verhouding tussen mens en natuur. Hoe kunnen en moeten mens en natuur zich tot elkaar verhouden? Deze vraag manifesteert zich op veel plekken, op meerdere schalen en in verschillende vormen.

Verbindend karakter

Beter inzicht in ecologische, economische, sociale, politieke en culturele factoren is van groot belang voor het bepalen van een optimale verhouding tussen mens en natuur en voor het ontwikkelen van strategieën daarvoor. Zo moet gekeken worden naar de effecten van menselijk handelen op de natuur. Onderdeel hiervan is de vraag naar onomkeerbaarheid van processen. Kennis over soorten, systemen en processen in relatie tot milieueigenschappen is hierbij relevant. Een tweede aspect betreft de functies van de natuur voor de mens. Van oudsher gaat dit met name over de voedselvoorziening, maar daarnaast wordt de vraag naar functie van de natuur voor de lichamelijke en geestelijke gezondheid steeds relevanter. Verder is de natuur ook een bron van zowel esthetiek als innovatie. Denk aan *biomimicry*, waarbij de natuur model staat voor kunstmatig gemaakte systemen. Daarnaast is de waardering van de staat van de natuur onderwerp van studie. Hoe moeten we de omgang van de mens met zowel de natuur in het algemeen, als die met dieren in het bijzonder, waarderen? Is biodiversiteitsverlies op zich zelf een probleem? Heeft de mens hierin verantwoordelijkheden die verder gaan dan puur op basis van functionele argumenten? Waarop kunnen deze worden gebaseerd? Tot slot moeten we zowel fundamentele als praktische handelingsopties ontwikkelen voor de omgang tussen mens en natuur. Simulatiemodellen en scenariostudies op verschillende tijd- en ruimteschalen kunnen helpen bij het verkennen van opties en het onderbouwen van keuzen. Hiervoor zijn de vragen naar de factoren die milieuvriendelijk of onvriendelijk gedrag bepalen alsmede vragen naar beïnvloeding van gedrag en alternatieve systemen van productie en consumptie ook van groot belang.



Wat is het belang van biodiversiteit en hoe behouden we deze?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Waarom gaat de biodiversiteit, met name trekvogels, insecten, amfibieën en reptielen, bodemleven, in Nederland zo hard achteruit? Wat zijn duurzame oplossingen om deze achteruitgang te stoppen?
- Duidt een hogere biodiversiteit altijd op een hogere kwaliteit van een ecosysteem of kan het ook op een verval duiden?
- Kan de mens overleven zonder diversiteit?

Toelichting

Het aantal mensen op de wereld blijft toenemen, en de ecologische *footprint* per individu neemt misschien nog wel sneller toe. Hierdoor wordt het steeds moeilijker om te blijven voorzien in de behoeften van mensen en tegelijk biodiversiteit te behouden. We zien wereldwijd een afname van de biodiversiteit, terwijl het bekend is dat een hoge biodiversiteit belangrijk is voor het goed functioneren van een ecosysteem. Deze massale en snelle achteruitgang van de biodiversiteit vormt de aanleiding voor deze vraag. Soorten staan niet op zichzelf, ze leven in interactie met andere soorten. Dit is het geval in de bodem, op het land en in het water. Begrip van de interacties tussen soorten en de relatie tussen soorten, systemen en processen is cruciaal om op termijn biodiversiteit veilig te kunnen stellen.

Verbindend karakter

Deze vraag verbindt inzicht in de betekenis van biodiversiteitsverlies met inzichten over oorzaken en mogelijke maatregelen om dit verlies tegen te gaan. Allereerst is meer kennis nodig over de gevolgen van biodiversiteitsverlies voor de natuur zelf en voor de menselijke samenleving. Zijn er onomkeerbare momenten gepasseerd? Wat is daarvoor de norm? Deze vraag verbindt onderzoek naar soorten, systemen en processen op verschillende schaalniveaus. Het gaat daarbij ook om de bijdrage van individuele variatie aan biodiversiteit en daarmee aan de gezondheid van ecosystemen. Daarnaast is meer kennis nodig over de oorzaken van het biodiversiteitsverlies. Wat zijn de sleutelfactoren daarin? Welke rol spelen klimaatverandering en urbanisatie? Is de op sommige plekken sterke relatie tussen biodiversiteit en oude of verouderde landbouwsystemen los te koppelen? Kennis hierover is nodig om adequate maatregelen te kunnen ontwikkelen om dit verlies tegen te gaan of te herstellen. De vraag sluit direct aan bij maatschappelijke agenda's op mondiaal, Europees en nationaal niveau die het verlies van biodiversiteit als majeur vraagstuk benoemen. De vraag verbindt fundamenteel onderzoek in de ecologie met de beleidsgerichte en toegepaste variant van dat vakgebied. Op lokaal niveau is er behoefte aan goed onderbouwde adviezen over de ecologische effecten van stadsuitbreiding en infrastructurele maatregelen. Op deze manier zijn de rechtswetenschappen hier ook bij betrokken. Er is tevens een verbinding met het onderzoek van vele vrijwilligers en organisaties van vrijwilligers. Deze vraag biedt kansen om burgers met wetenschap te verbinden via *citizen science* projecten. de vragen naar de factoren die milieuvriendelijk of onvriendelijk gedrag bepalen alsmede vragen naar beïnvloeding van gedrag en alternatieve systemen van productie en consumptie ook van groot belang.

Hoe functioneren ecosystemen en hoe gevoelig zijn zij voor milieuvloeden?

Toelichting

Ecosystemen bestaan uit verschillende onderdelen die met elkaar in verbinding staan: water en waterbodem; boven- en ondergrond. Soorten die deze delen met elkaar verbinden, bepalen of ecosystemen al dan niet stabiel functioneren. Met name door menselijk ingrijpen komen ecosystemen onder druk te staan. Denk daarbij aan klimaatverandering, lucht-, bodem- en watervervuiling, veranderingen door landbouw en verstedelijking, en toenemende druk op mariene ecosystemen. Al deze factoren beïnvloeden het functioneren van ecosystemen. Over de mogelijke effecten van huidige en toekomstige mondiale en regionale milieuveranderingen op ecosystemen is nog relatief weinig bekend.

Verbindend karakter

De uitdaging is om met multidisciplinair empirisch onderzoek op populatie-, organisme- en procesniveau in kaart te brengen hoe menselijk ingrijpen het functioneren van ecosystemen verandert. Scenario-onderzoek naar de mogelijke toekomstige blootstelling aan en gevolgen van milieuveranderingen op mens en natuur moet leiden tot de ontwikkeling van aanpassingsstrategieën om ecosystemen te behouden. Om toekomstige ontwikkelingen te kunnen voorspellen, is het van groot belang om ecologisch en evolutionair onderzoek op individu- en gemeenschapsniveau te koppelen aan onderzoek op procesniveau. Zulk onderzoek kan gebruikmaken van kennis over hoe soorten nu reageren op bijvoorbeeld klimaatverandering en hoe ze dat in het verleden deden. Dit thema staat op de agenda van onder andere de topsectoren Water, Chemie en Energie. Invloeding van gedrag en alternatieve systemen van productie en consumptie ook van groot belang.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de rol van parasieten op de ecologie van hun gastheren?
- Hoe kun je een heel ecosysteem herstellen, zodat planten en dieren als vanzelf (terug)komen?
- Kunnen exotische planten en dieren een positieve rol vervullen in ecosystemen?

Welke rol spelen micro-organismen in ecosystemen en hoe kunnen we deze inzetten voor gezondheid en milieu?

Toelichting

Onze planeet bevat meer dan 10^{30} (een één met dertig nullen) micro-organismen. Omdat ze een sleutelrol spelen in alle natuurlijke cycli zou zonder deze micro-organismen geen leven mogelijk zijn. In natuurlijke ecosystemen zoals bijvoorbeeld kringlopen van voedingsstoffen, ruimen zij verontreinigingen in bodem en water op, beïnvloeden zij de groei, ontwikkeling en gezondheid van hun gastheren en leggen zij zonne-energie vast. Micro-organismen bepalen zo voor een belangrijk deel hoe organismen functioneren en of ze gezond blijven of ziek worden. Nuttige micro-organismen worden sinds mensenheugenis ingezet voor plantaardige en dierlijke productieprocessen en meer recent voor het opruimen van verontreinigingen en de productie van duurzame chemicaliën en materialen uit plantenaafval of direct vanuit zonlicht. Dit laatste valt onder de noemer *biobased economy*. De meerderheid van de micro-organismen op deze planeet is echter nog niet in kaart gebracht. De vraag is hoe micro-organismen ecosystemen beïnvloeden, variërend

van het veroorzaken van ziekten tot het beschermen tegen diverse stressfactoren zoals infecties en droogte, verandering van gedrag en uitwisselen van erfelijk materiaal. Inzicht hierin is van groot belang voor het voorspellen van het gedrag van ecosystemen en de duurzame toepassing van nuttige micro-organismen.

Verbindend karakter

Met de combinatie van onder andere de wetenschapsgebieden microbiële ecologie, fysiologie en *genomics* kunnen we het benodigde inzicht krijgen in micro-organismen en hun complexe interacties en netwerken. Dat is bijvoorbeeld van belang om erachter te komen hoe infectieziekten van dier op mens kunnen worden overgedragen of hoe we schadelijke micro-organismen de baas blijven in gezondheidszorg, veehouderij en milieu. Deze vragen verleggen de focus van het bestuderen van soorten naar een systeembenadering van interacties en de inzet voor gezondheid en milieu. Hiervoor is zowel fundamenteel als toegepast onderzoek nodig met een multidisciplinair karakter.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke rol spelen bacteriën in de ecologie en evolutie van hun gastheren?
- Kunnen invasieve en schadelijke organismen in de zee worden bestreden met virussen?
- Hoe kun je organische verbindingen produceren met CO₂ als grondstof?

Hoe kunnen we de kwaliteiten van de ondergrond beschermen en behouden voor mens en milieu, terwijl er ruimte blijft voor maatschappelijke ontwikkelingen?

Toelichting

We willen bodem, ondergrond en grondwater op korte en lange termijn voor alle mogelijke functies bruikbaar houden. Op die manier blijft de potentie om een gebied te verrijken beschikbaar. Hoe kunnen we de kennis van de ondergrond vergroten ten behoeve van veiligere bebouwing, een gezonde waterhuishouding en verhoging van de economisch waarde?

Deze kennis kan bijdragen aan het beantwoorden van maatschappelijke vragen als:

- Hoe houden we het bodem- en grondwatersysteem in stand en verbeteren we dit?
- Hoe kunnen de gevolgen van ingrepen in de ondergrond gekwantificeerd worden?
- Hoe kan op basis van voortschrijdend kwantitatief inzicht beslist worden over ingrepen in de ondergrond, waarbij tegelijkertijd de belangen van toekomstige generaties worden geborgd?

De bodem is letterlijk en figuurlijk een belangrijk fundament voor duurzame ruimtelijke ontwikkeling. Daarnaast is de bodem ook de natuurlijke drager van de identiteit van veel natuurlijke gebieden. De bodem biedt daarbij kansen voor ontwikkelingen, maar legt ook beperkingen op.

Verbindend karakter

Het verzamelen, ontwikkelen en ontsluiten van kennis over en gerelateerd aan duurzaam bodemgebruik maakt deel uit van de zoektocht naar een duurzame en klimaatbuuste ruimtelijke ontwikkeling van ons land. Onderwerpen die aan bod komen zijn onder andere ondergronds bouwen en meervoudig ruimtegebruik, maar ook dijken en alternatieve energie. Door ondergronds te bouwen kan bovengronds de kwaliteit van de openbare ruimte verbeteren. Een effectieve aanpak van deze problematiek vereist samenwerking tussen lokale, regionale en landelijke overheden, bedrijfsleven, ingenieursbureaus en kennisinstellingen.

Bij het vertalen van nieuwe kennis naar de praktijk spelen uiteenlopende vragen een rol zoals:

- Hoe krijg je op het juiste moment de juiste partijen bij elkaar?
- Hoe zien de ruimtelijke, sociale, culturele en ecologische context eruit?
- Hoe kunnen de (potentiële) bodemkernkwaliteiten optimaal worden benut en versterkt?
- Wat zijn hierbij strijdige en gedeelde belangen?

Ruimtelijke kwaliteit is geen eenduidig begrip, het is plaats- en tijdgebonden. Het gaat ook om de betekenis en beleving van een plek. Er zijn in Nederland al diverse organisaties die de krachten rondom deze thematiek bundelen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan een integrale en ruimtelijke benadering van toplaag, ondiepe (inclusief grondwater) en diepe ondergrond in een balans tussen beschermen en benutten kansen bieden aan het oplossen van maatschappelijke en economische opgaven?
- Hoe kan op een efficiënte manier de samenstelling van de waterbodem tot op enkele tientallen meters onder het maaiveld bepaald worden?
- Hoe kunnen we beter omgaan met risico's en onzekerheden gerelateerd aan het gebruik van de ondergrond?

Hoe meet en modelleer je de wisselwerking tussen ijs, atmosfeer en oceaan, zodat de zeespiegelstijging betrouwbaar voorspeld kan worden?

Toelichting

De klimaatrapporten zijn het er over eens dat de zeespiegel stijgt, maar de voorspellingen hoevél hij deze eeuw zal stijgen lopen ver uiteen. Voorzichtige schattingen komen uit op een stijging van een millimeter per jaar, maar een stijging van een meter of zelfs meer aan het eind van de eeuw is niet ondenkbaar. Een grote onzekere factor in deze voorspellingen is de omvang van het landijs op Groenland. Een relatief klein verlies van één procent aan ijsmassa zou al een zeespiegelstijging van zes centimeter veroorzaken, dus kleine onzekerheden hebben grote gevolgen. In het verleden gingen onderzoekers bij klimaatmodellen uit van deeloplossingen, door zich te specialiseren in de werking van de atmosfeer, of de oceaan, of de ijskappen. Maar het klimaatsysteem functioneert niet als een groep losse compartimenten: in werkelijkheid is er voortdurend interactie tussen processen op allerlei tijd- en ruimteschalen. Klimaatgevoeligheid is een resultante van terugkoppelingen tussen land, atmosfeer, oceaan, zee-ijs en landijs. Hoe bouw je een modelsysteem dat het toekomstige opwarmen van de atmosfeer, het smelten van landijs en het stijgen van de mondiale zeespiegel tegelijk en in samenhang kan voorspellen?

Verbindend karakter

Deze vraag ligt in het domein van Earth System Modelling, het modelleren van het systeem aarde. Deze computermodellen draaien op de grootste supercomputers; dit onderzoek vergt samenwerking tussen meteorologen, oceanografen, glaciologen en computerdeskundigen. Dit thema sluit aan bij de Europese en mondiale agenda's gericht op klimaat en watersysteem.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe zullen ijskappen en de zeespiegel reageren op een veranderend klimaat?
- Wat zijn betrouwbare indicatoren om het smelten van de ijskappen van Groenland te detecteren?
- Blijft west-Nederland met stijgende zeespiegel bestaan?

Hoe verandert het klimaat, inclusief extreme weersomstandigheden, en wat zijn de gevolgen ervan?

Toelichting

Het klimaat verandert, de atmosfeer warmt op. De oorzaken zijn op hoofdlijnen bekend, maar er bestaat grote onzekerheid over de vraag hoeveel opwarming we in de toekomst kunnen verwachten. Dit bemoeilijkt niet alleen de inspanningen op het gebied van klimaatadaptatie zoals het inschatten van de benodigde hoogte van de dijken, maar heeft ook gevolgen voor het mitigatiebeleid. Hoeveel CO2 mogen we uitstoten om verandering in de hand te houden? We kennen en begrijpen de relatie tussen opwarming en stijging in broeikasgasemissies niet volledig, weten niet welke kantelpunten in het klimaatsysteem zitten en wanneer ze zullen optreden. Daarnaast zijn huidige projecties voor regionale klimaatverandering onnauwkeurig. Steeds vaker wordt bij extreme neerslag, stormen of droogtes een verband gelegd met de wereldwijde klimaatverandering, die zich zo als een zeer concreet, maar doorgaans slecht voorspelbaar veiligheidsrisico manifesteert. Extreme weersomstandigheden hebben vaak een grote impact op de alledaagse realiteit, wat de noodzaak van een maatschappijgerichte aanpak van dit onderwerp onderstreept. Er liggen grote uitdagingen voor het in kaart brengen, voorspellen en zo mogelijk verkleinen van risico's van de impact van klimaatverandering en extreem weer op mens en natuur en de impact van klimaatmigratie op landbouw.

Verbindend karakter

Klimaatverandering is een complex, mondiaal verschijnsel met sterk variërende regionale effecten. Dit vraagt om een geïntegreerde, deels internationale aanpak over schaalniveaus en disciplines heen en vereist een actieve samenwerking tussen fundamenteel wetenschappelijk onderzoek op het terrein van klimaatfysica, hydrologie en wiskunde, toepassingsgeoriënteerde studies gericht op veiligheid en rampenbeheersing en praktijkgericht werk. Een beter begrip van de oorzaken en processen achter de klimaatverandering kan onze inspanningen

voor klimaatadaptatie, klimaatmitigatie en de voorspelbaarheid van extreme weersomstandigheden sterk ten goede komen. Tegelijkertijd kunnen toegepast onderzoek en proeftuinen kweekvijvers vormen voor innovatieve oplossingen, die ook als hoogwaardige, integrale oplossingen geëxporteerd kunnen worden. Onderwerpen waar Nederland een goede internationale reputatie heeft opgebouwd zijn onder andere waterveiligheid, kustverdediging, bouwen met de natuur, betrouwbare drinkwatervoorziening en agricultuuroptimalisatie. Klimaatverandering vraagt nadrukkelijk om verder onderzoek en adequate monitoring van veranderingen in natuurlijke processen en in de leefomgeving. Klimaatverandering en extreme weersomstandigheden zijn fenomenen met een zeer brede maatschappelijke impact. Naast het beschermen van vitale infrastructuur en erfgoed, het veiligstellen van de leefbaarheid van (delta)steden en noodzakelijke aanpassingen in de landbouw is er ook aandacht nodig voor politieke en bestuurlijke aspecten van klimaatadaptatie en -mitigatie en voor versterkte burgerparticipatie bij het implementeren van dit beleid.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Door klimaatveranderingen is het te verwachten dat de voedselketen in de Noordzee zal veranderen. Kortom: is er nog Hollandse Nieuwe in 2030?
- Hoe bereiden we met name stedelijke gebieden voor op de gevolgen van klimaatverandering, vooral pieken in temperatuur en neerslag?
- Wat zijn de ecologische en evolutionaire gevolgen van klimaatverandering voor biodiversiteit en ecosysteemprocessen?

Hoe kunnen we de cycli van koolstof, stikstof en fosfor beter benutten?

Toelichting

Koolstof, stikstof en fosfor zijn de elementaire bouwstenen van het leven. De cycli van deze elementen in de biosfeer, bodems, zee, atmosfeer en gesteenten bepalen de aard en de dynamiek van het leven op mondiale en regionale schaal. Door allerlei activiteiten als CO₂- en methaanuitstoot, bemesting, visserij en andere ingrepen brengt de mens enorme veranderingen in deze cycli teweeg. Dit zet een cascade van biogeochemische processen in bodems, in het water en ook in de atmosfeer in gang die op hun beurt grote, vaak onverwachte effecten op ecosystemen kunnen hebben en soms indirect doorwerken naar het klimaat. Het is van groot belang het totaal aan processen, werkzaam op verschillende schalen van tijd en ruimte, te kwantificeren, om zo beter in te kunnen spelen op aanstaande veranderingen. Daarnaast liggen er grote uitdagingen in mogelijke ingrepen in de verschillende cycli, waarbij we de kringloop van elementaire bouwstenen ook in ons voordeel kunnen benutten. Is het bijvoorbeeld mogelijk CO₂-concentraties in de lucht terugbrengen door CO₂-opslag of door CO₂ aan te wenden voor de productie van nieuwe brandstoffen? En hoe kunnen we fosfaat terugwinnen uit (zee) bodems? CO₂-benutting, duurzame fixatie van stikstof en hernieuwbare fosfaatbronnen zijn onderzoeksuitdagingen van nationaal en internationaal groot belang.

Verbindend karakter

Ingrepen in de wisselwerkingen tussen de cycli van koolstof, stikstof en fosfor, menselijke activiteit en de natuur op verschillende schaalniveaus vragen om een brede, multidisciplinaire en internationaal gecoördineerde aanpak, waarbij een goede samenwerking tussen wetenschap, economie en beleid noodzakelijk is. Vooruitgang op dit terrein zal afhankelijk zijn van technische innovaties om CO₂ op te slaan en van dit eindproduct een grondstof voor nieuwe processen en producten te maken. Dit zou de circulaire economie een stuk vooruit helpen. Een ander onderwerp waar technische innovatie en fundamenteel biowetenschappelijk onderzoek elkaar versterken is de ontwikkeling van synthetische oppervlaktes die, zoals bladeren van planten, de conversie van lichtenergie naar organische energie en de productie van zuurstof uit CO₂ mogelijk maken. Voor het fosfortekort moet op mondiale schaal een oplossing worden gevonden. Veel natuurlijke processen zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van fosfor en stikstof. De meeste (eco)systemen zijn echter niet aangepast aan een overmaat van deze elementen, waardoor ingrepen in de cycli van deze stoffen grote, vaak negatieve milieugevolgen aan land en in het water hebben. Door het veranderende CO₂-evenwicht tussen water en atmosfeer komt het tot een geleidelijke verzuuring van de oceanen, wat onder andere de biodiversiteit van kalkhoudende organismen zoals koraal bedreigt.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kunnen nieuwe katalysatoren worden ontwikkeld voor een efficiëntere opslag van CO₂ en voor synthetische fotosynthese die de efficiëntie van de natuur voorbij streeft?
- Is het technisch en economisch haalbaar om op grote schaal brandstof uit CO₂ te produceren?
- Komt er snel genoeg een oplossing voor het fosfaattekort dat in de wereld dreigt voor de landbouwsector?

Hoe kunnen we door nieuwe materialen, technologieën en processen gebouwen en infrastructuur goedkoper, veiliger en duurzamer maken?

Toelichting

Het veilig verlengen van de levensduur van bestaande gebouwen en infrastructuur is van groot maatschappelijk en economisch belang. Ook is er een toenemende vraag naar nieuwe gebouwen die zeer duurzaam zijn en daarvoor gebruik maken van herbruikbare materialen met de gewenste functionaliteit. Daarnaast is er behoefte aan gebouwen waarin gebruikers zich prettig voelen en gezond blijven. Het ontwerp van dit soort gebouwen van de toekomst vereist een integrale aanpak waarmee een groot maatschappelijk doel wordt gediend. Op dit moment staan economische en andere belemmeringen deze ontwikkeling in de weg. Het gebruik van nieuwe, duurzame en slimme materialen bijvoorbeeld is nog steeds duurder dan van conventionele materialen. Daarnaast zullen niet alleen materiaal- en energiegebruik, maar ook constructiemethoden moeten veranderen om echt duurzaam te bouwen. Deze vernieuwingen vereisen ook andere bouwprocessen en een mentaliteitsverandering van alle betrokken partijen.

Verbindend karakter

Adaptief bouwen vereist nieuwe technologieën en processen om gebouwen duurzamer, veiliger, goedkoper, gezonder, sterker en slimmer te maken. Wetenschappelijk onderzoek gaat in eerste instantie over deze technologieën en processen: bijvoorbeeld over nieuwe manieren van zonne-energie benutten via zonnecellen in dakpannen of in verf, en over bouwen met 3D-geprinte componenten. In tweede instantie is ook de interactie tussen deze middelen en de verschillende doelen van belang. Dit leidt tot een aanpak voor het ontwerpen en bouwen die op zich zelf ook onderwerp is van wetenschappelijk en toegepast

onderzoek. Naast deze sterk op het bouwen gerichte dimensies dienen in het onderzoek ook de rol en invloed van de gebruiker van de constructies op het gebouw en het bouwproces een belangrijke positie te krijgen. Dit komt tot uiting in vragen als: Kan een gebouw een bewoner gezond maken? De maatschappelijke uitdaging is om een leefbare gebouwde omgeving te bereiken, niet alleen door steeds nieuwe constructies daarin te bouwen, maar ook door bestaande gebouwen te transformeren. Dit sluit goed aan bij de actuele discussies over leegstand van kantoorgebouwen en winkelpanden, maar raakt ook de noodzaak op de langere termijn duurzamer te bouwen. De kennis die in Nederland wordt ontwikkeld om dit probleem op een integrale manier aan te pakken is bovendien een aantrekkelijk exportproduct voor alle grootstedelijke gebieden ter wereld.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Smart sustainable city: wat is de optimale mix van ecologische, economische, en sociale duurzaamheid in een stad en hoe is die te realiseren? Kunnen we zorgen dat huizen met ons meegroeien?
- Met welke materialen en composieten kunnen 3D-geprinte gebouwen gemaakt worden?
- Hoe kunnen we gebouwen ontwerpen die gezond zijn of zelfs mensen kunnen genezen? En kunnen we gebouwgebruikers zodanig professionaliseren en stimuleren dat zij het gebouw zo energiezuinig mogelijk gebruiken, zonder dat hun gezondheid in het gedrang komt?

Hoe kunnen we in de toekomst het water zorgvuldig beheren?

Toelichting

De beschikbaarheid van schoon water is een basisbehoefte van de mensheid. Het is tevens een ernstig bedreigde basisbehoefte. Door klimaatverandering, vervuiling, verspilling, een sterke toename van gebruik en uitputting van eindige bronnen bestaat op veel plaatsen al een acuut tekort. Op veel andere plaatsen zal dit tekort op afzienbare termijn ontstaan, met onder andere grote gevolgen voor land- en tuinbouw, veeteelt, gezondheid, en algehele leefbaarheid. Dit probleem speelt niet alleen op regionaal niveau, maar kan zelfs een bedreiging zijn voor goede verhoudingen tussen bevolkingsgroep en staten. Geavanceerd watermanagement en waterbesparende technieken als waterzuiverings- en ontziltstechnologieën moeten verder worden ontwikkeld, zodat ze op grote schaal en tegen aanvaardbare kosten kunnen worden ingezet.

Verbindend karakter

De vraag naar het waterbeheer van de toekomst verbindt technische vragen op het gebied van zuivering en sanitatie met vragen naar ander gebruik van water en naar de organisatie van het waterbeheer.

Bij watertechnologie zijn niet alleen de zuiverings- en ontziltstechnieken op zichzelf van belang, maar ook de relatie met energie en hergebruik van grondstoffen, zoals fosfaat. Watergebruik gaat deels om het zuiniger gebruik van water in bestaande systemen, maar ook over het ontwikkelen van nieuwe vormen van gebruik die minder water vragen, wat de watervraag in bijvoorbeeld de landbouw sterk kan verminderen. In het geval van water *governance* is de centrale vraag welke nieuwe beheersystemen de verschillende actoren die water gebruiken bij elkaar kunnen brengen. Ook economische maatregelen en de juridische aspecten zijn een belangrijk onderwerp voor onderzoek.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan de waterproblematiek in Afrikaanse steden worden verminderd, gezien vanuit de vraag naar water en sanitatie, de beschikbaarheid van water, de institutionele omgeving en de beheersing van risico's?
- Wat zijn de verschillen en overeenkomsten in wetgeving, regulering en toezicht ten aanzien van de bouw tussen (EU-)landen en welke invloed heeft dit op het internationaal waterbeheer?
- Wat valt er qua ruimtelijkheid en contextgebondenheid van watersystemen over de hele wereld te leren?

Hoe functioneren zeeën en oceanen en wat is hun betekenis voor de toekomst?

Toelichting

De zee is essentieel voor onze toekomstige voorziening van energie, voedsel en grondstoffen. De kennis over het oceaansysteem is echter nog steeds zeer gelimiteerd. Dit hangt vooral samen met de enorme grootte en relatieve ontoegankelijkheid van dit systeem. Ondertussen wordt de menselijke invloed op oceanen sterker door intensieve visserij en transport, verzuring als gevolg van de toename van CO₂ in de atmosfeer, vervuiling met voedingsstoffen die leidt tot dode regio's in de oceaan, vervuiling met plastics, klimaatverandering en daarmee verbonden veranderingen in stromingspatronen. Hoe beïnvloeden deze veranderende condities het systeem, inclusief de biologie en ecologie, de chemische samenstelling van zeewater en sediment, fysieke eigenschappen en de interactie met het land en met de atmosfeer? Hoe kunnen we op basis van monitoring, experimenten, modellen en reconstructies van het verleden de zee beter begrijpen en accurate toekomstprojecties maken van hoe oceanen en zeeën zullen veranderen?

Verbindend karakter

Zeeën en oceanen vragen om een integrale, multidisciplinaire en vaak internationale aanpak en hebben daarom een uitzonderlijk groot verbindend vermogen. Een nauwe samenwerking tussen de wetenschap, verschillende nationale en internationale overheden en economische partners is nodig om zeeën

en oceanen beter te begrijpen, langdurig te monitoren en op grond van gedegen kennis voor verschillende doeleinden duurzaam te gebruiken. De immense economische betekenis van de zee in termen van energie, grondstoffen, visserij, aquacultuur en transport biedt grote kansen voor de toekomst, maar brengt ook de verplichting van doelmatigheid en duurzaam gebruik met zich mee. Dit vraagt niet alleen om een goed begrip van biologische, ecologische, chemische en fysieke processen, maar onderstreept ook de noodzaak van nieuwe of aangepaste wet- en regelgeving, van vernieuwend technologisch onderzoek en studies naar maatschappelijke implicaties en sociaaleconomische kaders (maatschappelijk verantwoord innoveren) voor het werken op en met de zee. Innovatief en interdisciplinair onderzoek op en tussen uiteenlopende schaalniveaus is nodig om een goede balans tussen bescherming of herstel en economie voor de toekomst te kunnen garanderen. Daarbij moet aandacht zijn voor: gezondheidsvraagstukken zoals die betreffende gifstoffen in de voedselketen tussen zee en mens, maatschappelijke aspecten zoals de sociale economie van kuststreken, de zee als potentiële bedreiging voor dichtbevolkte delta's en monitoring voor het behoud van een goede milieutoestand. Nationale en internationale overheden, het bedrijfsleven en de wetenschap zullen nauw moeten samenwerken om de geheimen en de schatten van de zee duurzaam, rendabel en ethisch verantwoord te ontsluiten.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- De aarde bestaat voor meer dan zeventig procent uit zeeën en oceanen. Hoe kunnen we op een veilige, efficiënte en ecologisch verantwoorde manier grondstoffen en energie winnen op en uit zee?
- Hoe kunnen we slimmer gebruik maken van natuurlijke processen bij kustbescherming en mariene voedselproductie?
- Hoe kunnen wij de diepzee goed bestuderen en monitoren?

Hoe kunnen we de samenleving op natuurvriendelijke wijze beschermen tegen overstromingen?

Toelichting

Grote delen van Nederland bestaan omdat wij land hebben herwonnen op het water. Het beteugelen van water ligt aan de basis van onze samenleving en is een sleutelement in onze nationale identiteit. Maar de vraag hoe om te gaan met het wassende water is een wereldwijd probleem. Klimaatverandering, zeespiegelstijging en extreme meteorologische fenomenen zullen op veel plaatsen leiden tot de noodzaak om overstromingen te beheersen, te gebruiken of te voorkomen. Inzicht in het waarom en waar van overstromingen vormt hiervoor de basis. Het ontwikkelen en implementeren van oplossingen die veiligheid bieden terwijl duurzaamheid en biodiversiteit optimaal behouden blijven is de uitdaging voor de toekomst. Maatschappelijke vraagstukken zijn hierbij evenzeer van belang als wetenschappelijke en toepassingsgerichte problemen. Nederland behoort tot de wereldtop in onderzoek naar en uitvoering van watermanagement. Onze onderzoekinfrastructuur is ongeëvenaard en de betrokken bedrijfstak van wereldfaam. Vanuit die positie moet Nederland op dit terrein het initiatief nemen en behouden.

Verbindend karakter

Van oudsher heeft Nederland een unieke, verbindende, institutionele structuur op het gebied van watermanagement. Rond watermanagement is een structuur ontstaan van samenwerking tussen wetenschap, overheid en bedrijfsleven die een voorbeeldfunctie vervult voor publiek-private samenwerking. Deze structuur verschaft Nederland ook de positie om internationaal toonaangevend te zijn. Watermanagement roept echter ook vragen op over maatschappelijke risicoacceptatie. Op welke manier en onder welke voorwaarden kunnen we overstromingsrisico's accepteren? Zijn we bereid om gebied terug te geven aan de natuur en onze leefomgeving aan te passen aan natuurvriendelijke oplossingen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe verandert in de toekomst het wereldwijde overstromingsrisico en in welke gebieden bedreigt dit de economische ontwikkeling?
- Wat is er nodig om onze grote rivieren veilig, duurzaam en robuust te houden voor de lange termijn (komende honderden [!] jaren), met oog voor functies als scheepvaart, ecologie en recreatie?
- Welke rol spelen biobouwers in het duurzaam kustbeheer (*Building with Nature*)?

Hoe kan nabootsing van fotosynthese in planten bijdragen aan een nieuwe groene revolutie?

Toelichting

Energie van de zon is duurzaam en haast onuitputtelijk. Planten kunnen via fotosynthese deze energie vastleggen en omzetten in bouwstoffen voor leven op aarde. Fundamentele en toegepaste wetenschap bieden mogelijkheden om fotosynthese na te bootsen en de efficiency van het proces te verbeteren. Op deze manier kan een duurzame productie van biomassa voor voedsel, biobrandstoffen en de *bio-based economy* een cruciale bijdrage leveren aan een nieuwe groene revolutie.

Verbindend karakter

Deze onderzoeksvraag is sterk interdisciplinair van karakter en verbindt genetica en fysiologie met het ontwerpen van modellen. Onderzoek naar fotosynthese sluit aan op de wereldwijd toenemende vraag naar duurzaam geproduceerde energie, voedsel en grondstoffen voor de industrie. Het biedt enerzijds fundamentele evolutionaire inzichten en anderzijds toepassingsgerichte aanknopingspunten voor het verbeteren van overlevingsmechanismen en potentiële opbrengstvermeerdering in nieuwe gewassen. In nauwe samenwerking tussen kennisinstellingen en industriële partners vindt onderzoek plaats naar de ontwikkeling van materialen en technische systemen, zoals kunstmatige bladeren, die fotosynthese kunnen nabootsen (*bio mimicry, nature-inspired engineering*). Genetisch onderzoek geeft inzicht in hoe planten functioneren onder verschillende omstandigheden. Inzet van deze kennis helpt om de efficiëntie van het fotosynthesesysteem te optimaliseren. Dergelijk onderzoek leidt ook tot ethische vraagstukken, bijvoorbeeld over de maatschappelijke acceptatie van het gebruik van gemodificeerde producten.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan kennis over de fysiologie en ontwikkeling van planten bijdragen aan een duurzame voedselproductie en *bio-based economy*?
- Is het mogelijk om een superplant te maken die zowel overdag als 's nachts zuurstof afgeeft?

Hoe kunnen wij agroproductiesystemen verduurzamen in relatie tot de wereldwijd toenemende vraag naar gezond en veilig voedsel?

Toelichting

Met een groeiende wereldbevolking en een sterk veranderd consumptiepatroon is één van de grootste huidige uitdagingen om de komende decennia de wereld duurzaam te voorzien van voldoende en vooral ook gezond voedsel. Tegelijkertijd legt intensiever gebruik van de natuurlijke rijkdommen een steeds zwaardere druk op plantaardige en dierlijke productiesystemen. Hierdoor staan de kwaliteit van ons ecosysteem, zoals bodemkwaliteit, waterkwaliteit, verzilting, biodiversiteit en visstand steeds verder onder druk. Er ontstaan zelfs bedreigingen voor de volksgezondheid. Denk aan zoönosen, ziektes overgedragen van dier op mens, en het hoge gebruik van antibiotica. Er is nieuwe kennis nodig om een basis te leggen voor een transformatie naar duurzame, weerbare productiesystemen met hoge opbrengsten en kwaliteit van producten. Tegelijk moeten we streven naar een minimum aan externe *inputs*, maximale benutting van reststromen van het productieproces voor andere, hoogwaardige doeleinden (*biobased economy*), minimalisatie van verliezen, en gebruik van nieuwe technologieën zoals vanuit veredeling en ICT. Precisietechnologie kan belangrijk bijdragen aan beheer en beheersing van deze productiesystemen. Daarnaast is nieuwe kennis nodig over veranderende voedselpatronen, vooral gerelateerd aan de eiwitconsumptie

en *malnutrition*. Om de groeiende wereldbevolking van voldoende eiwitten te voorzien zijn andere, ook plantaardige eiwitbronnen noodzakelijk. Voor een gebalanceerd dieet zijn beschikbaarheid van vitamines, vezels en mineralen een belangrijke aanvulling op de energie- en eiwitinname.

Verbindend karakter

In het verleden heeft fundamenteel onderzoek tot allerlei producten geleid die bijdragen aan een meer duurzame land- en tuinbouw. Deze vraag gaat over een volgende stap, waarin kennis vanuit verschillende sectoren en wetenschapsvelden met elkaar verbonden wordt. Nieuwe verbanden zijn nodig tussen kennis over land- en tuinbouw en kennis over water, hightech, logistiek en ICT. Ook de maatschappelijke acceptatie en appreciatie van de toepassingen spelen hierbij een belangrijke rol: nieuwe producten en technologieën zullen door consumenten geaccepteerd moeten worden. Hiervoor is fundamenteel onderzoek nodig, maar ook toepassingsgericht onderzoek waarin wetenschappelijk onderbouwde concepten omgezet worden in innovaties voor de markt. Systeemonderzoek vergt integratie van technische en sociaaleconomische aspecten en daarmee samenwerking tussen diverse wetenschappelijke disciplines.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe voorzien we de wereldbevolking van voldoende, veilig, gezond en lekker voedsel geproduceerd op een duurzame (gesloten kringlopen) manier, passend bij wat de aarde kan dragen?
- Langs welke principes en uitgangspunten kunnen nieuwe veehouderijsystemen worden ontwikkeld en toegepast die in alle opzichten duurzaam produceren?
- Hoe kunnen we biologische bestrijding van plaaginsecten optimaliseren zodat we gebruik van milieuvriendelijke pesticiden kunnen verminderen of zelfs voorkomen?

Hoe kunnen we nieuwe gezonde voedselgewassen ontwikkelen die meer produceren met minder gebruik van schadelijke chemicaliën?

Toelichting

Planten vormen de belangrijkste primaire voedselbron op aarde. Daarnaast voorzien zij ons van belangrijke producten waaronder katoenvezels voor kleding, zetmeel voor de industrie, en medicinale stoffen die in de geneeskunde worden gebruikt. Door optimalisering van de teelt tijdens de Groene Revolutie is de productiviteit per teeltoppervlakte sterk toegenomen. Intussen groeit de wereldbevolking zo snel dat een volgende Groene Revolutie nodig is, die daarnaast ook nog eens de nadelige gevolgen van de eerste Groene Revolutie, zoals overmatig gebruik van kunstmest en pesticiden en toenemende erosie en verzilting van de bodem, wegneemt. Onder andere kennis van planten en moderne plantenveredeling is onontbeerlijk om de gedroomde, duurzame gewassen van de toekomst te kunnen ontwerpen. Deze gewassen zullen met minder water en kunstmest toe kunnen, goed kunnen groeien op marginale gronden en daarnaast zeer efficiënt het zonlicht kunnen invangen. Tegelijk moeten ze zich goed kunnen verdedigen tegen ziekten, plagen en klimaatgerelateerde stressfactoren.

Verbindend karakter

Het ontwikkelen van gewassen die de bovenstaande uitdaging aankunnen, vereist zowel continue innovatie

in de veredeling als nieuwe inzichten, die kunnen worden verkregen door een combinatie van genetisch, fysiologisch en fytopathologisch plantenonderzoek ondersteund door de nieuwste technologie op het gebied van *genomics*, *imaging* en bio-informatica. Van belang hierbij zijn ook de relatie tussen mens en milieu en de rol van micro-organismen: er moet aandacht zijn voor complete ecosystemen. Nederland speelt op deze wetenschapsgebieden wereldwijd een leidende rol en is tezamen met haar vooraanstaande plantenveredelingsindustrie in staat toekomstbestendige oplossingen aan te dragen. Om nieuw verworven kennis en nieuwe gewassen optimaal in te kunnen zetten, moeten grote partijen, MKB en wetenschap samenwerken en is goed management vereist met aandacht voor sociale aspecten. Mits goed ingezet kan de hele keten hiervan profiteren, vanaf de persoon die niet meer met de gifsprit rond hoeft tot en met de consument. Duurzame productie van gezonde voedingsgewassen is een speerpunt van de topsector Agri & Food en van Horizon 2020. De vraag sluit aan bij het overheidsbeleidsterrein 'Een krachtige duurzame Agrosector'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke plantengenen zijn betrokken bij de gevoeligheid en resistentie voor biotische en abiotische stress en hoe interfereren die met elkaar en de omgeving?
- Hoe kunnen *smart city* ontwikkelingen helpen om landbouw in urbane gebieden te verduurzamen?
- Zou een doorontwikkelde zeewierteelt de mensheid kunnen voorzien van voeding, grondstoffen en energie?

Hoe kunnen we (bio)chemische productieprocessen duurzaam, efficiënter en schoner maken?

Toelichting

De chemie heeft de mensheid een niet te onderschatten verbetering in kwaliteit van leven gebracht. Geneesmiddelen, kunststoffen, elektronica, kleding, vervoersmiddelen: het was er niet geweest zonder chemisch onderzoek en chemische productieprocessen. Het is tegelijkertijd duidelijk dat de huidige werkwijze het milieu belast en grondstoffen uitput, en dat er bij toenemende vraag een grote uitdaging ligt om de duurzaamheid van de chemische productie verder te verbeteren. Willen we eenzelfde of een hogere levensstandaard handhaven en tegelijkertijd de impact van ons handelen verminderen of zelfs neutraliseren, dan zullen we materialen en hun productieprocessen moeten verduurzamen. Dit vergt een majeure inspanning van (bio)chemisch onderzoek. Kunnen we huidige materialen vervangen door meer milieuvriendelijke alternatieven? Wat zijn de beste productiemethodes: chemisch of biochemisch, katalytisch of stoichiometrisch (via vaste verhoudingen tussen de stoffen)? Welke inzichten kan de chemie verschaffen om de materialen beter te kunnen hergebruiken of recycleren

na gebruik? Deze vragen vergen een open aanpak, waarbij onderzoek aan nieuwe, duurzame moleculen en materialen, hun structuur en eigenschappen, (bio)chemische productieprocessen en scheidings- en opwerkingsprocessen gestimuleerd wordt.

Verbindend karakter

In deze vraag ligt de ambitie besloten om voorop te lopen in de overgang naar groene chemie. Chemisch onderzoek in Nederland staat op een internationaal erkend hoog niveau. Dit betreft met name het onderzoek naar duurzame productieprocessen, (bio)katalyse, polymeer- en materiaalonderzoek en chemische karakterisering. Er zijn verschillende concentraties van topgroepen actief in verschillende facetten van duurzame productie. Duurzaamheid is een speerpunt in Horizon 2020 en topprioriteit van de topsector Chemie. De ingediende vragen die vallen onder deze vraag hebben vooral betrekking op de programma- hoofdlijnen Chemical Conversion, Process technology and Synthesis en Advanced Materials. Aangezien de chemie, naast leverancier van (voedings)stoffen en materialen, een *enabler* is voor innovatie in andere sectoren, liggen ook verbindingen met andere onderzoeksgebieden voor de hand. De vraag sluit aan bij het beleidsterrein 'Verduurzaming en de ecologisering van de economie'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kunnen we nieuwe geavanceerde materialen ontwikkelen met niet-schaarse chemische elementen?
- Hoe kunnen we met behulp van *metabolic engineering* nieuwe routes ontwikkelen voor de productie van brandstoffen, fijnchemicaliën en medicijnen gebaseerd op groene grondstoffen?
- Hoe ontwikkelen we energiezuinige chemische processen voor de purificatie en ontzouting van drinkwater en voor de recycling van bouwmaterialen?

Hoe kunnen we onze energievoorziening snel verduurzamen en tevens betaalbaar en betrouwbaar houden?

Toelichting

De ombouw van onze huidige, niet-duurzame energievoorziening naar een duurzaam systeem is een heel complex en tegelijkertijd urgent probleem met een veelheid aan onder meer technisch-wetenschappelijke en socio-economische aspecten. Het is de vraag welke bouwstenen we nodig hebben voor een optimaal samengestelde duurzame energievoorziening. Verder vormen ook de urgentie, de betrouwbaarheid en de kosten grote uitdagingen. In de huidige competitieve energiemarkt is het moeilijk voor nieuwe duurzame technologieën om voet aan de grond te krijgen als ze duurder zijn dan energie gegenereerd uit fossiele brandstoffen. Wetenschappelijk onderzoek op dit gebied hangt dus ook nauw samen met de bijbehorende economische kansen. Daarnaast is het publieke draagvlak voor duurzame energievoorzieningen erg belangrijk. Discussies over bijvoorbeeld de plaatsing van windmolens (*not in my backyard*) zijn immers vaak lastig op te lossen in het dichtbevolkte Nederland. Verder liggen er hier grote kansen voor ICT om de energie-efficiëntie te verhogen en energieopwekking en energiegebruik op een slimme manier op elkaar af te stemmen door middel van *smart grids*.

Verbindend karakter

Het bouwen van een duurzaam energiesysteem inclusief *smart energy cities* en *smart grids* is een belangrijk prioriteitsthema in onderzoek- en innovatieprogramma's in Nederland en daarbuiten. Toegang tot betaalbare, betrouwbare en duurzame energie is onderdeel van de grote uitdagingen in de wereld. Een effectieve aanpak van de problematiek vergt fundamentele nieuwe inzichten in verschillende alternatieve energiebronnen zoals wind, zon, *bio-based*, en aardwarmte, en snelle vertaling van nieuwe kennis naar de praktijk in multidisciplinaire samenwerking. Uiteindelijk zal het probleem wereldwijd aangepakt moeten worden. De combinatie van effectieve en efficiënte ruimtelijke inrichting en organisatie van duurzame energie met optimaal publiek draagvlak vraagt inbreng vanuit een breed scala aan vakgebieden, inclusief de sociale wetenschappen. Ook het tijdig aanpassen van wet- en regelgeving is een punt van aandacht. Nederland heeft op belangrijke onderdelen een sterke kennispositie en speelt op diverse terreinen een pioniersrol.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe functioneert een *smart grid* met decentrale en centrale energieopwekking, duurzame opwekking, *solar fuels* en lokale opslag van energie optimaal?
- In welke mate kunnen het gedrag, de perceptie, en vraagbeïnvloeding van de gebruiker van duurzame energie, bijdragen aan een betere balans van vraag en aanbod van deze energie?
- Hoe faciliteren we een integrale aanpak (dus *food* en *fuels*) in de transitie naar biomassa als duurzame energiebron?

Hoe maken we de transitie naar een volledig duurzame energievoorziening?

Toelichting

De toekomstige energievoorziening zal voornamelijk uit duurzame bronnen dienen te komen. Hoe maken we de omslag van fossiele brandstoffen naar energie uit zon, wind, aardwarmte, of biobased methoden? Bij deze vraag gaat het vooral over uitdagingen van een wat meer toegepaste aard. De energievoorziening van de industrie is hier een expliciet aandachtspunt. Een aantal andere vragen adresseert andere aspecten van dit probleem.

Verbindend karakter

Toegepast onderzoek is nodig om keuzes voor (combinaties van) alternatieve energiebronnen te onderbouwen en de consequenties van die keuzes te kunnen voorspellen. Naast gebruik van zon, wind en biogebaseerde methoden is het ook verstandig de potentie van aardwarmte nader te verkennen. Efficiënte mogelijkheden voor energieopslag zijn belangrijke sleutels tot doorbraken. Als het aanbod aan energie gaat bestaan uit meerdere bronnen op meerdere locaties, is technologie voor smart grids en voor het koppelen van vraag en aanbod nodig met de daarbij behorende methoden voor (internationaal) beprizen van energie. Deelvragen zijn hoe we agrogrondstoffen voor duurzame energie kunnen combineren met duurzame materiaal- en voedselproductie en hoe we de cirkel van energie en grondstoffen kunnen sluiten. Vooruitgang in contactloze manieren van energieverdracht zou het bereik en daarmee de acceptatie van elektrische voertuigen sterk vergroten. Zolang fossiele brandstoffen onmisbaar zijn, is rigoureuze energiebesparing een krachtig middel om de transitie te versnellen. Ontwerpde vragen liggen op het gebied van energiebesparing in de gebouwde omgeving en in industriële processen, in het benutten van restwarmte, maar ook in het voorkomen van wrijvingsverliezen. Besparing is tevens te bereiken door gedragsverandering en door slim gebruik te maken van lokale omstandigheden. Denk aan *data centers* die door de omgeving gekoeld worden op IJsland, of kassen die direct verwarmd worden in Spanje. Toegepast onderzoek op bijvoorbeeld sociaal en logistiek gebied kan hier beleid ondersteunen dat tot besparende interventies leidt.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe wordt Nederland onafhankelijk van fossiele brandstoffen?
- Hoe exploiteren we energiebronnen die voor de komende millennia oneindig zijn, bijvoorbeeld geothermische energie en zonne-energie? Kunnen we planten efficiënter laten fotosynthesiseren voor grootschalige energieopwekking? Hoe kunnen we fotosynthese nabootsen?
- Hoe ziet het energielandschap eruit bij decentrale productie na de energietransitie?

Hoe kan de zon volledig in onze energiebehoefte voorzien?

Toelichting

Zonne-energie is de duurzame energiebron met het grootste mondiale potentieel. Deze vorm van energie is overal op aarde beschikbaar en kan worden gebruikt als brandstof, voor de opwekking van elektriciteit, en om temperatuur te reguleren. Hoewel de toepassing van zonne-energie sterk groeit, is de absolute bijdrage ervan aan de energievoorziening nog bescheiden. Om de zon geheel of voor een belangrijk deel in onze energiebehoefte te kunnen laten voorzien, moet het rendement van de omzetting van zonlicht naar bruikbare energie sterk omhoog. Tegelijkertijd moeten de kosten van omzetting omlaag. Bovendien moeten systemen lang meegaan en bij voorkeur zijn gebaseerd op ruim beschikbare, milieuvriendelijke grondstoffen en materialen.

Verbindend karakter

Met de huidige stand van kennis en technologie kunnen we nog maar een beperkt deel van het zonlicht omzetten in gewenste vormen van energie. Fundamentele uitdagingen behelzen het benutten van een groter deel van het zonlichtspectrum, het minimaliseren van alle verliezen en langdurige, stabiele werking. Deze uitdagingen gelden in verschillende vorm voor alle typen conversie van zonne-energie: naar elektriciteit, brandstoffen en warmte/koude. Belangrijke onderzoeksthema's zijn onder meer het gericht ontwerpen en synthetiseren van nieuwe materialen

en structuren, grensvlakken, colloïden, moleculen en katalysatoren en het verbeteren van biologische en bio-geïnspireerde processen die bijvoorbeeld lijken op fotosynthese. De werkzaamheid van deze bouwstenen moet worden gedemonstreerd in geavanceerde, efficiënte *devices* zoals zonnecellen en complete systemen. Economische kansen liggen in het ontwikkelen van nieuwe productconcepten, zoals stroomproducerende dakelementen en vensters, en lichtgewicht zonnepanelen. Ook integratie van omzetting en opslag biedt nieuwe toepassingsmogelijkheden. Zonnebrandstoffen verkeren nog in een pril stadium van ontwikkeling en het is daarom de uitdaging om hun technische en economische levensvatbaarheid te demonstreren. Behalve technisch-wetenschappelijke vragen zijn ook maatschappelijke vragen van groot belang bij de volledige overschakeling op zonne-energie, zoals: Hoe kan de transitie naar zonne-energie bedrijvigheid en werkgelegenheid opleveren? Welke economische modellen bevorderen de transitie? Welke positieve en negatieve effecten op onze leefomgeving zijn er en hoe kunnen we deze optimaliseren respectievelijk minimaliseren? De vraag omvat ook de positie van Nederland als producent. Welke kansen en bedreigingen zijn er om als land een positie op te bouwen in de zonne-energie? In hoeverre is hierbij sprake van bijvoorbeeld een gebrek aan grondstoffen, onvoldoende productiecapaciteit, te hoge kostenniveaus, patenten, logistiek, of onvoldoende zichtbaarheid als kernspeler?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we een ultra-efficiënt hybride zonne-energie-omzettend *device* maken dat warmte, elektriciteit en brandstoffen maakt?
- Welke wetenschappelijke doorbraken kunnen we realiseren én implementeren zodat de BV Nederland optimaal van de groei van zonne-energie kan profiteren (meer bedrijvigheid, meer banen, et cetera)?
- Zijn zonnepanelen op het dak niet schadelijk voor de bewoners onder dat dak?

Hoe kunnen we windenergie zo efficiënt en duurzaam mogelijk omzetten in elektriciteit?

Toelichting

Windenergie is een belangrijke bron van duurzame energie. Onderzoek naar windenergie omvat aspecten als de materialen die voor de turbinebladen worden gebruikt, de aerodynamica met inbegrip van het opgewekte geluid, en de efficiëntie van de turbines zelf. Er is een groot maatschappelijk belang gekoppeld aan vragen in dit cluster, zeker ook waar het gaat om selecteren van locaties voor windparken. Gezien de sociale problematiek rondom bijvoorbeeld geluid en horizonvervuiling is internationale samenwerking voor ontwikkeling van windenergie in afgelegen gebieden zoals in internationale wateren een belangrijke richting. Daarbij zijn transport, omzetting en opslag relevante problemen. Tegelijk moet mogelijke schade aan het milieu worden beperkt. Kleine en geluidsarme molens zijn nodig om windenergieopwekking in de stedelijke omgeving mogelijk te maken. Als er op meerdere plaatsen op kleine schaal windenergie wordt opgewekt, zijn slimme oplossingen voor flexibele interactie met het elektriciteitsnet noodzakelijk.

Verbindend karakter

Technologisch gezien zal de meeste efficiëntiewinst komen uit schaalvergroting van molens en parken. Zowel met fundamenteel onderzoek als met efficiëntere toepassing kan op het gebied van windenergie winst worden geboekt. Bijvoorbeeld door ontwikkeling en inzet van nieuwe materialen, een beter begrip en hogere voorspelbaarheid van windpatronen voor en achter de molen en daarmee een betere selectie van windwingebieden. Hierbij spelen big data een rol. Voor de transitie naar duurzame energievoorziening geldt echter dat, naast fundamentele en technologische doorbraken, inter- en multidisciplinair onderzoek nodig zijn om de maatschappelijke, beleidsmatige en institutionele blokkades in kaart te brengen en op te lossen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we het rendement van windturbines verhogen en de kosten verlagen?
- Hoe kunnen we de omgeving van windparken op zee meten en modelleren, hoe kunnen we de interactie van windparken met hun omgeving voorspellen en hoe kunnen we deze kennis inzetten voor het optimaal realiseren van energie van wind op zee?
- Kan waterstof geproduceerd worden door elektrolyse van zeewater met behulp van windenergie?

Hoe kunnen we rivieren, meren, zeeën en oceanen optimaal gebruiken voor energiewinning?

Toelichting

De toekomstige energievoorziening zal voornamelijk uit duurzame bronnen moeten bestaan. Eén van de ideeën is om energie uit rivieren en zee te gaan gebruiken. De energiedichtheid in water is veel groter dan in lucht, dus potentieel zit er veel meer energie in rivieren en de zee dan in wind. De verdere ontwikkeling van deze energievorm kan binnen tien jaar grote invloed hebben op onze toekomstige energiemix. Veel van de ingediende vragen gaan in op de mogelijkheden om deze energievorm met windenergie en eventueel ook zonne-energie te combineren. Door gebruik te maken van locaties op bijvoorbeeld de Noordzee waar nu ook al windenergie wordt opgewekt, kan infrastructuur efficiënt worden ingezet en wordt geen extra claim gelegd op het ruimtegebruik van de Noordzee. Daarmee is deze vraag nauw verbonden met andere vragen op het gebied van energie en met name windenergie. Er zijn echter nog grote technische en wetenschappelijke vragen over de beste methode om de energie om te zetten, zonder negatieve invloed op flora en fauna en op andere gebruikers zoals de binnenvaart en de beschermende functie van dijken.

Verbindend karakter

Met name op het gebied van maritieme techniek en delta (topsector Water) en op het gebied van energiewinning (topsector Energie) is er veel relevante kennis en kunde in Nederland. Naast onderzoek op gebied van technologie en natuurkunde is ook onderzoek naar de ecologische aspecten noodzakelijk om de potentie van deze energievorm als duurzame bron te bepalen. Daarnaast spelen er bij de transitie naar duurzame energie maatschappelijke aspecten een rol. Dit cluster sluit daarmee aan bij vragen over hoe menselijke activiteiten de natuur beïnvloeden. Ook meer fundamentele vragen over het functioneren van de oceaan zijn van groot belang.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Is elektriciteit winnen uit waterkracht via onze rivieren niet voordeliger en effectiever dan windmolens?
- Hoe groot is de invloed van getijdenenergie op de rotatie van de aarde om zijn as, als alle energie voor de gehele wereldbevolking op deze wijze wordt opgewekt?
- Waarom wordt de grote hoeveelheid waterkracht die door de Oosterscheldekering gaat - bijvoorbeeld bij Neeltje Jans - niet benut voor het opwekken van energie? Denk dan bijvoorbeeld aan turbines onder het wateroppervlak, vlak voor de openingen in de kering.

Hoe kunnen we geothermische energie optimaal benutten?

Toelichting

Een urgent vraagstuk is hoe te voldoen aan onze steeds groeiende energiebehoefte, en tegelijk de CO₂-uitstoot te verminderen. Eén van de oplossingen daarvoor is het gebruik van geothermische energie. Hoewel geothermische energie in Nederland naar de huidige verwachting niet het grotere energievraagstuk kan oplossen, kan het wel een oplossing zijn voor de verwarming en koeling van gebouwen. Om de daadwerkelijke potentie van deze energievorm te kunnen bepalen, is onderzoek noodzakelijk naar de beste methoden om geothermische energie op te wekken en te transporteren. Zo zijn er veel vragen over welke materialen of technieken te gebruiken om geothermische energie te benutten. Hier speelt ook het goedkoper winnen van geothermische energie een grote rol: als het een dure energievorm blijkt, wordt het waarschijnlijk moeilijk om deze toe te passen binnen de huidige marktwerking voor het leveren van energie. Daarnaast is er onderzoek nodig naar de effecten van winning en gebruik op de aarde, het grondwater en het milieu.

Verbindend karakter

Deze vraag bevat een grote technologische component. Ecologische, economische en maatschappelijke aspecten spelen echter ook een grote rol. Dit cluster sluit daarmee aan bij vragen over hoe menselijke activiteiten de natuur beïnvloeden. Verder past dit onderwerp binnen de grotere vraag over hoe te bewegen naar een duurzame samenleving. Het zal ook van de ontwikkelingen van andere duurzame energie-opties, zoals wind- of zonne-energie, afhangen in hoeverre geothermische energie gebruikt gaat worden. De meeste vragen in dit cluster zijn erg toegepast van aard en kunnen dan ook snel maatschappelijke of economische impact hebben. Hier liggen echter wel fundamentele vragen aan ten grondslag over de werking van onze aardbodem en het klimaat.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Is het mogelijk om een substantieel deel van onze energiebehoefte uit aardwarmte te halen?
- Ontwikkel een methode voor bestaande oudere woningen om een verwarmingssysteem te ontwikkelen op basis van aardwarmte.
- Is het mogelijk om aardwarmte via warmtegeleiding uit de aarde te halen?

Hoe benutten we biomassa als grondstof en voor de energievoorziening in een *biobased economy*?

Toelichting

Omdat fossiele energiebronnen uitgeput raken en bij hun verbranding het broeikasgas kooldioxide vrijkomt, is het van belang om zogeheten schoon-fossiele brandstof te ontwikkelen. Hiervoor kan gebruikt gemaakt worden van biomassa-afval, dat niet concurreert met de voedselvoorziening. Dit kan bijvoorbeeld bijgestookt worden in energiecentrales. De CO₂ die hierbij vrijkomt zal in het kader van 'schoon fossiel' worden afgevangen of zelfs geconverteerd naar nuttige producten.

Verbindend karakter

Deze vraag combineert vele deelvragen van zowel een fundamenteel als een toegepast karakter rond een biomassaketen gebaseerd op biomassa die niet concurreert met landbouw, waarbij de vrijkomende CO₂ ook als grondstof wordt benut. De fundamentele vragen hebben betrekking op nieuwe methoden voor de omvorming van biomassa. Ook de vraag naar tijdelijke CO₂-opslag en naar CO₂ als grondstof vereist fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. Daarnaast zijn er vele toegepaste vragen hoe nieuwe processen tot een praktisch werkend ketenontwerp kunnen worden omgezet. De betekenis van nieuwe ketens voor de *biobased economy* vraagt om evaluaties op verschillende schaalniveaus. Wat zijn de positieve en negatieve effecten voor het milieu? Ook eventuele verdringingseffecten zullen kritisch moeten worden onderzocht.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe ontwikkelen we energiezuinige chemische processen voor CO₂-conversie en -opslag, voor de conversie van afval en voor de conversie van biomassa in chemicaliën zonder afval te produceren?
- Kunnen nieuwe katalysatoren worden ontwikkeld voor een efficiëntere opslag van CO₂ en voor synthetische fotosynthese die de efficiëntie van de natuur voorbij streeft?
- Kan herwinbare biomassa aardolie vervangen als onze belangrijkste grondstof voor de productie van chemicaliën (en brandstoffen)?

Hoe versnellen we de ontwikkeling van kernfusie en hoe maken we kernenergie veilig en schoon?

Toelichting

Zowel bij het samenvoegen van atoomkernen (kernfusie) als het splijten ervan (kernsplijting), komt veel energie vrij. Kernenergie is een potentiële bouwsteen voor een meer duurzame energiehuishouding. De technologie moet dan wel beschikbaar, betaalbaar, schoon en veilig zijn. Kernfusie heeft in beginsel een paar belangrijke voordelen ten opzichte van kernsplijtingstechnologie, met name op het gebied van afval- en veiligheidsvraagstukken. Aan de ontwikkeling van een continu werkende fusiereactor wordt al decennialang hard gewerkt. Vanwege zowel technische als politieke en bestuurlijke obstakels is er echter nog geen concreet uitzicht op een commercieel beschikbaar product dat op grote schaal kan worden toegepast. Om die reden komt kernfusie niet voor in de meeste scenario's voor onze toekomstige energievoorziening. De vraag is of de ontwikkeling kan worden versneld en zo ja, wat daarvoor technisch/wetenschappelijk nodig is. Kernsplijting zou beter gepositioneerd zijn als duurzame energieoptie wanneer er een overtuigende oplossing zou zijn voor de problemen rondom met name veiligheid en afval. De vraag is welke mogelijkheden wetenschap en technologie kunnen bieden om hier

een doorbraak te forceren die ook het publiek overtuigt. Nederland is van oudsher een belangrijke en gewaardeerde deelnemer in de internationale kernfusieprogramma's en beschikt over goede kennis op het gebied van nucleaire technologie en veiligheid.

Verbindend karakter

Het aanpakken van deze vraag vereist een multidisciplinaire inspanning van gebieden als natuurkunde, materiaalkunde en werktuigbouwkunde. Bij de ontwikkeling van kernfusie in Europees verband zijn veel hightechbedrijven betrokken. De voortgang van dit onderzoek biedt economische kansen. Europees onderzoek is echter afhankelijk van Europese regelgeving en besluitvormingsprocessen. Bij kernsplijting is vanwege de relatie met de wapenindustrie al in een vroeg stadium de nadruk komen te liggen op het gebruik van uranium. Een andere optie is om reactoren te bouwen op basis van het element thorium. Zo'n thoriumreactor kan veiliger gebouwd worden en levert minder afvalproblemen op, zodat deze ook het milieu minder belast. Rondom het thema kernenergie zijn aandacht voor sociale acceptatie en wisselwerking met de politiek, zowel nationaal als internationaal, essentieel.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Is de Thorium Molten Salt Reactor echt DE duurzame energieoplossing voor de toekomst; en kan Nederland daarbij een hoofdrol spelen?
- Kan kernfusie binnen dertig jaar een substantiële bijdrage leveren aan een schone oplossing van het energieprobleem?
- Wat zal de wetenschap als eerste kunnen toepassen: kernfusie of fotosynthese en waarom?

Hoe kunnen we energie duurzaam en efficiënt opslaan, converteren en transporteren?

Toelichting

Voor grootschalige toepassing van duurzame energiebronnen als zonne-energie en windenergie is het beschikbaar zijn van energie op het juiste moment en op de juiste plaats één van de cruciale uitdagingen. Energieopslag is nodig om de verschillen tussen energievraag- en aanbodpatronen te overbruggen; hier krijgen we te maken met verschillen in tijdschalen en per locatie, en dus met *smart grids* en slimme beprijzing van energie. Elektriciteit en warmte kunnen worden opgeslagen in accu's, respectievelijk warmtebatterijen. Daarnaast kunnen we gebruik maken van bewegingsenergie zoals in vliegwielen of druk, bijvoorbeeld in de vorm van samengeperste lucht of het oppompen van water naar hoger gelegen bassins. Energie kan ook worden opgeslagen in de vorm van brandstoffen of in chemische bindingen in het algemeen. Zo kan met behulp van elektriciteit uit water waterstof worden gemaakt, dat verder kan worden bewerkt tot andere gasvormige of vloeibare brandstoffen die gemakkelijk en gedurende langere periodes kunnen worden bewaard en vervoerd. Nieuwe materialen staan aan de basis van doorbraaktechnologieën die nodig zijn voor rigoureuze transitities. Ook voor de transitie van fossiele naar duurzame energie is fundamenteel onderzoek naar materialen, in nauw samenspel met *engineering* en onderzoek naar toepassingen, maatschappelijk zeer relevant. De recente ontdekking van perovskiet-zonne-

cellen is een voorbeeld van hoe het materialenonderzoek steeds nieuwe perspectieven opent.

Verbindend karakter

Energieopslag en vraag-aanbod matching vormen een belangrijk prioriteitsthema in onderzoek- en innovatieprogramma's rondom duurzame energie. Onderzoek richt zich niet alleen op het exploreren van nieuwe eigenschappen van materialen, maar ook op efficiëntere energieomzetting, alternatieven voor energieverkwistende elektronica, verliesvrije opslag en netbenutting. Hierbij spelen vragen rondom katalyse, transparante geleiders en halfgeleiders, supergeleiding bij hoge temperatuur, vervanging van schaarse en dure elementen zoals lithium in batterijen en zeldzame aardmetalen in magneten, metalen en keramiek die bestand zijn tegen zeer extreme omstandigheden, maar ook of piezomaterialen benut kunnen worden voor omzetting van bewegingsenergie in elektriciteit. Naast technologische vernieuwing spelen gedragsbeïnvloeding en sociale adaptatie een grote rol. Doorontwikkeling en vertaling van de kennis in productconcepten en systemen met lage kosten biedt bedrijven kansen op de mondiale energiemarkt. De vraag past binnen de beleidspeerpunten 'Het sluiten van energie-, grondstoffen waterketens' en 'Verduurzaming en de ecologisering van de economie'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe moeten bestaande gebouwen en stedelijke gebieden aangepakt worden om de energetische prestatie radicaal te veranderen?
- Hoe kunnen we nieuwe methoden en/of strategieën bedenken om ons (groen) ergoed te verbinden met de grote opgaves rond energiewinning en energiegebruik?
- Kunnen we materialen ontwikkelen die over lange afstand energie kunnen transporteren met weinig energieverlies?

Hoe brengen we mensen en goederen slimmer en duurzamer naar hun bestemming, met optimaal gebruik van alle vervoersmogelijkheden?

Toelichting

Er zijn tegenwoordig verschillende vervoersmogelijkheden beschikbaar, die alle hun voor- en nadelen hebben. Naadloos aansluitende vormen van vervoer (modaliteiten) kunnen zorgen voor een bijna onmerkbaar en geruisloos transportsysteem dat op elk gewenst moment en onder elke gewenste omstandigheid flexibel, goedkoop, en duurzaam de wereldbevolking voorziet in haar behoefte aan verplaatsing van mensen en goederen. Hoewel dit een mondiaal, of minstens Europees, vraagstuk is, speelt Nederland op dit terrein een bijzondere rol vanwege onze grote verscheidenheid aan vervoersmogelijkheden. Daarnaast zijn er belangrijke nieuwe technische ontwikkelingen, zoals zelfsturende auto's, ketenregievoorzieningen en andere geavanceerde technologie die mobiliteitsvraagstukken voor mensen en goederen gaan beïnvloeden. Intelligente reisinformatie zal een steeds grotere vlucht nemen, en de balans tussen de vervoersmodaliteiten gaat veranderen. Deze vraag omvat daarmee meerdere aspecten: slimme infrastructuur en vervoersmiddelen, hoogwaardige regie van de hele transportketen door geavanceerde algoritmie, en beslissers voorzien van de juiste ICT-ondersteuning.

Verbindend karakter

Het vervoer van mensen en goederen wordt steeds meer beschouwd als een integraal systeem, waarin de verschillende vervoersmogelijkheden elkaar beïnvloeden, en waarin de robuustheid van het systeem onder andere afhangt van de beschikbare variatie aan vervoersmogelijkheden. Fundamenteel-wetenschappelijke uitdagingen liggen in het modelleren en analyseren van dit integrale vervoerssysteem. Toegepast en ontwerpend onderzoek zijn nodig voor het ontwikkelen van sturingsmechanismen op dat systeem, zowel voor mensen als voor goederen. Een andere belangrijke wetenschappelijke uitdaging behelst de ontwikkeling van nieuwe vervoersmogelijkheden, zoals zelfrijdende auto's, maar ook de verplaatsing van productie als gevolg van 3D-printing. Deze vragen zijn

deels technisch van aard, maar deels ook sociaal, moreel en juridisch. Het functioneren van onze samenleving is sterk afhankelijk van de mobiliteit van mensen en goederen en het optimaal synchroniseren van de verschillende stromen. Daarmee heeft deze vraag ook een belangrijke maatschappelijke component. Hierbij gaat het bijvoorbeeld over de milieubelasting van verkeer en vervoer en het oplossen van files, maar ook over de ontwikkelingen richting het verder individualiseren van het openbaar vervoer, het sturen op de balans tussen de verschillende vervoersmogelijkheden en het beheersen van het energieverbruik in transport. Onze mobiliteitsbehoefte kost veel geld. De kosten worden nog verhoogd door tijdverlies als gevolg van files, negatieve gezondheidseffecten van uitstoot en andere hinder, en andere kosten zoals schade en verlies van goederen. Het onderzoek moet er toe leiden dat deze kosten teruggedrongen worden, terwijl we toch een acceptabel niveau van mobiliteit behouden. Daarnaast liggen er kansen in het vermarkten van de kennis die we opdoen over het verder ontwikkelen van ons mobiliteitssysteem.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat zijn effecten van mondiale, Europese, nationale, regionale en lokale trends in het goederen- en passagiersvervoer voor de mainports en nationale beleidsdoelen?
- Hoe kan Smart Mobility bijdragen aan leefbare, slimme en groene steden?
- Hoe kan de logistiek van e-commerce zodanig worden verbeterd dat de milieubelasting hiervan wordt teruggedrongen?

Hoe kunnen we met efficiëntere transportmiddelen zoals schepen, vliegtuigen, auto's, vrachtwagens en treinen bijdragen aan de efficiëntie en milieuvriendelijkheid van het transportsysteem als geheel?

Toelichting

Met de groeiende toename van mobiliteit en vervoer moeten aandrijfsystemen van transportmiddelen energiezuiniger en milieuvriendelijker worden. Dit betreft gedeeltelijk een omschakeling naar systemen die inherent zuiniger en milieuvriendelijker zijn, en gedeeltelijk een verdere verbetering van meer conventionele aandrijfsystemen. Bij deze laatste worden verbrandingsprocessen geoptimaliseerd naar radicaal nieuwe typen motoren. Niet alleen de aanpassing van bestaande aandrijfsystemen speelt hierbij een rol, maar ook de optimalisatie van een complete *powertrain*: de keten van een energieproducerend element, een onderdeel dat deze energie omzet in kracht, en een element dat deze kracht vervolgens overbrengt op een onderdeel dat moet gaan bewegen. Daarnaast zijn er ook veel mogelijkheden om door middel van aerodynamica, hydrodynamica, materiaalgebruik, en de ontwikkeling van compleet nieuwe transportmogelijkheden bijdragen te leveren aan de efficiëntie van het transportsysteem. Bij efficiëntere transportmiddelen kan tevens worden gedacht aan slimmere logistiek, waarbij gebruik wordt gemaakt van *real time* gegevens, toegepast wiskundige modellen, slimme sensoren en het *Internet of Things*.

Verbindend karakter

Het wetenschappelijk onderzoek dat nodig is ter beantwoording van deze vraag, is divers: het gaat onder andere over aandrijfsystemen, alternatieve brandstoffen en efficiënte energieopslagsystemen, slimme logistieke modellen, maar ook over nieuwe materialen, coatings, lucht-watermengsels, en meetmethoden om energieverbruik in motoren betrouwbaar te kunnen vaststellen. Kennis over stroming van lucht en water is daarnaast belangrijk om te voldoen aan de doelstellingen voor efficiëntie, energiezuinigheid en milieu-impact. Een effectief transportsysteem met moderne transport-

middelen die duurzaam, energiezuinig en veilig zijn, is van groot maatschappelijk belang. Een belangrijke manier om dat transportsysteem te vernieuwen is om de vervoersmiddelen in dat systeem en de wijze van gebruik ervan te innoveren, parallel met aanpassingen in wet- en regelgeving, en aandacht voor gedrag en de rol van de mens. Nederland is een belangrijke speler in veel van die maakindustrieën als belangrijke toeleverancier. In de maritieme maakindustrie produceert Nederland zelf aanzienlijke hoeveelheden complete, vaak bijzondere vaartuigen. Veel van de opgedane kennis in onderzoek vindt vrijwel direct zijn weg in deze industriële sectoren. Op het gebied van slimme logistieke systemen heeft Nederland bekende best practices als Schiphol en de Rotterdamse haven. In de ontwikkeling van transportmiddelen liggen grote economische kansen voor Nederlandse kennisinstellingen en bedrijven als toeleverancier van kennis en technologie aan de Europese en mondiale maakindustrie op dit terrein. De kracht van de Nederlandse positie is de sterke verwevenheid van kennisinstellingen en bedrijven, zoals bijvoorbeeld in de hightech, de maritieme maakindustrie en in de lucht- en ruimtevaart.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan verkeer en vervoer emissieloos en geluidloos gemaakt worden?
- Hoe kun je turbulente stroming beter begrijpen, efficiënter beschrijven en gericht beïnvloeden?
- Nederland is een maritiem land: hoe kunnen we met transport over en door het water (zeeën en de rivierendelta) een effectieve bijdrage leveren aan de klimaatdoelstellingen (emissievermindering) en vermindering van files op het land?

Hoe kunnen we de veiligheid van verkeer en vervoer vergroten?

Toelichting

In onze maatschappij zijn efficiënt en veilig verkeer en vervoer van groot belang. De veiligheid van het verkeer- en vervoerssysteem is een aspect dat al jaren op grote belangstelling van de samenleving en de overheid kan rekenen. Met het complexer worden van de omgeving waarin verkeer en vervoer plaatsvindt, blijft die aandacht volop nodig. De gevolgen van onveiligheid zijn groot: allereerst gaat het om verloren menselijke levens, maar er is vaak ook economische schade aan vervoermiddelen en infrastructuur. Daarnaast heeft de onderbreking van verkeer en vervoersstromen meestal verstrekkende gevolgen. Ongelukken in het vervoer worden steeds minder geaccepteerd. Er zijn grote verschillen tussen de typen ongelukken die voorkomen bij verschillende soorten vervoer: in het wegverkeer gebeuren veel relatief kleine ongelukken, terwijl er in het zee- of vliegverkeer minder vaak ongelukken zijn, die wel veel meer slachtoffers maken of schade veroorzaken. Daarnaast wordt de omgeving waarin vervoer plaatsvindt ook steeds voller. Dit geldt voor de zee, waar windmolenparken worden gebouwd, waar olie- en gaswinning plaatsvindt, en waar ook nog vissersschepen rondvaren. Maar ook in de lucht, op het spoor, op rivieren en op autosnelwegen wordt het steeds drukker.

Wat de vraag nog complexer maakt is het feit dat Nederland verantwoordelijk is voor de veiligheid in een transportsysteem waar ook buitenlandse partijen gebruik van maken. Schepen, maar in toenemende mate ook vrachtauto's en vliegtuigen, zijn vaak niet Nederlands, of worden door buitenlands personeel bestuurd. Toch dient de veiligheid van het verkeers- en vervoerssysteem als geheel gewaarborgd te blijven.

Verbindend karakter

Deze vraag omvat een aantal verschillende elementen. Het gaat om de rol van nieuwe vervoerstechnologie, zoals autonoom, onbemand vervoer, en technologie die schade beperkt, ongelukken kan voorspellen, of slachtoffers effectiever kan redden. Maar ook om de rol van de mens als deelnemer aan het verkeer, als *operator* van vervoersmiddelen, en als stakeholder bij een veilig transportsysteem. En het gaat om het maatschappelijk begrip van veiligheid. Dit laatste aspect komt tot uiting in vragen als: Kan het zeevervoer nog veiliger? Is vliegen veiliger dan autorijden? Het is de rol van de wetenschap om zowel nieuwe oplossingen te ontwikkelen die de veiligheid van de verschillende vervoersmogelijkheden bevorderen, als de oorzaken te achterhalen die leiden tot ongelukken en onveiligheid.

Een voorbeeld van het laatste is diep inzicht in de voorspelbaarheid van verkeersstromen, bijvoorbeeld in de lucht, of inzicht in hydrodynamica die bepaalt of schepen stabiel zijn. Ook de materiaaltechnologie kan bijdragen aan een grotere veiligheid van het vervoer.



Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

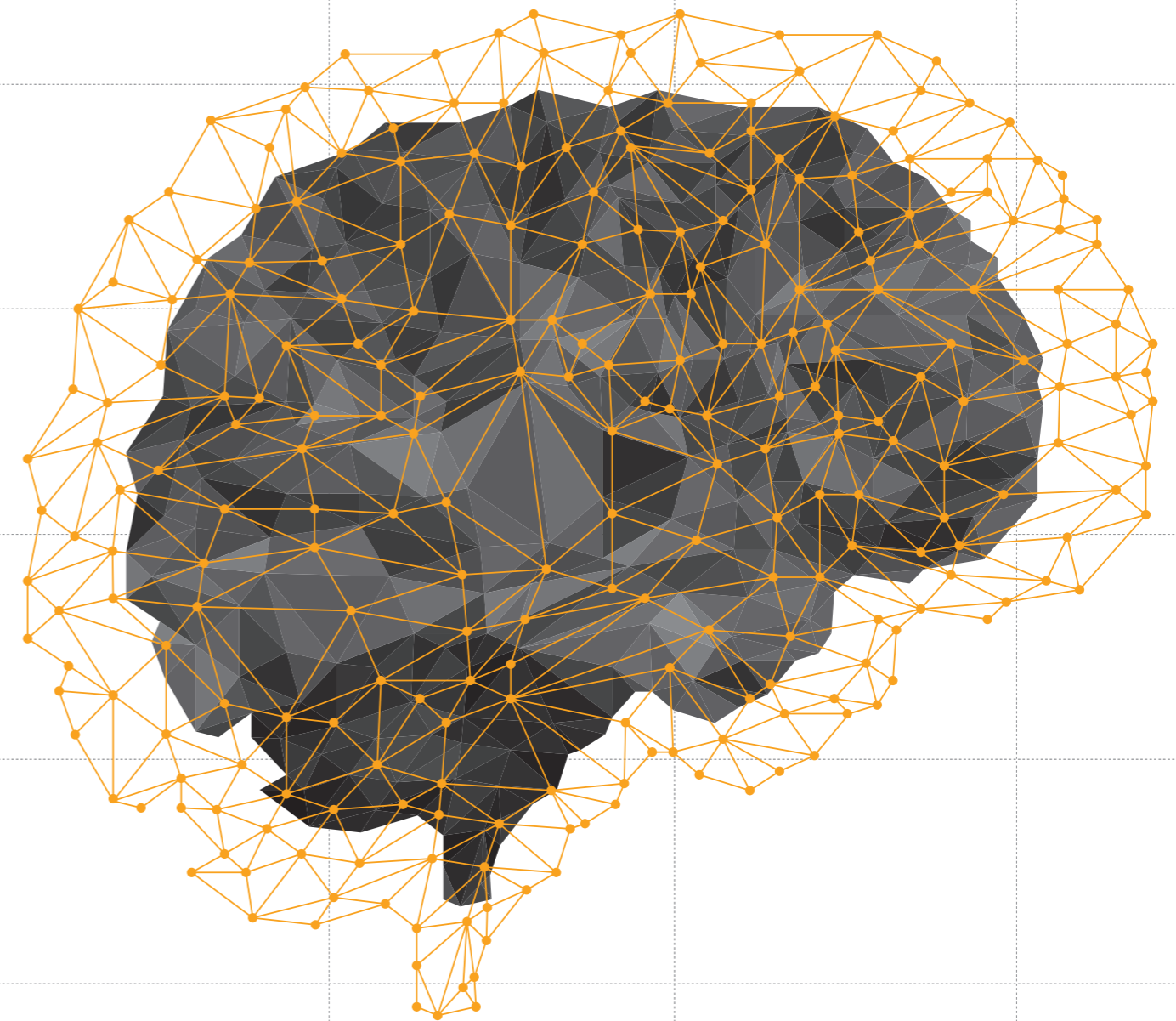
- Hoe kan de zeescheepvaart op de Noordzee en het vliegverkeer boven de Noordzee veilig en efficiënt blijven bij een steeds intensiever gebruik van de Noordzee (windparken, onderhoud, aquacultuur, vervoer van vloeibaar aardgas, et cetera)?
- Hoe verhogen we de veiligheid op zee voor mens, lading en omgeving door een betere interactie tussen de mens en het varende schip in haar omgeving als complex systeem? Is autonoom varen een oplossing en hoe dan?
- Hoe gaan we zo goed en snel mogelijk over naar coöperatief en autonoom rijden?



| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

Individu en samenleving



Hoe houden we ons dichtbevolkte land leefbaar?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat zijn de gevolgen van klimaatveranderingen en andere mobiliteitspatronen op het beheer en onderhoud van onze wegen, waterwerken en railinfra?
- Hoe zal het ideale verkeersnetwerk van de toekomst zijn?
- Hoe kunnen duurzame landschappen worden gerealiseerd, waarin natuur, landbouw, recreatie, verkeer, industrie en wonen elkaar niet voortdurend dwars zitten, maar elkaar binnen een regio juist versterken?

Toelichting

Nederland staat de komende jaren voor de uitdaging om vraagstukken van bevolkingsgroei, verandering in ecologische structuren zoals waterbeheer en het behoud van groen, regulering van verkeer en transport, economische en welzijnsbelangen van boeren en burgers op een integrale manier aan te pakken. Het is voor ons dichtbevolkte land van groot belang dat al deze belangen afgewogen worden, en dat een balans ontstaat tussen aan de ene kant investeringen in infrastructuur en voorzieningen voor bijvoorbeeld waterbeheer, en aan de andere kant de efficiënte benutting van die voorzieningen. Dergelijke afstemming en coördinatie is nodig om ons land zowel in letterlijke als in figuurlijke zin leefbaar te houden, en om de rol van Nederland als toegangspoort tot Europa te kunnen blijven vervullen.

Verbindend karakter

In de ruimtelijke ordening komen fundamentele vraagstukken samen over de verhouding tussen mens en natuur en de manier waarop maatschappelijke functies – economisch, sociaal, cultureel – met elkaar kunnen worden gecombineerd of tegen elkaar moeten worden afgewogen. Relevante vragen in dit verband zijn:

- Wat zijn de condities voor verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving? Hoe kunnen burgers en beleid hieraan bijdragen?
- Op welke wijze kunnen we het waterbeheer in Nederland/Europa verbeteren? Waterbeheer is een centrale zorg geweest in de geschiedenis van Nederland en zal dat blijven door grootschalige klimaatveranderingen en mobiliteit, alsook door intensiever gebruik van beschikbare grond voor allerlei functies.
- Op welke wijze kunnen we problemen in verkeer en logistiek nu en in de toekomst beter oplossen? Nederland zal belangrijk blijven als transportland en als doorvoerland met belangrijke en grote afzetgebieden in Europa. Daardoor zijn vraagstukken inzake verkeer en logistiek van groot belang, ook in termen van BNP en welvaart.

Wat betekent globalisering voor onze culturele identiteit en het bepalen van de positie van Nederland in de wereld?

Toelichting

De wereldwijde migratie van kunst, cultuur en kennis leidt tot processen van interculturalisatie en zet de vraag op scherp wat eigen is en wat vreemd. Dit heeft effect op ons zelfbeeld en onze identiteit. Globale cultuuroverdracht en -transformatie hebben door de geschiedenis heen geleid tot convergentie, homogenisering en verlies aan variatie enerzijds en tot grotere diversiteit anderzijds. Onderzoek naar deze wisselwerkingen en netwerkverbanden in heden en verleden biedt inzicht in het ontstaan van de verbeelding van identiteit, en kan filosofische, ethische en esthetische zelfbeelden verklaren. Kennis over het ontstaan van deze beelden is bijvoorbeeld van belang in processen van mondiale migratie en Europese eenwording waarin Nederland haar positie in cultureel, economisch en juridisch opzicht zal moeten bepalen.

Verbindend karakter

De vraag naar onze identiteit, ons zelfbeeld en de relatie daarvan met globalisering is sterk gerelateerd aan de actualiteit die gekleurd wordt door vraagstukken over natievorming en migratiestromen. Wetenschappelijke vragen gaan bijvoorbeeld over de rol van het door de media bepaalde beeld als we cultuur opvatten als product van migratie. Of over de relatie tussen cultuur van het moederland en diasporische culturen. Of over de rol die stereotyperingen spelen bij de vorming van ons zelfbeeld. Voor de toekomstige positie van ons land en het adaptief vermogen van haar inwoners is inzicht in de manier waarop Nederland zich in de loop der tijd heeft verhouden tot de rest van de wereld van belang. Het slavernijverleden en de doorwerking daarvan in de actualiteit is daarvan een sprekend voorbeeld. Het maatschappelijk belang van het onderzoek rondom deze vraag ligt in de veerkracht van de samenleving, waarin stabiliteit een noodzakelijke voorwaarde is voor onze economische en maatschappelijke ontwikkeling.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke vormen van globale cultuuroverdracht en transformatie hebben door de geschiedenis heen geleid tot convergentie, homogenisering en verlies aan variatie, en welke genereren juist grotere diversiteit en/of conflict?
- Hoe kan kunst (literatuur, film, beeldende kunst) ons inzicht geven in vraagstukken rondom identiteit, radicalisering en terrorisme?
- Hoe zal op middellange termijn de rol van de natie staat veranderen als gevolg van globalisering?

Wat betekenen Europeanisering en globalisering voor de democratie en de rechtsstaat?

Toelichting

De democratische rechtsstaat staat onder grote druk als gevolg van processen van Europeanisering en mondialisering. Democratische instituties zijn vanouds op lokaal en op nationaal niveau georganiseerd, terwijl de grote economische, ecologische en sociale vraagstukken van onze tijd, zoals klimaatverandering, migratie, cyberoorlog of financiële crises, steeds vaker op Europese of mondiale schaal aangepakt en gereguleerd worden. Bij deze natie-overstijgende *multi-level governance* en regulering verliest de natiestaat vaak aan soevereiniteit. Er wordt gesproken van een groeiende kloof tussen politici en burgers, zowel binnen landen als op Europees en mondiaal vlak. Wat voor invloed heeft deze verandering in maatschappelijke ordening op de democratieën en rechtsordes zoals we die kennen? Wat gebeurt er met de normen en waarden die aan deze systemen ten grondslag liggen? Wat voor nieuwe vormen van *governance* ontstaan er die natie-overstijgende uitdagingen beter kunnen reguleren?

Verbindend karakter

Deze ontwikkelingen roepen zowel verklarende als normatieve en ontwerp vragen op: Welke vormen van *global governance* zien we ontstaan en in hoeverre zijn deze legitiem en effectief? Hoe garanderen we op een duurzame wijze de legitimiteit en vitaliteit van onze democratische rechtsstaat in een globaliserende economie, en welke instituties zijn daarvoor nodig? Hoe geven we in een steeds sterker vervlochten mondiale samenleving vorm en inhoud aan natie-overstijgende besluitvorming, regulering en bestuur, en houden we tegelijkertijd aandacht voor noodzakelijk maatschappelijk draagvlak? Hoe kunnen we het democratische karakter en de slagvaardigheid van Europese en internationale instituties verbeteren? Welke ruimte blijft er over voor het primaat van de nationale wetgever en de nationale democratie? Het vraagstuk van *multi-level governance* kan zowel worden onderzocht vanuit het perspectief van burgers en natiestaten als vanuit internationale rechtsordes. Het vraagt om een interdisciplinaire aanpak vanuit rechtsgelerdheid, bestuurskunde, politicologie, geschiedenis, Europese studies en internationale betrekkingen.



Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen politieke leiders leiding geven aan de EU zonder daarbij de voeling met en van de burgers te verliezen?
- Hoe kan publiek-private samenwerking ten aanzien van (inter)nationale beleidsvorming, regelgeving en toezicht op verantwoorde en effectieve wijze worden vormgegeven?
- Hoe maken we wet- en regelgeving en governance-structuren die de (mensen)rechten van mensen nu en van toekomstige generaties beschermen en helpen realiseren?

Hoe staat het met de vitaliteit van en het vertrouwen in de democratie, en hoe kunnen deze worden versterkt?

Toelichting

De legitimiteit van nationale representatieve democratie staat onder druk doordat haar instellingen voor nieuwe uitdagingen staan. De instituties van de representatieve democratie dateren uit de 19^e eeuw, maar zijn ze ook geschikt voor de 21^{ste} eeuw? Burgers zijn veel beter opgeleid dan vroeger, zijn veel mondiger en beter georganiseerd. Bestuursmacht moet worden gedeeld met andere landen, met private partijen en lagere overheden, terwijl het nationale parlement deze niet direct controleert. Bovendien bestaat er, mede onder invloed van de financiële crises, een ontwikkeling naar zogeheten *non-majoritarian* instituties: instellingen die belangrijke politieke besluiten nemen, zonder een direct mandaat van de kiezer, zoals bijvoorbeeld de Europese Centrale Bank en tal van andere onafhankelijke marktautoriteiten en toezichhouders als AFM, NZA en ACM. Dit roept een reeks van vragen op over de vitaliteit van de democratie en over mogelijke aanpassingen ervan. Kan de werking en de legitimiteit van de democratische instituties worden versterkt door meer gebruik te maken van opinieonderzoeken, burgerinitiatieven, referenda, of zelfs van loting? Zijn er alternatieven voor politieke partijen en parlementen?

Verbindend karakter

De vitaliteit van de democratie is van eminent maatschappelijke belang. We weten inmiddels een heleboel over de ontwikkeling van legitimiteit in Westerse samenlevingen. Zo blijkt onder burgers de steun voor het principe van democratie nog steeds groot, maar is het vertrouwen in politiek en politieke partijen in veel landen en onder veel burgers laag. Aanzienlijk minder weten we over de invloed van genoemde fragmentatie van bestuursmacht op legitimiteit, terwijl dit een cruciale ontwikkeling is in het openbaar bestuur. Zijn er andere manieren mogelijk om namens de samenleving te spreken, zoals bijvoorbeeld deliberatieve vormen van democratie, loting of internet-opiniepeilingen? Blijft ons land dan wel bestuurbaar? Op grond van welke legitimiteit opereren de *non-majoritarian* instituties? Hierbij gaat het zowel om empirisch, beschrijvend onderzoek, als om evaluatieve en normatieve vragen. Ook zijn hier belangrijke ontwerpkwes-ties aan de orde. Welke vormen van institutionele vernieuwing van de representatieve democratie zijn mogelijk, nodig en wenselijk? Bij de beantwoording van deze vragen kan worden voortgebouwd op de sterke Nederlandse traditie van vergelijkende politicologie en van bestuurskundig, ethisch, historisch en rechtswetenschappelijk onderzoek.



Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we het democratisch bestel 'bij de tijd brengen'?
- Hoe groot kan de afstand tussen de Haagse politici en de burger worden voordat de burger zich massaal afkeert van de politiek en regelgeving?
- Is democratie op basis van opinieonderzoek mogelijk?

Wat is in het licht van de veranderende bevolking (vergrijzend, hier en daar krimpend en beïnvloed door migratie) de houdbaarheid van de welvaartsstaat?

Toelichting

De komende decennia worden gekenmerkt door stevige veranderingen in bevolkingssamenstelling van Nederland. Bevolgingskrimp in bepaalde regio's en vergrijzing veranderen de economische structuur; de invloed van migratie is nog onbekend. Mogelijk wordt een situatie bereikt waarin een handelsoverschot plaatsmaakt voor een -tekort, en meer sparen, onder andere voor pensioenen, plaatsmaakt voor meer uitgeven. Deze nieuwe situatie zorgt voor fundamentele vragen, ook in mondiaal verband. Allereerst naar de houdbaarheid van de verzorgingsstaat en de zorgstructuur: kan een toename van ouderen financieel en qua ondersteuning voldoende worden geacommodeerd? Welke dilemma's ontstaan hierdoor? Specifiek leven er vragen over de relatie met migratie: biedt dit aan Nederland kansen of is het juist een verzwarend van problemen? Vergt dit internationaal beleid? Hierbij is er een relatie te leggen met mondiale ontwikkelingen, zoals overbevolking, vluchtelingenproblematiek en zorg over het milieu.

Verbindend karakter

Deze probleemstelling is interdisciplinair van karakter. Het betreft in essentie een economisch vraagstuk, maar met verbanden en oplossingsrichtingen vanuit de politicologie, de geografie, sociologie, demografie, geschiedenis, ethiek en zorg. Omdat vergelijkbare ontwikkelingen zich in heel Europa voordoen en er een relatie bestaat met mondiale problemen, leent dit thema zich voor internationaal (vergelijkend) onderzoek.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat zijn de gevolgen van de toenemende vergrijzing op de inrichting van de leefomgeving?
- Hoe zit het echt met de pensioenzekerheid? Is er een betere maatstaf dan de op de rente gebaseerde fictieve rendementen? Welke belangen spelen en waarom: politiek (onder andere belastinginkomsten), vakbonden, ouderen, jongeren, banken/verzekeraars, et cetera?
- Hoe kunnen we ervoor zorgen dat bevolkingsgroepen die oorspronkelijk uit andere delen van de wereld komen net zo gezond zijn als de Nederlander van autochtone afkomst?



Hoe kunnen de socio-economische instituties van de toekomst vormgegeven worden?

Toelichting

De financiële crisis van 2008 en de nog immer voortdurende nasleep daarvan hebben het besef versterkt dat er nog veel te verbeteren valt aan de institutionele vormgeving van het sociale en economische domein. Nederland behoort al eeuwen tot de meest welvarende en sociaal rechtvaardige samenlevingen. De Nederlanders weten die situatie te waarderen en geven hoge cijfers aan hun levensgeluk. Op de langere termijn wordt Nederland echter geconfronteerd met toenemende sociale ongelijkheid en mondiale economische concurrentie. Een toekomst die even aangenaam is als het heden is dus allesbehalve vanzelfsprekend. Er is veel overeenstemming dat de financiële sector hervormd moet worden, dat de economie verduurzaamd moet worden en dat iedereen gelijke kansen moet krijgen. Maar wat dat precies inhoudt is minder duidelijk, net als de vraag hoe dat bereikt kan worden. Markt, publiek-private samenwerking en staatsinterventie zijn drie bekende modellen, maar werken ze afdoende? Dit zijn niet alleen technische vragen, ze impliceren ook alternatieve maatschappijanalyses. Bovendien zullen verschillen in ethische en politieke visies bij de implementatie van oplossingen een grote rol spelen.

Verbindend karakter

Vanuit verschillende invalshoeken en verschillende disciplines zoals de filosofie, ethiek, geschiedenis, recht, politicologie, economie en de sociale wetenschappen zal gezocht worden naar antwoorden op interdisciplinaire vragen, zoals:

- Zijn markten overal het beste mechanisme van economische productie of kunnen bepaalde goederen en diensten beter op een andere manieren gerealiseerd worden?
- Hoe is het kapitalisme over de tijd geëvolueerd en wat bepaalt zijn successen en beperkingen? Zijn er alternatieve economische systemen denkbaar, haalbaar en wenselijk?
- Is een basisinkomen (politiek, financieel, maatschappelijk) haalbaar, en is het wenselijk?
- Wat bepaalt demografische veranderingen op korte en op lange termijn, zowel lokaal als mondiaal? Welke gevolgen hebben demografische veranderingen en hoe kunnen we met die gevolgen omgaan?
- Hoe ziet de toekomst van de verzorgingsstaat er uit? Wat zijn de gevolgen voor verschillende groepen in de samenleving van bijvoorbeeld de decentralisaties in het sociale domein? Hoe worden deze gevolgen ervaren door burgers?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke onderwijshervormingen zijn nodig om een derde Gouden Eeuw te mogen beleven in de nabije toekomst?
- Waarom niet naast Bruto Nationaal Product, een nieuw te ontwikkelen Bruto Nationaal Normwaarden Product?
- Hoe ziet een vooruitkijkspiegel voor de financiële sector er uit?

Welke gevolgen hebben maatschappelijke veranderingen als digitalisering, globalisering en grotere mondigheid van burgers voor publieke en semipublieke instellingen?



Toelichting
 Mondigheid van burgers, digitalisering, globalisering en andere voor onze hedendaagse samenleving karakteristieke ontwikkelingen zetten klassieke vormen van organisatie, bestuur, wetgeving, handhaving en rechtspraak onder druk. Dit manifesteert zich zowel bij overheden als bij grote non-profit organisaties. Welke gevolgen hebben deze veranderingen voor het functioneren van de wezenlijke onderdelen van democratie en rechtstaat, waaronder het kiesstelsel en het primaat van de volksvertegenwoordiging? Welke alternatieve instituties voor democratie en rechtstaat kunnen worden overwogen, en hoe houden deze zich in een vergelijking met de huidige inrichting van het openbaar bestuur? Innovatieve vormen van regulering (*nudging*, burgerparticipatie, normen ingebouwd in de techniek) blijken soms effectievere prikkels en sturing te kunnen bieden. Hoe kunnen nieuwe mogelijkheden worden benut om de effectiviteit, legitimiteit en de maatschappelijke acceptatie van rechtsregels, wetgeving, rechtspraak en handhaving te bevorderen? Onze maatschappij laat in de afgelopen jaren daarnaast een sterke groei van coöperatieve initiatieven zien, die in behoeften voorzien die de centrale overheid minder goed lijkt te kunnen faciliteren. Welke factoren zijn het meest van belang voor succes en falen? Welke juridische kaders zijn passend? Deze veranderingen spelen ook bij grote non-profit organisaties zoals scholen, ziekenhuizen, coöperaties en tal van verenigingen. Hoe kunnen deze organisaties hun sociale verantwoordelijkheid nemen en een bijpassende maatschappelijke verantwoording organiseren met behoud van hun particuliere karakter?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke vormen van publiek management en professioneel handelen dragen bij aan het effectief, efficiënt en legitiem functioneren van een openbaar bestuur waarin een toenemend beroep wordt gedaan op burgerinitiatieven en coproductie?
- Hoe komen we tot een bestuursstelsel waarin lokale variatie ingezet kan worden om leren te bevorderen en waarin tegelijkertijd democratische verantwoording wordt afgelegd over gemaakte keuzen?
- Is loting voor politieke functies wetenschappelijk gezien een goed idee voor Nederland?

Verbindend karakter
 Deze vraag verbindt internationalisering, informatisering, informalisering, individualisering en intensivering met het functioneren van publieke en semipublieke instellingen. De vraag speelt zowel op mondiaal, nationaal als lokaal niveau. Dit vraagt om onderzoek naar een goed beeld van deze ontwikkelingen. Wat is de wisselwerking tussen technische, sociale, economische en institutionele factoren achter deze ontwikkelingen? De vraag leent zich niet alleen voor beschrijvend en analytisch onderzoek, maar omvat ook vragen naar de waardering van deze maatschappelijke veranderingen. Bewegen we ons hiermee in de richting van een betere samenleving of niet? Bij overheden en grote instellingen speelt bovendien de praktische vraag naar de wijze waarop zij op deze veranderingen kunnen reageren. Nieuwe kennis kan instellingen die met deze veranderingsprocessen worstelen, praktisch ondersteunen. De vraag leent zich bij uitstek voor transdisciplinair onderzoek waarbij verschillende disciplines, zoals politicologie, bestuurskunde, rechtsgelerdheid, sociologie, geschiedenis, organisatiewetenschappen en ethiek, samenwerken met buitenwetenschappelijke werkvelden. Actie-onderzoek en sociale verandering gaan hierbij hand in hand.

Wat zijn de maatschappelijke gevolgen van de meest recente grote recessie, en hoe kan het stelsel van financiële systemen hervormd worden om dergelijke crises in de toekomst te voorkomen?

Toelichting
 Een relatief kleine schok op de Amerikaanse woningmarkt heeft het mondiale financiële systeem aan de rand van de afgrond gebracht. Banken raakten in problemen en moesten worden gered. De wereldhandel stortte in waardoor vele landen in een diepe en langdurige recessie terecht zijn gekomen. Veel bedrijven gingen failliet, mensen raakten werkloos, jonge mensen konden geen baan vinden. De gevolgen verschillen per land en landen hebben verschillend gereageerd op de crisis. Wat voor impact hebben die verschillen op samenlevingen, zowel op de korte als op de wat langere termijn? Met toenemende internationale verbindingen en afhankelijkheden worden landen, samenlevingen, organisaties en burgers steeds kwetsbaarder voor de gevolgen van dit type crises. Dat roept de vraag op of zoiets te voorkomen is in de toekomst en wat daarvoor nodig is.

Verbindend karakter
 Recessies zijn geen puur economische verschijnselen. De maatschappelijke gevolgen voor burgers, organisaties en samenlevingsverbanden zijn ingrijpend en raken aan allerlei aspecten van het dagelijks bestaan. Onder-

zoek naar de oorzaken en zeker naar de gevolgen van crises raakt aan aspecten in de economische, politieke en gedrags- en maatschappijwetenschappen, maar bijvoorbeeld ook aan gezondheidswetenschappen:

- Wat zijn de gevolgen van deze crisis voor het fundament van de (Westerse) economieën en hoe kunnen we in dat verband kijken naar bijvoorbeeld het financiële systeem, de huizenmarkt, het pensioenstelsel, werkloosheid?
- Hoe gaan mensen om met afnemende zekerheden in hun dagelijkse bestaan?
- Moeten er stappen genomen worden om toezicht, *governance* en verantwoordelijkheden van financiële instellingen en individuele bankiers zodanig te organiseren dat individuele prikkels voor banken en bankiers beter overeen komen met hun maatschappelijke verantwoordelijkheden en handelen?
- Is regulering van het financiële systeem en/of de financiële markten wenselijk en is het mogelijk?
- Wat zijn de gevolgen op mondiaal niveau, voor de opkomende economieën zoals China, India, Indonesië en Brazilië, en voor de broze economieën in ontwikkelingslanden?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe beïnvloeden de reële economie en de financiële sector elkaar?
- Kunnen we onze kennis op het gebied van epidemieën en ecologie gebruiken voor het ontwerp van protocollen voor stabiele financiële markten?
- Waarom zijn sommige samenlevingen goed bestand tegen schokken en crises, en andere niet?

Wat is een goede balans tussen vrijheid en (individuele en collectieve) verantwoordelijkheid?

Toelichting

Vragen over vrijheid en verantwoordelijkheid raken aan de kern van ons begrip over de mens. De urgentie van deze vragen is toegevoegd als gevolg van belangrijke maatschappelijke problemen als klimaatverandering, sociale conflicten, stijgende gezondheidszorgkosten en de groeiende kloof tussen arm en rijk. In hoeverre dragen individuen, organisaties en de overheid verantwoordelijkheid om iets aan deze problemen te doen? Wat betekent deze morele verplichting, of het ontbreken daarvan, voor de balans tussen zelfredzaamheid en collectieve zorg voor elkaar? En hoe kunnen we die zelfredzaamheid, maar ook die collectieve zorg, bevorderen? We weten inmiddels veel over de manier waarop de afbakening van verantwoordelijkheden samenwerking bevordert. Denk aan materiële prikkels en sancties, of sociale controle binnen informele netwerken. Hedendaagse informele, formele en virtuele verbanden zijn echter vluchtiger dan vroeger, terwijl vele collectieve verantwoordelijkheden – zoals een schone buurt of productiviteit in een bedrijf – juist duurzame vormen van samenwerking vereisen. Vraag is hoe materiële prikkels en sociale controle zowel bij vluchtige als duurzame samenwerkingsrelaties optimaal effect sorteren, ten behoeve van de collectieve verantwoordelijkheid en samenwerking.

Verbindend karakter

Deze vraag verbindt filosofie, psychologie, sociologie, recht, neurowetenschappen en economie. Aan de orde komen duiding van de relatie tussen begrippen als vrijheid, vrije wil en (individuele en collectieve) verantwoordelijkheid. Ook is een antwoord nodig op de vraag hoe vrijheid en verantwoordelijkheid zich verhouden tot zelfredzaamheid en participatie: Heb ik als burger de verantwoordelijkheid om zelfredzaam te zijn? Ben ik vrij om te participeren, of heb ik de plicht om te participeren? Een duiding van wat moreel juist is, is in dit verband onontbeerlijk; hierin zit het normatieve aspect van de vraag. Ontwerpde aspecten zien we in de relatie tot nationale beleidskaders. Een eenduidig begrip van vrijheid en verantwoordelijkheid ligt ten grondslag aan een visie op de samenleving, zoals politieke partijen die uitdragen. Een dergelijke visie vertaalt zich in beleidskaders voor het sociale domein en de gezondheidszorg. Door middel van toegepast en praktijkgericht onderzoek in deze domeinen kunnen innovatieve oplossingen en toepassingen worden gevonden om bijvoorbeeld de veerkracht van het individu en de samenleving te bevorderen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan moreel gedrag binnen de bankensector en semioverheid (bijvoorbeeld woningbouwcorporaties, onderwijs- en zorginstellingen) worden gestimuleerd en geïnstitutionaliseerd?
- In hoeverre kan, mag en moet de overheid ervoor zorgen dat bij afname van de hoeveelheid arbeid wordt voorkomen dat mensen uit verveling elkaar de kop inslaan?
- Hoe gaan we in Nederland het hoofd bieden aan de toenemende veroudering?

Hoe kunnen recht en andere vormen van regulering voldoende rechtszekerheid bieden en tegelijkertijd inspelen op (hedendaagse) maatschappelijke kansen en uitdagingen?

Toelichting

Onze maatschappij is snel aan het veranderen. Globalisering, digitalisering en de toenemende invloed van private actoren bieden maatschappelijke kansen, bijvoorbeeld via innovaties in ICT en via social media. Tegelijkertijd stellen ze ons voor maatschappelijke opgaven die grote implicaties hebben voor de rechten van individuele burgers, bijvoorbeeld inzake de organisatie van de gezondheidszorg, de omgang met religie, of de sociale zekerheid. Recht en andere vormen van regelgeving moeten enerzijds deze rechten waarborgen en handhaven, maar anderzijds voldoende flexibiliteit en aanpassingsvermogen bezitten om aangesloten te kunnen blijven op de veranderende maatschappij. Hoe kunnen deze flexibiliteit en zekerheid gecombineerd worden, zodat recht, regelgeving en beleid op een positieve manier bijdragen aan onze maatschappelijke welvaart en ons welzijn?

Verbindend karakter

Deze vraag biedt kansen om innovatief interdisciplinair onderzoek te doen naar een juridisch/bestuurlijk instrumentarium dat flexibel en efficiënt genoeg is om innovatie mogelijk te maken, en daarnaast rechtszekerheid en sociaal welzijn kan bevorderen. Door het stellen van evaluerende/normatieve vragen kan de wetenschap inzicht verschaffen in de aansluiting van bestaand recht en regelgeving op de huidige maatschappij. De veroudering van de bevolking maakt bijvoorbeeld al langer levende discussies rondom het recht op bepaalde medische behandelingen snel acuut. De opkomst van de zzp'er heeft nieuwe vragen opgeworpen aangaande arbeidscontracten, maar ook over aanspraken op de voorzieningen van de verzorgingsstaat. En hoe verhouden Europees en nationaal burgerschap zich tot elkaar? Oplossingsgerichte ontwerp vragen kunnen leiden tot innovatieve kennis over hoe recht, regelgeving en de bijbehorende instituties beter kunnen aansluiten op zowel maatschappelijke uitdagingen als economische kansen. Hierbij kan bijvoorbeeld gekeken worden naar de mogelijkheid om een zelfreinigend vermogen in te bouwen in financiële regelgeving, of onderzocht worden welke financiële en juridische modellen het leasen van wegen mogelijk maken. Wetenschappelijke vragen betreffende het recht gaan allereerst juristen aan, maar zeker niet alleen hen. De wetenschappelijke disciplines rechtsgeleerdheid, bestuurswetenschappen, sociologie en psychologie kunnen hier een belangrijke bijdrage leveren.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan een verdere jurisdisering van de maatschappij een halt worden toegevoerd of zelfs worden teruggebracht?
- Is nationaliteit nog een geschikte aanknopingsfactor in het internationaal familierecht?
- Welke huidige wetgeving moet aangepast worden om langer thuis wonen of mantelzorg te verruimen?

Hoe kan de effectiviteit en legitimiteit van wetgeving worden versterkt in het licht van mondiale uitdagingen op het terrein van milieu, veiligheid, innovatie, energie en klimaat?

Toelichting

Onze mondiale samenleving staat voor een groot aantal, om diverse redenen nogal weerbarstige, uitdagingen. Welke rol is er voor wetgeving weggelegd om te komen tot een daadkrachtige en effectieve aanpak van deze veelal grensoverschrijdende uitdagingen en problemen, in het bijzonder die op het terrein van energie, veiligheid, innovatie, milieu, gezondheid en klimaat? Welke instrumenten in het regulerings- en wetgevingspalet kunnen een zo effectief mogelijke bijdrage leveren, gegeven de mondiale schaal van de uitdagingen en de complexiteit van de ketens waarin personen, groepen, bedrijven en organisaties opereren?

Verbindend karakter

Deze vraag bestaat uit drie gerelateerde vraagstukken rondom de functie van wetgeving in onze huidige samenleving. Op de eerste plaats leiden nieuwe vraagstukken en nieuwe oplossingen tot nieuwe onwenselijke activiteiten van mensen en organisaties, die met nieuwe wetgeving bestreden moeten worden. Daarnaast is bestaande wetgeving voor heel veel innovatieve ontwikkelingen vaak een belemmering. Ten slotte zijn moderne ontwikkelingen, bijvoorbeeld in de ICT, heel goed bruikbaar om wetgeving en handhaving effectiever te maken. Wetenschappelijke vraagstukken in de context van deze vraag gaan over functie, constructie en impact van wetgeving in de samenleving. Dit is deels een kennisvraag, maar eigenlijk ook een ontwerpvrage: hoe kom je tot betere wetgeving? De maatschappelijke uitdagingen in deze vraag bestrijken volledig de drie onderdelen die hierboven benoemd zijn: het ondervangen van nieuwe problemen, het voorkomen dat wetgeving belemmerend werkt voor vernieuwing, en het effectiever maken van wetgeving met nieuwe technieken en oplossingen. De toepassingsgebieden voor deze vraagstukken zijn divers: milieu, veiligheid, innovatie, energie en klimaat, maar ook mobiliteit, technologie, ondernemerschap, organisatievormen, ontwikkelingsamenwerking, enzovoort. De juridische subdisciplines die in Nederland een sterke internationale reputatie hebben op dit terrein zullen zich over dit soort vragen gaan buigen. Het construeren van effectieve juridische kaders voor al deze maatschappelijke vraagstukken creëert enorme kansen voor ondernemers, adviseurs en bijvoorbeeld ook NGO's om die oplossingen toe te gaan passen op andere maatschappelijke uitdagingen en in andere landen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe beschermen we ons energiesysteem tegen kwaadwillenden, zoals hackers?
- Op welke wijze kan big data worden benut voor het evalueren van de effectiviteit van overheidsbeleid en in het bijzonder (juridische) interventies/sancties?
- In hoeverre kan het op bepaalde punten conflicterende beleid van klimaat en luchtkwaliteit beter op elkaar worden aangesloten, zodat de mitigatie van emissies effectiever wordt en er een win-win situatie optreedt?

Wat is het probleem met ongelijkheid?

Toelichting

Ongelijkheid staat zeer hoog op de maatschappelijke en politieke agenda. Niet alleen in Nederland, maar in grote delen van de wereld. Ongelijkheid prikkelt enerzijds om een stapje extra te zetten om hoger te reiken op de maatschappelijke ladder, maar teveel ongelijkheid kan ook ontwrichtend werken en kan de economische groei en sociale cohesie verminderen. De naoorlogse trend van afnemende inkomens- en vermogensongelijkheid lijkt de laatste decennia te zijn omgekeerd: economische ongelijkheden nemen in veel landen weer toe. Ongelijkheden leiden tot in- en uitsluiting en het is van belang de oorzaken hiervan te kennen.

Verbindend karakter

Gelijkheid is een kernwaarde van de moderne samenleving. In de dagelijkse praktijk bestaan echter tal van ongelijkheden. Die komen niet alleen voort uit sociaaleconomische verschillen, maar kunnen ook het gevolg zijn van onbewuste en bewuste categorisering op basis van gender, huidskleur, seksuele voorkeur, etniciteit, religie, taal, geestelijke of lichamelijke beperkingen, leeftijd, nationaliteit enzovoorts. Dit vraagstuk roept zowel empirische, normatieve als ontwerp vragen op voor een reeks van disciplines, zoals sociologie, economie, geschiedenis, en recht:

- Is ongelijkheid onwenselijk in zichzelf, of omdat ongelijkheid andere waarden aantast?
- Welke sociale en economische ongelijkheden zijn er in Nederland en wat zijn de trends daarin?
- Hoe kunnen we het bestaan van ongelijkheden historisch verklaren?
- Zijn er systemen denkbaar die meer gelijkheid opleveren en ons welvaartsniveau op peil houden of vergroten, of is er een onvermijdelijke spanning tussen gelijkheid en andere doelen die we nastreven, zoals economische groei?
- Welke effecten hebben ongelijkheidsreducerende beleidsmaatregelen en interventies?
- Hoe kan de wetgever toegang tot en inclusie van iedereen in de samenleving helpen bevorderen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welk effect hebben het tempo en de aard van economische groei en globalisering op de wijze waarop samenlevingen zich ontwikkelen en middelen en hulpbronnen verdeeld worden tussen sociale groepen op lokaal en mondiaal niveau?
- Kan het invoeren van een basisinkomen (voor iedereen uiteindelijk) een positieve nieuwe impuls geven aan de (Nederlandse) economie? En zo ja, hoeveel zou dat basisinkomen ongeveer moeten zijn?
- Hoe kunnen impliciet racisme en impliciet seksisme het beste worden bestreden?

Hoe kunnen we armoede beperken en mondiaal welzijn vergroten?

Toelichting

Armoede is, naast het ontvluchten van oorlogsgeweld, één van de belangrijkste factoren die internationale migratie bevorderen. Hoewel zulke migratie grote voordelen kan opleveren, zowel voor landen van herkomst als voor bestemmingslanden, is er vaak sprake van gebrekkige integratie die leidt tot het ontstaan van spanningen tussen nieuwkomers en autochtone inwoners. Brengt gebrekkige integratie veiligheidsrisico's met zich mee? Dreigt een onderklasse te ontstaan die gevoelig is voor de verlokkingen van internationaal terrorisme? Kan dit soort problemen het best geadresseerd worden door een repressief beleid, of juist door een beleid gericht op ondersteuning en het bevorderen van integratie? Kunnen we internationale veiligheid bevorderen door bepaalde vormen van ontwikkelings-samenwerking? Door de jaren heen is er zowel door overheden als door particulieren een breed beleidsinstrumentarium met bijbehorende interventies ontwikkeld om oorzaken en/of gevolgen van armoede aan te pakken. Met het oog op de toekomst ligt er een grote uitdaging om inzicht te krijgen in de effectiviteit van dit beleidsinstrumentarium, zodat we beter begrijpen waar we op in moeten zetten. Daarbij is de inzet zowel om armoede te beperken als om het mondiaal welzijn te vergroten.

Verbindend karakter

Om deze vraag te beantwoorden is een multidisciplinaire aanpak nodig. Inzichten uit de economie, internati-

onale betrekkingen, sociologie, rechtswetenschappen, geschiedenis en ontwikkelingsstudies kunnen bijdragen aan het ontrafelen van de werking van bepaalde beleidsinterventies. Denk hierbij aan vredesoperaties, voedselhulp, samenwerkingsverbanden op het gebied van veiligheid, investeringen in de economie of in de ontwikkeling van democratische rechtsstaten. Deze interventies hebben tot doel om positief bij te dragen aan de welvaart en het welzijn van mensen.

Voor de wetenschap ligt de uitdaging onder andere in toegepast/evaluerend onderzoek naar de effectiviteit van bepaalde interventies, waarbij vergelijkend onderzoek inzicht kan verschaffen in de effectiviteit van verschillende typen aanpak, maar ook van verschillende soorten beleidsinstrumenten, zoals communicatieve, financieel-economische, juridische en faciliterende instrumenten. Daarbij is het ook belangrijk om evaluerend/vergelijkend onderzoek te doen naar de randvoorwaarden waarbinnen een interventie wel of niet werkt. Denk aan de mate waarin er politieke steun is voor bepaalde maatregelen.

Het is een uitdaging om via strategisch/ontwerpgericht onderzoek te komen tot innovatie in de aanpak van armoede. Het is van economisch belang om interventies te ontwikkelen die zowel armoede beperken als tot een grotere economische meerwaarde – en daarmee vergrote welvaart – leiden. Daarnaast kunnen nieuwe inzichten verwerkt worden in nieuwe typen interventies. Deze vraag kan zowel vanuit een nationaal als internationaal perspectief worden gepercipieerd.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke vormen van sociaal beleid (sociale vangnetten) hebben bijgedragen aan de economische groei in ontwikkelingslanden en welke vormen hebben dat niet?
- Kan de honger in de wereld verminderen als we stoppen met vlees eten?
- Wat kan gedaan worden om oudere migranten te bereiken met preventie- en voorlichtingsprogramma's inzake gezond eten en meer bewegen?

Wat zijn de oorzaken en de gevolgen van migratie en hoe kunnen we er mee omgaan?

Toelichting

Migratie is geen nieuw fenomeen. Europa is mede vormgegeven door de culturele, religieuze en sociaaleconomische diversiteit die het gevolg was van eeuwenlange migratie. Regionale conflicten, falende staten, globalisering en Europese integratie leiden tot grote en zeer diverse migratiestromen naar en binnen Europa. Zij leiden tot diep verschil van inzicht tussen diverse groepen in de samenleving. De afbakening tussen het volk (de *demos* in democratie) en anderen (buitenlanders, immigranten) ligt aan de basis van moderne staten: zonder grenzen geen staat. Door de toenemende internationale migratie staan de traditionele afbakeningen echter onder druk. Het volk is in landen als Nederland allang niet meer cultureel of etnisch homogeen, en grenzen worden steeds poreuzer.

Verbindend karakter

Deze vraag verbindt een groot aantal zeer relevante historisch en empirisch-analytische, evaluatieve en normatieve, en ontwerp vragen met een meerlaags en multidisciplinair karakter. Sociologie, geschiedenis, recht, criminologie, ethiek, culturele studies en politieke wetenschappen werken samen om de volgende vragen te beantwoorden:

- Wat zijn trends en wat zijn aard en oorzaak van migratiestromen? Wat is de relatie met Europees kolonialisme en imperialisme?
- Onder welke condities slaagt de integratie van migranten en hoe ontstaat juist uitsluiting? Hoe wordt het begrip burgerschap formeel en informeel ingevuld? Hoe kan wetgeving bijdragen aan een goede omgang met migranten en minderheden? Hoe kan een politieke en culturele stem gegeven worden aan diegenen die geen ingezetene zijn van een land, maar daar wel wonen en werken?
- Hoe moeten migratiestromen gewaardeerd worden? Welke gevolgen hebben hedendaagse internationale migratie en culturele diversiteit voor de veerkracht en duurzaamheid van de samenlevingen?
- Hoe kunnen migratiestromen in goede banen worden geleid? Wat zijn moreel gerechtvaardigde en prudente manieren om met migratie en vluchtelingen om te gaan? Wat zijn de rechten en plichten van nationale meerderheden ten aanzien van minderheden. Wat zijn de rechten en plichten van natiestaten ten aanzien van vluchtelingen en asielzoekers? Wie zijn verantwoordelijk voor de vele doden die vallen op hun weg naar de Europese Unie en hoe kunnen we die voorkomen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Op welke manieren is het beschermen van grenzen beter te combineren met het beschermen van mensen?
- Hoe kunnen we zorgen voor gelijke kansen op gezondheid voor iedereen (dus ook voor laaggeletterden, laagopgeleiden, en etnische minderheden)?
- Wat is de bijdrage van sport aan de leefbaarheid, veiligheid en sociale cohesie in wijk en maatschappij?

Kunnen globalisering en ontwikkeling opnieuw uitgevonden worden, opdat grote welvaartsverschillen tussen regio's in de wereld kunnen verminderen in de loop der tijd?

Toelichting

Waarom bestaan er zulke grote welvaartsverschillen tussen regio's in de wereld en veranderen die in de tijd? Duizend jaar geleden waren de welvaartsverschillen tussen de werelddelen gering. Sindsdien nemen die verschillen snel toe en lijken ze een structureel karakter te krijgen: het welvarende Westen versus de arme rest. Inmiddels is, onder andere met de opkomst van landen als Brazilië, Rusland, India en China, de verhouding tussen de regio's opnieuw aan het veranderen. Waarvoor komt dat, welke veranderingen vinden plaats, wat voor gevolgen heeft dat en hoe kunnen we daar het beste op reageren? Mensen verhuizen uit arme streken naar de rijke gebieden. Deze migratie kan bijdragen aan een nieuw evenwicht. Hetzelfde kan misschien ook wel bereikt worden door meer onderwijs in arme streken, door gerichte investeringsprogramma's of door

politieke en bestuurlijke hervormingen. Onderzoek naar langetermijntoewijzingen in processen van globalisering biedt uitzicht op succesvolle strategieën om met de gevolgen om te gaan.

Verbindend karakter

Globalisering en ontwikkeling zijn complexe en veelomvattende processen met historische, economische, politieke, culturele en milieudimensies. Het is evident dat globalisering en ontwikkeling in India of China niet hetzelfde betekenen als in Afrika, Europa of de Verenigde Staten. De meeste theorievorming over globalisering en ontwikkeling komt vanuit de sociale wetenschappen en economie. Het is echter noodzakelijk om ze ook vanuit andere perspectieven te bestuderen, zoals vanuit de (sociale) geografie, geschiedenis en ecologie. Voorbeelden van interdisciplinaire vragen zijn:

- Wat vertellen historische golfbewegingen in het globaliseringsproces ons over de toekomst van globalisering? Hoe moeten we het globaliseringsproces waarderen? Hoe kan globalisering bijdragen aan het veerkrachtig vermogen van samenlevingen? En hoe kan globalisering dat vermogen bedreigen?
- Welke vormen van internationale samenwerking tussen relatief rijke en relatief arme landen stimuleert de veerkracht van arme landen?
- Hoe verhouden mondiale ontwikkelingen en processen zich tot regionale en lokale ontwikkelingen in historisch, economisch en cultureel perspectief?
- Hoe kan globalisering bijdragen aan biodiversiteit en milieukwaliteit? Hoe kunnen institutionele veranderingen duurzame investeringen stimuleren in ontwikkelingslanden?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen internationale waardenketens zo worden georganiseerd dat ze leiden tot meer inclusieve en sociaal en ecologisch duurzame economische groei in het Zuiden en Noorden?
- Hoe kunnen samenlevingen, die internationaal steeds meer vervlochten raken, flexibel en duurzaam reageren op door globalisering veroorzaakte bedreigingen maar toch hun eigen identiteit en cultuur behouden?
- Waarom ontstond/bestaat er meer economische groei en welzijn in sommige gebieden in de wereld en elders minder?

Wat zijn de implicaties van en de opgaven voor de wereldwijde verstedelijking?

Toelichting

Binnen een aantal decennia zal zeventig procent van de wereldbevolking in steden wonen. Grote verstedelijkte gebieden zullen in toenemende mate als motoren van economische, sociale en culturele ontwikkeling fungeren. De dichtheid van activiteiten in stedelijke gebieden kan milieuproblemen, logistieke problemen of sociale problemen verheven, maar biedt aan de andere kant ook meer kansen voor het oplossen daarvan. De wereldwijde verstedelijking is een proces dat qua verloop en implicaties nog niet goed wordt begrepen. Hoe kan de economische, sociale en culturele vitaliteit van steden worden versterkt en hoe kunnen conflicten beheersbaar blijven? Wat is bepalend voor het succes van steden en op welke wijze kunnen overheden, bedrijven, burgers, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties daar gezamenlijk een bijdrage aan leveren? Processen van verstedelijking vormen een vruchtbaar overkoepelend uitgangspunt om nieuw en baanbrekend sociaalwetenschappelijk, economisch, technisch en historisch onderzoek in samenhang te ontwikkelen.

Verbindend karakter

De implicaties van verstedelijking zijn relevant voor alfa-, bèta- en gammaonderzoek en combinaties daarvan. In het alfadomein spelen vragen rond relatie tussen stad en cultuur in brede zin, met onder meer thema's als burgerschap en participatieve democratie. In het bètadomein kan het gaan om het stadsklimaat, het stedelijk metabolisme of het groen in de stad. In het gammadomein zijn vragen naar sociale cohesie en naar de stad als bron van culturele en technologische vernieuwingen interessant. Maar er zijn ook talloze deelenwerpen die deze driedeling overstijgen zoals mobiliteit, gezondheid en leefbaarheid in de stad. In de vraag naar de implicaties van verstedelijking speelt de verbinding tussen lokale verschijnselen en mondiale processen een grote rol. Belangrijk voor deze vraag is het ontwerpende onderzoek dat concrete beslissingen over stadsontwikkeling kan onderbouwen en dat ook kan helpen om toekomstbeelden van de ideale stad te genereren. Op de achtergrond spelen daarbij meer normatieve vragen, zoals die over rurale versus urbane waarden of vragen rond de esthetiek van de stad. Verder geeft veel stedelijk onderzoek de mogelijkheid om actieonderzoek in wijken en buurten alsmede onderzoek voor stadsbesturen te verbinden met theoretische vragen naar de ideale stedelijke ontwikkeling. Dit omvat ook het verder uitwerken van en de kritische reflectie op nieuwe concepten voor stedelijke ontwikkeling waaronder: *smart cities*, *green cities*, *sustainable cities*, *sharing cities*, en *hackable cities*.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen in de nabije toekomst steden voorbereid zijn en worden op de voortgaande ontwikkeling van globalisering en lokalisering?
- Wat is voor de overheid en voor stedelijke partijen stuurbaar of hanteerbaar?
- Wat is de invloed van de migratie van kunstwerken, kunstenaars en hun ideeën op de ontwikkeling van de culturele identiteit van personen en steden?

Wat is Europa? Verleden, heden en toekomst

Toelichting

Europa heeft zichzelf eeuwenlang als de beschaving bij uitstek beschouwd. Belangrijke pijlers van het Europese zelfbeeld zijn de klassieke tradities van het antieke Griekenland en Rome, de vorming van universiteiten en naties in de Middeleeuwen, het humanisme van de Renaissance en de Verlichting in de 18^e eeuw. Het beeld van een verlicht, beschaafd Europa werd tot in alle hoeken van de wereld uitgedragen, vaak met harde hand. Deze geschiedenis is nog altijd prominent aanwezig in het na-oorlogse project Europa: de preambule van de Europese grondwet spreekt van een inspiratie uit *'de culturele, religieuze en humanistische tradities van Europa, die ten grondslag liggen aan de ontwikkeling van de universele waarden van de onschendbare en onvervreemdbare rechten van de mens en van vrijheid, democratie, gelijkheid en de rechtsstaat'*. Onderzoek naar de fundamenten van Europa kan een realistisch(er) beeld scheppen van de wordingsgeschiedenis van Europa en daarmee meer duidelijkheid geven over de toekomst van Europa.

Verbindend karakter

Om zicht te krijgen op de fundamenten van Europa is onderzoek nodig vanuit verschillende invalshoeken, zoals rechten, geschiedenis, filosofie, economie, sociologie en religiewetenschappen. Opgedane inzichten kunnen benut worden in het proces van de verdere Europese integratie, die bepalend zal zijn voor de toekomst van Europa. Als Nederlandse burgers, ondernemingen, maatschappelijke partijen en de Nederlandse Staat de kansen en uitdagingen van de toekomst optimaal willen kunnen benutten, is het belangrijk om die fundamenten te kennen. Met die kennis is het (beter) mogelijk om internationaal aansluiting te krijgen en te houden bij maatschappelijke en economische vraagstukken en kansen nu en in de toekomst. Voorbeelden van vragen die leven:

- Hoe beïnvloeden globaliseringsprocessen begrippen van burgerschap, soevereiniteit, nationaliteit en democratie?
- Hoe kunnen instituties die vrijheid en gelijkheid moeten bevorderen zich aanpassen aan nieuwe ontwikkelingen?
- Kan het Europese experiment met kapitalisme en democratie zich handhaven in de 21^{ste} eeuw?
- Welke rol spelen minderheden, al of niet met een Europese achtergrond, in het vormgeven van een kleurrijk Europa?
- Hoe kan de Europese Unie slagvaardig reageren op nieuwe uitdagingen, crises en meer sluipende vraagstukken zoals vergrijzing en klimaatverandering?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Waarom bleven de Griekse filosofen, vooral Plato en Aristoteles, zo lang maatgevend voor het Europese onderwijs?**
- **Wat is Europa en hoe kan de EU slagvaardig reageren op nieuwe uitdagingen?**
- **Hoe kan Europa haar koloniale verleden zo verwerken dat het een daadwerkelijk kleurrijk continent kan worden, en welke rol kunnen onderwijs en onderzoek op basis van postkoloniale en mondialiseringsperspectieven hierbij spelen?**

Hoe kan sociale cohesie in een cultureel en religieus diverse samenleving bevorderd worden?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Hoe hebben immigranten in Nederland hun aankomst en vestiging in deze samenleving zelf beleefd en ervaren? Welke aankomstverhalen circuleren in hun gezinnen en families?**
- **Welke vormen van globale cultuuroverdracht en -transformatie hebben door de geschiedenis heen geleid tot convergentie, homogenisering en verlies aan variatie, en welke genereren juist grotere diversiteit en/of conflict?**
- **Hoe kan onderwijs bijdragen aan het ontwikkelen van maatschappelijk engagement en een democratische houding?**

Toelichting

De culturele en religieuze diversiteit in de Nederlandse samenleving is de afgelopen decennia toegenomen. Aan de basis van deze toename staan onder andere het verdwijnen van de zuilensamenleving, secularisering en migratie. Dit roept tal van nieuwe vragen op over de aard, omvang en ontwikkeling van deze diversiteit, hoe we er mee om moeten gaan en hoe we de maatschappelijke conflicten die hieruit kunnen voortvloeien kunnen beperken. Met name de onverenigbaarheid van de waarden van de liberale democratie en die van fundamentalistische religies roepen spanningen op. Het is noodzakelijk om methoden te vinden die individuen en groepen uitnodigen om ondanks verschillen vreedzaam samen te leven. Hierbij kunnen drie soorten vragen worden onderscheiden. Het eerste type vraag betreft verklaringen voor het ontstaan van spanningen, zoals tegenstellingen tussen groepswaarden of individuele waarden en waarden van de Nederlandse samenleving. Het tweede type vraag betreft oplossingsrichtingen voor het voorkomen en beperken van spanningen tussen groepen. Kan het onderwijs hierbij bijvoorbeeld een rol spelen en welke mogelijkheden moeten dan benut worden? Zijn er voorbeelden uit het verleden die nu weer toegepast kunnen worden? Het derde type vraag betreft specifiek het verklaren en voorkomen van de ontwikkeling van extremistisch gedachtengoed.

Verbindend karakter

De vraag naar de bevordering van sociale cohesie in een diverse samenleving kan alleen beantwoord worden in interdisciplinair verband. Dit vraagt expertise op het terrein van sociologie, rechten, religiewetenschappen, geschiedenis, onderwijskunde, filosofie, pedagogiek en psychologie. Voor zo'n brede interdisciplinaire samenwerking biedt dit onderwerp tal van uitdagingen, omdat verbanden gelegd moeten worden tussen uiteenlopende onderwerpen en gezocht moet worden naar diverse werkende oplossingsstrategieën. De vragen variëren in karakter van fundamenteel, zoals vragen over processen die groepsvorming bevorderen, tot zeer toegepast. Omdat deze vraag in tal van samenlevingen leeft, is internationaal onderzoek hiernaar een vereiste.

Hoe kunnen zelfredzaamheid en participatie in de samenleving gestimuleerd worden?

Toelichting

Burgers hebben steeds meer behoefte om zelf actief betrokken te worden in de maatschappij en een actieve bijdrage te leveren aan zowel hun eigen welzijn en gezondheid als aan maatschappijgeoriënteerde organisaties en (zorg)instellingen. Dit blijkt ook uit het grote aantal ingediende vragen rondom dit thema. Vragen over hoe kwetsbare groepen zoals chronisch zieken, mensen met psychische aandoeningen of minderheden in de samenleving, goed kunnen mee blijven doen in onze samenleving komen veel voor. Sommige vragen gaan over het zoeken van oplossingen in nieuwe technologie zoals *e-health* en robotica, en hoe deze bijvoorbeeld kunnen helpen om ouderen langer thuis te laten wonen.

Verbindend karakter

Deze vraag is uitdagend voor wetenschappers, en van belang voor zowel de samenleving als voor de economie. Immers: zelfredzaamheid en participatie leiden tot minder overheidsuitgaven en meer creativiteit en ondernemerschap. De vraag heeft zowel belangrijke implicaties voor de (geestelijke en lichamelijke) gezondheidszorg en voor opleiding en onderwijs, als voor maatschappelijke, economische en technologische ontwikkelingen. Daarnaast kent de vraag beschrijvende, normatieve en ontwerpende aspecten. De beschrijvende aspecten gaan over de duiding van de begrippen zelfredzaamheid en participatie. De duiding van wat moreel juist is bevat het normatieve aspect van de vraag. Ontwerpende aspecten zijn er vooral ten behoeve van onderwijs en beleid: hoe kan het onderwijs zelfredzaamheid en participatie stimuleren? Wat zijn beleidsconsequenties van een grotere zelfredzaamheid en participatie? Maar ook ten behoeve van technologische ontwikkelingen is ontwerpend onderzoek aan de orde: hoe kan de techniek de zelfredzaamheid bevorderen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de invloed van het overvragen of juist het te weinig uitdagen van mensen met een chronische ziekte of dementie en hoe kan je daarbij het cognitief vermogen van iemand inschatten?
- Leidt het bevorderen van zelfmanagement tot betere kwaliteit van zorg, minder complicaties en meer patiënttevredenheid?
- Wanneer houdt 'zo lang mogelijk zelfstandig' voor ouderen op?

Hoe blijven de beroepsbevolking en haar organisaties vitaal en veerkrachtig in het licht van de uitdagingen van de 21^{ste} eeuw?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke banen bestaan er nog in 2035 en later?
- Hoe kan het onderwijs 21^{ste}-eeuwse vaardigheden stimuleren om mensen voor te bereiden op het functioneren in de toekomstige maatschappij?
- Hoe dragen innovatieve manieren van managen en organiseren bij aan het innovatievermogen van Nederlandse organisaties?

Toelichting

Voor een kenniseconomie als Nederland is de mens het belangrijkste kapitaal. Hoe blijven de beroepsbevolking in ons land en organisaties op de arbeidsmarkt vitaal en veerkrachtig in het licht van de grote uitdagingen van de 21^{ste} eeuw? Mensen zullen in de toekomst een langere arbeidscarrière kennen, en carrièreswitches zullen veel vaker voorkomen. Hoe kunnen tijdens de loopbaan nieuwe vaardigheden verworven en aangeleerd worden? Banen aan de onderkant van de arbeidsmarkt worden steeds instabieler en onzekerder, het middensegment krimpt en aan de bovenkant wordt steeds meer flexibiliteit en aanpassing gevraagd. Hoe kan het onderwijs op deze permanente veranderingen inspelen? Hoe verbinden we beroeps- en algemeen onderwijs en vermijden we een sociale scheidslijn tussen laag- en hoogopgeleiden? Vakmanschap heeft de connotatie van ambacht en traditie, maar wat zou een moderne invulling van vakmanschap kunnen zijn, gericht op creativiteit en innovatie en passend bij de moderne economie? Hoe zorgen we voor een goede toerusting van de meest kwetsbare leerlingen op de toekomstige arbeidsmarkt? Hoe verandert de onderkant van de arbeidsmarkt?

Verbindend karakter

Deze vraag combineert de veranderingen in onze samenleving in de komende eeuw met vragen over ons huidige onderwijsstelsel en het bevorderen van arbeidsparticipatie. De verwachting is dat de structuur van de arbeidsmarkt fundamenteel zal veranderen in de 21^{ste} eeuw, als gevolg van digitalisering, maar ook door de flexibilisering van werk en de manier waarop organisaties veranderen. Het adresseren van de vraag vereist een analyse vanuit sociaaleconomisch perspectief, evenals kennis van technische ontwikkelingen die veelal de motor zijn van de verandering in onze samenleving. De vraag vereist daarmee het bestaan van multidisciplinaire bruggen tussen verschillende wetenschapsgebieden zoals arbeids- en organisatiepsychologie, sociologie, onderwijskunde, economie en techniek, om een beter fundamenteel begrip te krijgen van de veranderende samenleving in de 21^{ste} eeuw. Hierdoor ontstaat grip op de veranderende organisatievormen die zijn ontstaan en zullen ontstaan, zodat goed onderwijs, zorg voor ouderen, arbeidsparticipatie, duurzaamheid en veiligheid beter geborgd kunnen worden. Bij dit alles speelt de verhouding tussen mens en technologie een belangrijke rol. Het ontwerpen van nieuwe organisatievormen voor werk, onderwijs en samenleving biedt daarnaast nieuwe economische kansen.

Wat is het geheim van veerkrachtige samenlevingen?

Toelichting

Van de Nederlandse samenleving, met zijn open economie en internationale oriëntatie, wordt een enorme veerkracht gevraagd. De sociale samenhang en inclusiviteit van de samenleving staan onder druk door onder andere technologische veranderingen, globalisering van de economie en migratiestromen. Door robotisering en internationale arbeidsdeling krimpen sommige sectoren en beroepsgroepen, terwijl andere juist groeien. Grote stromen migranten veranderen het gezicht van de samenleving blijvend. Ontwikkelingen in het ene deel van de wereld hebben, mede door nieuwe media en internet, directe gevolgen voor ontwikkelingen in andere delen. Tradities lijken verloren te gaan en scheidslijnen tussen bevolkingsgroepen lijken groter te worden.

Verbindend karakter

De vraag is of, en in welke mate, bovenstaande observaties kloppen. En zo ja, of en hoe bepaalde processen te keren, hoe de cohesie binnen de samenleving te bevorderen en hoe scheidslijnen tussen bevolkingsgroepen te verkleinen. Dit roept een reeks vragen op met historische, culturele, economische en sociaalwetenschappelijke dimensies, zoals:

- Wat kunnen we over veerkrachtige samenlevingen leren uit historische en internationale vergelijkingen?
- Welke historische verschillen zijn er tussen ontwikkelingen in verschillende landen, bijvoorbeeld ten aanzien van economische groei en sociale samenhang?
- Welke instituties zoals de rechtsstaat, de parlementaire democratie en de verzorgingsstaat bepalen de vitaliteit en samenhang van een samenleving?
- Op welke manier spelen instituties een rol in de samenhang en samenwerking tussen individuen?
- Kunnen de verworvenheden van de rechtsstaat, de parlementaire democratie en de verzorgingsstaat in hun huidige vorm in stand blijven en hebben die verworvenheden duurzame positieve effecten op de samenhang van samenlevingen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe begrijpen mensen hun werkelijkheid in een samenleving waarin de kennis van de wereld steeds complexer en abstracter wordt, via moderne communicatiemiddelen wordt gedeeld en in toenemende mate berust op wetenschap en technologie?
- Wat is de rol van ideologie in de samenleving in het heden en het verleden?
- Welke rol mag traditie spelen in morele en politieke vraagstukken?

Smart industry Hoe maken we onze fabrieken slimmer?

Toelichting

Er vindt op dit moment een vierde industriële revolutie plaats: de transitie van de industrie naar een digitale wereld waarin ICT diep doordringt in alle facetten van het productieproces. Het *Internet of Things*, het ontsluiten van big data en het verbinden van momenteel nog gescheiden informatiestromen en productiestappen spelen hierbij een centrale rol. Onderzoek naar een slimme industrie gaat niet alleen over technologie, maar ook over de impact op de omgeving: de verwachting is dat een slimme industrie onze samenleving fundamenteel zal veranderen. Online services hebben nu al grote impact op business modellen. En de alomtegenwoordige beschikbaarheid van informatie roept vragen op rondom privacy. Ook toenemende robotisering en daarmee het mogelijk afnemen van banen is een punt van zorg.

Verbindend karakter

De technische uitdagingen van een slimme industrie vergen samenwerking tussen meerdere disciplines, zoals verschillende engineering disciplines, materiaalonderzoek en ICT-onderzoek. Nederland heeft goede onderzoeksgroepen op dit gebied. Gezien de grote maatschappelijke impact van dit gebied zal ook de interactie met sociologische of ethische onderzoekers gezocht moeten worden. De slimme industrie sluit aan bij de topsector High Tech Systemen en Materialen, maar ook bij Water, Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen. Bovendien biedt dit concept vele kansen voor productiebedrijven en daaraan verbonden toeleveranciers en afnemers, met grote ontwikkelkansen voor het MKB. In een pilotprogramma zijn inmiddels enkele zogeheten *field labs* opgericht. Field labs zijn praktijkomgevingen waarin bedrijven en kennisinstellingen doelgericht oplossingen kunnen ontwikkelen, testen en implementeren en van waaruit nieuwe onderzoeksvragen worden geformuleerd.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen mechatronische machineplatforms en modules sneller, nauwkeuriger en betrouwbaarder worden, met minder energieverbruik, met (draadloze) toegang op afstand en met minder en duurzamer materiaalverbruik?
- Hoe kunnen we de logistieke processen organiseren voor *smart industries*?
- Wat zijn economische implicaties van ultra-gepersonaliseerde productiesystemen voor de structuur en werking van de Nederlandse maakindustrie? Kunnen deze systemen zo worden vormgegeven dat ze de circulaire economie bevorderen en bijdragen aan burgerschap?

Hoe kunnen we een werkelijk circulaire economie realiseren en zo industriële productie van goederen minder afhankelijk maken van primaire grondstoffen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan het circulair ontwerpen van producten de standaard worden?
- Hoe kunnen robotica en automatisering materiaal- en energie-efficiëntie vergroten?
- Hoe meet ik de recyclebaarheid van producten en afvalstromen voor een *minimal footprint* samenleving?

Toelichting

De ultieme maatschappelijke opgave op het gebied van grondstoffen, energie en materialen is het realiseren van een circulaire economie, waarbij niets verloren gaat en de reststroom van het ene proces, de grondstof is voor het andere. Zodra de prijs van grondstoffen oploopt door schaarste wordt het economisch ook interessanter om materiaal te hergebruiken of te recyclen. In eerste instantie wordt geprobeerd deze keten te sluiten voor processen gebaseerd op fossiele grondstoffen. Daarnaast is ook het sluiten van de keten voor niet volledig afbreekbare *biobased* materialen van toenemend belang. Belangrijke stappen naar duurzaamheid liggen in het zodanig ontwerpen dat constructies makkelijk af te breken en te recyclen zijn. Ook het veilig verlengen van de levensduur van constructies is een goede oplossing. Het monitoren van de toestand van een constructie tijdens de gebruiksduur is hierbij een essentieel element. Voor groene grondstoffen en energiebronnen geldt dat ze op een verantwoorde manier worden geproduceerd, zonder te concurreren met voedsel en met behoud van de agrarische productiecapaciteit. Voorts moeten ze na gebruik worden gerecycled of als voedsel worden teruggegeven aan de natuur.

Verbindend karakter

Een voorbeeld van een sector waar deze vraag sterk speelt is de bouw, vanwege de grote hoeveelheden materialen en energie die hier in omgaan. Hier is veel onderzoek nodig op procesniveau: nieuwe werkvormen, aanbestedingsprocedures, logistiek van grondstoffen, nieuwe waardeketens en businessmodellen voor levensduurbenadering of *building with nature*. Ook van belang is hier het duurzaam gebruik en effectief monitoren en managen van de ondergrond. De topsectoren Chemie, Energie, Creatieve Industrie en Agri & Food noemen onderzoek naar de circulaire economie in hun kennisagenda's. Het benodigde onderzoek is zowel verkennend als toegepast, maar ook beleidsonderbouwend en normerend van aard. Naast fundamenteel onderzoek naar zelfherstellende materialen voor levensduurverlenging van objecten gaat het bijvoorbeeld ook om onderzoek naar alternatieven voor schaarse grondstoffen of de inzet van robotica en automatisering. Daarnaast zullen effectieve incentives, motivatie voor gedragsverandering en regelgeving voor de circulaire economie ontworpen moeten worden. Duurzaamheidsonderzoek is daarmee onderzoek dat groot belang heeft bij de benadering die gehanteerd wordt in Maatschappelijk Verantwoord Innoveren.

Wat zijn de kenmerken van een circulaire economie en hoe realiseren we deze?

Toelichting

Duurzame manieren om onze toekomstige welvaart te garanderen staan hoog op de agenda. In de natuur bestaat afval niet: alle stoffen worden opnieuw gebruikt. Energie uit zonlicht wordt omgezet en levert daarmee energie die door de natuur wordt gebruikt om grondstoffen in te zetten voor groei en ontwikkeling. De economie kan op dit punt veel leren van de ecologie. In de komende tien jaar is er veel grensverleggend onderzoek nodig teneinde de lineaire samenleving om te zetten naar een vorm waarin kringlopen worden gesloten en afvalstoffen worden benut: een circulaire economie. Een belangrijk aspect van deze opgave is de vraag naar de optimale schaal waarop kringlopen gesloten moeten worden. In dit kader staan ook de focus op economische groei en het meten van welvaart in termen van groei ter discussie. Zijn er alternatieve manieren om welvaart en voorspoed te meten? Is het mogelijk om modellen te ontwikkelen die meer recht doen aan duurzaamheid en sociale welvaart? Andere uitdagingen betreffen kwesties als hoe we naar een circulaire economie kunnen bewegen; hoe we de transitie naar volledig duurzame energie moeten organiseren; en hoe we een groeiende wereldbevolking kunnen blijven voeden zonder de aarde geweld aan te doen. Hoe bereiken we een circulaire economie waarin ecologie en economie elkaar versterken? Wat zijn de implicaties van beleidsinitiatieven voor innovatie en concurrentievermogen?

Verbindend karakter

Deze vraag verbindt ecologie met technische, economische en maatschappijwetenschappelijke vragen, zowel in fundamentele als toegepaste hoek. Allereerst is belangrijk wat de economie van de ecologie kan leren op het gebied van kringlopen. Technisch gezien is relevant welke technieken bijdragen aan een circulaire economie en duurzame samenleving en hoe afzonderlijke technieken kunnen worden gecombineerd tot nieuwe systemen. Economisch is de vraag in welke economische systemen een circulaire technologie tot wasdom komt, ofwel wat het model van de circulaire economie is. De vraag legt ook een verband met de maatschappijwetenschappen, waar onderzocht moet worden langs welke processen we een circulaire economie kunnen realiseren en wat daarbij de rol van overheden, bedrijven, maatschappelijke en burgers is.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we algen gebruiken voor productie van plastics en oliën uit afvalwater?
- Is het mogelijk een ander niet op groei gebaseerd economisch model in te voeren?
- Hoe kunnen *bottom-up* krachten in de samenleving gestimuleerd worden om de duurzame veranderingen invulling te geven en te dragen?

Hoe zorgen we ervoor dat de Nederlandse economie concurrerend blijft?

Toelichting

Nederland is een kleine open economie die voor een groot deel meedeint op de Europese en zelfs op de wereldconjunctuur. De vraag waar we in de toekomst ons brood mee verdienen is moeilijk, zo niet onmogelijk, te beantwoorden. Verder bouwen op de sterke punten van de Nederlandse economie, de van oudsher belangrijke handelsrelaties en de mogelijkheden benutten van nieuwe technologische ontwikkelingen lijken de belangrijkste ingrediënten voor de toekomststrategie. Maar is die toekomst wel zo maakbaar voor een klein land als Nederland? Kunnen we onze economie sterk verduurzamen? Onderzoek naar de sterktes en kansen van onze economie, alsmede de zwakke kanten en de bedreigingen in een globaliserende wereld, moeten handvatten geven voor de discussie over de richting waarin Nederland zich moet ontwikkelen.

Verbindend karakter

Deze vraag richt zich met name op de onderliggende factoren voor economische ontwikkeling. Wat zijn de structurele randvoorwaarden op het gebied van de gebouwde ruimte en infrastructuur, *human capital*, instituties, data en informatie, veiligheid en mentaliteit om flexibel in te kunnen spelen op de wereld-economie? Op al deze terreinen kunnen vele deelvragen worden geformuleerd, maar het gaat hier met name om de manier waarop deze factoren op elkaar inspelen en elkaar versterken of afzwakken. Onderzoek kan zich richten op vergelijking met het verleden, op analyse van het heden en op projecties voor de toekomst, zowel om de mechanismen beter te leren kennen als om in praktische zin de overheid met beleidsadviezen te ondersteunen. Dit is bij uitstek een economische vraag, maar hij raakt aan vele andere disciplines. Zowel technologische disciplines als sociale wetenschappen, zoals organisatiewetenschappen of bedrijfskunde, zijn van belang voor deze problematiek.



Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de optimale verhouding tussen institutionele stabiliteit en vernieuwing om investeringen in innovatie te stimuleren?
- Wat is de bijdrage van menselijk kapitaal aan economische groei?
- Welke maatregelen zijn er nodig (wat betreft transparantie, *assessment* van bedrijven en sanctionering) om de verbinding tussen boven- en onderwereld te ontmoedigen en tegen te gaan?

Hoe wapenen we ons tegen natuurrampen als aardbevingen, vulkaanuitbarstingen en overstromingen?

Toelichting

Natuurrampen en rampen door menselijk ingrijpen in de natuur ontwrichten samenlevingen. Denk aan overstromingen aan de kust en langs rivieren, de aardbevingsproblematiek in Groningen, recente grote aardbevingen elders en de tsunami van 2004 rond de Indische Oceaan. De risico's op rampen worden steeds groter vanwege de toenemende populatiedichtheid en de daarmee samenhangende kwetsbaarheid van samenlevingen en economieën. Het is cruciaal dat we beter kunnen anticiperen op overstromingen en ook op *geohazards* als aardbevingen, vulkaanuitbarstingen, aardverschuivingen en tsunami's. Hiervoor is beter inzicht nodig in de factoren die het optreden, de kracht en de omvang van deze calamiteiten bepalen. Voor *geohazards* moeten we de vroege signalen beter leren herkennen en benutten. Voor het voorkomen van overstromingen door zee en rivieren is naast een goed inzicht in hydrologie en klimaat een goede samenwerking van verschillende (water) autoriteiten op verschillende schaalniveaus nodig. Ten slotte moeten samenlevingen en infrastructuur weerbaarder gemaakt worden tegen natuurrampen. Dit laatste is mogelijk doordat relevante meetgegevens steeds meer *real time* beschikbaar komen zodat nieuwe methodes om adequaat te waarschuwen kunnen worden ontwikkeld.

Verbindend karakter

In veel delen van de wereld is er een reëel risico op aardbevingen, vulkaanuitbarstingen en tsunami's. Een beter begrip van het systeem aarde, vooral van geologische processen en structuren in de diepe ondergrond, kunnen op den duur tot een betere voorspelbaarheid van dit soort geografische rampen leiden. Daarvoor is intensieve internationale samenwerking nodig. Het ontsluiten van fundamentele kennis op dit terrein stelt grote eisen aan technologische vooruitgang (bijvoorbeeld diepe boringen in de aardkorst), het uitwisselen van informatie voor het maken van modellen en de bereidheid tot bundeling van krachten en financiële middelen op nationaal en internationaal niveau om gebruik te kunnen maken van dure infrastructuur en grootschalige sensornetwerken. De vaak ingrijpende gevolgen van natuurrampen vereisen aandacht voor sociale en maatschappelijke aspecten, inclusief besluitvorming en politieke verantwoordelijkheid. Gebeurtenissen zoals (bijna) overstromingen en bodemdaling en aardbevingen als gevolg van gasboringen onderstrepen de urgentie hiervan. Voor de toekomst zijn nieuwe technische mogelijkheden nodig die nieuwe en bestaande infrastructuur zoals gebouwen, bruggen en dijken bestendiger maken tegen allerlei rampen en daarmee de veiligheidsrisico's helpen beperken. Overheden, private partijen en de wetenschap kunnen gezamenlijk risico's van natuurrampen helpen verminderen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe zullen ijskappen en de zeespiegel reageren op een veranderend klimaat?
- Hoe beschermen we onze steden en bevolking in Nederland en de EU van natuurlijke en geïnduceerde *geohazards*?
- Wat is er nodig om onze grote rivieren veilig, duurzaam en robuust te houden voor de lange termijn (komende honderden jaren), met oog voor functies als scheepvaart, ecologie en recreatie?



Hoe kunnen vrede, veiligheid en coöperatie worden bevorderd – en bedreigingen en schendingen geadresseerd – binnen en tussen nationale rechtsstaten en binnen en tussen groepen en samenlevingen?

Toelichting

Burgers, bedrijven, markten en naties zijn in toenemende mate en over landsgrenzen heen met elkaar verweven en daarmee ook in toenemende mate kwetsbaar op economisch, maatschappelijk en sociaal vlak. Dit uit zich op tal van terreinen, zoals jihadisme, terrorisme en criminaliteit, maar ook veiligheid, werkgelegenheid, investeringsklimaat, duurzaamheid en technologie. Risicovolle, moeilijk voorzienbare en onbeheersbare internationale ontwikkelingen, zoals de opkomst van nieuwe economieën, voedsel- of financiële schandalen, een aanslag of de uitbraak van een epidemie, zijn vaak de oorzaak van onrust. Hierop is slechts in beperkte mate regie mogelijk. Wel is het zo dat sommige individuen, groepen of landen succesvoller zijn dan andere in het creëren van een gunstig klimaat voor de omgang met conflicten en het borgen van een zekere mate van maatschappelijke tolerantie en coöperatie.

Verbindend karakter

Het bevorderen van vrede, veiligheid en coöperatie kent vele invalshoeken en een grote gelaagdheid. Het vraagt om geïntegreerd beleid en een multidisciplinaire benadering, waarbij vele disciplines uit met name de technische, sociale en geesteswetenschappen samenkomen. Slimme oplossingen voor dagelijkse problemen van burgers in gediversifieerde samenlevingen en duurzame relaties in het verkeer tussen bedrijven, overheden en maatschappelijke partners vragen om fundamentele inzichten in onder meer de werking van sociale en economische systemen, het gedrag van individuen, groepen en instituties, de ontwikkeling van taal en cultuur en daarmee samenhangende identiteitsvorming, onderwijs en ontwikkeling van jonge mensen. Ook vraagstukken met betrekking tot de rol en legitimiteit van democratische rechtstaten, verdeling en gelijkheid raken hieraan.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Heeft de overheid bij het garanderen van een bepaald niveau van veiligheid een systeemverantwoordelijkheid en zo ja, tot hoever reikt deze dan?
- Wat zijn de neurobiologische oorzaken van agressie?
- Onder welke voorwaarden kunnen goede, constructieve samenwerkingsverbanden tot stand komen en in stand gehouden worden?

Kunnen we een balans vinden tussen informatievrijheid en privacy?

Toelichting

Informatievrijheid biedt de maatschappij tal van nieuwe mogelijkheden en kansen, bijvoorbeeld in de opsporing van criminaliteit via big data, of bij de toegang tot medische informatie voor het gebruik in onderzoek. Aan de andere kant roept informatievrijheid ook tal van nieuwe vragen op: wie heeft toegang tot welke data en wie beheert ze? Bij wie ligt het eigendom van de opgeslagen gegevens? Hoe kunnen we misbruik voorkomen? Kunnen we privacy garanderen via een juridisch instrumentarium of door technologische ingrepen? In dit digitale tijdperk zijn informatiegebruik en -beheer bovendien grensoverschrijdende fenomenen, wat leidt tot de vraag wie het gebruik moet reguleren en wie rechtsmacht heeft bij misbruik.

Verbindend karakter

Het gaat bij deze vraag om inzicht in de delicate balans tussen de maatschappelijke en economische kansen die informatievrijheid kan bieden aan de ene kant, en het beschermen van privacy aan de andere kant. Toegepast onderzoek kan zich daarbij richten op het ontwerpen van innovatieve technologie of van een juridisch en beleids- instrumentarium dat toegang tot data bevordert en tegelijkertijd bescherming biedt aan de eigenaren van deze data. Dit is van maatschappelijk en wetenschappelijk belang als het bijvoorbeeld een grotere toegang tot medische gegevens mogelijk maakt. Gegeven het internationale karakter van digitale informatie, en de datapositie van bedrijven, ontstaat de vraag in hoeverre we informatiestromen eigenlijk kunnen reguleren. Fundamenteel juridisch onderzoek kan zich richten op grenzen van internationaal en nationaal recht, zoals de reikwijdte van het recht op privacy. Sociologisch en psychologisch onderzoek kan inzicht geven in de veranderende betekenis van privacy in deze tijd van big data. In hoeverre willen of moeten we het recht op privacy beschermen? Deze vragen vereisen een gezamenlijke inspanning van disciplines binnen de sociale wetenschappen, rechtsgelerdheid en informatica met een sterke internationale reputatie op het terrein van privacybescherming en informatievrijheid.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan innovatie bijdragen aan *privacy by design* en zo zorgen voor een optimale balans tussen privacy en veiligheid/opsporing?
- Hoe dienen (grootschalige) ICT-infrastructuren te worden getransformeerd om de kwaliteit van informatiebescherming en informatiedeling te vergroten?
- Hoe blijf je als burger eigenaar van je eigen data?

WIFI BT
TELLER

WiFi

Wat zijn de patronen en oorzaken van criminaliteit en hoe vallen deze te beïnvloeden?

1

2

Toelichting

Criminaliteit leidt tot onveiligheid, en heeft daarmee zijn weerslag op het maatschappelijk welbevinden. Het beperken van criminaliteit is dan ook een belangrijke maatschappelijke uitdaging. De immer veranderende aard en omvang van criminaliteit, die zich uit in nieuwe vormen zoals cybercrime en terrorisme, maakt onderzoek naar de oorzaken en patronen van criminaliteit een blijvende opgave. Inzichten in deze al dan niet nieuwe oorzaken en patronen maken het mogelijk om te bepalen in hoeverre en op welke wijze verschillende vormen van criminaliteit voorkomen of bestreden kunnen worden. Het is de uitdaging om tot een innovatieve aanpak van criminaliteit te komen, die mee verandert met de tijd.

Verbindend karakter

Door kennis en inzichten uit de criminologie, psychologie, rechtswetenschappen en sociologie met elkaar te verbinden kan inzicht ontstaan in de oorzaken van criminaliteit. Hierbij valt te denken aan onderzoek waarin hypothesen over de link tussen bepaalde maatschappelijke kenmerken zoals economische stress en crimineel gedrag, worden getoetst. Nieuwe inzichten in de oorzaken en patronen van criminaliteit dienen als input voor evaluerend onderzoek naar de effectiviteit van bestaande bestraffende en/of preventieve maatregelen. Gegeven de beperkte beschikbare middelen voor de bestrijding van criminaliteit, is het van economisch en maatschappelijk nut om strategisch onderzoek te doen naar de mate waarin maatregelen bijdragen aan maatschappelijke veiligheid. Dit maakt het mogelijk om prioriteiten te stellen in beleid op dit terrein. Ook kan strategisch onderzoek een praktische bijdrage leveren aan de aanpak van criminaliteit zelf: welke stappen in het criminele proces moet je ontwrichten om criminele systemen te ondergraven? Met het oog op een veranderende samenleving is fundamenteel-ethisch onderzoek ook op zijn plaats; hoe zit het bijvoorbeeld met de criminele aansprakelijkheid van geautomatiseerde systemen zoals robots?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we de maatschappelijke effecten van de verschillende soorten criminaliteit in onderling verband brengen, zodat de politiek en het justitieel apparaat betere prioritering kan aanbrengen in de bestrijding ervan?
- Zijn nationale deelnemingsvormen bruikbaar om politieke en militaire leiders strafrechtelijk aansprakelijk te stellen voor internationale misdrijven?
- Hoe ondersteun je ondernemers en anderen in hun weerbaarheid die tegen hun wil de criminele wereld ingezogen worden?

Hoe kunnen kinderen en adolescenten veilig en gezond opgroeien?

Toelichting

Deze brede vraag bevat een reeks van onderliggende vragen over welke psychologische, lichamelijke, sociale en cognitieve factoren bijdragen aan de ontwikkeling van en ten grondslag liggen aan ontwikkelingsproblemen bij kinderen en adolescenten. Het betreft hierbij zowel vragen rondom een gezonde ontwikkeling als vragen over specifieke ontwikkelingsproblemen, zoals psychische aandoeningen, kind-ouderproblematiek, of de gevolgen van extreme omstandigheden als kindermishandeling.

De complexiteit van deze vraag laat zich grotendeels terugbrengen tot onderstaande subvragen:

- Welke interventies en therapieën zijn effectief om veerkracht en talenten te ontwikkelen bij kinderen en adolescenten?
- Wat zijn de oorzaken en mechanismen die een rol spelen bij ontwikkelingsproblematiek van kinderen en adolescenten, en wat betekent dit voor diagnostiek en behandeling ervan?
- Hoe interacteren diverse genetische en omgevingsfactoren in het ontstaan en de werking van ontwikkelingsproblemen en -achterstanden?
- Wat zijn de effecten van inclusief onderwijs en hoe kan inclusief onderwijs bevorderd worden?
- Wat zijn prevalentie, oorzaken en gevolgen van kindermishandeling, gendergerelateerd geweld en pesten?

Verbindend karakter

De ontwikkeling van kinderen en adolescenten omvat lichamelijke, psychologische, sociale en cognitieve aspecten die door vele factoren worden beïnvloed en die ook elkaar beïnvloeden. Deze veelheid aan aspecten en interacties vraagt om een multidisciplinaire benadering. Disciplines die hierbij voor de hand liggen zijn ontwikkelingspsychologie, pedagogiek, onderwijskunde en medische wetenschappen. Daarnaast zijn ook vele andere disciplines relevant, waaronder bewegingswetenschappen, rechtsgeleerdheid, taaltechnologie, informatica en techniek. Denk bijvoorbeeld aan vraagstukken over de inzet van *serious gaming* bij het aanleren van vaardigheden. Onze kennis over de ontwikkeling van kinderen en adolescenten neemt gestaag toe. Desalniettemin liggen er nog talloze vragen open. Fundamentele vragen liggen bijvoorbeeld op het terrein van de genetica en de ontwikkeling van de hersenen, terwijl de toepassingsgerichte vraagstukken zich buigen over hoe, met welke middelen en onder welke omstandigheden kinderen en adolescenten zich optimaal kunnen ontwikkelen. Om deze toepassingsgerichte vragen te kunnen beantwoorden is nog veel kennis nodig over mechanismen die ten grondslag liggen aan een gezonde en ongezonde ontwikkeling, en hoe deze zijn te beïnvloeden.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe ontwikkelen kinderen zelfregulatie - het vermogen om gedrag, emoties en gedachten te reguleren - en hoe kunnen ouders, leerkrachten en zorgprofessionals hen daarbij ondersteunen?
- Wat kan sport bijdragen aan de empowerment van jeugd met een handicap?
- Hoe interageren genetische en omgevingsfactoren in het ontstaan van een taalontwikkelingsstoornis?

Hoe garanderen we onze digitale veiligheid?

Toelichting

Nieuwe digitale technologieën, onbetrouwbare software, en groeiende mogelijkheden om grote hoeveelheden data te verwerken kunnen leiden tot privacy en securityproblemen. Steeds meer zaken worden *smart*: denk aan *smart cities*, maar ook aan de grote hoeveelheden medische data rond *personalised health*. We zijn omringd door digitale apparaten en zijn daar inmiddels afhankelijk van. Ook hebben we een digitaal leven naast ons eigen leven, en de grenzen tussen die twee vervagen sterk. Denk bijvoorbeeld aan de invloed die smartphones, smartwatches of slimme implantaten hebben. Ons digitale leven heeft ons echter ook kwetsbaarder gemaakt. Zo is het relatief gemakkelijk te besmetten met kwaadaardige software. We gaan naar een systeem toe waarin ons echte leven en ons digitale leven verder geïntegreerd zijn, maar moeten kunnen rekenen op veilig opererende digitale componenten. Net zoals het menselijk lichaam een afweer- en herstelsysteem heeft, zal onze digitale tegenhanger zichzelf moeten kunnen beschermen en gezond houden. Sociale, ethische, juridische, technologische, economische en politieke aspecten kunnen hierbij een rol spelen. Het gaat bij deze vraag vooral om technologische innovaties om mensen te beschermen, zowel in de vorm van hardware als software.

Verbindend karakter

De vraag is van belang voor alle topsectoren vanwege de steeds verdergaande digitalisering en de consequenties daarvan voor de veiligheid. Innovaties zijn nodig om de digitale infrastructuur veiliger te maken. Deze vraag vindt aansluiting bij onderwerpen als big data en kwantumcomputers en -internet. Recente ontwikkelingen rondom kwantumcomputers bieden nieuwe mogelijkheden, maar vormen ook een bedreiging. Enerzijds worden alle huidige internet-codes met gemak door toekomstige kwantumcomputers gebroken. Anderzijds kunnen met hulp van kwantumcommunicatie in de toekomst juist veilig sleutels uitgewisseld worden. Dit thema raakt ook aan de aansluiting van innovaties op maatschappelijke en morele waarden. Hoe beïnvloedt technologie het menselijk bestaan en sociale veranderingen en welke ethische vragen roept dat op? Ook hangt de vraag samen met de kwestie in hoeverre een balans kan worden gevonden tussen privacy, vrije beschikbaarheid van data en gegevensmonopolies.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe moeten privacy en andere grondrechten gewaarborgd worden in de context van het *Internet of Things*?
- Wat zijn de implicaties van verschillende juridische stelsels voor het *cyber security* domein?
- Hoe kan het potentieel van big data benut worden, bijvoorbeeld om de (fysieke en virtuele) veiligheid te verbeteren, zodanig dat ongewenste neveneffecten, zoals schendingen van bestaande wet- en regelgeving, beperkt blijven?

The image shows a screenshot of a tweet from Pope Francis (@Pontifex) on a mobile device. The tweet text is partially obscured by a large blue overlay box. The overlay box contains the following text:

Zijn moderniteit en religie elkaars tegenpolen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat zijn in de 16^e eeuw de voorstadia van de Verlichting in de 17^e en 18^e eeuw?
- In welke mate zijn de traditionele verhalen van de grote godsdiensten, met name Christendom, onderhuids van invloed op zogenaamd seculiere besluitvoering en politiek?
- Is de islam compatibel met de Europese traditie van het liberalisme, tolerantie, en de democratie?

Verbindend karakter

Deze vraag verbindt religiewetenschappen, filosofie, geschiedenis, rechten en sociale wetenschappen en kent beschrijvende en ontwerpende aspecten. Beschrijvende aspecten zitten in een (historische) duiding van wat moderniteit en religie betekenen in onze moderne Westerse maatschappij en in niet-Westerse samenlevingen, en hoe deze begrippen zijn verankerd in onze rechtsstaat. Ontwerpende aspecten zien we in beleidskaders; vaak ligt een bepaalde opvatting van de rol die religie speelt of mag spelen in de samenleving ten grondslag aan beslissingen over de besteding van geld in de publieke sfeer, zoals in de gezondheidszorg of de culturele sector. Aandacht voor deze opvatting biedt kansen voor gemeenschapsvorming en het verkrijgen van draagvlak voor bepaalde beslissingen.

The tweet itself shows the profile picture of Pope Francis, his name, and the handle @Pontifex. The tweet text is partially visible: "Dear young friends, afraid to give your a never-disappoint yo". The tweet has 17,8k retweets and 27,8k likes. The user who interacted with the tweet is shane christian @shanechristian, 4 days ago.

Hoe werkt wetenschap, wat is goede wetenschap en hoe kan beleid hierop inspelen?

Toelichting

De wetenschap lijkt een eenheid, maar is een complex en heterogeen veld waarvan de grenzen moeilijk te bepalen zijn. Bovendien verandert dit veld voortdurend. Daarmee is ook het beeld van de wetenschap aan verandering onderhevig. Voor sommigen moet wetenschap een objectieve, onafhankelijke zoektocht naar de waarheid zijn; anderen vinden dit een illusie en menen dat het juist goed is dat de agenda van de wetenschap mede bepaald wordt door de maatschappij, het bedrijfsleven, de politiek en de burgers. Het is belangrijk om te weten wat de historische en filosofische wortels van wetenschap als belangeloze waarheidsvinding zijn en wanneer en waarom dat beeld is gaan veranderen. Antwoorden op deze vragen kunnen ons helpen om een beeld van wetenschap te ontwerpen dat recht doet aan de ingewikkelde context waarin de moderne wetenschap opereert. Deze vragen hangen samen met vragen over hoe wetenschapsbeleid vormgegeven kan worden. Uit de ingediende vragen blijkt een brede belangstelling voor het proces van de wetenschap zelf, de wetenschapper als persoon en contextuele factoren die wetenschap kunnen stimuleren of juist afremmen. Integriteitsdiscussies roepen daarnaast vragen op over de wijze waarop wetenschap bedreven wordt, of de huidige systemen voldoen, en of er alternatieve modellen denkbaar zijn. Daarnaast spelen vragen over hoe we effectief beleid voor wetenschap vorm zouden moeten geven.

Verbindend karakter

Veel vragen hebben belangrijke maatschappelijke implicaties, zoals hoe ervoor te zorgen dat de maatschappij en de politiek meer leren en gebruik maken van de feiten die uit wetenschappelijk onderzoek bekend zijn geworden. Daarnaast zijn er vragen met economische implicaties, die bijvoorbeeld gaan over hoe we topwetenschappers in Nederland houden en niet verliezen aan het buitenland. Antwoorden op beschrijvende vragen over bijvoorbeeld de historische wortels van de huidige structuur van onze universiteiten, zullen belangrijke input vormen voor normerende vragen over het doel en nut van wetenschap. Ontwerpde vragen met beleidsimplicaties kunnen hierop voortbouwen. Dit heeft vooral implicaties voor wetenschapsbeleid, maar ook voor beleid over (hoger) onderwijs en de kenniseconomie. Denk aan de kwestie welke andere modellen denkbaar zijn om wetenschap te bedrijven en te beoordelen. Interdisciplinair onderzoek is nodig om deze vragen goed te kunnen beantwoorden, waarbij disciplines als filosofie, geschiedenis, sociologie, beleidswetenschappen, politicologie en economie een rol zullen spelen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Is er verband tussen de beloning van wetenschappers en hun relevante ontdekkingen?
- Kan informele wetenschapscommunicatie, zoals science cafés, debatcafés, kenniscafés, bijdragen aan de dialoog tussen burger en wetenschap?
- Hoe moet de universiteit er in de 21^{ste} eeuw uitzien?



Hoe objectief zijn canons?

Toelichting

Grote Romans, Grote Denkers, Belangrijke Gebeurtenissen, Historische Tentoonstellingen enzovoorts, reflecteren – ogenschijnlijk objectief – de belangrijkste gebeurtenissen, personen en teksten op een bepaald gebied en in een bepaalde tijd. Het zijn de canons van een cultuur. De laatste decennia worden deze canons vastgelegd in boekjes over onze helden en hoogtepunten, maar canons hebben altijd bestaan. Elke cultuur, elk land, elke discipline heeft helden nodig. Zonder helden weten we niet wat echt goed, mooi, waar of belangrijk is. Zo fungeert de canon dus als ijkpunt en als maatstaf. Canons zijn juist om deze reden ook omstreden. Zeker in pluriforme samenlevingen die bestaan uit vele bevolkingsgroepen met hun historische en culturele verschillen is het formuleren van een canon die iedereen moet verbinden niet gemakkelijk. De studie van canons – in alle disciplines, cultuuruitingen en historische periodes – kan ons veel vertellen over opvattingen, normen, waarden en zelfbeeld van een bepaalde tijd.

Verbindend karakter

Onderzoek naar canons levert kennis op over verschillende normen, waarden en opvattingen. Dat biedt aanknopingspunten voor relativisering van wat wij als goed, mooi, betekenisvol en belangrijk beschouwen. Vooral toepassing van dergelijke kennis in het onderwijs kan sterk bijdragen aan een samenleving die openstaat voor verschillende waarden. Historische, ethische, filosofische en letterkundige disciplines gaan hier hand in hand met sociologische en onderwijspsychologische of pedagogische vakgebieden. Beschrijvend onderzoek naar de aard van canons in verschillende tijden en normatief onderzoek naar waarden en opvattingen die de canons in zich lijken te dragen, zijn nodig om deze vraag in zijn volle breedte te benaderen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is kunst en wie bepaalt dat?
- Wat maakt een beschaving?
- Wat leert het verzet tijdens WO II ons over de grenzen van de democratische rechtstaat?



Hoe ontwikkelen we nieuwe meetmethoden binnen de sociale wetenschappen?

Toelichting

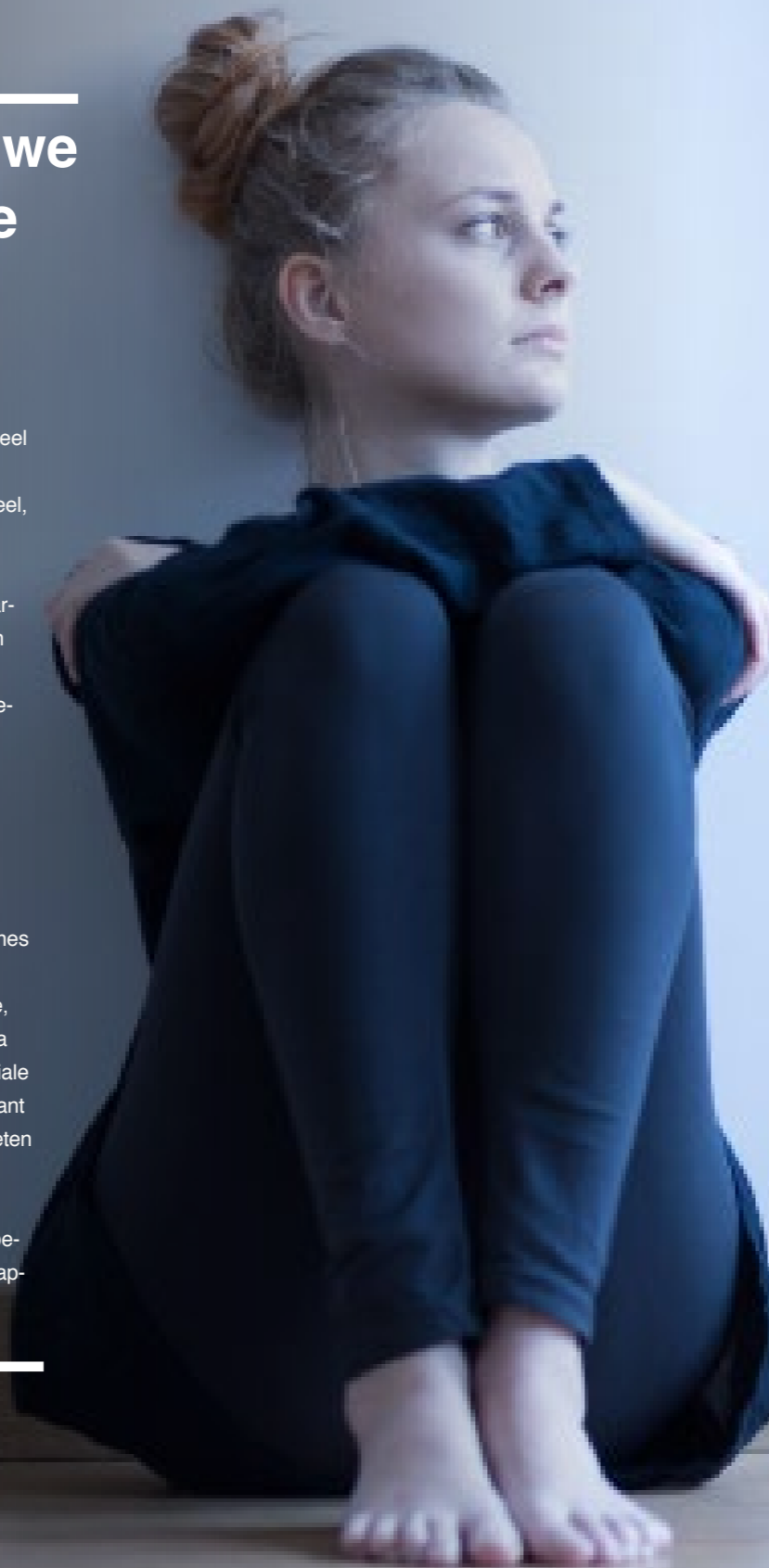
Onderzoek heeft vele verschillende gezichten: het varieert van fundamenteel tot toegepast en kan uitgevoerd worden met verschillende methoden en benaderingen: kwantitatief, kwalitatief, empirisch, theoretisch, experimenteel, en combinaties hiervan. Niet alleen de methodologie is aan verandering onderhevig, maar ook het onderwerp van het sociaal wetenschappelijke onderzoek, de mens in zijn sociale omgeving, verandert voortdurend. Daarnaast komt er steeds meer informatie via nieuwe digitale technologieën en methoden beschikbaar. Het duiden van deze informatie is complex, mede omdat informatie voor verschillende doelen en op verschillende aggregatieniveaus wordt verzameld. Tegelijk worden in toenemende mate van de sociale wetenschappen bijdragen verwacht aan de oplossingen van complexe maatschappelijke en economische uitdagingen.

Verbindend karakter

De sociale wetenschappen worden onderverdeeld in gedrags- en maatschappijwetenschappen, die samen een heel breed spectrum aan disciplines representeren, zoals antropologie, bestuurskunde, economie, rechtsgeleerdheid, politicologie, sociologie, communicatiewetenschap, psychologie, pedagogiek, onderwijskunde, criminologie, en sociale geografie. Er is bijna geen maatschappelijk of economisch vraagstuk te bedenken waar de sociale wetenschappen geen bijdrage aan leveren. Die bijdragen zijn alleen relevant als de methodologie state-of-the-art is. Het moet duidelijk zijn wat er gemeten is en welke conclusies daaruit getrokken kunnen worden. Op die manier vormt de sociaalwetenschappelijke methodologie het fundament voor een heel gevarieerd scala aan fundamenteel en toegepast onderzoek en aanbevelingen op basis van dat onderzoek voor de oplossing van vele maatschappelijke, politieke, economische vraagstukken.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kun je de *performance* van professionals in de gezondheidszorg meten?
- Is *crowdfunding* een maatstaf voor de waardering voor kunst en cultuur?
- Hoe kunnen we een 'Google earth' ontwikkelen voor de sociale, economische en geesteswetenschappen?



Hoe zou het onderwijs van de toekomst eruit moeten zien?

Toelichting

Onderwijs dient uiteenlopende doelen. Zo moet het onderwijs vaardigheden aanleren en kennis overdragen zodat leerlingen de beste kansen krijgen op de arbeidsmarkt. Tegelijk moet het onderwijs betrokken, ondernemende en kritische burgers vormen met een moreel en intellectueel kompas. En tot slot moet er ruimte zijn voor individuele ontplooiing. Menselijk kapitaal wordt tegenwoordig beschouwd als een van de belangrijkste productiefactoren. Niet zonder reden stelde de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid onlangs het onderwijs centraal in een rapport over de toekomst van het Nederlandse verdienmodel. Daarin werd bepleit dat het onderwijs zou moeten worden aangepast aan de eisen van de 21^{ste} eeuw. Hoe dat het beste kan gebeuren, is echter allerminst evident. De samenleving van de toekomst vraagt om allerhande nieuwe vaardigheden, waarvan nog niet de minste is de vaardigheid om zich blijvend aan te passen en te ontwikkelen. Globalisering vereist dat burgers kunnen omgaan met grote taal-, culturele en religieuze verschillen. Hoe kan het onderwijs bijdragen aan de ontwikkeling van 21^{ste}-eeuwse vaardigheden, in het bijzonder burgerschapsvaardigheden? Met welke nieuwe methoden kunnen bestaande vaardigheden zoals taal- en culturele vaardigheden worden verbeterd? Wat zijn de effecten van reeds geïmplementeerde innovaties? Hoe kan het onderwijs inspelen op toenemende diversiteit in culturele achtergronden van leerlingen en studenten en in hun behoefte aan individuele begeleiding, bijvoorbeeld in het kader van passend onderwijs)?

Verbindend karakter

Het onderwijs moet zodanig worden ingericht qua innovatieve leeromgevingen, didactische vaardigheden van docenten, organisatie van het onderwijs, en disseminatie van wetenschappelijke inzichten, dat leerlingen/studenten maximaal worden uitgedaagd, en hun motivatie om te leren alleen maar toeneemt. Deze uitdaging verbindt fundamentele en normatieve vragen over wat een samenleving aan onderwijs zou moeten aanbieden, met ontwerpende vragen over wat werkt en wat niet. ICT en communicatievaardigheden zijn centrale begrippen, maar de vraag raakt ook aan inclusie en uitsluiting. Onderwijskundig, pedagogisch, sociologisch en taalkundig onderzoek dragen evenzeer bij als sociaal en neurobiologisch onderzoek naar hersenen en cognitie.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Waarom is het zo moeilijk om kennis die je opbouwt in het onderwijs toe te passen in de praktijk?
- Heeft het zin om bij baby's Mozart af te spelen? Met andere woorden: op welke manier kun je de hersenontwikkeling van baby's stimuleren?
- Leidt tweetaligheid tot een verschillend pakket van normen en waarden? Hoe krijgt een kind dat vervolgens op zijn plaats in zijn oordeels- of persoonlijkheidsvorming? Wat betekent dat voor ons taalbeleid?



Leidt kennis van materiaal tot een andere kijk op kunstwerken, materieel erfgoed, de gebouwde omgeving en hun behoud?

Toelichting
 Nederland is koploper in het experimenteren met en ontwikkelen van zelfdenkende materialen: materialen met een zelfherstellend vermogen. Dat betekent niet alleen een revolutie in de wereld van de bouw en het ontwerp, maar ook in die van restauratie en erfgoed. Steeds minder worden materialen en stoffen puur instrumenteel opgevat. Men ziet materialen veel meer als actoren, als deel en substantie van onze wereld, net zoals wij mensen dat zijn. In het onderzoek naar nieuwe technologieën om erfgoed voor het nageslacht te bewaren, wordt de instabiliteit van materialen ook onderkend. Vragen die hierbij spelen zijn onder andere: Moeten gebouwrestaurateurs de situatie herstellen van vlak na de bouw, of van na een eeuw gebruik? Deze vraag wordt nog prangender als materialen zichzelf gaan veranderen of herstellen. Wat is het originele kunstwerk dan nog?

Verbindend karakter
 Voor inzicht in de relatie tussen materiaal(kennis) en betekenis-productie is interdisciplinair geestes- en natuurwetenschappelijk onderzoek naar materiaal en materiaaleigenschappen onontbeerlijk. Lang is er sprake geweest van een waterscheiding tussen materiaaltechnisch onderzoek voor restauratie en het kunst-historisch onderzoek. De interdisciplinaire benadering waarbij de studie van materialen en technieken en historisch brononderzoek hand in hand gaan, kan tot nieuwe inzichten leiden voor de interpretatie, conservering en restauratie van erfgoed. Deze inzichten die voortkomen uit fundamentele vragen zijn van belang voor de keuzes die we maken bij het behoud en beheer van erfgoed om het duurzaam veilig te stellen voor toekomstige generaties. Erfgoed is van onschatbare waarde voor onze identiteit en heeft een groot samenbindend vermogen voor onze maatschappij.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen wij oude kunstvoorwerpen beter begrijpen?
- Hoe optimaliseer je op een respectvolle manier de opbrengsten van erfgoed?
- Hoe oud wordt de Nachtwacht?



Wat betekent kunst voor mensen?

Toelichting
 De vraag naar wat kunst betekent raakt aan het wezen van ons bestaan en is van essentiële waarde voor de veerkracht van de samenleving. Cultureel bewustzijn wordt voor ieder individu een belangrijke voorwaarde om zich in een steeds meer geschakeerde samenleving te kunnen bewegen. Actief bezig zijn met kunst en cultuur biedt kinderen, jongeren en volwassenen mogelijkheden om zelf vorm te geven aan de manier waarop ze in de wereld staan, aan hun relatie met anderen en met de samenleving en dus aan hun identiteit. Mensen kunnen vormgeven aan de eigen identiteit door cultuurparticipatie. Dat leidt tot diepere vragen over kunst en zingeving en vragen naar de betekenis van kunst en cultuurhistorische artefacten voor de manier waarop mensen zich verhouden tot de wereld.

Verbindend karakter
 Dit onderwerp verbindt een aantal vragen die vanuit verschillende perspectieven ingaan op de betekenis van kunst voor mensen. Het betreft zowel praktijkgericht als fundamenteel onderzoek naar de relatie tussen esthetische ervaring, kennisproductie en ethische stellingname alsmede onderzoek naar de rol van kunstconsumptie en -receptie en het belang van kunst voor ons welzijn. Kunst kan sterke emoties oproepen, een rol spelen bij sociale interactie en een therapeutische werking hebben. Uitgangspunt voor onderzoek op dit terrein kan een formalistische of sociaal-culturele benadering zijn, dus vanuit de kunsten zelf. Maar het is ook mogelijk om vanuit het brein verklaringen te zoeken voor de sterke emoties die verschillende kunstvormen kunnen oproepen, zoals in het relatief nieuwe vakgebied van de neuro-esthetica het geval is. De vraag heeft betrekking op de hele keten van cultuurproductie tot consumptie en receptie in zeer brede zin. Het onderzoek is maatschappelijk gezien ook van belang omdat het aansluit op de zoektocht naar de bijdrage van kunst aan de samenleving die met de bezuinigingen op cultuur is ingezet. Tegelijkertijd zet het Nederlandse cultuurbeleid al jaren in op cultuurparticipatie omdat men cultuur als bindingselement voor de samenleving ziet. Op meer individueel niveau gaat de vraag naar emoties in op de nieuwe mogelijkheden die ontstaan door de verbinding tussen cultuurhistorisch en neurologisch onderzoek.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe werd en wordt muziek als emotieregulerend expressie- en communicatiemiddel ingezet in militaire en sociale conflicten?
- Hoe geven mensen actief vorm aan hun leven door middel van cultuurparticipatie, en hoe vertaalt dit individuele en/of collectieve proces van zin- en betekenisgeving zich in de waarde van kunst en cultuur voor de samenleving?
- Op welke wijze creëren kunstenaars en ontwerpers concreet kenbare en ervaarbare perspectieven op hoe mensen zich verhouden tot de wereld?

Hoe bevorderen en benutten we creativiteit en innovatie?

Toelichting

Creativiteit is de motor van de samenleving: geen innovatie zonder verbeeldingskracht. Nederland heeft een wereldreputatie als het gaat om conceptontwikkeling en grensverleggend ontwerp. Dutch Design is daarvan een illustratief voorbeeld. Nederland heeft een rijke traditie in creatief ontwerp op het gebied van stedenbouw, architectuur, landschapsarchitectuur en kunst(nijverheid). Kunstenaars, architecten en ontwerpers dragen op een unieke manier bij aan het signaleren en oplossen van maatschappelijke vraagstukken. Door verbeeldingskracht toe te voegen, weten zij de door technologie gedomineerde omgeving leefbaar te maken. Creativiteit speelt vanzelfsprekend ook een grote rol buiten de creatieve sector: in de postindustriële economie en samenleving, waarin informatie en de verwerking daarvan een hoofdrol spelen, wordt van ondernemers, werknemers en burgers verwacht dat zij creatief invulling geven aan hun rollen en taken. Nederland kent ook steeds meer innovatieve start-ups die bijdragen aan sociale innovatie. Veel vragen gaan in op hoe beleid een creatieve en innovatieve omgeving in Nederland kan bevorderen. Maar terwijl het belang van creativiteit breed wordt erkend en beleden, is de aard ervan nog slecht begrepen. Het is daarom lastig om creativiteit doelgericht te bevorderen en in te zetten. Kennis over creativiteit wordt bovendien geproduceerd door een scala van wetenschapsgebieden, lopend van de neurobiologie tot de kunstgeschiedenis, die vaak geen of beperkt kennis van elkaars resultaten hebben. Veel indieners hebben vragen ingediend over de wijze waarop we de creatieve en innovatieve vermogens van mensen kunnen begrijpen en vervolgens stimuleren en benutten, en hoe creativiteit en innovatie een rol kunnen spelen in het oplossen van grote maatschappelijke problemen.

Verbindend karakter

In innovatieve en creatieve processen worden altijd nieuwe en verrassende verbindingen gelegd. Om onderzoek te doen naar dit onderwerp zal dus ook creativiteit en innovatie nodig zijn. De vraag die centraal staat is hoe we zoveel mogelijk en zo goed mogelijk gebruik kunnen maken van creativiteit en innovatie om tot maatschappelijke en economische meerwaarde te komen. De vraag heeft implicaties voor verschillende beleidsterreinen, van economisch beleid over nieuwe ondernemingen, tot cultuurbeleid over onze culturele sector, tot onderwijsbeleid over hoe en zo ja of creativiteit valt aan te leren. Fundamentele vragen richten zich op de werking van het creatieve proces in de hersenen of van creatieve samenwerking, of de werking van innovatie voor een individu, een groep of een samenleving. Het onderzoek verbindt verschillende disciplines zoals neurowetenschappen, psychologie, onderwijskunde, economie en filosofie.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de neurobiologische basis van creativiteit?
- Hoe meten we de bijdrage van creativiteit aan innovatie? Is creativiteit onder kunstenaars en ontwerpers iets anders dan in andere beroepen?
- Hoe kan de overheid de creativiteit onder burgers, bedrijven en decentrale overheden stimuleren, faciliteren en benutten bij het oplossen van hardnekkige duurzaamheidsproblemen?

Wat zijn de oorzaken van taalvariatie en hoe komt het dat we elkaar ondanks verschillen toch verstaan?

Toelichting

We gebruiken taal om te communiceren, gedachten te formuleren en uiting te geven aan onze emoties. Iedere dag horen en gebruiken wij onze moedertaal of andere talen zonder ons af te vragen waar het onderliggende taalsysteem vandaan komt, welke eigenschappen het heeft en hoe het verandert. Net zoals het taalgebruik van individuen verandert, verandert ook het taalgebruik van groepen. Dat jongerentaal een bron van verandering is, is van alle tijden. Dat er in stedelijke gebieden andere veranderingen plaatsvinden dan op het platteland is ook bekend. Maar hoe werkt dit precies? En welke eigenschappen van taal zorgen ervoor dat we elkaar – ondanks de enorme taalvariëteit – met een half woord kunnen verstaan en begrijpen in complexe situaties? En wanneer gaat dat mis?

Verbindend karakter

Het begrip taalvariatie roept vragen op met zowel wetenschappelijke als maatschappelijke relevantie, zowel fundamenteel als praktijkgericht van karakter. Van wetenschappelijk belang en van fundamentele aard zijn vragen naar het waarom van taalverandering en de variaties daarbinnen, naar de weerstanden die taalkenmerken kunnen bieden tegen verandering, naar samenhang tussen taalontwikkeling en cognitieve ontwikkeling, naar de verhouding tussen standaardtaal en dialecten en tussen gesproken en gebarentaal, naar de gevolgen van taalvariatie op communicatie, naar de waardering van taalvarianten, naar semantiek of naar taal en golf lengte. Dergelijke vragen richten zich vooral op beschrijven en verklaren. Maar taalvariatie roept ook veel normatieve vragen op, over onderwerpen die veelal maatschappelijk relevant zijn: positieve en negatieve effecten van meertaligheid, de waarde van kleine talen, attitudes tegenover verschillende varianten, gender en taal, taalverlies. Ontwerpde vragen ten slotte zijn eveneens veelal maatschappelijk relevant, en betreffen bijvoorbeeld het versterken van taalvaardigheid in vreemde talen, het genderneutraal maken van taal, het voorkomen van taalverlies, het optimaal leren van een taal door volwassenen, het slechten van taalbarrières in de samenleving, en de communicatie met automatische systemen en robots.



Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe verlopen communicatieve processen in superdiverse stedelijke gebieden en welke rol spelen de aanwezige talen daarin? Wat zijn de gevolgen voor de gemeenschapsvorming en de ontwikkeling van lokale sociale samenhang?
- Waarom zijn er zulke grote individuele verschillen in hoe goed mensen leren communiceren in een vreemde taal?
- Waarom praten wij zo veel in metaforen?

Begrijpen van ons gedrag: waarom doen wij wat we doen, zijn we wie we zijn en welke factoren beïnvloeden ons gedrag?

Toelichting

Deze vraag gaat over menselijk gedrag en perceptie. Menselijk gedrag is complex. Het wordt bepaald door een samenspel van genen en omgeving en kan de kwaliteit van het leven in belangrijke mate bepalen. Hoe zorgen wij dat prikkels van buitenaf, zowel negatief als positief, op een goede manier verwerkt worden? Zijn waarnemingen hetzelfde voor iedere persoon of heeft iedereen een eigen werkelijkheid?

Verbindend karakter

Onderzoek naar gedrag is onmisbaar voor het verwerven van inzicht in de samenleving en het gedrag van groepen en individuen. Fundamentele vragen zijn relevant om te begrijpen hoe flexibel en stuurbaar ons gedrag is en in hoeverre gedrag evolutionair/genetisch is geprogrammeerd. Een breed scala aan onderzoekdisciplines komt samen in gedragsonderzoek, waarbij te denken valt aan psychologie, pedagogiek, sociologie, culturele antropologie, communicatiewetenschappen, sportwetenschappen en neurowetenschappen. Onderzoek naar de hersenen en hun invloed op menselijk gedrag en de maatschappij is een onlosmakelijk onderdeel hiervan. Op dit terrein treffen psychiaters, psychologen, taalwetenschappers, biologen en ICT-ers partners uit maatschappelijke instellingen en het bedrijfsleven.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

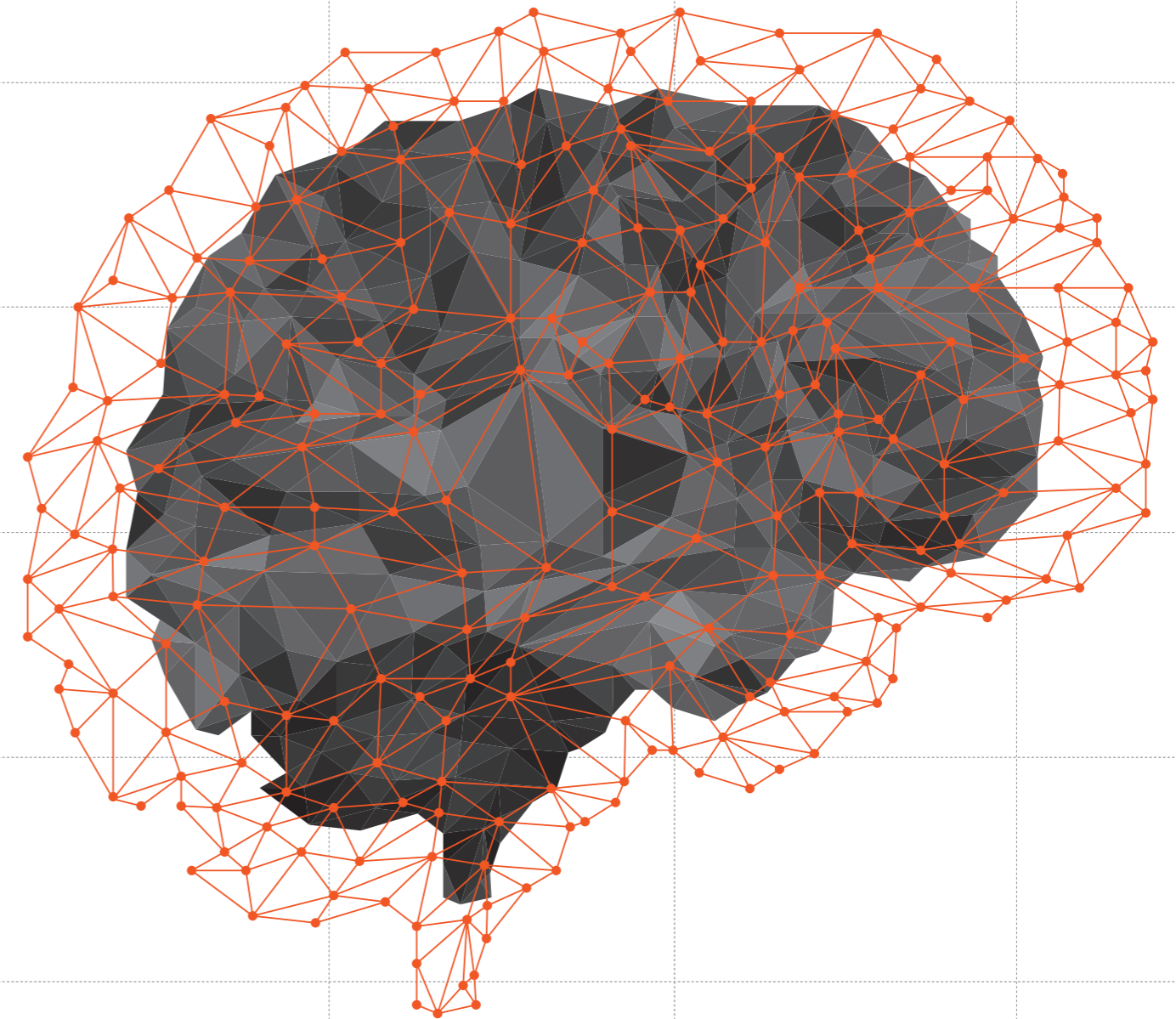
- Welke factoren beïnvloeden het ontstaan van NLD (*Non-verbal Learning Disabilities*), Autisme, ADHD (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder*) en ADD (*Attention Deficit Disorder*)?
- Wat is de invloed van het onbewuste/ onbewust gedrag op sport- en beweeggedrag en hoe kun je kennis hierover inzetten bij sport- en beweegstimulering?
- Hoe nemen we in het dagelijks leven beslissingen?



| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

Ziekten en gezondheid



Wat is kwaliteit van leven?

Toelichting

In de beleidsvorming, maar ook in maatschappelijke discussies, wordt steeds vaker verwezen naar de kwaliteit van leven. Over de invulling van dat begrip bestaat echter nog veel onduidelijkheid. Kwaliteit van leven is niet hetzelfde als economische welvaart of individueel welbehagen; evenmin is het vooral een kwestie van gezondheid. Maar er is geen consensus over wat het dan wel is. Conceptuele en filosofische analyse kan ons helpen de idee van kwaliteit van leven verder te ontwikkelen en te onderzoeken wat meetbaar is, en hoe. Historisch onderzoek kan laten zien hoe de kwaliteit van leven over de eeuwen heen veranderde, en in welke mate de keuze voor een bepaalde invulling van het begrip bepalend is voor de ontwikkeling van levenskwaliteit. Een verdere invulling van het begrip kwaliteit van leven maakt ook een betere beantwoording mogelijk van ethische en politieke vragen, zoals in hoeverre maatschappelijke organisaties en overheden bewust mogen streven naar een verhoging van de levenskwaliteit van burgers: wanneer slaat de bevordering van levenskwaliteit van werknemers, consumenten, patiënten of burgers om in onwenselijke vormen van paternalisme?

Verbindend karakter

Deze vraag verbindt filosofie, geschiedenis, medische wetenschappen, sociologie, politiek, economie en cultuurwetenschappen. Fundamenteel wetenschappelijk onderzoek naar de betekenis en invulling van het begrip kwaliteit van leven levert kennis op die als basis kan dienen voor maatschappelijke vraagstukken rondom ouderdom, ziekte en gezondheid, evenals voor bijvoorbeeld migratievraagstukken. Daarnaast is in de hedendaagse samenleving ook een open oog nodig voor de culturele of diversiteitsdimensie van het begrip. Tot slot heeft de manier waarop wij wensen om te gaan met deze maatschappelijke vraagstukken implicaties voor onze economische positie. De vraag kent beschrijvende, normatieve en ontwerpende aspecten. Beschrijvende aspecten hebben betrekking op de betekenis en geschiedenis van het begrip kwaliteit van leven. Welke rol speelt dit begrip in het discours, vroeger en nu? En wat zijn de implicaties van culturele verschillen rondom de invulling? Normatieve aspecten betreffen het begrip of de definitie van wat kwaliteit van leven is. Ontwerpende aspecten zitten in het nut voor en gebruik van een definitie voor de beleidscontext, in innovatieve toepassingen in de gezondheidszorg en de arbeidscontext, en meer in het algemeen in innovaties ter bevordering van een kwalitatieve en gezonde levensloop.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Het uitdrukken van de waarde van (voor kwaliteit gecorrigeerde) levensjaren in geld, en het stellen van drempelwaarden daarvoor, blijft discussie oproepen. Is er een betere standaardmethode te ontwikkelen?**
- **Hoe meet je collectief geluk en hoe kan je onze samenleving zo inrichten, dat welzijn en geluk toenemen?**
- **Hoe kunnen we zorgen voor een goede kwaliteit van leven op de oude dag voor allen en hoe kunnen we daarbij omgaan met de grote heterogeniteit in inkomen, sociaal kapitaal en zorgbehoefte onder ouderen?**

Hoe bevorderen we gezondheid en voorkomen we ziekte via een gezond(e) leefstijl en gedrag?

Toelichting

De gezondheidszorg richt zich op het voorkomen en genezen van ziekten waar dat kan. Hedendaagse gezondheidsproblemen zijn voor een groot deel te voorkomen door gedragsverandering, aanpassing van de omgeving, vroege opsporing of andere wetenschappelijk te onderbouwen interventies. Voeding en beweging spelen een belangrijke rol bij zowel het ontstaan als het behandelen van gezondheidsproblemen. Mede door het toenemende aantal welvaartszieken en het toenemend aantal risicofactoren voor chronisch zieken in de maatschappij zoals overgewicht en gebrek aan bewegen, is het steeds meer de vraag wat mensen en hun omgeving zelf kunnen doen om ziektes te voorkomen of te genezen en hun gezondheid te optimaliseren. Indiëners hebben vragen gesteld over thema's als: Wat is de invloed van ons gedrag en onze leefstijl -zoals beweging, roken, voeding, slaap- op onze lichamelijke en psychische gezondheid? Welke leefstijl en gedrag hebben effect op de lichamelijke gezondheid bij kinderen en volwassenen? Kunnen we chronische lichamelijke aandoeningen gunstig beïnvloeden met een gezonde leefstijl en gedragsinterventies? Onderzoek naar de invloed van factoren zoals leefstijl en gedrag op lichamelijke en psychische aandoeningen geeft inzicht in de onderlinge causale relaties en maakt het mogelijk effectieve behandelingen te ontwikkelen.

Verbindend karakter

De vraag vereist fundamenteel onderzoek naar de oorzaken van ziekten, en meer toegepast onderzoek gericht op de ontwikkeling en evaluatie van methoden om die oorzaken aan te pakken. Grote doorbraken zullen waarschijnlijk uit multidisciplinair onderzoek komen, zoals bijvoorbeeld uit samenwerking van bewegingswetenschappen, epidemiologie en bouwkunde als het om beweeggedrag gaat. Het maatschappelijk en wetenschappelijk belang blijkt uit het feit dat deze thema's in allerlei maatschappelijke, economische en wetenschappelijke agenda's in de Nederlandse samenleving genoemd worden, met belangrijke implicaties voor de geestelijke en lichamelijke gezondheidszorg en voor maatschappelijke, economische en technologische ontwikkelingen. Inzetten op preventie, waardoor mensen langer gezond blijven, kunnen werken en kunnen participeren in de samenleving, is noodzakelijk voor de Nederlandse economie en het inperken van de nationale zorgkosten. Bovendien zal insteken op preventie bijdragen aan de verbetering van de kwaliteit van leven voor uiteenlopende groepen van de samenleving.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Kunnen we vernieuwende gedragsinterventies ontwikkelen die een gezonde leefstijl bevorderen, juist voor mensen die dit het meest nodig hebben?**
- **Hoe kunnen we de woon-werk-leefomgeving zo inrichten dat beweging automatisch gestimuleerd wordt zonder dat deze als oncomfortabel gevoeld wordt (gezonde gebouwen)?**
- **Hoe kun je slimme technologie (bijvoorbeeld wearables) inzetten om een gezonde levensstijl te bevorderen?**

Wat zijn de effecten van de voortschrijdende 24-uurseconomie op de gezondheid en het functioneren van mensen en hoe kan kennis over bioritmen de verhouding tussen mens en maatschappij verrijken?

Toelichting

Onze hersenen bevatten een ingebouwde biologische klok die ervoor zorgt dat ons gedrag en ons lichaam het natuurlijke dag-nachtritme volgen. Deze hersenklok is gevoelig voor allerlei prikkels van buiten, zoals voor de invloed van (dag)licht. Via dat mechanisme kan een bioritme zich aanpassen aan de veranderingen in de dag-nachtcyclus als gevolg van bijvoorbeeld seizoensvariatie, instelling van zomertijd of het reizen door verschillende tijdzones. De huidige maatschappij, die steeds meer 7 dagen per week, 24 uur per dag actief is, stelt steeds hogere eisen aan dit biologisch systeem. De vraag is welke gezondheidseffecten dat heeft. In toenemende mate werken mensen buiten het standaard 9 tot 5 schema. Daarnaast zijn mensen overal en altijd online, waardoor zij via werk- en privégerelateerde oproepen gedurende de hele dag geactiveerd worden. De beeldschermen van computers en smartphones geven daarbij vaak fel en specifiek blauw licht af, wat waarschijnlijk extra activering oplevert. Een bekend negatief, ongezond bijeffect is dat mensen slechter gaan slapen. Daarnaast zijn ook verstoringen van eetpatronen, obesitas en de kans op het ontstaan van kanker al in verband gebracht met de toenemende inbreuk op een natuurlijke slaap-waakcyclus.

Verbindend karakter

Onderzoek naar bioritmen verbindt gedragswetenschappen, neurobiologie, medisch en gezondheidsonderzoek en fysisch-technisch onderzoek met elkaar. De vertaling naar toepassingen brengt weer andere disciplines aan boord, zoals sociologie, economie, bedrijfskunde, maar ook ontwerpende disciplines. Technische en informatietechnologische innovaties veranderen de maatschappij in hoog tempo. De groei van de 24-uurseconomie heeft brede maatschappelijke effecten. Nu er meer zicht komt op de negatieve effecten daarvan op de gezondheid, wordt kennis over waarom, bij wie, en wat nu precies problemen oplevert na een inbreuk op het bioritme, uiterst relevant. Meer kennis levert ook aanknopingspunten voor individuele optimalisatie afhankelijk van het chronotype (ochtend- of avondmensen), de

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hebben pubers een ander dag- en nachtritme en/of -behoefte dan kinderen en volwassenen? Als dat zo is; zouden schooltijden hierop moeten worden aangepast?
- Wat is de invloed van de biologische klok op gezondheid van nachtdienstwerkers?
- Hoe kan chronotherapie, behandeling en een aanpak die werkt op onze biologisch klok, onze geestelijke en lichamelijk gezondheid verbeteren?

leeftijdsgroep en de leef- en werkomstandigheden. Bedrijven zijn geïnteresseerd in en gebaat bij dit onderzoek omdat zij kans zien op gezondheidsproblemen bij hun personeel te voorkomen. Hiermee bereiken zij een effectievere inzet van mensen, met minder ziekteverzuim. Maar evenzeer ligt er een markt voor bedrijven die kennis over bioritmen in relatie tot omgevingsinrichting kunnen omzetten in producten in de sfeer van slimme verlichting, inrichting van de ruimte en hulpmiddelen bij monitoren en coachen van iemands activiteiten gedurende de dag.

Wat is de invloed van slaap op onze gezondheid?

Toelichting

Slaap beïnvloedt zowel de geestelijke als de lichamelijke gezondheid. Slaaptekort leidt tot minder goed functioneren en wordt in verband gebracht met verschillende psychische stoornissen, met name depressie en angststoornissen. Het gevolg is een grote ziektelast, arbeidsuitval en negatieve consequenties voor kwaliteit van leven. Maar ook voordat iemand ziek wordt, heeft te weinig slaap invloed op diens emoties, en tast het geheugen, concentratievermogen, spraakvermogen, reactiesnelheid, besluitvaardigheid, en het immuunsysteem aan. Vragen in dit onderzoeksgedebied richten zich op zowel oorzaken en gevolgen van verstoorde slaap, als op mogelijkheden om slaapproblemen te voorkomen en te verhelpen. Er is ook een direct verband met vragen naar de hogere mentale functies van de mens. Scan-technieken zijn in de afgelopen jaren sterk verbeterd en ook de diersmodellen voor cognitie zijn in ontwikkeling. Binnen tien jaar zal er naar verwachting een belangrijke translationele brug geslagen worden tussen de basale en toegepaste expertisevelden op dit gebied.

Verbindend karakter

Slaapproblemen hebben negatieve gevolgen voor zowel de fysieke als de psychische gezondheid, en daarmee ook voor de economie en de maatschappij. Een groeiend aantal ziekenhuizen heeft inmiddels een speciale afdeling voor slaapproblemen. Nieuwe inzichten uit fundamenteel onderzoek kunnen leiden tot betere mogelijkheden om mensen met een slaapprobleem te helpen. Er is een duidelijke verbinding naar vragen gericht op cognitieve en psychische stoornissen, waarbij zowel gekeken wordt naar de relaties tussen slecht slapen en psychische instabiliteit, als naar het verband met factoren zoals leeftijd, erfelijkheid, opleidingsniveau, suikerspiegel en depressie. Onderzoek naar hogere mentale capaciteiten omvat onder andere het vakgebied cognitieve psychologie. Om de neurale basis van mentale functies te onderzoeken wordt een variëteit aan methoden ingezet: Van beeldvormende en psychofysiologische technieken tot gedragsgenetica, simulaties, farmacologie, neurofeedback en gedragsonderzoek. De interdisciplinariteit van dit onderzoek wordt geïllustreerd door de samenwerking tussen psychologen, neurowetenschappers, informatici, wiskundigen, taalkundigen en filosofen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Levert het voordeel op om de maatschappij beter in te richten op individuele slaap/waakritmes van ochtend- en vooral avondmensen, en zo ja, hoe kan dat het beste worden gedaan?
- Hoe kunnen bewegen, slaap, en voeding ingezet worden om een gezonde ontwikkeling en behoud van de hersenen te stimuleren?
- Leef je korter door te werken in nachtdiensten?

Hoe kunnen we gezondheid door middel van sport, bewegen en voeding bevorderen en welke effecten brengt dit met zich mee?

Toelichting

Sinds een aantal jaren wordt er steeds meer onderzoek gedaan naar sport en beweging en de relatie met voeding en gezondheid. Over het effect van bewegen en voeding op gezondheid is dan ook al het één en ander bekend; zo is het positieve effect aangetoond van beweging op botdichtheid, diabetes en borstkanker. Bewegen is gezond, zoveel lijkt wel duidelijk. Toch blijkt uit diverse onderzoeken dat bijna de helft van de Nederlanders onvoldoende beweegt. Nederland is geen uitzondering ten opzichte van andere Westerse landen. Dat roept de vraag op hoe we beweeggedrag kunnen stimuleren en wat de effecten daarvan zullen zijn op de gezondheid en in het maatschappelijke, sociale en economische domein. Voor de top- en breedtesport is onder andere meer kennis over het ontstaan en voorkomen van blessures en overbelasting van belang. Daarnaast worden aan sport en bewegen nog veel positieve effecten toegedicht zonder dat deze ooit zijn onderzocht.

Verbindend karakter

Meer kennis en inzicht in deze vraag en een adequate vertaling daarvan naar interventies en technologieën bieden economische en maatschappelijke kansen, bijvoorbeeld in de bevordering van een vitale arbeidspopulatie en sociale integratie: grotere participatie aan de maatschappij, ook door sociaal zwakkeren. Fundamenteel onderzoek naar onder andere mechanismen en determinanten die ten grondslag liggen aan beweeggedrag en naar de relatie tussen voeding en gezondheid, en daarnaast de ontwikkeling van gedragstheorieën ter bevordering van beweeggedrag en gezond leven in het algemeen, kunnen antwoorden genereren. Bij de ontwerpende vragen ligt de uitdaging erin te experimenteren met methoden en instrumenten om mensen langdurig aan te sporen tot een gezond beweeg- en voedingsgedrag.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe ziet de ideale mobiele app eruit om inactieve mensen te motiveren om te gaan bewegen?
- Welke betekenis heeft sport en bewegen voor jongeren met verschillende achtergrondkenmerken, en op welke wijze kunnen sport en bewegen een duurzame bijdrage leveren aan een positief opvoedingsklimaat ten behoeve van hun welzijn en een gezonde ontwikkeling?
- Hoe kunnen we met voeding en beweging de conditie van patiënten verbeteren om hiermee het herstel te bevorderen?

Wat zijn de gevolgen van chronische aandoeningen, stress en handicaps en hoe kunnen mensen hier zo goed mogelijk mee omgaan?

Toelichting

De gevolgen van chronische psychische en/of fysieke aandoeningen, stress en handicaps, zoals stress bij chronisch ziekten, somatisch onverklaarde klachten, en verstandelijke beperkingen, zijn groot. Dat geldt zowel voor individuen als voor de samenleving. De vraag hoe patiënten, zorgverleners en samenleving hier zo goed mogelijk mee om kunnen gaan, is dan ook belangrijk. Niet alleen vanuit het oogpunt van bevordering van de gezondheid en het welzijn van patiënten, maar ook vanuit het oogpunt van de maatschappelijke en economische impact. Aangezien circa één op de vier Nederlanders nu aan een chronische aandoening lijdt, betreft dit een vraag die veel impact kan hebben.

Verbindend karakter

Onderzoek op het gebied van chronische aandoeningen, stress en handicaps heeft belangrijke implicaties voor de geestelijke en lichamelijke gezondheidszorg, en voor maatschappelijke, economische en technologische ontwikkelingen. Het grote aantal ingediende vragen over deze thematiek heeft onder andere betrekking op:

- Het in kaart brengen van de psychische en lichamelijke gevolgen voor de kwaliteit van leven en maatschappelijke participatie;
- Oorzakelijke, uitlokkende en versterkende contextuele factoren;
- Mogelijkheden voor het optimaal omgaan met aandoeningen om zodoende de individuele en maatschappelijke gevolgen zo veel mogelijk te beperken;
- Ontwerp van maatschappelijke en economische arrangementen die bijdragen aan zinvolle en duurzame participatie van mensen met chronische aandoeningen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de invloed van stress over financiën op leerprestaties? Wat is de maatschappelijk-economische schade hiervan?
- Vervult het immuunsysteem ook een psychologische rol?
- Hoe kunnen mensen, ondanks een lichamelijke en/of geestelijke beperking, toch optimaal participeren?

Wat is de bijdrage van niet-genetische factoren aan persoonlijke eigenschappen en ziekteprocessen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de relatie tussen DNA-sequentie, DNA-methylatie, chromatinestructuur, genexpressie, en eiwitexpressie?
- Hoe komt het dat sommige mensen gezond blijven ondanks het hebben van een ongunstig genoom (DNA)?
- Welke invloed heeft de omgeving op de ontwikkeling van ons brein?

Toelichting

Het wordt steeds meer duidelijk hoe externe factoren ons functioneren kunnen beïnvloeden. Deze factoren hebben zowel directe invloeden op het individu als een interactie met de erfelijke aanleg. Nieuwe eigenschappen die zijn ontwikkeld in reactie op een externe factor blijken zelfs overerfbaar, zonder dat de volgorde van bouwstenen in het erfelijk materiaal verandert. Onze omgeving en onze manier van leven zijn dus bepalend voor het functioneren van onze eigen cellen, maar ook voor de ontwikkeling van volgende generaties. Verder wetenschappelijk onderzoek op dit gebied is van groot maatschappelijk belang. Doorbraken zijn onder meer te verwachten in kennis over het functioneren van hersenen en gedrag. Ook zijn nieuwe inzichten mogelijk in het ontstaan van chronische ziekten, wie hiervoor gevoelig zijn en hoe we hierin kunnen ingrijpen.

Verbindend karakter

Deze vraag omvat onder meer fundamenteel moleculair, cellulair, diersmodellen-, gedrags- en populatieonderzoek op het terrein van de sociologie en de epidemiologie. Omgevingsfactoren als voeding, stress en leefomstandigheden kunnen van grote invloed zijn op ons welzijn. Zo is recent een verband aangetoond tussen voeding, in het bijzonder de werking van de darmflora, en het functioneren van het brein. Ook het optreden van chronische ziekten zoals de ziekte van Crohn is in verband gebracht met voeding. In longitudinaal observerend onderzoek vanaf de prenatale fase kan over deze invloeden meer kennis worden verworven. Deze kennis kan gebruikt worden om ziektegevoeligheid te bepalen en tijdig te kunnen ingrijpen, of om kinderen in staat te stellen beter te kunnen leren. Het onderzoek heeft daarmee ook raakvlakken met ethiek: we moeten bepalen wanneer en hoe de verworven kennis om mensen te beïnvloeden gebruikt kan worden door overheid en bedrijfsleven, bijvoorbeeld in neuromarketing. Ook is de vraagstelling van belang voor de juridische praktijk, bijvoorbeeld om te bepalen wanneer gedrag verwijtbaar is en wanneer biologisch bepaald.

Wat zijn de effecten van de gebouwde omgeving op gezondheid en welzijn?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we gebouwen ontwerpen die gezond zijn (optimaal binnenmilieu) of zelfs mensen kunnen genezen?
- Hoe richt je een stad in waarmee de kwaliteit van leven van de bewoners wordt bevorderd?
- Welke planten en bomen hebben een direct en aanwijsbaar positief effect op de gezondheid van de mens?

Toelichting

Binnen een aantal decennia zal zeventig procent van de wereldbevolking in steden wonen. Daardoor worden vraagstukken rondom kwaliteit van leven in steden steeds dringender. Het gaat daarbij om kennis over effecten van chemische stoffen en technologie op de gezondheid, zoals uitgestoten gassen, straling, elektromagnetische velden, ultrafijnstof en verlichting. Maar het gaat ook over de bijdrage van groen voor een gezonde woon-, werk- en leefomgeving. Bij het ontwerpen van gebouwen verschuift de focus van techniek naar de mens. De wereld digitaliseert, en de mens individualiseert en wordt ouder dan voorheen. De gebouwde omgeving moet niet alleen praktische en esthetische, maar ook ecologische en sociaal-maatschappelijke doelen dienen: gebouwen moeten veilig zijn voor mensen om in te verkeren en erop gericht zijn om ouderen zo lang mogelijk thuis te laten wonen. In deze verstedelijkte omgeving zal het steeds belangrijker worden om gebouwen en leefomgevingen te kunnen ontwerpen die positief bijdragen aan de gezondheid van de mens.

Verbindend karakter

De inrichting van de leefomgeving beïnvloedt de gezondheid in het algemeen, en meer specifiek arbeidsomstandigheden en productiviteit. Het onderzoek in dit domein betreft niet alleen effecten van en oplossingen voor blootstelling aan milieu- en andere omgevingsfactoren, maar ook het bevorderen van een gezonde leefstijl en sociaal welbevinden. Van sommige determinanten - zoals fijnstof - is bekend dat ze de volksgezondheid beïnvloeden, maar niet alle effecten van afzonderlijke determinanten op de gezondheid zijn bekend. Daarnaast is van belang dat niet alleen gekeken wordt naar de afzonderlijke effecten; aanvullende methodes zijn nodig om de risico's van de combinatie van gezondheidsdeterminanten voor de mens in te schatten. Dit wetenschapsgebied vergt samenwerking tussen sociale, milieu- en technische wetenschappers. Naast fundamenteel onderzoek naar de relatie tussen de leefomgeving en gezondheid, is er toepassingsgericht onderzoek nodig waarin wetenschappelijk onderbouwde concepten omgezet worden in innovaties voor het ontwerp, de bouw en de inrichting van gebouwen en openbare ruimtes. Onderzoek naar de leefomgeving heeft een groot maatschappelijk én economisch belang. Problematiek van grote steden speelt wereldwijd, en kennis op dit terrein kan de basis vormen voor nieuwe exportproducten.

Wat zijn de effecten van elektromagnetische velden afkomstig van bijvoorbeeld draadloze communicatie en hoogspanningsleidingen op mensen?

Toelichting

Het gebruik van draadloze communicatie neemt een steeds grotere vlucht. De bezorgdheid van burgers over mogelijke schadelijke effecten van elektromagnetische straling groeit; het aantal discussies en vragen over de gezondheidseffecten van het wonen nabij elektriciteitsvoorzieningen neemt toe. Internationaal is veel wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de mogelijke gezondheidseffecten van het wonen nabij hoogspanningslijnen. Dit heeft de bezorgdheid niet weggenomen. Ook naar aanleiding van recente discussies over de classificatie van mobiel bellen door de IARC en over elektrogevoeligheid is duidelijk geworden dat er nog onzekerheden bestaan met betrekking tot de daadwerkelijke gezondheidseffecten van elektromagnetische velden. Betrouwbare feiten uit onderzoek zijn nodig om de discussie hierover goed te kunnen voeren.

Verbindend karakter

Onderzoek naar de biologische effecten van straling en velden – ook op de langere duur – en naar de verschillen in elektrogevoeligheid onder de bevolking kan bijdragen aan het veiliger ontwerpen en bouwen van draadloze apparatuur, de ontwikkeling van betrouwbare regelgeving rond dit thema, en een feitelijke basis voor discussies over het onderwerp. Dit onderwerp vraagt een multidisciplinaire aanpak van onder meer biologen, artsen, biofysici en ingenieurs; ook vanuit de sociale wetenschappen kan een goede inbreng worden geleverd. Daarnaast zijn de industrie en de overheid belanghebbenden bij de onderzoeksresultaten. De vraag past bij het beleidsspeerpunt 'Gezondheid en welzijn van mens en dier'. In Nederland heeft het Kennisplatform Elektromagnetische Velden & Gezondheid een goed beeld van de huidige kennis en nog te beantwoorden vragen rond dit thema. Het Kennisplatform bundelt de relevante instellingen en de organisaties die de eerstelijnscontacten met burgers en werknemers hebben over dit onderwerp.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe schadelijk zijn de signalen van wifi, telefoontjes en andere draadloze apparaten voor ons lichaam?
- Onderzoek naar de betrouwbaarheid van de normen ten aanzien van gepulste, onnatuurlijke, niet ioniserende microgolven (RF/HF).
- Met welke ICT-technieken kan de installatietechniek de energietransitie van de gebouwde omgeving verder brengen?

Kunnen we de factoren die een rol spelen bij het ontstaan en de instandhouding van onbegrepen langdurige lichamelijke klachten beter begrijpen en daardoor deze klachten beter behandelen?

Toelichting

Lichamelijk onverklaarde klachten zoals deze zich bijvoorbeeld voordoen bij IBS, fibromyalgie en ME/CVS, vormen een belangrijke bron van ziekteverzuim. Tevens vormen ze een uitdaging binnen de geneeskunde. Er is nog veel onduidelijk over het ontstaan en de instandhouding van lichamelijk onverklaarde klachten. Beter inzicht in de fysiologische, psychologische en omgevingsfactoren die daarbij een rol spelen, kan helpen deze klachten beter te behandelen. Daarmee beperken we het persoonlijk leed en nemen het verzuim en de daarmee verbonden hoge maatschappelijke kosten af. Het onderzoek naar deze vraag moet leiden tot meer inzicht in de oorzaken van deze klachten, en tot verbetering van de zorg voor patiënten.

Verbindend karakter

Het grootste deel van de patiënten dat zich bij de huisarts meldt, heeft klachten waarvoor geen duidelijke somatische oorzaak is aan te wijzen. Veel klachten gaan vanzelf over. Een deel blijft echter, met als gevolg een grote medische consumptie en ook studie- en arbeidsverzuim. Vaak beperkt men zich tot het blijven zoeken naar een somatisch oorzaak. Achterliggend probleem is het nog door velen gevoelde Descartiaanse onderscheid tussen lichaam en geest, terwijl al duidelijk is geworden dat onbegrepen klachten voortkomen uit een complex van lichamelijke, gedragsmatige en omgevingsfactoren. De multidisciplinaire speurtocht naar de oorzaken en naar een betere behandeling omvat fundamenteel genetisch, moleculair en neurobiologisch onderzoek, fysiologisch, psychologisch en gedragsonderzoek. Dit onderzoek kan ook meer licht brengen in het nu nog niet goed begrepen verband tussen lichamelijke klachten zoals pijn en vermoeidheid, en chronische ziekten. De vraagstelling heeft tevens raakvlakken met de organisatie van de zorg en opstelling van de medicus ten opzichte van onbegrepen klachten, en met juridische vragen zoals naar de legitimiteit van klachten – bijvoorbeeld in verband met arbeidsverzuim of uitkeringen – bij een niet aanwijsbare medische oorzaak. Daarnaast roept de maatschappelijke druk om ziekte zo snel mogelijk uit te bannen sociologische vragen op. Deze vraag sluit aan bij de overheids-beleidsterreinen 'Arbeid, zorg en zelfredzaamheid' en 'Anticiperen op een veranderende zorgvraag in een transparante omgeving: Andere zorg verlenen'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke invloed heeft neuro-inflammatie op de ziekte ME/CVS?
- Hoe kunnen onverklaarde lichamelijke klachten bij kinderen tot zo min mogelijk gezondheids- en ontwikkelingsschade leiden?
- Onder welke omstandigheden herstellen mensen het snelst van acute en chronische lichamelijke klachten?

Hoe gaat kennis van genetica een rol spelen in het begrijpen van, screenen op en behandelen van (zeldzame) ziekten?

Toelichting

Veel ziekten hebben een genetische component. Vaak spelen daarbij meerdere genen een rol, waardoor het achterhalen van de exacte oorzaak van de ziekte, en daarmee het identificeren van mogelijke behandel mogelijkheden, erg complex is. Naast genetica kunnen ook omgevingsfactoren bepalen of een ziekte tot uiting komt. De diagnose van een genetische ziekte kan gesteld worden door analyse van het genetisch materiaal, bijvoorbeeld met nieuwe generatie *DNA-sequencing* technieken. Met erfelijkheidsonderzoek wordt geanalyseerd of familie van de patiënt een verhoogd risico heeft op de ziekte: men onderzoekt de ziektegeschiedenis van verschillende familieleden en maakt een stamboom. Tevens kan aanvullend onderzoek zoals DNA-diagnostiek plaatsvinden. Een voorbeeld van *screening* bij kinderen is de zeldzame taaislijmziekte, waarop middels de hielprik bij pasgeborenen wordt gecontroleerd. Door in een vroeg stadium al te beginnen met een behandeling, is de kans op succes vaak groter. Naast afwijkingen in de genen zelf blijken bij erfelijke ziekten ook genregulerende processen mede verantwoordelijk. Over deze epigenetische processen is nog weinig bekend. Ze spelen waarschijnlijk een rol bij de grote variatie in reacties op medicatie bij mensen met hetzelfde genetische defect. Kankeronderzoek heeft deze individuele variaties helder aan het licht gebracht. Ze leiden ertoe dat een schijnbaar uniform genetisch defect een gepersonaliseerde behandeling vraagt om effect te oogsten. Of deze epigenetische processen ook eenvoudig te screenen zijn, zal toekomstig onderzoek uit moeten wijzen.

Verbindend karakter

Nederland loopt internationaal voorop bij het vertalen van genetische technologieën en kennis naar de kliniek. Zo is het eerste in Europa geregistreerde genterapieproduct voor de zeldzame ziekte *lipoproteïn lipase deficientie* (LPLD) ontwikkeld in Nederland. Met name in het erfelijkheidsonderzoek rondom kanker is Nederland internationaal toonaangevend. In economisch opzicht is het belang van vroegtijdige opsporing van een erfelijke ziekte groot, want dit kan de kans op effectieve behandeling van de ziekte aanzienlijk verbeteren en daarmee zorgkosten besparen. Vanuit wetenschappelijk oogpunt bestaan er verschillende uitdagingen. Op de eerste plaats moeten we grip krijgen op de genetische en epigenetische complexiteit. Daarnaast is het noodzakelijk om screeningstechnologieën te blijven ontwikkelen en verbeteren. De screeningsmethoden zelf moeten eenvoudiger, betrouwbaarder, minder invasief en goedkoper worden. En hun toepassingsgebieden moeten worden uitgebreid, zodat er voor meer ziekten nieuwe en effectievere behandelingen ontwikkeld kunnen worden. Dit onderzoek verbindt wetenschappelijk belang met een maatschappelijke uitdaging en biedt economische kansen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe gaan we om met genetische modificatie van mensen?
- Wat is de meerwaarde van nieuwe generatie *sequencing* technieken (NGS) voor fylogenetisch onderzoek?
- Hoe gaat de kennis van ons genoom en de epigenetische complexiteit bijdragen aan betere behandeling en preventie van ziekten?

Hoe ontwikkelt het zenuwstelsel zich en hoe kunnen processen van degeneratie ervan worden tegengegaan?

Toelichting

Ons brein, en in bredere zin ons zenuwstelsel, blijft tot op heden een mysterieus orgaan. Vragen als Wanneer is de mens een van zichzelf bewust wezen geworden? of Bestaat een collectief brein? zijn hiervoor illustratief. Deze vragen zijn niet alleen relevant om onze nieuwsgierigheid te stillen. Ze zijn ook van belang om na te gaan hoe iemands talent het beste ontwikkeld kan worden, of in hoeverre de werking van het zenuwstelsel leidt tot problematisch gedrag of ontwikkelingsproblemen. Meer kennis van het zenuwstelsel is eveneens heel hard nodig wanneer we denken aan ziekten waarbij sprake is van degeneratie van het zenuwstelsel. Mede omdat we steeds ouder worden, neemt het aantal mensen met dementie toe. Het ontstaan en het verloop van deze ziekte roepen nog grote vragen op, evenals hoe de kwaliteit van leven van iemand met dementie vergroot kan worden. Andere ziekten die minder voorkomen zoals Parkinson, ALS en MS stellen ons voor dezelfde kwesties.

Verbindend karakter

Onderzoek richt zich op de relaties tussen het zenuwstelsel en hoe we denken en doen, en op het beïnvloeden van deze relatie. Door de vele ontwikkelingen in de technologie is bovendien een nieuw onderzoeksveld ontstaan waarbinnen activiteiten van het zenuwstelsel en de mechanismen die daaraan ten grondslag liggen letterlijk in beeld worden gebracht. Wanneer expertise op de verschillende deelgebieden, waaronder neurobiologie, psychologie en onderwijskunde en ook ethiek, worden samengebracht, kan dit tot grote voortgang leiden. Vraagstukken gericht op degeneratie van het zenuwstelsel en de daarbij horende ziekten vragen onder andere om fundamenteel onderzoek naar neurologische processen. Ook gaat de aandacht uit naar toegepast onderzoek gericht op zowel de belevingswereld en mogelijkheden van mensen die aan een dergelijke degeneratieve ziekte lijden als op hoe de omgeving hier het beste mee om kan gaan. Bij uitstek is dit multidisciplinair onderzoek, variërend van onderzoek naar zingeving tot het bouwen van een woonomgeving waarin men zo lang mogelijk zijn of haar zelfstandigheid behoudt. In Nederland bestaan op het gebied van dementie en Parkinson sterke samenwerkingsverbanden waarbinnen overheid, bedrijfsleven, wetenschap, patiëntenorganisaties, zorgaanbieders en verzekeraars gezamenlijk zorgdragen voor het ontwikkelen en toepassen van nieuwe kennis.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de rol van genen en omgeving bij de vorming en ontwikkeling van neurale netwerken?
- Kunnen leerlingen zich beter concentreren als ze naar muziek luisteren?
- Hoe kan zorg en ondersteuning worden geboden aan een sterk groeiend aantal mensen met dementie? Zorg die tegemoet komt aan hun behoefte, kwalitatief goed én doelmatig is?

Hoe ontstaan neurologische, psychiatrische en psychische aandoeningen en hoe kunnen we ze voorkomen, verzachten of verhelpen?

Toelichting

Neurologische, psychiatrische en psychische aandoeningen zoals Alzheimer, Parkinson, MS, depressie, angststoornissen, burn out of ADHD, komen veel voor in alle levensfasen. Sommige van deze aandoeningen komen naar verwachting steeds vaker voor. Veel vragen over de oorzaken, behandelingen en maatschappelijke gevolgen zijn echter nog onbeantwoord. Voorbeeldvragen zijn:

- Wat zijn oorzakelijke en/of uitlokkende factoren voor psychische aandoeningen, zoals depressie, angsten, PTSS, schizofrenie, ADHD, verslavingen, et cetera? Wat zijn oorzakelijke en/of uitlokkende factoren voor neurologische aandoeningen zoals MS, Alzheimer en Parkinson?
- Welke neurologische en psychische processen liggen ten grondslag aan (negatieve) emoties (bijvoorbeeld verdriet, jaloezie) of cognities (bijvoorbeeld piekeren) en hoe beïnvloeden deze processen de gezondheid op de langere termijn?
- Hoe kunnen neurologische en psychische problemen het beste behandeld worden (onder meer met gedragsinterventies, preventie, medicatie)?
- Hoe kunnen de GGZ en andere zorginstellingen hiervoor optimaal toegerust worden?

Het begrijpen en voorspellen van neurologische, psychiatrische en psychische ziekten is van groot belang voor de Nederlandse maatschappij in bredere zin, alsmede uiteraard voor patiënten en hun omgeving.

Verbindend karakter

Het is momenteel nog vaak moeilijk om neurologische, psychiatrische en psychische aandoeningen te behandelen. Dit heeft ook gevolgen voor de economie, onder andere in termen van verlies aan arbeidskracht. Een transnationale aanpak is nodig om behandelingen te kunnen ontwikkelen, en eerste stappen daarin zijn gezet. Hier kunnen de komende tien jaar grote stappen gezet worden. De ingediende vragen adresseren uiteenlopende disciplines binnen de levenswetenschappen, maar hebben ook in toenemende mate bijdragen vanuit de geesteswetenschappen zoals de filosofie nodig om tot een beter begrip van de neurobiologische en psychologische basis van psychiatrische en psychische stoornissen en de behandeling ervan te komen. Fundamentele nieuwe kennis uit het genoomonderzoek over het ontstaan is belangrijk om preventie en behandeling mogelijk te maken van neurologische, psychiatrische en psychische stoornissen. Het begrijpen van neurologische, psychiatrische en psychische stoornissen vereist bij uitstek een translationele aanpak. Deze vraag sluit aan bij de topsector Life Sciences & Health en het beleidsterrein 'Gezondheid en welzijn van mens en dier'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Hebben mensen met een auto-immuunziekte meer kans op het ontwikkelen van meerdere psychiatrische ziektebeelden (eetstoornis, autisme, angststoornis, ADHD, et cetera)?**
- **Waarom levert slecht slapen zoveel psychische en lichamelijke problemen op?**
- **Hoe ontstaat verslaving en wat kunnen we eraan doen?**

Hoe kunnen we het probleem van overgewicht en obesitas beter begrijpen en voorkomen?

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Hoe kunnen we behandelingen voor eetstoornissen en obesitas verbeteren, in de zin van effectiever maken?**
- **Hoe komt het dat de ene persoon met overgewicht of obesitas veel eerder diabetes of hart- en vaatziekten krijgt dan de andere?**
- **Wat vinden kinderen zelf van kindrobesitas? Wat denken ze dat de oorzaken zijn en wat zien zij als effectieve preventieve en behandelingsmogelijkheden?**

Toelichting

Een te hoog lichaamsgewicht, of zelfs de extreme variant obesitas, komt in Nederland steeds vaker voor. Overgewicht is geassocieerd met talrijke ernstige aandoeningen, zoals diabetes, hart- en vaatziekten, kanker, versnelde slijtage van de gewrichten, rugklachten en ademhalingsproblemen zoals slaapapneu. Niet alleen is overgewicht een probleem van oudere mensen, maar welhaast nog alarmerender is het steeds vaker voorkomen van ernstig overgewicht bij kinderen. Obesitas bij kinderen voorspelt vaak ernstige problemen op volwassen leeftijd. Uiteraard ligt hier een grote rol voor tijdige preventie, bijvoorbeeld door dieetadviezen, meer bewegen en sporten en andere leefstijlinterventies. Er zijn in Nederland diverse cohorten van kinderen en volwassenen die in de tijd worden gevolgd en waaruit belangrijke kennis kan worden verkregen. Maar ook een beter begrip van de oorzaken waarom de een zo snel dik wordt en de ander niet, kan helpen iets te doen aan obesitas.

Verbindend karakter

Onderzoek naar obesitas kent verschillende invalshoeken, van fundamentele tot maatschappelijke, toegepaste projecten. Het obesitasonderzoek richt zich op de bestudering van de werking van het energiemetabolisme, het eetgedrag inclusief bijbehorende cognitieve mechanismen, culturele invloeden maar ook beweging en leefstijlinterventies. De rol die genetische factoren hebben in interactie met de buitenwereld vormen in obesitas ook een belangrijk aanknopingspunt. Inzicht in de invloed van de genen en omgeving op obesitas draagt bij aan een beter begrip over deze aandoening. Personen met obesitas hebben verhoogd risico op ziekten en aandoeningen als hart- en vaatziekten, diabetes en kanker en kunnen bijwerkingen hebben als artrose, slaapstoornissen en kortademigheid. Er is daarom een directe link met deze onderzoeksgebieden.

Elke tumor is anders: hoe kunnen we de ziekte kanker goed genoeg begrijpen om een behandeling voor elke vorm ervan te kunnen ontwikkelen?

Toelichting

Ondanks betere behandelingsmethoden overlijden in Nederland elk jaar nog ongeveer 45.000 mensen aan de ziekte kanker. Daarmee is het de belangrijkste doodsoorzaak. Jaarlijks krijgen 100.000 nieuwe mensen de diagnose. Kanker, de ongecontroleerde groei van lichaamscellen, wordt veroorzaakt door genetische veranderingen in cellen. Deze mutaties veroorzaken problemen in allerlei essentiële biologische systemen en processen, zoals stofwisseling, signaaloverdracht, en eiwittransport. Hiermee verandert ook de gevoeligheid voor geneesmiddelen. Tumoren blijken zelden identiek. Het is van belang te weten hoe de genetische *make-up* is en welke eigenschappen de tumor heeft. Hierdoor zijn tumoren in een vroeger stadium te herkennen, en kan therapie meer op maat worden geleverd.

Verbindend karakter

Kanker roept niet alleen veel medische vragen op, maar ook veel hieraan gerelateerde vragen over zorg en kwaliteit van leven. Het uiteindelijke doel is om kanker geheel uit te bannen. In het slechtste geval zou kanker een goed behandelbare chronische ziekte moeten worden met goede (na)zorgmogelijkheden en voldoende behoud van kwaliteit van leven. Voor het beantwoorden van de medische vragen moeten vele vakgebieden samenwerken. Diepgaand moleculair inzicht in de complexe werking van (stam)cellen is nodig om te begrijpen hoe genetische veranderingen tumorcellen laten ontstaan en resistent laten worden tegen de gangbare medicijnen. En als kanker toch ontstaat, om betere, geïndividualiseerde, en kosteneffectieve behandelingsmethoden te ontwikkelen. Deze kunnen bestaan uit (een mix van) nieuwe precisie-medicijnen naast verder verfijnde chirurgische, beeldvormende en radiotherapeutische technieken. Een van de grootste uitdagingen wordt om uit te zoeken wat de meest effectieve combinatietherapie is voor een gegeven patiënt met zijn of haar specifieke genetische achtergrond – en zijn of haar specifieke tumor. Door de ontwikkeling van tumorstamcellen, de zogenaamde *organoids*, kan de effectiviteit van een grote hoeveelheid potentiële medicijnen buiten de patiënt gescreend worden. Daarnaast worden veelbelovende niet-tumorspecifieke therapieën ontwikkeld door het eigen immuunsysteem van een patiënt in te schakelen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kunnen virussen ingezet worden tegen het ontstaan van verschillende soorten kanker?
- Hoe draagt stress bij aan het ontstaan van kanker en veroudering en kunnen we dit mechanisme remmen?
- Iedere tumor is uniek en iedere patiënt is uniek. Hoe komen wij tot een optimale en kosten-effectieve selectie wie er behandeld moet worden, op welk moment, en met welke behandeling?

Darmziekten en in het bijzonder de relatie tussen onze darmflora en gezondheid: hoe kunnen we de darmflora effectief beïnvloeden?

Toelichting

De darm is het grootste orgaan van de mens. Het is ook een zeer dynamisch orgaan waar de darmcellen zich elke drie dagen vernieuwen en waar alle voedingsstoffen worden opgenomen en afvalstoffen worden uitgescheiden. Sinds onze geboorte is onze darm gekoloniseerd door een complex microbieel ecosysteem, dat steeds vaker in verband wordt gebracht met ziekte en gezondheid. Er komen in onze darmen meer dan duizend verschillende soorten micro-organismen voor. De samenstelling van dit ecosysteem is per persoon uniek. Ondanks de grote variatie aan bacteriën is de darmflora in gezonde personen in balans. Door verschillende oorzaken kan deze delicate balans verstoord raken. Niet alleen het gebruik van antibiotica, maar ook voeding en leeftijd spelen een belangrijke rol. De samenstelling van de darmflora – tegenwoordig veelal darmmicrobiota of darmmicrobioom genoemd – kan ook een voorspellende waarde hebben voor het ontstaan van ziektebeelden als diabetes, reumatische ziekten, chronische darmontsteking en gedragsafwijkingen.

Verbindend karakter

Inzicht in de interacties tussen de micro-organismen onderling en tussen de micro-organismen en hun gast-

heer vormt de basis om verbanden te kunnen leggen tussen enerzijds gezondheid, of het ontsporen daarvan, en anderzijds de samenstelling van het microbiom. Er zijn onder andere nieuwe analysemethoden nodig om meer te weten te komen over de darmflora. Ook is er wetenschappelijk onderzoek nodig naar de mogelijkheid en consequenties van darmflora-transplantaties als behandelingsmethode van darm- en andere ziekten. Een belangrijke vraag is welke bacteriën in een gezond ecosysteem voorkomen, wat hun functie is, en hoe deze kennis te gebruiken is in nieuwe therapieën. Gerichte preventieve en curatieve interventies gebaseerd op deze kennis kunnen de darm gezond houden. Ook is er wetenschappelijk onderzoek nodig naar de mogelijkheid en consequenties van darmflora-transplantaties en faagtherapieën die gebruikmaken van selectief bacteriën en dodende virussen als behandelingsmethode van (darm) ziekten. Dit goeddeels onbegrepen onderzoeksgebied is van belang voor zowel de grote en gespecialiseerde voedingsmiddelenindustrie als voor farmaceutische bedrijven en vormt derhalve een interessante schakel tussen twee voornamelijk gescheiden bedrijfsdomeinen. Er liggen grote uitdagingen voor wetenschappers om samen met medici en productontwikkelaars te werken aan dit complexe maar veelbelovende onderwerp.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de relatie tussen onze darmflora en ziekten/gezondheid en hoe kunnen we de darmflora effectief beïnvloeden met onder andere voeding, waaronder probiotica, en poeptransplantaties of (combinaties van) therapeutische bacteriën?
- Wat is de oorzaak van de ziekte van Crohn of colitis ulcerosa en hoe kunnen ze voorkomen worden?
- Waarom kunnen darmen niet getransplanteerd worden?

Hoe ontstaan diabetes type 1 en 2 en hoe kunnen deze eerder worden opgespoord en vervolgens op individuele basis worden behandeld?

Toelichting

Diabetes is een ziekte die wordt veroorzaakt door een tekort aan en/of verminderde gevoeligheid voor insuline. Insuline wordt gemaakt door de alvleesklier. Bij type 1 diabetes is er een misplaatste afweerreactie tegen de eigen alvleeskliercellen opgetreden en is insuline totaal afwezig. Type 2 diabetes wordt meestal veroorzaakt door een verminderde gevoeligheid voor insuline, waarbij de eigen alvleesklier niet meer voldoende insuline kan produceren om deze ongevoeligheid te overkomen. Deze verminderde gevoeligheid ontstaat vaak door overgewicht. Insuline speelt een rol bij de bloedsuikerhuishouding maar ook bij vele andere stofwisselingsprocessen. Diabetes leidt niet alleen tot een verstoorde glucosespiegel en andere stofwisselingsproblemen maar daarnaast ook tot versnelde en ernstige vaatproblemen. Problemen in de kleine vaatjes uiten zich in oogproblemen of nierproblemen. Als er schade optreedt in de grote vaten, kan dit onder andere hartziekten tot gevolg hebben.

Verbindend karakter

In Nederland wordt veel en goed diabetesonderzoek verricht waarbij er interactie is tussen zeer fundamenteel, experimenteel en patiëntgebonden onderzoek. Onderzoek op het gebied van diabetes richt zich op vele facetten van de ziekte. Wat de oorzaak betreft wordt er bijvoorbeeld gekeken naar de immuunreactie die leidt tot type 1 diabetes. Op het gebied van behandeling vormen slimme combinaties van continue glucosesensors door de huid en daarop inspelende insuline pompjes een hoopvolle ontwikkeling. Ook wordt gekeken naar behandelingen van aan diabetes gerelateerde orgaanproblematiek. Daarnaast gaat de aandacht uit naar preventie, onder andere via de invloed van voeding.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat zijn de onderliggende mechanismen die gedeeld worden tussen veroudering van het reproductieve systeem, type 2 diabetes, en hart- en vaatziekten?
- Is het mogelijk om een alvleeskliertransplantatie uit te voeren om diabetes type 1 te genezen, of is een kunstmatige alvleesklier een realistische optie?

Hoe kunnen we hart- en vaatziekten (atherosclerose, hartfalen, hartritmestoornissen en trombose) op individueel niveau vroeg voorspellen, voorkomen en behandelen?

Toelichting

Hart- en vaatziekten komen vaak voor in Nederland. Obesitas, veroudering en een ongezonde levensstijl zijn factoren die een negatieve invloed hebben op het cardiovasculaire systeem. Bovendien komen aangeboren hartafwijkingen in Nederland vaak voor. De uitdaging is om hart- en vaatziekten te kunnen diagnosticeren en behandelen voordat ze klachten opleveren. Hierbij spelen echter wel vragen over verantwoordelijkheid of kosten van de gezondheidszorg: is het wenselijk om gezonde mensen te willen controleren en zo ziektes te voorkomen? Bovendien gaat deze vraag in op de genetische risicofactoren van hart- en vaatziekten en onderliggende oorzaken van een abnormale hart- en vaatfunctie.

Verbindend karakter

Het cardiovasculaire onderzoek in Nederland kenmerkt zich in belangrijke mate door het bottom-up organiseren van onderzoek. Kennisinstellingen, industrie en maatschappelijke organisaties investeren met elkaar in gezamenlijke projecten die er op zijn gericht de kwaliteit van hart- en vaatonderzoek in Nederland te verbeteren. Ook de inbreng vanuit het patiëntenperspectief is hierin goed geborgd. Het onderzoek is zowel fundamenteel als translationeel en klinisch toegepast van aard. Onderzoek richt zich op het herkennen van hart- en vaatziekten in een vroege fase, de verschillen tussen mannen en vrouwen bij hart- en vaatziekten, de behandeling van hartritme-stoornissen en hartfalen, een snelle behandeling bij beroertes, en innovaties op het gebied van ondersteuning bij het bereiken en volhouden van een gezonde leefstijl. Voor dit laatste onderwerp geldt dat er een directe link is met technologisch onderzoek op het gebied van zelfmanagement, apps en games.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Welke verschillen zijn er tussen mannen en vrouwen ten aanzien van de klachten, risicofactoren, oorzaken, ontwikkeling, diagnose en behandeling van hart- en vaatziekten?
- Hoe kunnen wij de therapie van hartritmestoornissen en hartfalen effectiever en goedkoper maken?
- Wat is de rol van het immuunsysteem in het herstel van de vaatwand na een chirurgische ingreep ter behandeling van atherosclerose?

Hoe kunnen we longziekten beter begrijpen en behandelen?

Toelichting

Longziekten behoren tot de meest voorkomende aandoeningen, zowel bij kinderen in de vorm van astma als bij ouderen, waar deze ziekten zich uiten als chronische bronchitis en emfyseem. Astma bij kinderen berust op een overdreven actieve werking van het immuunsysteem en is meestal wel goed te behandelen, maar kan ook zeer ernstig verlopen. Een beter begrip van de onderliggende oorzaak en mechanismen leidt tot betere medicatie en betere beheersing van de ziekte. Omgevingsfactoren, zoals luchtkwaliteit, spelen hierbij misschien ook een rol. Chronische bronchitis en emfyseem zijn gevolgen van rookgedrag en zijn nog erg slecht te behandelen; hier kan nog een enorme vooruitgang worden geboekt.

Verbindend karakter

Onderzoek op het gebied van longziekten bestrijkt de volledige as van fundamenteel tot toegepast en kan zich richten op het voorkomen en begrijpen van longziekten, nieuwe of betere behandelingen met behulp van medicijnen of vaccins, en het transplanteren of zelfs repareren van kapotte longen. Daarbij hoort ook het langdurig volgen van een populatie om na te gaan op welk moment een longaandoening wordt ontwikkeld en welke factoren daarbij een rol spelen. Het meenemen van het patiëntenperspectief is onlosmakelijk verbonden in onderzoek naar longziekten.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we betere geneesmiddelen tegen virale en bacteriële luchtweginfecties ontwikkelen?
- Wat gebeurt er met de longen van kinderen die opgroeien in gebieden met veel luchtverontreiniging?
- Hoe kunnen we longen laten regenereren?

Hoe ontstaan chronische nierziekten en hoe kunnen deze eerder opgespoord worden en vervolgens op individuele basis worden behandeld?

Toelichting

Bij chronisch nierfalen werken de nieren gedurende lange tijd niet goed. Meestal is dit het gevolg van hoge bloeddruk of bepaalde aandoeningen als diabetes en andere nierziekten. De meeste mensen met chronisch nierfalen hebben daar in het begin geen last van. Soms zijn er slechts vage klachten. Chronisch nierfalen is niet te genezen. Beschadigd nierweefsel herstelt niet meer. Uiteindelijk treden er veel ernstige klachten op zoals bloedarmoede en hart- en vaataandoeningen. Een vroege diagnose van chronisch nierfalen is essentieel om onherstelbare nierschade te voorkomen.

Verbindend karakter

Onderzoek op het gebied van nierfalen richt zich op vele facetten van de ziekte: zowel de oorzaak en de behandeling, als de preventie en de behandeling van aan nierfalen gerelateerde orgaanproblematiek. Er is nog veel onderzoek nodig naar *biomarkers* die in de vroege fase, als er nog geen klachten zijn, reeds het ontstaan van nierschade kunnen voorspellen. Tevens is er meer kennis nodig over de (moleculaire) mechanismen die leiden tot nierschade, zodat een doelgerichte behandeling per individuele patiënt kan worden ontwikkeld. Ten slotte zullen we de consequenties voor andere essentiële lichaamsfuncties beter moeten leren begrijpen en leren voorkomen om de kwaliteit van leven van nierpatiënten te verbeteren.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hebben leeftijd, geslacht of levensstijl invloed op het ontstaan van nierziekten?
- Kunnen we met behulp van nieuwe *biomarkers* nierkanker eerder opsporen?
- Is een implanteerbare kunstnier haalbaar?

Zwangerschap, een kind baren en de overgang: kunnen we ze beter maken?

Toelichting

Zwangerschap, een kind baren en de overgang zijn zeer ingrijpende gebeurtenissen in het leven van een vrouw. De geboorte zelf is voor zowel moeder als kind één van de meest riskante momenten in hun leven. Er kan, als het misgaat, een blijvend effect zijn op het geestelijk en lichamelijk welzijn en de gezondheid van moeder en kind gedurende de rest van hun leven. Elementaire onderzoeksvragen gaan over de complexe fysieke processen betrokken bij de conceptie, de aanleg en de ontwikkeling van de foetus in nauwe interactie met het moederlichaam tot aan de geboorte, de transitie van de foetus naar een autonoom individu en de fysiologische en psychische effecten op de barendende vrouw. Daarnaast zijn factoren als seksuele geaardheid, partnerkeuze, (in)fertiliteit, voeding en gedrag, medicijngebruik en veiligheidsrisico's met betrekking tot omgevingsfactoren tijdens de zwangerschap in belangrijke mate van invloed op de kwaliteit van de aanloop naar de zwangerschap, het zwangerschapsproces zelf en de geboorte. Ook ethische dilemma's bij diagnostische screening en ongewenste zwangerschap vormen belangrijke facetten van deze vraag. Voor vrouwen die niet zwanger willen worden, is er de anticonceptiepill. Voor vrouwen die last hebben van overgangsverschuiven bestaat er geen pil. Is er iets aan overgangsverschuiven te doen? Kan beter inzicht in de onderliggende fysiologie op moleculair, cellulair en organismeniveau leiden tot een beter verloop van deze gebeurtenissen in het vrouwenleven?

Verbindend karakter

De gezondheidszorg in Nederland is van hoog niveau, hetgeen te danken is aan de kwaliteit van onze ziekenhuiszorg en het grensverleggende onderzoek in de universitaire medische centra en de daarmee samenwerkende universitaire onderzoeksgroepen. We verkeren dan ook in een uitstekende positie om in de komende tien jaar belangrijke bijdragen te leveren aan het vinden van oplossingen voor diverse vragen op dit maatschappelijk bijzonder belangrijke terrein. Nieuwe interventiemogelijkheden, gebaseerd op inzichten in achterliggende processen, leveren winst op voor de kwaliteit van leven en dragen zo bij aan een gezonde en stabiele samenleving. De komst van nieuwe diagnostische en technologische mogelijkheden leidt tot tal van ethische vraagstukken, bijvoorbeeld over de beslissing wanneer behandelen nog in het belang van de patiënt is. Op het gebied van preventie zijn voorlichting, advisering en gerichte begeleiding belangrijke ondersteunende activiteiten. Daarmee kunnen fysiek en sociaal-maatschappelijk leed en de daaraan gerelateerde kosten in de gezondheidszorg voorkomen worden. Dit levert ook voor de Nederlandse economie wezenlijke winst op, onder andere in termen van verminderd ziekteverzuim.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Waarom is er nog geen afdoende middel voor opvliegers?**
- **Wat is de rol van voeding tijdens embryogenese op de ontwikkeling en functioneren van het immuunsysteem?**
- **Waarom stoot een zwangere moeder haar kind niet af, maar wordt een getransplanteerde nier van dezelfde vader wel afgestoten?**

Kan er meer verbinding gemaakt worden tussen reguliere en complementaire zorg, uitmondend in integrale zorg, die rekening houdt met de grote diversiteit tussen patiënten?

Toelichting

Alternatieve ofwel complementaire geneeskunde zoals ayurveda, acupunctuur, homeopathie, voetreflexologie, orthomanele geneeskunde, traditionele Chinese geneeskunde, maar ook paleodieet, meditatie en mindfulness, geniet toenemende populariteit; een deel van de mensen meent er baat bij te hebben terwijl anderen het kwakzalverij en bedrog vinden. Zonder voldoende onderzoek op wetenschappelijke basis weten we niet of complementaire geneeskunde een placebo-effect is of een werkelijk fysiologisch effect heeft. Het placebo-effect zelf is weliswaar bekend, maar kennis over de mechanismen en eventuele verdere toepassingen ervan is nog schaars. Deelvragen bij deze vraag zijn daarom onder andere:

- Is er wetenschappelijke onderbouwing voor de werkzaamheid van complementaire geneeskunde?
- Welke rol kan complementaire geneeskunde spelen in de gezondheidszorg?
- Zijn er naar aanleiding van de effectiviteit van placebo's principes of mechanismen te formuleren op basis waarvan een alternatieve, wellicht partieel toepasbare, geneeskunde zonder of met minder medicijnen kan worden ontwikkeld?

Deze thematiek leeft sterk onder de burgers.

Verbindend karakter

Deze vraag sluit aan bij diverse andere vragen, bijvoorbeeld over behandelmethoden van diverse ziekten, preventie van ziekten, de invloed van voeding en leefstijl op de gezondheid en de rol van het immuunsysteem. Diverse onderzoeksgroepen en instituten, van fundamenteel tot toepassingsgericht, houden zich bezig met onderwerpen die raken aan deze vraag, inclusief preventie en gezond oud worden. Om tot antwoorden op deze vraag te komen, is meer integraal medisch, gedragswetenschappelijk en sociologisch wetenschappelijk onderzoek nodig. De thematiek sluit aan bij de topsector Life Sciences & Health en bij een aantal prioriteiten van de overheid, te weten: 'Anticiperen op een veranderende zorgvraag in een transparante omgeving: andere zorg verlenen'; 'Creëren van een passend gezondheidslandschap: integraal samenwerken en doelmatigheid bevorderen'; 'Kiezen van collectieve prioriteiten: Collectieve zorg en ondersteuning betaalbaar houden'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- **Kan er meer verbinding gemaakt worden tussen reguliere en complementaire zorg, uitmondend in integrale zorg, die rekening houdt met de grote diversiteit tussen patiënten?**
- **Waarom wordt er zo weinig aandacht besteed aan medicinale cannabis, terwijl wereldwijd bewezen is dat het een super goed medicijn is met nul procent negatieve bijwerkingen voor de mens?**
- **Hoe sterk is de kracht van de overtuiging (placebo/nocebo effect) in de medische wetenschappen (bijvoorbeeld pijn, depressie), de gedragswetenschappen (bijvoorbeeld anorexia, boulimia) en de religiewetenschappen (bijvoorbeeld jihadisme, geloof in een God)?**

Hoe kunnen innovatie, kwaliteit en toegankelijkheid van de geïstitutionaliseerde en informele zorg bevorderd worden?

Toelichting

In Nederland zijn recent nieuwe ingrijpende bekostigingssystemen in de zorg doorgevoerd. Daarnaast vinden er belangrijke transformaties plaats in de zorg naar aanleiding van veranderende inzichten ten aanzien van zelfredzaamheid en participatie in relatie tot gezondheid. We willen geen problemen oplossen vóór burgers, maar zelfzorg stimuleren en ieders eigen veerkracht bevorderen om zelf zijn of haar lichamelijke, sociale en emotionele balans te realiseren. Organisaties staan voor de uitdaging om nieuwe zorgprocessen in te richten, en waarden en professionaliteit van medewerkers bij te stellen. De vraag is hoe onder condities van nieuwe bekostigings- en waardensystemen de kwaliteit en toegankelijkheid van de institutionele en informele zorg bevorderd kan worden, voor alle leeftijdsgroepen.

Verbindend karakter

Deze vraag bestaat uit een aantal subvragen:

- Hoe kunnen zelfzorg en mantelzorg het beste bevorderd worden?
- Hoe kunnen technologische innovaties bijdragen aan verbetering van de kwaliteit en de toegankelijkheid van de zorg?
- Hoe dient de nieuwe zorg gefinancierd te worden?

De wetenschappelijke uitdaging van deze vraag ligt onder andere in het ontwikkelen en toepassen van *evidence based* methoden in allerlei gebieden van de zorg, alsmede in het ontwikkelen van nieuwe zorgprocessen, die de transitie naar preventie, zelfredzaamheid en toegankelijkheid ondersteunen. Daarnaast liggen er grote wetenschappelijke vraagstukken op het vlak van de effectieve inzet van geavanceerde en laagdrempelige technologie in de zorg, zowel in de instituten als bij mensen thuis. Maatschappelijke uitdagingen liggen vooral op het vlak van de financiering van de zorgactiviteiten, en het opleiden van zorgprofessionals die goed om kunnen gaan met nieuwe zorgprocessen en -technologie. De economische kans ligt erin om te behalen besparingen te gebruiken om de vernieuwing in de zorg mede te financieren. Dit is in feite een ontwerp-vraag voor een financieeringsmodel dat duurzaam en effectief is, en de continue vernieuwing van de zorg ondersteunt.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Games en gezondheid: Hoe kunnen we (*serious*) games gebruiken voor gezondheid en zorg?
- Krijgen mensen de zorg die ze nodig hebben en hoe kunnen zij daarop invloed uitoefenen?
- Hoe kunnen we *e-health* meer integreren in fysiotherapeutische praktijk en wat levert dit op?

Hoe maken we de gezondheidszorg kwalitatief zo goed mogelijk, maar houden we haar betaalbaar?

Toelichting

De gezondheidszorg staat wereldwijd onder grote druk. Door toenemende technologische mogelijkheden, vergrijzing, nieuwe gezondheidsrisico's en culturele ontwikkelingen nemen de vraag en de kosten veel sneller toe dan de beschikbare financiële middelen. Tevens worden steeds meer zorgtaken als individuele verantwoordelijkheid gezien en neemt de druk op bijvoorbeeld mantelzorgers toe. Wetenschappelijk onderzoek kan op verschillende manieren bijdragen aan de oplossing van dit probleem. Onderzoek naar nieuwe behandelmethoden is noodzakelijk om professionals doelmatiger te laten werken. Onderzoek naar de organisatie van de gezondheidszorg is noodzakelijk om instellingen doelmatiger te laten werken. Gezondheids-economisch onderzoek is noodzakelijk om beleidsmakers in staat te stellen de goede beslissingen te nemen.

Verbindend karakter

Multidisciplinariteit is het kernwoord voor onderzoeksvragen op het gebied van de gezondheidszorg. Wetenschappers uit verschillende vakgebieden zoals gezondheidseconomie, gezondheidsrecht, organisatiewetenschappen, bestuurskunde, medische sociologie, ethiek en antropologie werken nauw samen aan vraagstukken gerelateerd aan de gezondheidszorg. Ook de samenwerking met technische onderzoekers zal noodzakelijk zijn, omdat inzet van technologie wellicht kan leiden tot kostenbesparing. Specifiek het gebruik van ICT wordt veel aangehaald als mogelijkheid voor het efficiënter organiseren van de gezondheidszorg. Het gaat deels om fundamentele en deels om meer toegepaste vragen. Veel vragen hebben een ethische grondslag. De samenwerking met maatschappelijke partners, zoals patiëntenorganisaties, is nadrukkelijk aanwezig in dit onderzoek waardoor de relevantie en toepasbaarheid continu worden geborgd.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen Nederlandse medische richtlijnen worden getoetst op effect, bruikbaarheid en kosteneffectiviteit?
- Hoe kan technologie bijdragen aan meer kwaliteit en kostenverlaging in de zorg?
- In hoeverre leidt *value based health care* (zorg gericht op waardevermeerdering als gedefinieerd door patiënten) tot uitkomstverbetering in termen van overleving en kwaliteit van leven?

Hoe kan de gezondheidszorg, onder andere door gebruik te maken van biomarkers, meer gericht worden op de uniciteit van een persoon?

Toelichting
 De effectiviteit van geneesmiddelen en geneeswijzen laat nogal eens te wensen over. In het geval van medicijnen blijkt dat bij 25 tot 60 procent van de patiënten het geneesmiddel niet goed of helemaal niet werkt. Ook andere behandelingsmethoden lijken meer op de gemiddelde patiënt te zijn gericht dan op het betreffende individu. Het belang van een persoonsgerichte benadering in de gezondheidszorg wordt breed gedeeld en manifesteert zich in toenemende mate zowel in beleid als in onderzoek. De term *personalised medicine* (of precisiegeneeskunde) wordt in dit verband vaak gebruikt. Dit begrip wordt omschreven als het verschaffen van de juiste geneesmiddelen met een juiste dosis op het juiste moment aan de juiste patiënt. De sleutel hiervoor wordt geleverd door zogenaamde *biomarkers*, signaalmoleculen die aangeven hoe waarschijnlijk het is dat een behandeling bij een specifieke patiënt zal aanslaan. Voor veel ziektes zijn nog geen biomarkers bekend. Het uiteindelijke doel van is dat de medische zorg, van preventie, diagnose, en behandeling tot follow-up gebaseerd zal zijn op de individuele kenmerken van een patiënt. In dat kader moet ook *personalised care* worden genoemd.

Verbindend karakter
 Hoe meer we weten over het functioneren van het menselijk lichaam op moleculaire schaal, des te duidelijker wordt het dat elk individu genetisch net iets anders in elkaar steekt. Dit impliceert dat aangrijpingspunten voor geneesmiddelen ook per individu kunnen verschillen, waardoor het effect van een medicijn per persoon verschilt. Recent Nederlands kankeronderzoek laat zien dat er een verband is tussen genetische variaties en effectiviteit van een behandeling, en dat een combinatie van meerdere medicijnen, die elk een ander aangrijpingspunt bedienen, nodig is om kankercellen effectief te bestrijden. De exacte relatie tussen genetische variatie en effectiviteit van medicijnen is echter nog grotendeels onbegrepen en vereist een veelomvattende multidisciplinaire aanpak van onder andere moleculair biologen, bio-informatici, medisch specialisten en medicijnontwikkelaars. Ook niet op genetische variatie gebaseerde factoren zullen – al dan niet op verzoek van de patiënt – meer op de individuele behandeling worden afgestemd. Het financiële effect van dergelijke op maat gemaakte benaderingen is grotendeels onbekend en zal een belangrijk onderdeel vormen van de vraag naar de beheersbaarheid van zorgkosten.

- Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren**
- Hoe kunnen we ervoor zorgen dat informatie over biomarkers, medicijngebruik en observaties door arts en patiënt wordt samengevoegd en ontsloten zodat de behandeling van chronische ziekten beter en goedkoper wordt?
 - Is het mogelijk om per patiënt de kans op complicaties bij een medische behandeling te voorspellen?
 - Hoe kan de trend in gepersonaliseerde (medische) behandeling financieel worden gerealiseerd?

Hoe komen we aan een betere diagnostiek, betere behandelingen en betere vaccins voor afweerstoornissen en infectieziekten?

Toelichting
 Voorkomen is beter dan genezen, dat geldt zeker voor infectieziekten. Deze vraag gaat zowel in op het vaststellen van de aard van een infectieziekte als op de behandeling ervan. Hoe ingewikkeld is de diagnostiek van infectieziekten en welke rollen spelen huisarts en specialist hierbij? Vaccinatie is een uiterst effectieve manier om infectieziekten te voorkomen. Met vaccins hebben we grote en ernstige epidemieën bedwongen zoals de pokken, cholera en difterie. Toch is er nog steeds veel onderzoek nodig naar ziekten waar nog niet tegen kan worden gevaccineerd. Denk aan HIV, malaria, tuberculose of hepatitis C. Daarnaast blijkt de laatste jaren steeds vaker dat ook andere aandoeningen dan infectieziekten behandeld of voorkomen kunnen worden door vaccinatie. Zo lijken vaccins op termijn van nut te kunnen zijn bij gepersonaliseerde behandelingen van kankerpatiënten. Een vaccin dat baarmoederhalskanker kan voorkomen is zelfs al in gebruik. Ook wordt er gespeculeerd dat vaccinatie kan helpen tegen een rookverslaving, diabetes of dementie. Bij ernstige auto-immuunziekten wordt soms autologe stamceltransplantatie toegepast. Op dat gebied moet nog veel onderzoek gedaan worden.

Verbindend karakter
 Infectieziekten worden veroorzaakt door pathogene micro-organismen zoals bacteriën, virussen, schimmels of parasieten. De ziekten worden overgebracht door mens of dier. Er is sprake van een afweerstoornis, ook wel immuundeficiëntie genoemd, wanneer een infectie ernstiger verloopt dan normaal of wordt veroorzaakt door een ongebruikelijke ziekteverwekker. In de bestudering van afweerstoornissen wordt veelal diagnostisch onderzoek toegepast. Dit onderzoek richt zich op de typering van de aandoening, genetische oorzaken ervan en bijkomende ziekteverschijnselen. De verschillende onderzoeksexpertises die hier een rol vervullen zijn onder andere klinische infectiologie, immunologie, infectiebiologie, medische microbiologie, en virologie. Deze expertisegerieden illustreren direct de diversiteit en brede reikwijdte van het onderzoek naar infectieziekten, dat zowel fundamenteel, translationeel als klinisch toegepast van aard is. In Nederland wordt toonaangevend onderzoek naar vaccinatie gedaan, vooral op fundamenteel gebied, door grote universitaire centra maar ook door bedrijven die hun onderzoek in Nederland laten uitvoeren.

- Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren**
- Hoe kan de individuele behandeling van patiënten met een ziekte van het afweersysteem worden verbeterd?
 - Welke omgevings- en interactiefactoren spelen een rol bij de verspreiding van ziekteverwekkers?
 - Wat is de invloed van vaccinaties op de ontwikkeling en gezondheid van kinderen?

Hoe blijven we micro-organismen de baas in gezondheidszorg, veehouderij en milieu?

Toelichting

Eén van de grote sprongen voorwaarts in de geneeskunde en de gezondheidszorg was de ontdekking van antibiotica, waardoor bacteriële infectieziekten veel effectiever konden worden bestreden. Al snel trad echter ook resistentie op. Het op grote schaal gebruiken van antibiotica in zowel de humane geneeskunde als in de veterinaire sector heeft geleid tot een explosie van antimicrobiële resistentie (AMR) sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw. Sommige varianten van onder meer *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Klebsiella pneumoniae* (veroorzaker van longontstekingen) en *Mycobacterium tuberculosis* (veroorzaker van TBC) zijn resistent tegen nagenoeg alle ons bekende antibiotica. Daarnaast speelt ook resistentie tegen antimicrobiële middelen gericht op bestrijding van andere micro-organismen als parasieten, virussen en schimmels een toenemend probleem. Malaria is daarvan een notoir voorbeeld. Antimicrobiële resistentie is dan ook één van de grootste bedreigingen van de volksgezondheid vanwege toenemende kosten, gezondheidsproblemen en inspanningen die we ons moeten getroosten om antibiotica-resistentie in de hand te houden en te voorkomen in zowel gezondheidszorg, landbouw als milieu.

Verbindend karakter

Om ziekteverwekkende micro-organismen de baas te blijven is verregaand multidisciplinair onderzoek nodig, zowel op het gebied van het ontwikkelen van nieuwe medicijnen als voor het voorkomen van resistentie. Verbeterde diagnostiek is nodig om bij patiënten zo snel mogelijk te identificeren welk pathogene micro-organisme de ziekte veroorzaakt en wat het bijbehorende resistentieprofiel is. Het overgrote deel van de antimicrobiële medicijnen komt oorspronkelijk uit micro-organismen. 99 Procent van het microbiom kan nog niet worden gekweekt en vormt daarom een groot potentieel van nieuwe antimicrobiële medicijnen. Voor het ontwikkelen van nieuwe medicijnen dienen technologieën als synthetische biologie, *genomics* en *metabolomics* verder te worden ontwikkeld en toegepast. In de publiek-private setting zullen nieuwe verdienmodellen moeten worden ontwikkeld, aangezien de ontwikkelingskosten van nieuwe antibiotica moeilijk zijn terug te verdienen. Verder moet er oog zijn voor verantwoord gebruik van antimicrobiële middelen bij mens en dier en preventieve hygiëne in ziekenhuizen en verpleeghuizen. Het is van groot belang de agrarische sector in deze onderzoeken mee te nemen met het oog op onze intensieve veehouderijssystemen, organisatie en praktijken in diverse productie- en afzetketens en hygiënemaatregelen in de landbouw. Ook afvalwaterstromen vormen een belangrijke bron van verspreiding van AMR. Daarom moeten deze goed in kaart worden gebracht.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de rol van het milieu bij overdracht van antibioticaresistentie?
- Hoe vinden we nieuwe bronnen van antibiotica als de industrie ondanks zeer grote inspanningen geen nieuwe antibiotica meer heeft kunnen ontdekken?
- Is het mogelijk alle antibiotica in de veehouderij te vervangen door secundaire metabolieten uit planten, met behoud van het economisch rendement?

Hoe kunnen we doorbraken binnen het fundamenteel-biomedische onderzoek beter vertalen naar de ontwikkeling van nieuwe medicijnen?

Toelichting

De ontwikkeling van een geneesmiddel is complex, arbeidsintensief en duurt gemiddeld tien tot vijftien jaar. Ontwikkelkosten kunnen oplopen tot ruim een miljard euro. Als gevolg van de looptijd van patenten, databescherming en marktexclusiviteit dienen deze kosten binnen ongeveer tien jaar te worden terugverdiend. Dit mechanisme maakt geneesmiddelen vaak duur, zeker indien het aantal patiënten beperkt is. De komende jaren zullen verschillende doorbraken in biomedisch onderzoek de ontwikkeling van geneesmiddelen sterk in positieve zin beïnvloeden, zoals bijvoorbeeld:

- *Next generation DNA sequencing* waarmee meer informatie over patiënten sneller kan worden verzameld;
- Ontwikkelingen op het gebied van geavanceerde therapieën, zoals gen- en immunotherapie, stamcellen en *organoids*;
- meer kennis over *biomarkers*, waardoor ziekteprocessen eerder gedetecteerd en preciezer gevolgd kunnen worden;
- Vooruitgang op ICT-gebied waardoor leren uit en in de praktijk sneller en beter gaat.

Een belangrijke uitdaging voor de komende jaren is om snelle toegang voor patiënten tot innovatieve therapieën te waarborgen tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten. Te denken valt aan nieuwe verdienmodellen, effectievere productiemethoden en toedieningsvormen, alsmede het versnellen van het ontwikkel- en toelatingstraject, het nauwer samenwerken tussen publieke en private partijen, of andere innovatieve oplossingen.

Verbindend karakter

Nederlandse universiteiten, kennisinstellingen en UMC's bestrijken de gehele keten, zijn uitstekend genetwerkt in Europese onderzoeksprogramma's en profiteren van elkaars geografische nabijheid. Aan de private kant is de afgelopen jaren het aantal succesvolle innovatieve Nederlandse biotech-bedrijven sterk toegenomen. Deze trend kan worden voortgezet en versterkt indien het biomedische onderzoek verder wordt gebundeld in een (inter)nationale setting met private partijen, waaronder innovatieve (bio)tech bedrijven, zorgverzekeraars, gezondheidsfondsen en non-profit organisaties. Naast het blijvend stimuleren van fundamenteel en toegepast ICT-onderzoek is het van belang dat de infrastructuur binnen Nederland verder wordt versterkt, en dat relevante en kosteneffectieve *e-health* toepassingen ook daadwerkelijk worden geïmplementeerd. Dit vereist niet alleen praktische, up-to-date scholingsprogramma's, maar ook goede samenwerking tussen ICT-specialisten en medisch specialisten. Bovendien moet er nauwkeurig aandacht worden besteed aan de zorgen over privacy en verantwoordelijkheid die de grote beschikbaarheid van medische en dus zeer persoonlijke gegevens met zich meebrengt. Tevens zal een nauwe samenwerking tussen data-genererende systemen zoals medische apparatuur, sensoren, robotica en dataverwerkers leiden tot een efficiëntere inzet van middelen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we werkzame en veilige geneesmiddeldoses voor kinderen voorspellen?
- Hoe gaan we de regelgeving omtrent registratie van geneesmiddelen reorganiseren om in een eerder stadium innovatieve geneesmiddelen beschikbaar te krijgen voor patiënten die dat willen?
- Waarom ontwikkelt de overheid samen met de kenniscentra en de verzekeraars geen nieuwe geneesmiddelen zonder winstoogmerk?

Hoe kunnen we met behulp van een groter begrip van het leven, nieuwe *targets* identificeren voor moleculaire therapieën, antibiotica en antivirale middelen?

Toelichting

De vragen binnen dit cluster hebben betrekking op het gebruik van innovatieve technologieën voor onderzoek aan nieuwe geneesmiddelen. Een voorbeeld hiervan is lab-on-a-chip: het integreren van verschillende laboratoriumfuncties op één enkele chip. Deze technologie kan bijvoorbeeld bloed-, speeksel- of urinetesten sneller en goedkoper maken. Ook vanuit ontwikkelingslanden is veel belangstelling voor deze technologie, omdat dit soort testen minder gecompliceerde infrastructuur vereist. Het cluster richt zich met name op de mogelijkheden die innovatieve technologieën bieden voor een groter fundamenteel begrip van moleculaire en fysiologische processen. Dit begrip kan leiden tot nieuwe richtingen in het onderzoek naar nieuwe geneesmiddelen. Ook de ontwikkeling van nieuwe laboratoriummodellen voor onderzoek naar het menselijk lichaam is hierbij van groot belang.

Verbindend karakter

Deze vraag heeft een sterke link naar de topsector Life Sciences & Health. Tevens is er een duidelijke link naar de topsector Chemie. In het fundamentele onderzoek ligt de nadruk bij deze vraag op de kansen die innovatieve technologieën zoals stamceltechnologie bieden voor de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen en therapieën. Meer toegepaste vragen gaan in op het verhogen van de efficiëntie en effectiviteit van het ontwikkelingsproces van nieuwe medicijnen. De ingediende vragen richten zich onder andere op de mogelijkheden voor duurzame productie van onder andere geneesmiddelen. In dit cluster is samenwerking tussen de disciplines scheikunde, biologie, medicijnen, maar ook bijvoorbeeld ICT of fundamentele natuurkunde van groot belang.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we gebruik maken van de snelle ontwikkelingen in lab-on-a-chiptechnologie om verbeterde biomedische informatie en continu inzicht te verkrijgen in farmaceutische processen?
- Hoe kan de fenomenale toename van *processing* kracht (wet van Moore) optimaal worden ingezet voor gezondheids/medicijnenonderzoek?
- Hoe kunnen we met behulp van *metabolic engineering* nieuwe routes ontwikkelen voor de productie van brandstoffen, fijnchemicaliën en medicijnen gebaseerd op groene grondstoffen?

Hoe kunnen we met behulp van (stam) cellen en biomaterialen de vorming en het herstel van weefsels en organen bevorderen?

Toelichting

De regeneratieve geneeskunde – het herstel van functie in beschadigde organen en weefsels – staat aan de vooravond van een revolutie, gezien de potentie van het gebruik van stamcellen en *tissue engineering* voor een nieuwe methode van genezing. Stamcellen vormen de bron van alle weefsels en organen. Maar hoe werken ze en hoe weten ze wat ze moeten worden? Om de stap van stamcel naar weefsels en organen op maat te kunnen maken is meer inzicht nodig in de werking van stamcellen, en in de samenhang tussen verschillende soorten weefsels in een orgaan in de driedimensionale context. Door het toepassen van regeneratieve geneeskunde en het bevorderen van lichaamseigen herstel kan bovendien de noodzaak van donormateriaal afnemen – een zeer wenselijke maatschappelijke ontwikkeling gezien het sterke tekort aan donororganen.

Verbindend karakter

Stamceltechnologie en *tissue engineering* bieden de mogelijkheid om weefsels uit lichaamseigen cellen te kweken. Pluripotente stamcellen zijn in staat te differentiëren in alle typen gespecialiseerde cellen in ons lichaam; multipotente volwassen stamcellen kunnen alleen differentiëren in een aantal gespecialiseerde cellen maar zijn veiliger. Welke bron het beste zal zijn voor lichaamsherstel moet in de komende tien jaar uit onderzoek duidelijk worden. Er moeten biomaterialen ontwikkeld worden die zich aanpassen aan de gastheer, die niet tot afstotingsreacties leiden, en die in het ideale geval het eigen lichaamsweefsel stimuleren tot zelfherstel. In sommige gevallen kunnen weefsels wellicht gerepareerd worden door in te grijpen op moleculair niveau. In de toekomst is het misschien zelfs mogelijk om weefsels te maken met behulp van 3D-printen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we met natuurlijke en synthetische (bio)materialen in combinatie met nanotechnologie cellen en weefsel dusdanig beïnvloeden dat 1) de functie behouden blijft of hersteld wordt, en 2) ziekteprocessen gestopt kunnen worden?
- Kunnen we in de toekomst verjongen door opnieuw jonge cellen te laten groeien?
- Is het mogelijk om eeuwig te leven door constant de beschadigde organen te vervangen?

Kunnen we modellen van het menselijk lichaam ontwerpen en slimme technologie gebruiken voor gezondheids-, voedings- en toxiciteitsonderzoek en daarmee tegelijkertijd het proefdiergebruik drastisch verminderen?

Toelichting

De farmaceutische industrie werkt steeds minder kosteneffectief. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat veel medicijnen na een lang ontwikkeltraject uiteindelijk toch niet blijken te werken of bijwerkingen blijken te geven. Ook in de voedings- en levensmiddelenindustrie blijkt het moeilijk om op een kosteneffectieve manier aan te tonen dat innovatieve producten veilig en gezond zijn. De chemische industrie ten slotte staat voor de uitdaging de toxiciteit van grote aantallen stoffen te bepalen. Dit vereist met de huidige protocollen veel dierproeven. Realistische laboratoriummodellen van organen op basis van gekweekt weefsel kunnen een unieke bijdrage leveren aan het onderzoek naar het ontstaan van ziektes, veiligheid van stoffen, ontwikkeling van medicijnen, en op de individuele patiënt toegesneden *personalised* behandelingen. Naast de duidelijke biomedische relevantie van dit onderwerp sluit de ontwikkeling van menselijke en dierlijke laboratoriummodellen goed aan op de sterke maatschappelijke behoefte aan het vinden van alternatieven voor proefdieren. *Organs-on-chips* zijn voorbeelden van zulke laboratoriummodellen gebaseerd op de implementatie van celmateriaal in *microdevices*. De technologie biedt de mogelijkheid om chips te maken waarin de biochemische, mechanische, en fysische omgevingsfactoren perfect beheerst kunnen worden. Een volgende stap is om weefsels te laten groeien

onder omstandigheden zoals die in het menselijk lichaam aanwezig zijn, en de weefsels te laten functioneren zoals organen in ons lichaam.

Verbindend karakter

Kweekmodellen van menselijke organen op een chip zijn zeker binnen tien jaar te ontwikkelen, vooral door de grote vooruitgang die in Nederland behaald kan worden op het vlak van stamcelbiologie, microfluidica, nanotechnologie, materiaalkunde, 3D-printen en genetica. Voor het onderzoek zijn bronnen van humaan weefsel nodig; het vergt juridisch en ethisch onderzoek om dit in Nederland mogelijk te maken. Ook nog onvermoede toepassingen van de integratie van menselijk weefsel met elektronica en het vroegtijdig en nauwkeurig voorspellen van de ontwikkeling van ziektes roept ethische vragen op. Synthetische biologie, inclusief het construeren van cellen of organen en de bijbehorende detectie- en analysesystemen op een chip, is als onderzoeksveld sterk in opkomst. Het werkveld wordt genoemd onder het thema 'Regenerative medicine' in de topsector Life Sciences & Health, en onder 'Chemical nanotechnology & devices', een programmaliijn binnen de topsector Chemie. Het onderzoek sluit erg goed aan bij omvangrijke programma's in de Verenigde Staten zoals BRAIN Initiative en het Human Brain Project van de Europese Unie.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kunnen nieuwe medicijnen ontwikkeld worden zonder proefdieren?
- Kunnen we hersenen 3D-printen op chips?
- Kunnen in de toekomst door middel van nanotechnologie in het lichaam afwijkingen en ziekten opgespoord en hersteld worden?

Hoe kunnen we nieuwe geneesmiddelen en -wijzen ontwikkelen om zo vitaal en gezond mogelijk te blijven?

Toelichting

Dankzij de ontwikkeling van geneesmiddelen, betere voeding en meer hygiënische omstandigheden is de gemiddelde levensverwachting – vooral in de westerse wereld – de afgelopen eeuw met tientallen jaren toegenomen. In 2050 zal twintig procent van wereldbevolking ouder zijn dan zestig jaar en zal het aantal mensen ouder dan tachtig jaar verdriedubbelen. Een majeure inspanning is nodig, niet alleen om de kwaliteit van leven in een vergrijzende maatschappij verder te doen toenemen, maar ook om de bereikte levensstandaard te behouden. Cruciaal is de vraag: Hoe ver kunnen en willen we gaan?

Verbindend karakter

Vitaal en gezond ouder worden mogelijk maken vraagt inspanningen op alle terreinen van de gezondheidssector. De vergrijzing van de samenleving gaat gepaard met een sterke toename in leeftijdsgerelateerde chronische ziekten, zoals type II diabetes, hart- en vaatziekten, dementie en kanker. De ontwikkeling van deze ziekten wordt bovendien versneld door de huidige ongezonde levensstijl, die aanleiding geeft tot overgewicht en obesitas. Conceptueel is het mogelijk om leeftijdsgerelateerde ziekten als groep aan te pakken en niet als individuele ziekten. Vroegdiagnostiek is hiervoor

essentieel. Daarnaast zijn nieuwe geneesmiddelen en behandelingen nodig om de bevolking gezond en actief oud te laten worden. De moleculaire kennis van ziekten vormt de basis voor nieuwe behandelmethode. De toekomst ligt echter in translationeel onderzoek, waarbij het onderzoek wordt vertaald naar de mens en zijn omgeving. De interactie tussen erfelijkheid, omgeving en leefstijl van het individu is bepalend voor het wel of niet gezond ouder worden. Daarnaast zijn innovaties op het gebied van preventieve gedragsinterventies, huisvesting, voeding, ICT, *e- en m-health*, medische hulpmiddelen, alsmede innovaties in de zorgsector zelf hard nodig. Om daadwerkelijk tot innovatieve producten en diensten te komen is er nauwe samenwerking nodig tussen onderzoeksinstituten, het bedrijfsleven en de overheid op onder meer het gebied van *genomics*, klinisch, epidemiologisch en gedragswetenschappelijk onderzoek, bij voorkeur in publiek-private samenwerkingsverbanden. Een uitdaging is om dat type onderzoek te combineren met ontwikkelingen in onder andere de architectuur, in de creatieve sector en binnen de toonaangevende voedingsmiddelen- en *medical devices* industrieën. Naast het dienen van een evident publiek belang biedt dit onderwerp ook vele economische kansen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe zorgen we dat kinderen die ingrijpend behandeld zijn op jonge leeftijd gezond oud worden?
- Welke combinatie van indicatoren van biologische leeftijd, functionele geriatrische testen, metingen van lichamelijk en psychisch welbevinden is het meest geschikt om effectiviteit van preventieve en klinische interventies bij ouderen te monitoren?
- Wat is de ultieme levensstijl om zo oud mogelijk te worden?

Hoe kunnen we de mogelijkheden en grenzen van de medische vooruitgang begrijpen en beoordelen?

Toelichting

De geneeskunde houdt zich van oudsher bezig met de invloed die ziekten of afwijkingen hebben op het menselijk functioneren. Doel hiervan is de gezonde toestand herstellen, symptomen verzachten, of pathologie voorkomen. De voortschrijdende ontwikkelingen binnen de medische wetenschap leiden echter tot allerlei maatschappelijke en morele vraagstukken. Dankzij culturele en technologische ontwikkelingen dringt de geneeskunde dieper dan ooit het leven van mensen binnen. Tijdens geboorte, ziekte en dood, maar ook op steeds meer momenten daarbuiten. Niet alleen de medische wetenschap en technologie ontwikkelen zich razendsnel, ook de normen en waarden in de samenleving zijn voortdurend in beweging. Gezondheid en zorg worden zelf gevormd door sociale mechanismen, culturele patronen en normatieve vraagstukken, maar beïnvloeden die op hun beurt ook weer. Deze vraag gaat in brede zin over hoe sociaal- en geesteswetenschappelijk onderzoek het debat over goede zorg en geneeskunde kan voeden. Daarbinnen zijn er veel vragen die zich richten op ethische dilemma's die gepaard gaan met medische vooruitgang. Nieuwe mogelijkheden rondom bijvoorbeeld levensverlenging of prenataal testen roepen vragen op over kwaliteit van leven, privacy en keuzevrijheid. Is alles wat kan ook gewenst? Daarnaast zijn er veel vragen over de maatschappelijke perceptie van ziekte, stoornissen en handicaps. Hierbij gaat het om de invloed van de cultuur en de maatschappij op de manier waarop mensen gezondheidsproblemen ervaren en interpreteren, omgaan met hun gezondheid en reageren op interventies vanuit de gezondheidszorg.

Verbindend karakter

De antwoorden op deze vragen liggen op het snijvlak van de geesteswetenschappen, de sociale wetenschappen en de medische wetenschappen. Conceptuele, theoretische en normatieve analyses maken het mogelijk om de aannames, classificaties en oordelen in de medische wetenschappen van een breder perspectief te voorzien. Daarbij is inzicht in de maatschappelijke perceptie noodzakelijk. Hoe kijken we naar ziekten en handicaps, en wat vinden we belangrijk als het gaat om genezing of zorg? Wat vertelt de organisatie van de gezondheidszorg daarover? Beschrijvende, historische en cultuuroverschrijdende studies zijn van belang om te kunnen leren van de manieren waarop er in andere landen en tijden naar deze vraagstukken werd en wordt gekeken.



Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kunnen we mensen op een ethisch verantwoorde manier verleiden om gebruik te maken van nieuwe technologie (*nudging*), opdat zij minder energie verbruiken, gezonder leven, zich veiliger in het verkeer gedragen, et cetera?
- Hoe ervaren en beleven patiënten met dementie, met name in gevorderde stadia, de werkelijkheid, de omgeving?
- Wat zijn de consequenties als de mens steeds ouder kan worden en min of meer onsterfelijk?

Hoe ontwikkelen we minimaal-invasieve technieken en interventies voor de diagnose, prognose en behandeling van patiënten?

Toelichting

De medische zorg zal zich de komende jaren snel nog verder ontwikkelen van invasief naar minimaal-invasief. De verdere ontwikkeling en combinatie van minimaal-invasieve technieken zal het mogelijk maken om patiënten effectiever, efficiënter en tegelijkertijd minder belastend te diagnosticeren en behandelen omdat een chirurgische ingreep vermeden kan worden. Minimaal-invasieve technieken onder beeldsturing hebben een enorme impact gehad op de vasculaire geneeskunde. Denk aan dotteren en het plaatsen van stents. De komende decennia zal een vergelijkbare ontwikkeling in de behandeling van kanker, neurologische en orthopedische ziektes gaan plaatsvinden. Bestaande diagnostische technieken om in het menselijk lichaam te kijken zijn hetzij schadelijk, hetzij kostbaar. Het zichtbare licht biedt een onschadelijk en goedkoop alternatief. Zonder aanpassingen dringt licht niet diep het lichaam in, en wordt het snel sterk verstrooid. Recente Nederlandse doorbraken hebben aangetoond dat het golfpatroon van licht zodanig kan worden aangepast dat het tot diep in het lichaam kan doordringen. In het komende decennium is hier een doorbraak te verwachten.

Verbindend karakter

Moleculaire diagnostiek, beeldvorming en *image-guided* interventie zijn belangrijke thema's binnen de topsector Life Sciences & Health. Daarnaast sluit deze vraag aan op onderzoekshoofddijnen van de topsector Chemie, de roadmap Advanced Instrumentation van de topsector High Tech Systemen en Materialen en de COAST Analytical Science and Technology roadmap. Er zijn veel mogelijkheden voor samenwerking met en spin-off naar medische technologiebedrijven. Vanuit het perspectief van de gezondheidszorg biedt de minimaal-invasieve techniek voordelen omdat de kans op snel herstel groter is.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we het lichaam genezen zonder het te openen?
- Hoe diep kunnen we met licht onder de huid kijken?
- Hoe kunnen we de meest geavanceerde microscopietechnieken incorporeren in miniaturgereedschappen voor minimaal-invasieve diagnose en behandeling van ziekten?



Hoe kunnen big data en technologische innovatie (e-health) bijdragen in de zorg?

Toelichting

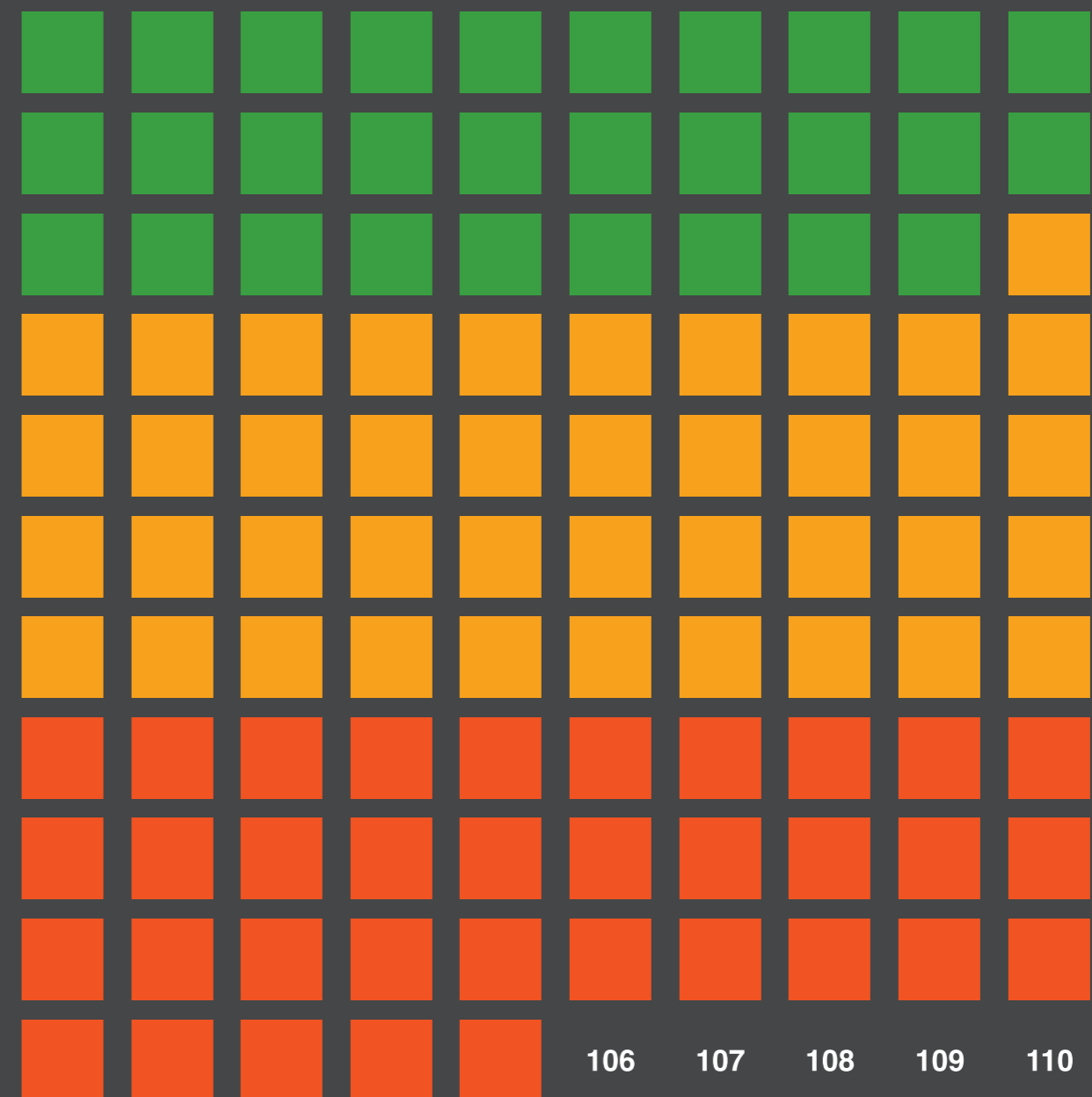
Het gebruik van grote hoeveelheden data in de medische sector is in een stroomversnelling geraakt. Dit komt onder andere door het digitaliseren van medische gegevens, maar ook door de snelle technologische ontwikkelingen in smartphones en allerlei sensoren en medische apparatuur waarmee gezondheidstoestand, gedrag en omgevingsfactoren van de individuele burger kunnen worden gemeten. Hierdoor wordt het steeds beter mogelijk gezondheidsadviezen, medicatie en zorg op de individuele behoefte van een persoon af te stemmen, wat we *personalised medicine* en *e-health* noemen. De gezondheidssector zal steeds meer een informatiesector worden, zeker nu het vergaren, opslaan en verwerken van data steeds goedkoper wordt en de informatie makkelijk gedeeld kan worden tussen huisartsen, ziekenhuizen, thuiszorgorganisaties, mantelzorgers en niet te vergeten de patiënt zelf. De big data revolutie biedt ook de mogelijkheid om medisch onderzoek te versnellen door informatie uit alle mogelijke databestanden met elkaar te combineren. Een belangrijke uitdaging is om deze data in zorg en onderzoek FAIR te maken, dat wil zeggen *Findable, Accessible, Interoperable* en *Reusable*. Hiervoor moeten aspecten zoals standaardisering, gebruikersgemak, duurzame opslag, eigendomsrechten en privacy goed zijn geregeld binnen de gehele gezondheidssector. Met deze ontwikkelingen is het nodig om nieuwe concepten, methoden en software te ontwikkelen om de veelheid aan gezondheidsgegevens en kennis goed te kunnen analyseren en interpreteren, en naar persoonlijk gezondheidsadvies te kunnen vertalen.

Verbindend karakter

Naast het blijvend stimuleren van fundamenteel en toegepast ICT-onderzoek is het van belang dat de infrastructuur binnen Nederland verder wordt versterkt en dat relevante en kosteneffectieve *e-health* toepassingen ook daadwerkelijk in de klinische setting en dagelijkse huiselijke omgeving door de zorgverleners worden geïmplementeerd. Dit vereist niet alleen praktische, up-to-date (bij)scholingsprogramma's, maar ook goede samenwerkingen tussen ICT-specialisten en medisch specialisten. Bovendien moet er ook aandacht worden besteed aan de zorgen over privacy en verantwoordelijkheid die de wijdverbreide beschikbaarheid van medische en dus zeer persoonlijke gegevens met zich meebrengt. Tevens zal een nauwe samenwerking tussen datagenererende systemen zoals medische apparatuur, sensoren, en robotica en dataverwerkers leiden tot een efficiëntere inzet van middelen. Nederland is zeker op het gebied van aanwezige ICT-infrastructureur, het FAIR maken van data en het ontwikkelen van digitale beeldverwerkingsapparatuur een voorloper. Deze positie kan nog verder worden uitgebouwd in Europees/internationaal verband.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

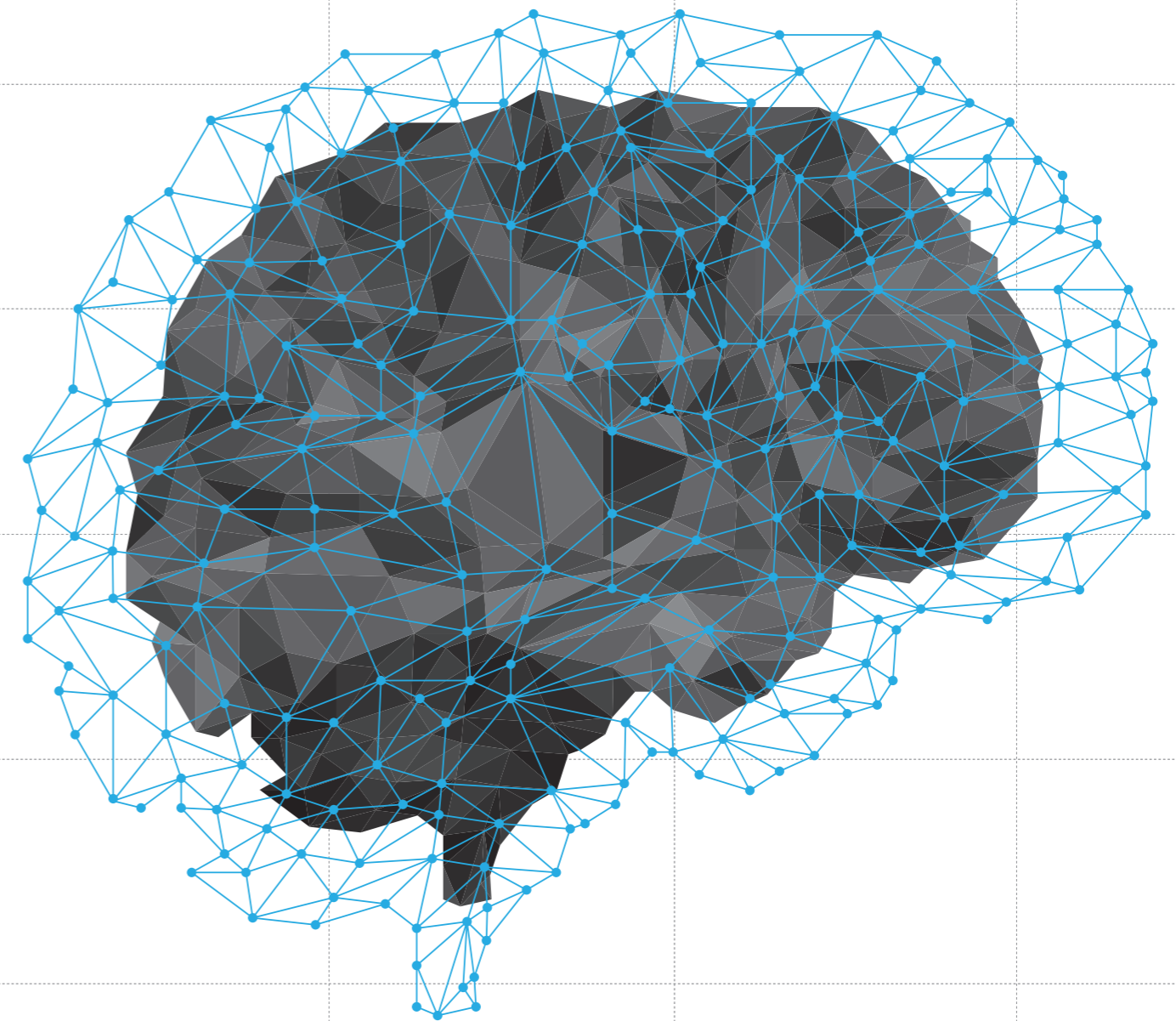
- Vereist de moderne (communicatie)maatschappij een ander type arts/specialist?
- Hoe waarborgen we in de toekomst de privacy in de gezondheidszorg, onder andere met het oog op de ontwikkelingen in big data?
- In hoeverre is *social robotics* een oplossing om robots in de zorg effectiever EN geaccepteerd te krijgen?



| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

Technologie en maatschappij

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



Hoe gaan de maak-, service- en onderhoudsindustrie transformeren en welke technologische vernieuwingen maken dit mogelijk?

Toelichting

Sensornetwerken, het *Internet of Things* en geavanceerde modellen gaan een grote efficiëncyslag mogelijk maken bij het duurzaam beheer en onderhoud van onze zeer kostbare infrastructuur.

Nieuwe technologische ontwikkelingen zoals sensoren, slimme materialen, 3D-printen, of duurzaam materiaalgebruik kunnen helpen om de maakindustrie in Nederland gezond en competitief te houden. Hiervoor zijn niet alleen nieuwe ontwerpgereddschappen nodig, maar ook nieuwe businessmodellen en organisatieketens afgestemd op de technische mogelijkheden.

Verbindend karakter

De combinatie van opkomende technologieën, zoals het *Internet of Things*, microsensoren, autonome sensornetwerken, robotica en big data maakt volledig nieuwe producten en diensten mogelijk. Voorwaarde is wel dat ICT voor het delen van informatie in de keten en aangepaste productie-, distributie- en service processen tegelijkertijd worden ontwikkeld. Dit zijn de technologieën waarmee we onze industrie slimmer maken en de concurrentiekracht van deze industrie en bijbehorende werkgelegenheid kunnen behouden. In de industrie wordt niet voor niets gesproken over een vierde industriële revolutie. 3D-printing kan een paradigmaverschuiving betekenen voor de maakindustrie: van grote productiehallen gaan we naar containerbedrijven en 3D-copyshops om de hoek. De ontwikkelingen gaan hard en bovendien op meerdere schalen tegelijk: van het ontwerpen van nieuwe materialen tot voedingsmiddelen, biomedische materialen en hele huizen. De numerieke ontwerpgereddschappen waarmee je *ready-to-print* ontwerpen kunt maken zijn zeker voor de complexe materialen nog niet beschikbaar. Fundamenteel onderzoek naar numerieke modellering in combinatie met materiaalonderzoek en -karakterisering is nodig om hier een slag in te maken. Er is een stevige kennisinfrastructuur aanwezig in Nederland, die goed ingebed is in het industriële landschap. De vraag sluit aan bij de topsectoren, met name High Tech Systemen en Materialen, Chemie, Life Sciences & Health, Creatieve Industrie en Logistiek, en bij de beleidsvelden 'Inzet nieuwe technologieën', 'Sterke en Innoverende Groene Kenniseconomie', en 'Nieuwe technologieën voor defensiedoeleinden'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Heeft iedereen in de toekomst een 3D-printer thuis en wat betekent dat voor de economie?
- Hoe kunnen nieuwe generatie adaptieve en zelflerende en onderling gekoppelde robotica systemen (*Future Productions Systems*) ontwikkeld worden ten behoeve van de maakindustrie waarbij zwaar, ongezond of geestdodend werk kan worden overgenomen?
- Op welke wijze kunnen technologische ontwikkelingen (sensoren, slimme materialen, duurzaam materiaalgebruik) zorgen voor duurzaam beheer en onderhoud?

Hoe kunnen we beter anticiperen op de invloed van nieuwe technologie op de mens en maatschappij, en de invloed van bestaande technologie beter begrijpen en beoordelen?

Toelichting

Technologische ontwikkelingen gaan steeds sneller en hebben steeds meer invloed op het menselijk bestaan. Daardoor komen soms centrale maatschappelijke en ethische waarden onder druk te staan, zoals zorg voor het milieu, respect voor privacy en veiligheid, autonomie, aandacht en concentratie, en de kwaliteit van sociale relaties. Nieuwe technologieën roepen vragen op ten aanzien van privacy, de kwaliteit van leven, de mogelijkheid dat superintelligente robots de mens overbodig maken en de vraag wie er aansprakelijk is als een zelfrijdende auto een verkeerde beslissing neemt. De vraag richt zich op drie verschillende aspecten: Op de eerste plaats gaat het over hoe we anticiperen op de maatschappelijke impact van toekomstige technologie. Dit richt zich zowel op de eigenschappen van de technologie zelf en het proces van technologieontwikkeling, als op het gebruik van technologie. Daarnaast is het van belang om te leren begrijpen wat de maatschappelijke impact is van bestaande technologie. Tot slot moeten we deze maatschappelijke impact leren beoordelen. De anticipatie en beschrijving van de invloed van technologie op de mens en maatschappij kunnen input geven voor deze normatieve en ethische beoordeling ervan.

Verbindend karakter

Deze vraag brengt historische, filosofische, sociologische of juridische onderzoeken in verbinding met technologische onderzoekers, ontwerpers en ingenieurs. De beschrijving en normering van de invloed van technologie op de samenleving kan input geven voor beleid, de bedrijfsvoering van technologische bedrijven en de werkwijze van technologische onderzoekers of ingenieurs. Methodologische vragen, zoals hoe de impact van technologie het beste in kaart te brengen, zullen invulling geven aan de evaluerende vragen over de gewenste impact. Het gebruik van *serious games* bijvoorbeeld is een interessante methode om geanticipeerde technologieverandering en daarmee gepaarde maatschappelijke impact te simuleren. Veel vragen hebben een normerend karakter en verlangen ethisch onderzoek. Medische of zorgtechnologieën bijvoorbeeld roepen vaak vragen op over verantwoordelijkheid. Wanneer de norm al gesteld is ligt de vraag bij het ontwerp van technologieën die juist de gewenste impact bereiken. Vervolgens zullen deze vragen input geven voor het ontwerpen van wetgeving en/of beleid om de gestelde normen in brede zin zo goed mogelijk te waarborgen. Bij vragen van toegepaste aard zullen de antwoorden vrij direct gebruikt kunnen worden om richting te geven aan innovatieprocessen. Om deze antwoorden te kunnen vinden, moeten eerst ook veel fundamentele onderzoeksvragen over de relatie tussen mens en technologie worden geadresseerd.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we technologische innovaties beter laten aansluiten op belangrijke maatschappelijke en morele waarden?
- Hoe zien robots eruit die zorgmedewerkers helpen en patiënten beter maken?
- Kunnen door middel van *serious games* en *gamification* zogenoemde 21^{ste} century skills geleerd worden?

Welke sociale veranderingen als gevolg van technologische veranderingen zijn aanstaande en beïnvloeden onze welvaart?

Toelichting

Technologie is in potentie een bron van welvaart. De positieve effecten ervan, zoals verhoogde productiviteit en voorspoed, zijn echter vaak pas op de wat langere termijn merkbaar. In een periode waarin zich grote en snelle technologische veranderingen voordoen, is er vaak sprake van een zekere onrust over de gevolgen, omdat de balans tussen mens en machine verandert zonder dat de uitkomst bekend is: banen verdwijnen en nieuwe banen ontstaan; de ordening van markten wordt flink opgeschud, waardoor nieuwe verhoudingen ontstaan. Veranderingen hebben in veel gevallen invloed op het dagelijks leven van gewone mensen. Wat betekent dat voor de samenleving, hoe zal die er over 5, 10, 25 jaar uitzien als gevolg van die ontwikkelingen? Wie profiteert van nieuwe kansen, wie heeft er juist last van en moet misschien op zoek naar een nieuwe baan? Hoeveel is onze privacy ons waard?

Verbindend karakter

De ingediende vragen die hieronder vallen beslaan een veelheid aan terreinen. Dit waaiert uit van bijvoorbeeld vragen over de rechtspraak, voedselvoorziening, gezondheidszorg, leren en ontwikkelen, sociale systemen, big data, vertrouwen in instituties, *smart city*, games, tot de ontwikkeling van kinderen, aansprakelijkheden, democratie, arbeidsmarkt ontwikkelingen, en de industrie. Daarbij variëren de vragen van fundamenteel – Welke effecten hebben maatschappelijke en technologische veranderingen op de ontwikkeling van kinderen? – tot toegepast: Hoe kunnen we de informatie die we digitaal genereren, gebruiken om onszelf gezonder te maken? Technologie raakt inmiddels aan alle aspecten van het leven van mensen en de samenlevingen en economieën waarin zij leven. De veranderingen die daarin gaande zijn, bieden vele en grote kansen op allerlei gebieden.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Op welke manier zorgen we voor synergie tussen de fysieke en digitale wereld zodat het leven mondiaal veiliger, gezonder, 'rijker' en beter wordt?
- Kan technologie ons menselijker maken?
- Hoe kan big data bijdragen aan duurzaamheid?

Wat zijn de gevolgen van nieuwe technologieën en big data op de effectiviteit van bestuur en rechtstaat?

Toelichting

De opkomst van informatie- en communicatietechnologie en meer recent de gegroeide aandacht voor de mogelijkheden die big data bieden, hebben reeds ingrijpende gevolgen gehad voor het functioneren van het openbaar bestuur. Denk aan digitale loketten, gekoppelde databestanden en fraudedetectie door patroonherkenning. Tegelijkertijd heeft big data grote potentie voor acceptatie en innovatie van wetgeving en rechtspraak. Er is nog weinig bekend over de wijze waarop deze technologische ontwikkelingen de effectiviteit van en het vertrouwen in het overheidsbestuur en de rechtstaat beïnvloeden. De veronderstelling van beleidsmakers dat de effecten gunstig zijn, is zeker niet altijd gerechtvaardigd. Daarnaast is onderzoek nodig naar de wijze waarop we in bestuur en rechtstaat een evenwichtige omgang kunnen vinden met en een helder juridisch kader kunnen bieden aan ontwikkelingen op het terrein van digitalisering, big data, genetica, biotechnologie, nanotechnologie en cognitieve wetenschappen. Tenslotte kan de rechtshandhaving sterk profiteren van nieuwe technologische mogelijkheden.

Verbindend karakter

Deze vraag bestaat uit gerelateerde vraagstukken rondom bestuur en rechtstaat in onze huidige samenleving. Nieuwe vraagstukken en nieuwe oplossingen leiden tot nieuwe onwenselijke activiteiten van mensen en organisaties, die met nieuwe wet- en regelgeving bestreden moeten worden. Bestaande bestuurlijke procedures en wetgeving zijn vaak voor innovatieve ontwikkelingen

een belemmering. Ten slotte zijn moderne ontwikkelingen, bijvoorbeeld in de ICT, heel goed bruikbaar om bestuur, wetgeving en handhaving effectiever te maken. Wetenschappelijke uitdagingen in de context van deze vraag gaan over functie, constructie en impact van bestuurlijke processen, wetgeving en handhaving in de samenleving. De toepassingsgebieden voor deze vraagstukken zijn divers: milieu, veiligheid, innovatie, energie en klimaat, maar ook mobiliteit, technologie, ondernemerschap, organisatievormen, en ontwikkelingssamenwerking. Het construeren van effectieve juridische kaders voor al deze maatschappelijke vraagstukken creëert enorme kansen voor ondernemers, adviseurs en bijvoorbeeld ook NGO's om die oplossingen toe te gaan passen op andere maatschappelijke uitdagingen en in andere landen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Op welke wijze kan big data worden benut voor het evalueren van de effectiviteit van overheidsbeleid en in het bijzonder (juridische) interventies/sancties?
- Wat is de rol van (nationale) wetgeving in een zich snel ontwikkelende en veranderende omgeving?
- Hoe gaan we om met het plegen van criminaliteit door een machine (of een mens-machine interface) in plaats van door een mens?

Wat is de invloed van oude en nieuwe media op individu en samenleving?

Toelichting

De media zijn de poortwachters tussen individu en samenleving. Dat gold voor de traditionele media als drukpers, radio en televisie, en dat geldt nog veel meer voor de nieuwe *online* media. Die media hebben een belangrijke kunstzinnige dimensie: vormgeving, beeldmateriaal en muziek spelen een grote rol in de manier waarop de boodschap verpakt wordt, en wordt ontvangen. Tezamen geven media daardoor letterlijk vorm aan de manier waarop we de wereld beleven. Bij deze vraag gaat enerzijds aandacht uit naar de invloed van (nieuwe) media op de ontwikkeling van kinderen en de kansen en bedreigingen die deze media bieden voor jongeren. Anderzijds is er een groot aantal vragen over de opkomst van sociale media en andere nieuwe technologieën en de manieren waarop die kunnen bijdragen aan het probleemoplossend vermogen van individu en samenleving. Een derde groep vragen heeft betrekking op hoe de effectiviteit van mediacommunicatie geoptimaliseerd kan worden.

Verbindend karakter

Innovaties op het gebied van informatie- en communicatietechnologie vormen de basis voor nieuwe (mobiele) communicatiemiddelen en sociale netwerken die mensen, onafhankelijk van tijd en plaats, met elkaar in contact kunnen brengen. De huidige generatie hiervan is vooral gericht op *bonding*: het bijeenbrengen van gelijkgestemden middels vrienden, volgers en *likes*. Daarnaast zorgt de overweldigende hoeveelheid informatie die via het internet beschikbaar is voor een sterke mate van selectieve blootstelling: mensen zien, horen en overwegen zaken die sporen met bestaande attitudes en preferenties. Tegelijkertijd zijn de vraagstukken op zowel micro- als macroniveau over bijvoorbeeld gezondheid, milieu, democratie of innovatie complexer dan ooit. Voor het oplossen van deze complexe vraagstukken is naast *bonding* juist *bridging* noodzakelijk: het bij elkaar brengen van groepen met verschillende belangen, kennis en meningen. Hoe kunnen processen van *bonding* en *bridging* via nieuwe technologie naast financieel en sociaal kapitaal ook informatiekapitaal genereren? En hoe verhouden deze nieuwe technologieën zich tot de kunsten en de manier waarop vanuit dat perspectief gereflecteerd kan worden op de maatschappij? Artistieke interventies kunnen immers via verbeelding of narrativiteit bijdragen aan bijvoorbeeld processen van maatschappelijke in- en uitsluiting of technologische verandering, dan wel een rol spelen bij sociale cohesie of anderszins een sturende factor zijn in de samenleving. Om te begrijpen hoe dat in zijn werk gaat, moeten we ook meer weten over de manier waarop webdiensten mensen in staat stellen om informatie te delen en zelf ook weer communicatie te beïnvloeden.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de invloed van sociale media en andere nieuwe communicatievormen op de kwaliteit van het morele en politieke debat en van de maatschappelijke besluitvorming?
- Hoe sociaal zijn *social media*? Kinderen lijken ermee vergroeid. Worden ze er sociaal door? Wat is de kwaliteit van de contacten? Ligt hun hele leven – en dat van hun relaties – op straat? Wat vraagt dat van opvoeders en wetgevers?
- Hoe kunnen we laten zien hoe creativiteit en kunst bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken?

Gaat digitalisering ons erfgoed redden?

Toelichting

Museumdepots en archieven waren tot voor kort maar beperkt toegankelijk voor het publiek. Daardoor waren ze eigenlijk alleen in beeld bij de kenners. Digitalisering heeft ertoe bijgedragen dat veel archieven en collecties beter doorzoekbaar en online toegankelijk zijn, maar dat leidt weer tot een overvloed aan data waarin het moeilijk is om de weg te vinden. Het terrein van de *digital humanities* staat voor een enorme uitdaging om de veelvoud aan complexe bronnen met elkaar te verbinden en daarmee de meerwaarde van ons historisch-cultureel erfgoed te vergroten. De data zijn vaak versnipperd en complex, terwijl ook de context die deze data betekenis geeft vaak niet bekend is. Digitale technieken bieden de mogelijkheid om die versnipperde data te combineren, ontbrekende stukjes van de puzzel zichtbaar te maken en de algemene context beter in kaart te brengen.

Verbindend karakter

Deze vraag legt verbanden tussen geesteswetenschappelijke disciplines zoals kunstgeschiedenis, musicologie en mediastudies enerzijds, en computerwetenschappen anderzijds. De vraag is verklarend van karakter voor zover het om de samenhang binnen het betreffende cultureel erfgoed gaat. Met behulp van nieuwe data kunnen we systematische antwoorden zoeken op vragen over culturen en hun materiële nalatenschap. Ook kunnen we beter grip krijgen op de relatie tussen materieel en immaterieel erfgoed. Voorts spelen ontwerpende aspecten een rol. Het betreft de toegankelijkheid van het bronnenmateriaal: voor onderzoekers zijn efficiënte data en *textmining*-technieken en methoden cruciaal voor het betekenisvol kunnen ontsluiten van erfgoed. Maar ook zichtbaarheid is belangrijk: onderzoeksresultaten moeten worden vertaald in innovaties die zowel een groter publiek bereiken, als de professional in de erfgoedsector bedienen. Ten slotte biedt digitalisering van erfgoed talrijke nieuwe kansen en mogelijkheden om cultuurbeleid vorm te geven.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe blijven musea en hun collecties, als dragers van ons nationale erfgoed, ook in de toekomst relevant?
- Hoe kunnen we garanderen dat het digitale culturele erfgoed en andere digitale informatiebronnen behouden en ook in de toekomst toegankelijk blijven?
- Hoe verbeteren en vergemakkelijken we de ontsluiting en toegang tot ons cultureel erfgoed?

Big data: kunnen we grote datasets en het verzamelen daarvan benutten voor het realiseren van waarden, het genereren van inzichten en het verkrijgen van antwoorden?

Toelichting

Zeer grote gegevensbestanden, big data genoemd, spelen een steeds grotere rol op steeds meer terreinen, van klimaat, gezondheidszorg en financieel verkeer tot astronomie, deeltjesfysica en energie. Big data vormen een uitdaging op vele fronten: hoe verzamelen we de data, wie verzamelen de data, hoe slaan we ze op, hoe maken we ze toegankelijk, hoe halen we er alle mogelijke relevante informatie uit, hoe beschermen we ze, en welke veranderingen brengt dit met zich mee? De gegevensbestanden op zichzelf zijn niet inzichtelijk. De data moeten worden gevisualiseerd en worden 'vertaald' in objecten, verhalen, games of grafieken die we kunnen begrijpen en gebruiken. Door de opkomst van big data moeten we onze kennis anders gaan organiseren, en opnieuw en anders verhalen leren vertellen. Deze vraag richt zich op het werken met big data, op algemene toepassingen ervan, en ten slotte op de impact van big data op onze samenleving en economie. Privacy en informatievrijheid zijn belangrijke aspecten hierbij.

Verbindend karakter

Onderzoek naar big data verbindt vele soorten wetenschappelijke vragen. De sleutel tot het realiseren van toepassingen ligt in algoritmen. Deze wiskundige bewerkingen maken het mogelijk om gegevens snel te doorzoeken, ordenen, verwerken en gebruiken, veelal online en in *real time*. Efficiëntie, kwaliteit, validatie en betrouwbaarheid zijn belangrijke aspecten hierbij. Wiskunde en informatica gaan hand in hand om de grote vragen rond algoritmen te lijf te gaan. Denk hierbij aan *distributed/streaming* technologieën. Data-analyse en -visualisatie zijn speerpunten van het

huidige en toekomstige ICT-onderzoek. Trefwoorden hierbij zijn onder andere: *business intelligence*, *data mining*, *machine learning*, *artificial intelligence*, visualisatie, *visual analytics*, en de integratie van *data science* en geo-informatie. Deze vraag raakt tevens aan onderzoek naar privacy, transparantie en informatievrijheid en aan de vraag of big data ons begrip van de wereld in het algemeen veranderen. Er is in Nederland een brede gebruikersgemeenschap in diverse domeinen waar veel data worden gegenereerd. Ook is er een e-infrastructuur beschikbaar die big data onderzoek mogelijk maakt. Gezien het belang van big data voor vrijwel alle sectoren van de Nederlandse economie, zijn er veel aanknopingspunten voor het bedrijfsleven, zeker ook het midden- en kleinbedrijf, om samen met kennisinstellingen innovaties te realiseren.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe zinvol is het *minen* van big data als er geen hypothese is over de samenhang tussen de gegevens?
- Hoe beïnvloedt de opkomst van nieuwe technologieën (inclusief sociale media) de sociale structuur en dynamiek van de samenleving en het probleemoplossend vermogen van het individu en de samenleving?
- Hoe kunnen we big data benutten om de fysieke gesteldheid van de Nederlandse bevolking te verbeteren?

Kunnen we taaltechnologie ontwikkelen waarmee onze computers (smartphones, tablets) met ons kunnen communiceren?

Toelichting

Een dag zonder gebruik van computers is vrijwel ondenkbaar. Dat technologie ons in toenemende mate vergezelt in bijna alle aspecten van ons leven is dan ook onvermijdelijk. Daarom zijn we steeds op zoek naar manieren om de computer zo vanzelfsprekend mogelijk te integreren in onze activiteiten. In dat streven spelen taal- en spraaktechnologie een grote rol, omdat geavanceerde technieken het eenvoudiger zullen maken om in natuurlijke taal met gecomputeriseerde systemen te communiceren. Als computers ook onze taal leren spreken is er grote vooruitgang te boeken in de verdere en meer vanzelfsprekende integratie en inzet van geautomatiseerde systemen in ons dagelijks leven. Verbeterde taaltechnologie en betere spraakherkenning van taalvarianten helpen daarbij. Naast taal en visuele communicatie zou de computer ook moeten leren omgaan met andere zintuigen: tast, geur en smaak.

Verbindend karakter

Dit onderwerp vraagt om interdisciplinair onderzoek op het gebied van mens-machine interactie, met inbreng vanuit de psychologie, kunstmatige intelligentie en taal- en spraaktechnologie. Het fundamenteel onderzoek op dit terrein kent vele uitdagingen op het terrein van taal- en spraakherkenning, -synthese en -modificatie, zoals bijvoorbeeld het overwinnen van de problemen veroorzaakt door de meertaligheid van internet. Voor internationale informatie-uitwisseling, samenwerking en handelscontacten is het belangrijk intelligente zoekmachines te ontwikkelen. Daarmee zouden we ook op grond van onderzoek van big data ontwikkelingen in de markt of de maatschappij kunnen voorspellen. De inzet van taaltechnologie in bedrijven en organisaties kan kennis en informatie beter stroomlijnen. Spraakherkenning kan worden ingezet om intelligente toegangscontrole in de luchtvaart mogelijk te maken. Een ander maatschappelijk belang wordt gediend door de inzet van taal- en spraaktechnologie bij zogenaamde *e-health* applicaties ter behandeling en ondersteuning van mensen met een communicatieve beperking of autistische stoornis.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we robots die deel gaan uitmaken van onze maatschappij leren met ons te communiceren?
- Hoe werkt informatie en welke gevolgen heeft digitalisering voor hoe mensen informatie krijgen, leren, zich vermaken, en overtuigd worden?
- Hoe verwerken de hersenen taal en hoe kunnen we deze kennis gebruiken om computers beter taal te laten verwerken?

Hoe kunnen we ‘dingen’ (hardware) altijd en overal met elkaar verbinden en de rekensnelheid van processoren verder verhogen bij een lager energieverbruik?

Toelichting
 Onze samenleving wordt in toenemende mate verbonden door digitale communicatie. Dit vergt innovaties in hardware, bijvoorbeeld op het terrein van glasvezel en draadloze communicatie, die ons en onze apparaten en systemen zoals sensoren in staat stellen met een grotere snelheid, intensiteit, interactiviteit, betrouwbaarheid en een hoge mate van flexibiliteit met elkaar te communiceren. Deze ontwikkeling in verbondenheid wordt gemunt via begrippen als de *Network Society* en het *Internet of Things*. Daarnaast zijn hardware-innovaties nodig om sneller en energiezuiniger te kunnen rekenen. Ofschoon het accent op hardware-innovaties ligt, zullen de grote hoeveelheden gegevens die worden genereerd en uitgewisseld, vragen om softwareontwikkeling om deze data te kunnen verwerken en om te zetten in *real-time* bruikbare informatie. De maatschappelijke betekenis en invloed van deze toenemende datasnelheid, -dichtheid en -uitwisselbaarheid voor de samenleving is ook onderwerp van studie.

Verbindend karakter
 Verschillende disciplines kunnen bijdragen aan het beantwoorden van deze vraag. Zo speelt ICT een belangrijke rol, maar vooral in samenwerking met andere disciplines. Aan de meer fundamentele kant speelt natuurkundig onderzoek naar kwantumcomputers een grote rol, maar ook de fundamentele geesteswetenschappelijke vraag hoe mens en techniek zich tot elkaar verhouden. Meer toegepaste vragen richten zich op ontwerpende disciplines zoals werktuigbouwkunde en design met de vraag hoe dit *Internet of Things* daadwerkelijk vorm te geven. Nederland bevat een sterk ecosysteem van zowel industrie als onderzoeksgroepen dat op dit terrein actief is en dat wereldwijd in de top meedraait. Dit geldt ook ten aanzien van de beschikbaarheid van telecom- en e-infrastructuur. Het koppelen van producten en diensten is een groeiemarkt. De verwachting is dat veel nieuwe (MKB-)bedrijvigheid zal ontstaan wanneer Nederland hierin een voortrekkersrol neemt. Een sterke infrastructuur werkt bovendien als een magneet voor buitenlandse bedrijven en investeerders.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kunnen we door miniaturisatie en integratie van elektronische apparaten nieuwe functionaliteiten ontwikkelen voor detectie en informatieverwerking en voor de opslag en verwerking van informatie tegen laag energieverbruik?
- Kan er een nieuw of ander internet ontworpen worden zonder alle nadelen?
- De ontwikkeling van conventionele computers en netwerken lijkt langzamerhand ten einde te komen. Radicaal nieuwe oplossingen dienen zich aan. Hoe maken we de transitie?

Hoe bouwen en onderhouden we software die morgen ook nog werkt?

Toelichting
 Door de snelle technologische ontwikkelingen verouderd software snel. Dit is momenteel vooral een probleem in sectoren die relatief vroeg geautomatiseerd zijn, zoals de bankensector. Veroudering van software tast de duurzaamheid en betrouwbaarheid van onze digitale infrastructuur aan. Het maakt die digitale infrastructuur ook kwetsbaar voor moedwillige aanvallen van buitenaf. Daarnaast wordt het onderhoud van bestaande verouderde systemen ingewikkeld en duur. Ten slotte beïnvloedt de technische ontwikkeling de manier waarop nieuwe software ontwikkeld wordt. Vanwege de toegenomen complexiteit van ICT-projecten wordt de betrouwbaarheid van software kleiner. Tevens wordt het steeds moeilijker om te voorspellen hoe de realisatie van bepaalde softwareprojecten zal verlopen. Tegelijkertijd zal software een steeds belangrijkere rol gaan spelen in onze samenleving omdat steeds meer alledaagse systemen voorzien zullen worden van computerprogramma's, waardoor ze autonoom gaan functioneren.

Verbindend karakter
 De veroudering van software, en de inspanning die gepaard gaat met het in stand houden van verouderde systemen zijn in eerste instantie belangrijke maatschappelijke uitdagingen. Deze

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe houden we hedendaagse software en in het verleden ontwikkelde programmatuur ook in de toekomst werkend?
- Kan software zichzelf repareren en vernieuwen?
- Hoe ziet een toekomstbestendige virtuele infrastructuur er uit?

uitdaging kan geadresseerd worden met onderzoek dat bijvoorbeeld gaat over het in kaart brengen van digitale infrastructuren, het herontwerpen van generieke, systeemonafhankelijke datastructuren en informatiemodellen, en het opstellen van prestatieafspraken in complexe gedistribueerde softwaresystemen om het functioneren van die systemen te optimaliseren. Dergelijk onderzoek moet leiden tot een toekomstbestendige virtuele infrastructuur. Wetenschappelijke uitdagingen liggen op het vlak van nieuwe manieren van software ontwikkelen, het ontwikkelen van software die zichzelf kan repareren, onderzoek naar adaptiviteit en configureerbaarheid van systemen, en nieuwe methoden om kwetsbaarheden en fouten in software te detecteren. Economische kansen liggen in het ontwerpen en bouwen van innovatieve methoden en technieken en in het beheersbaar houden van de kosten van softwareontwikkeling en systeemonderhoud. Recentelijk is er veel aandacht voor het uit de hand lopen van de kosten en doorlooptijd van allerlei softwareprojecten, zowel bij de overheid als in het bedrijfsleven. Dit drukt uiteindelijk zwaar op onze economie, omdat de bestede middelen niet ergens anders effectiever besteed kunnen worden, en de productiviteit van de betrokken organisaties tijdens de overgangperiode beperkt is.

Wat volgt op het elektronische siliciumtijdperk: *beyond Moore?*

Toelichting

De huidige siliciumgebaseerde halfgeleider technologie vormt de basis van alle moderne elektronica, zoals pc's, laptops, tablets, telefoons en sensoren. Maar de technologie loopt tegen fundamentele grenzen aan en de gestage voortgang die uitgedrukt wordt door de wet van Moore begint zijn einde te naderen. Om in de toekomst veel sneller en zuiniger te kunnen rekenen, zullen geheel nieuwe materialen en concepten moeten worden onderzocht, bijvoorbeeld gebaseerd op de zogeheten spin van elektronen, de architectuur van het brein of op het manipuleren van licht.

Verbindend karakter

De fundamentele uitdagingen liggen vooral op het terrein van nieuwe materiaalconcepten en -eigenschappen zoals het ontdekken, begrijpen en maken van nieuwe moleculaire, organische materialen en ultradunne, tweedimensionale materialen zoals grafen met de gewenste optische en elektronische eigenschappen. Nederland staat internationaal aan het front van de wetenschap op de benodigde onderzoeksterreinen van de fundamentele natuurkunde en scheikunde. Toegepast onderzoek is nodig om deze materialen zodanig te kunnen maken dat industriële productie mogelijk wordt. Ook is fundamenteel onderzoek nodig om nieuwe functionaliteiten in de zin van optische, magnetische, chemische en elektronische eigenschappen op nanoschaal te integreren met de huidige halfgeleider technologie. Met de nieuwe materialen en technieken kunnen allerlei nieuwe *devices* worden ontworpen en ontwikkeld (bijvoorbeeld ook bionische implantaten), zoals dat eerder in de micro-elektronica is gebeurd. Toegepast onderzoek is nodig om meettechnieken te ontwikkelen teneinde de vorm en de chemische, elektronische of optische eigenschappen van die ultrakleine structuren op atomaire schaal te kunnen bestuderen. Bovendien is kennis nodig voor het produceren op nanoschaal. Dit zal niet alleen leiden tot nieuwe producten die maatschappelijke problemen adresseren, maar ook tot nieuwe instrumenten en machines, die een nieuwe generatie producten betekenen voor bestaande en nieuwe industriële bedrijven. Op dit thema zijn er het laatste decennium verschillende goed lopende publiek-private samenwerkingen ontstaan. Dit bestaande netwerk biedt een goed uitgangspunt om de innovatie verder vorm te geven en ook het MKB hierbij te betrekken.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kan fotonische integratietechnologie een soortgelijke rol gaan spelen in de fotonica als elektronische integratietechnologie in de elektronica?
- Hoe brengen we 'nano' van lab naar applicatie?
- Kan een computer een computer ontwikkelen?

Wat gaan de kwantumcomputer en het kwantuminternet voor ons betekenen?

Toelichting

De kwantumcomputer fascineert al jaren zowel wetenschappers als het grote publiek, maar is het ook echt mogelijk zo'n apparaat te bouwen? En zo ja, welke impact zou een kwantumcomputer hebben op ons dagelijks leven? Door doorbraken van de laatste paar jaar, met name ook uit Nederland, is nu goed in beeld welke cruciale stappen nog nodig zijn om echt een kwantumcomputer te kunnen bouwen. In de komende vijf tot tien jaar moet blijken of en hoe we die stappen kunnen zetten. Kwantumcomputers werken met fundamenteel andere principes dan alle bestaande computers. Ze rekenen met kwantumbits die tegelijk 0 en 1 kunnen zijn, en die met elkaar zelfs over grote afstanden verstrengeld kunnen zijn. Vanwege zijn bijzondere kwantumeigenschappen kan een kwantumcomputer ingewikkelde vraagstukken kraken uit de wetenschap, natuurkunde, chemie en materiaalkunde. Maar hoe vertaalt zich dat naar ons dagelijks leven? Zal zo'n computer innovatie op indrukwekkende wijze versnellen? Is het internet nog veilig als er een kwantumcomputer bestaat, of kan het juist veel veiliger worden? Kwantumtechnologie is in 2014 door het kabinet uitgeroepen tot één van de vier Nationale Iconen.

Verbindend karakter

Kwantumgedrag op grote schaal kunnen controleren, vormt een geweldige wetenschappelijke en technologische uitdaging. Fundamenteel onderzoek is nodig om de kwantumbits te begrijpen, bijvoorbeeld om een effectieve bescherming te vinden tegen decoherentie, het door externe invloeden verloren gaan van verstrengeling. Wat is de ideale bouwsteen voor de kwantumbit: een lichtdeeltje, een elektron, het Majoranadeeltje? Hoe kunnen verstrengelde bits van elkaar worden gescheiden en worden benut in communicatie sneller dan het licht over een kwantuminternet? Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn onder meer nieuwe materialen, chipstructuren en software en wiskundige algoritmes nodig. Het uiteindelijke gebruik van de toekomstige kwantumcomputer roept een breed scala aan vragen op. We moeten ook van tevoren nadenken over maatschappelijke en economische kansen van deze technologie. Nieuwe onderzoeksvelden als biokwantum-informatica zullen kunnen ontstaan, die een enorme versnelling van bijvoorbeeld de ontwikkeling van medicijnen kunnen betekenen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kunnen we een kwantuminternet bouwen, waarop af luisteren onmogelijk wordt?
- Hoe programmeer je een kwantumcomputer?
- Kunnen materialen met specifieke functionaliteiten ontworpen worden door kwantumcomputers?

Hoe kunnen we stabiele en selectieve katalysatoren maken die nodig zijn voor de transitie naar duurzame energie- en productiesystemen en een *bio-based economy*?

Toelichting

Katalysatoren zorgen voor schonere en efficiëntere processen. Katalyse heeft het probleem van de zure regen opgelost en heeft ons kunstmest, polymeren, schone benzine en vele andere producten gebracht die aan onze welvaart bijdragen. Met behulp van katalyse kunnen we CO₂ omzetten naar bruikbare materialen, kunnen we biomassa transformeren in chemicaliën en brandstoffen, en kunnen we nieuwe materialen maken die onze welvaart vergroten en ons milieu ontzien. Dat geldt ook voor de omzetting van afval naar bruikbare grondstoffen en halffabricaten. Ongeveer negentig procent van alle chemische stoffen die gemaakt worden, wordt geproduceerd via katalyse. Efficiënte manieren ontwikkelen om energie te winnen, te transporteren en op te slaan is een speerpunt in de transitie naar een duurzame samenleving. De overschakeling naar biomassa als grondstof voor de chemische industrie is alleen mogelijk als we nieuwe bio-, homogene of heterogene katalytische processen ontwikkelen. Katalytische reacties vinden plaats op de schaal van atomen, aan oppervlakken van materialen, in femtoseconden (biljardsten van een seconde), maar zijn tegelijk onderdeel van processen die in grootschalige reactoren en procesinstallaties worden uitgevoerd. Op dit moment worden industriële katalysatoren gemaakt via *trial and error* en is er weinig kennis over wat een bepaalde katalysator nu zo geschikt maakt voor een bepaald chemisch proces.

Verbindend karakter

Fysisch-chemisch onderzoek aan katalysatoren is van belang voor het fundamenteel begrijpen van de aard van katalyse. Hierna kan deze kennis van grote betekenis zijn voor verschillende industriële sectoren, zoals de energiesector, de maakindustrie en de afvalverwerking. Tegelijkertijd levert implementatie van deze kennis via de producten en processen winst op voor duurzame ontwikkeling. De onderwerpen katalyse en *bio-based* komen ook veelvuldig voor in de onderwerpen van de topsector Chemie. Deze vraag verbindt wetenschappelijke, economische en maatschappelijke opgaven met elkaar.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we kleine moleculen zoals koolstofdioxide, zuurstof, water, methaan en stikstof activeren?
- Hoe maken we nieuwe katalysatoren voor N₂-activatie?
- Kunnen we nieuwe chemie ontwikkelen die de productie van elektriciteit uit brandstoffen mogelijk maakt in geavanceerde brandstofcellen gebaseerd op goedkope en duurzame katalytische elektroden?

Hoe houden en maken we de lucht vrij van fijnstof, schadelijke gassen en ziekteverwekkers?

Toelichting

Schone lucht is van groot belang voor de gezondheid van mensen. De mate van vervuiling van de lucht houden we voor een belangrijk deel in de hand door technische mogelijkheden om de uitstoot van vervuulende stoffen te beperken en door de efficiëntie van verbrandingsprocessen te verbeteren. Naast beleid en maatregelen om uitstoot te beperken, zoals betere filters voor afvoergassen, en het gebruik van andere materialen voor onder meer banden of asfalt, dienen ook betere meetmethoden te worden ontwikkeld. Maar de meeste winst valt te behalen door het verhogen van de efficiëntie van verbrandingsprocessen. De laatste vijftien jaar zijn de verbrandingsmethoden zeer sterk verbeterd. Verdere optimalisaties zullen de emissies naar alle waarschijnlijkheid verder verbeteren. Het is dan ook de vraag hoe lang het nog zal duren voordat er minder deeltjes in de rookgassen zitten dan in de omgevingslucht waarin we leven. Als dat waarheid wordt, zullen onze motoren de lucht vanaf dat moment niet meer vervuilen maar juist zuiveren.

Verbindend karakter

Deze vraag gaat enerzijds om de ontwikkeling van efficiënte verbrandingsprocessen en efficiënte technieken om de uitstoot van deeltjes en andere schadelijke stoffen en pathogenen te verminderen, en anderzijds om de ontwikkeling van goedkope en gevoelige meetmethoden om schadelijke deeltjes, gassen en ziekteverwekkers op te sporen. Tachtig tot negentig procent van onze huidige energie wordt geproduceerd door verbranding. Door de sterk stijgende vraag naar energie zal dit percentage de komende decennia hoog blijven, zelfs als we steeds meer gebruik gaan maken van duurzame bronnen zoals zonne-energie. Fijnstof, geproduceerd door die verbrandingsprocessen, veroorzaakt zeker in dichtbevolkte gebieden een significante verslechtering van de luchtkwaliteit. Ondanks perspectieven op verbranding zonder uitstoot, blijft het belangrijk om te meten waar en in welke mate vervuiling zich voordoet. Luchtverontreiniging wordt nu berekend met een model en deels gemeten. Meer *real time* informatie is daarom nodig om bijvoorbeeld astmapatiënten ieder uur inzicht te kunnen geven in de luchtkwaliteit van hun directe omgeving. Hier liggen mogelijkheden voor vormen van *citizen science*: burgers die zelf de luchtkwaliteit in hun directe leefomgeving meten met behulp van relatief eenvoudige technieken.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen verbrandingsprocessen zodanig worden verbeterd dat de uitlaatgassen schoner zijn dan de lucht die we inademen?
- Is het mogelijk een goedkope sensor te ontwikkelen die met onafhankelijke stroomvoorziening ultrafijnstof en NO₂ kan meten?
- Hoe kunnen we de verspreiding van infectieziekten door de lucht voorkomen?

Kunnen we slimme materialen en constructies ontwerpen met nieuwe geavanceerde eigenschappen?

Toelichting

Het ontwerp van nieuwe materialen kan een enorme invloed op ons leven en onze leefomgeving hebben. Vanuit dit perspectief liggen er grote kansen voor bijvoorbeeld responsieve, adaptieve, zelfherstellende, hoogontwikkelde, energiebesparende en herbruikbare materialen. Ook is er behoefte aan materialen voor toepassingen onder extreme omstandigheden, zoals in de ruimtevaart en voor *deep sea mining*. Om dergelijke materialen te ontdekken, is een nieuwe ontwerpfilosofie nodig. Voortschrijdend inzicht in nanostructuren, nanofabricage en instrumenten voor nanokarakterisatie hebben *engineering* op kleine schaal mogelijk gemaakt. Tegelijkertijd is de focus van de materiaalwetenschap verschoven naar functionele materialen die een actieve functie vervullen. De uitdaging bestaat uit het combineren van materiaalonderzoek op verschillende schaalgrootten met de zoektocht naar actieve functies. Combinaties van geavanceerde computersimulaties en moderne experimentele technieken kunnen helpen om materialen op de tekentafel te ontwerpen, in plaats van proefondervindelijk te ontdekken.

Verbindend karakter

De komende jaren zullen slimme materialen steeds belangrijker worden voor een breed bereik aan technologieën, van geneeskunde tot informatica. De

materialen van de toekomst zullen voortkomen uit samenwerkingen tussen wetenschappers uit een grote diversiteit aan expertisegebieden, zoals polymeren, composieten, halfgeleiders, biomaterialen en zachte materialen. Het Nederlandse materialenonderzoek in academische, toegepaste en publiek-private samenwerking staat internationaal zeer hoog aangeschreven. De maatschappelijke en economische kansen zijn groot, zoals onder andere kan worden opgemaakt uit de veelzijdige toepassingsmogelijkheden. Vragenstellers noemen onder andere slimme ramen die reageren op licht, zelfherstellende constructiematerialen, synthetische cellen, bio-elektronica die compatibel is met het menselijk lichaam, materialen voor opwekking, opslag en omzetting van energie, materialen die beschermen tegen ongelukken, aanvallen en aanslagen, materialen voor zelf-assemblerende nanomachines, materialen voor nieuwe geneesmiddelen, vouwbare oppervlakken die lichtgevend zijn of responsief, en materialen die reageren op klimatologische prikkels. Nieuwe materialen vormen de sleutel tot het beantwoorden van de grote maatschappelijke vragen op het gebied van energie, mobiliteit, gebouwde omgeving, communicatie, gezondheid, veiligheid en duurzaamheid, en zullen tot totaal onvoorziene producten in nog niet bestaande markten leiden.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen slimme materialen, geïntegreerd in systemen en producten als vervoersmiddelen, gebouwen en kleding, energie oogsten bijvoorbeeld uit warmte of trillingen?
- Kunnen we nieuwe nanomaterialen en syntheses technieken ontwikkelen om efficiënt en goedkoop zonne-energie op te wekken en op te slaan?
- Kunnen we Moeder Natuur nabootsen om nieuwe bio-geïnspireerde materialen te maken?

Kunnen we (bio-)elektronica ontwerpen die direct met ons lichaam communiceert, en materialen en technologie die lichaamsfuncties herstellen of ondersteunen?

Toelichting

De ontwikkeling van technologie die direct kan communiceren met het menselijk lichaam kan leiden tot geheel nieuwe manieren om gezondheid te stimuleren en ziektes te bestrijden. Implanteerbare en draagbare apparatuur kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor het herstellen van lichamelijke en cognitieve functies of om ziektes op te sporen en te behandelen. Daarnaast kunnen vragen worden geformuleerd ten aanzien van bio-elektronica en materialen of systemen met een toegevoegde waarde. Denk aan technologieën die een extensie van de menselijke functies vormen. Of aan systemen die biologische functies van mens en dier vertalen in hard- en software voor specifieke doeleinden, zoals geur- of versheidsindicatoren. Of aan uitvindingen die instrumenten voor sturing binnen sociale netwerken opleveren. In het ontwerp van deze materialen en systemen dient uiteraard in alle gevallen de mens centraal te staan bij het optimaliseren van de beoogde functies. Voor de verdere ontwikkeling van dergelijke technologie is een diepgaand begrip nodig van de wisselwerking tussen bio-elektronische en nanotechnologische componenten en menselijke cellen, weefsels en organen. Er is tevens een raakvlak met het terrein van de mens-computerinteractie dat op zijn beurt deels weer past in het onderzoeksgebied van de kunstmatige intelligentie en dat van de *data science*. De voorgestelde onderwerpen en benaderingen brengen ook elementen met zich mee die meer filosofisch van aard zijn.

Verbindend karakter

In Nederland is een sterk netwerk rondom nanotechnologie aanwezig met een academische en industriële basis. Dit netwerk wordt bij uitstek geschikt geacht om de interdisciplinaire en biotechnologische uitdagingen aan te pakken die hierbij komen kijken. Via dit ecosysteem is de koppeling tussen fundamentele vragen en meer toegepaste vragen op weg naar uiteindelijke technische applicaties gegarandeerd. Onderzoek binnen de medische sector geeft richting aan de te ontwikkelen technologie. Kennisontwikkelingen binnen met name de biologie, de zintuig- en bewegingsfysiologie en de sociologie zullen de ontwikkeling van hulpmiddelen voor de uitbreiding of versterking van lichamelijke functies en interacties eveneens verder stimuleren, bijvoorbeeld op het gebied van non-invasieve (zelf)-*monitoring devices*. In de medische sfeer is er intensieve spin-off naar bedrijven. Onderzoeksresultaten geven aanleiding tot veel start-up activiteiten. De producten die uit deze activiteiten voortkomen, hebben een directe betekenis voor de samenleving.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de beste koppeling tussen een organische menselijke zenuwcel en een elektronisch apparaat?
- Welke bionische implantaten worden mogelijk als we elektronica zo zacht en oprekbaar als biologisch weefsel maken zodat we het naadloos kunnen integreren in het menselijk lichaam?
- Wat is het juiste aantal toetsen voor een computertoetsenbord?

Kunnen we een synthetische cel bouwen?

Toelichting

Levende cellen worden gekenmerkt door complexe, dynamische reactienetwerken van eiwitten en nucleïnezuren. Energie en stoffen worden continu aangedragen en reacties vinden ver buiten hun evenwicht plaats. Voor een bacterie als *Escherichia coli* is de samenstelling van de cel grotendeels in kaart gebracht. Het ontbreekt ons echter aan een blauwdruk om een cel vanuit de afzonderlijke biomoleculen op te bouwen. De bundeling van krachten van biologen, chemici, informatici en fysici levert nieuwe mogelijkheden waarmee het bouwen van een cel binnen bereik komt.

Verbindend karakter

Het ontwerpen en bottom-up bouwen van nieuwe op cellen lijkende systemen is een enorme wetenschappelijke uitdaging, maar heeft ook ongekende toepassingsmogelijkheden, zoals bijvoorbeeld in de (regeneratieve) geneeskunde en voor de productie van geneesmiddelen en grondstoffen. Het uiteindelijke doel is het construeren van een synthetische cel die kan groeien en waarin allerlei processen kunnen evolueren. Nederland speelt in dit veld een vooraanstaande rol met tal van toponderzoekers en bedrijven die complexe dynamische systemen bestuderen. Er ligt een enorme kans om in Nederland een wereldwijde hub voor dit onderzoek te maken, met alle bijbehorende hightech-bedrijvigheid. Het thema sluit aan bij de meerdere topsectoren, zoals Life Sciences & Health en Chemie. Een veelheid aan bedrijven uit alle betrokken gebieden zijn al actief betrokken bij onderzoek en publiek-private samenwerking met kennisinstellingen. Deze vraag is gekoppeld aan de werking van levende cellen, wat cellen ons kunnen leren over levensprocessen, en hoe we biologische systemen kunnen herstellen, vervangen of herontwerpen. Ook raakt de vraag aan hoe technologie het menselijk bestaan verandert en de ethische vragen die dat oproept.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe ver kunnen we de grenzen van zelfassemblage verleggen?
- Als we een kunstmatige cel kunnen maken uit individuele bouwstenen, hebben we dan leven gemaakt?
- Kunnen wij zelf een levende cel in elkaar zetten?

Hoe krijgen we grip op de onvoorspelbaarheid van complexe netwerken en chaotische systemen?

Toelichting

Netwerken spelen een vitale rol in onze maatschappij. Over de hele wereld zijn mensen afhankelijk van grootschalige netwerken voor communicatie, informatie, verkeer, transport, financiën en energie. Deze netwerken bevatten bovendien heel veel informatie. Het begrijpen, modelleren, aansturen en optimaliseren van netwerken is een enorme uitdaging, zeker wanneer de architectuur van het netwerk onbekend is. Ook binnen de natuur spelen complexe netwerken een centrale rol. Denk aan chaotische dynamische systemen zoals het klimaat, de hersenen en de cel. Deze netwerken stellen ons voor prangende vragen rond complexiteit, duurzaamheid, biodiversiteit, zelforganisatie, emergentie en onzekerheid.

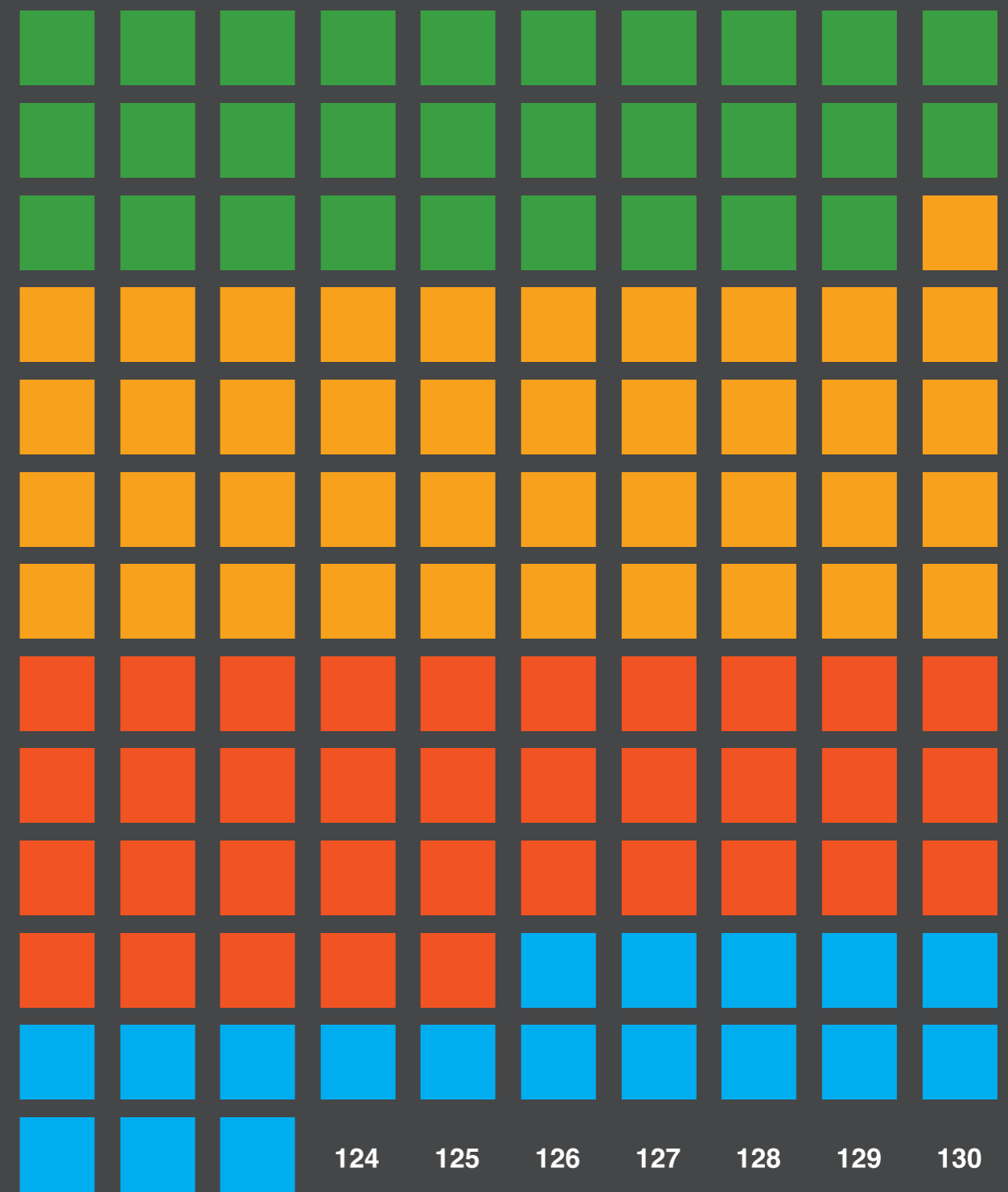
Verbindend karakter

Bij het vinden van antwoorden op fundamentele vragen betreffende structuur, gedrag en universaliteit van complexe systemen, is wiskunde in nauwe wisselwerking met andere disciplines een krachtig hulpmiddel. Uitdagingen liggen op uiteenlopende terreinen, van te ontwikkelen statistische methoden voor het empirisch evalueren van netwerkmodellen en het bepalen van betrouwbaarheidsmarges bij conclusies uit complexe datasets, tot grafentheorie,

algoritme-analyse, en matrixoperaties. Ook praktische vragen over de herleidbaarheid van een netwerkstructuur op basis van beperkte waarnemingen, over de toekomst van een chaotisch systeem als de aarde op het terrein van duurzaamheid, invloed van de mens, klimaatverandering, of biodiversiteit, en het bepalen van omslagpunten naar nieuw coherent of emergent gedrag, behoeven nieuwe wiskundige modellen. Kunnen we bijvoorbeeld neurale netwerken ontwikkelen die spontaan nieuw gedrag vertonen, oftewel: computers met bewustzijn? Van filosofische aard is de vraag waarom zowel natuurlijke als niet-natuurlijke complexe systemen ogenschijnlijk vanzelf steeds complexer worden. Toegepast onderzoek vertaalt de modellen in algoritmes voor het begrijpen en besturen van complexe netwerken. Vragenstellers noemen: het onderbouwen van keuzes voor de toekomstige energievoorziening; het vermijden van piekbelastingen in het verkeer, van internet, van het energienet; het modelleren van regulatie in biologische netwerken zoals hersenen en daarmee het voorspellen van ziektes als Alzheimer en Parkinson; of het voorspellen van zeldzame gebeurtenissen die enorme impact hebben op onze samenleving, zoals een financiële crisis of een overstroming.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

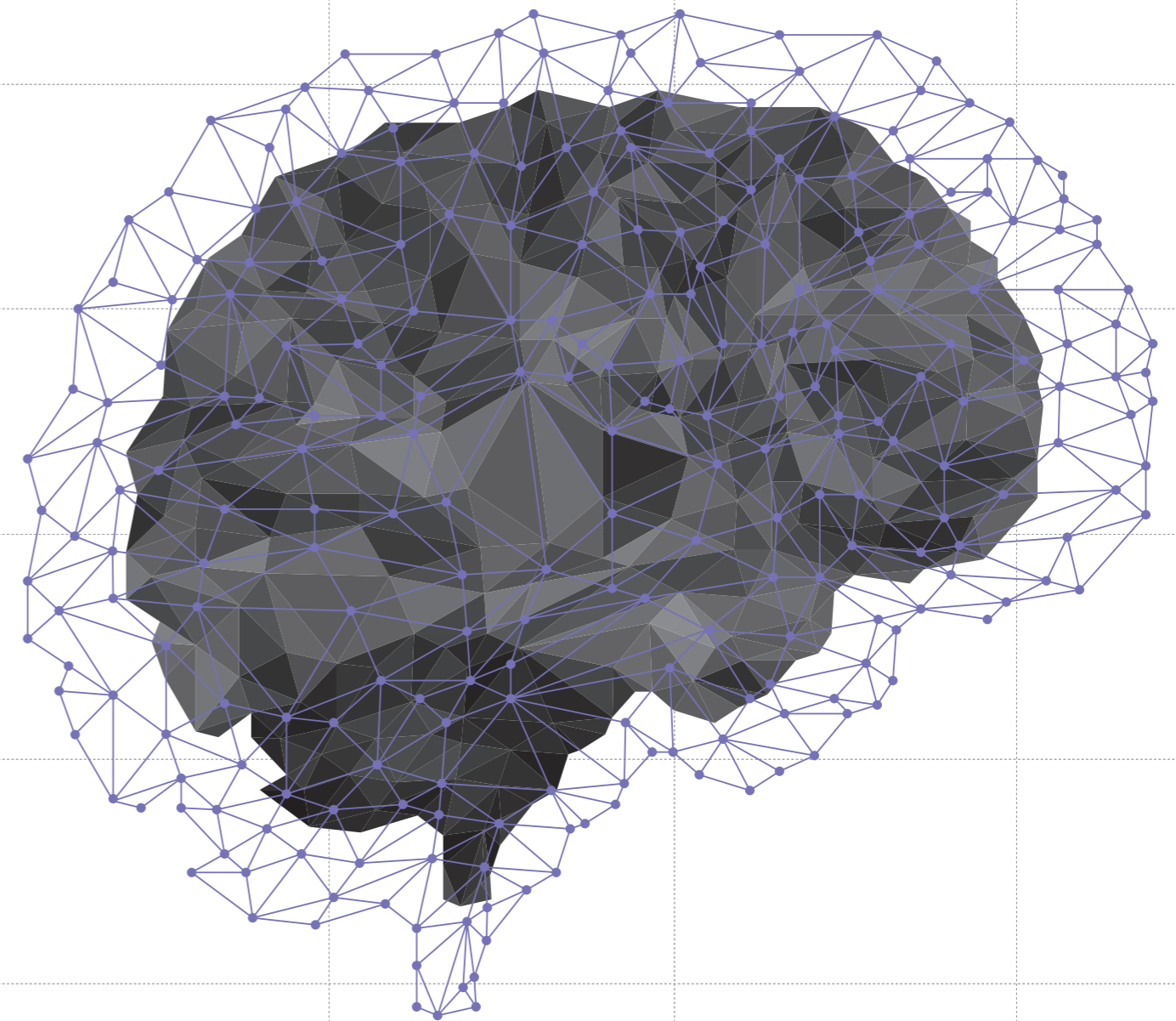
- Zijn er universele organiserende principes in het gedrag van complexe systemen?
- Kunnen we het gedrag van complexe moleculaire systemen begrijpen en gebruiken om levensechte, zelfdenkende materialen te maken?
- Kunnen we de impact van financiële beslissingen van banken wiskundig in kaart brengen, en alle risico's inschatten?



131 132 133 124 125 126 127 128 129 130
134 135 136 137 138 139 140

Bouwstenen van het bestaan

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



Hoe slaan we de brug tussen verschillende schalen bij het modelleren van dynamische systemen, zoals stromingen van en in vloeistoffen en gassen?

Toelichting

Onze omgeving bestaat uit vaste, vloeibare en gasvormige stoffen. Op de kleinste schalen wordt het gedrag van deze stoffen gesimuleerd met moleculaire dynamica, die uitgaat van de individuele moleculen. Op de grote schalen worden juist continuümmodellen gebruikt die een stof als één geheel modelleren. In veel praktische vraagstukken zijn echter meerdere schalen tegelijkertijd van groot belang. Vraagstukken op een enkele schaal kunnen óf met een continuümmodel óf met een deeltjesmodel opgelost worden. Voor *multi-scale* systemen is een nieuwe combinatie van zulke methoden vereist. Een beter begrip van stromingen is van belang binnen zeer uiteenlopende toepassingsgebieden. Voorbeelden zijn weersvoorspelling, droogprocessen in de industrie, getijden en voorspelling van hoogwater, koeling van micro-elektronica, aerodynamica van vliegtuigen, verspreiding van verontreinigingen in lucht en water en geluidsoverlast.

Verbindend karakter

Inter- en multidisciplinaire bijdragen van academische en industriële wetenschappers met gevarieerde achtergronden zoals fysica, engineering, wiskunde en informatica zijn nodig om uitdagingen voor de toekomst aan te pakken. *Multi-scale* modelleren is van groot belang voor een veelheid van maatschappelijk en industrieel uiterst relevante toepassingen. Maatschappelijk relevante uitdagingen zijn onder andere: voorspelling van natuurrampen en de impact ervan, beter begrip van ingrepen in ecosystemen, en inzicht in grootschalige weersystemen en klimaatmodellen. Binnen de industrie gaat het onder andere om het begrijpen van turbulentie, vrije oppervlaktes en scheidingen, grote gradiënten, mengsels waarin stoffen in vaste, vloeibare en gasvorm voorkomen, interacties tussen vloeistoffen en deeltjes, en het combineren van verschillende simulatiemethodes. Deze vraag is van belang voor het beleidsterrein 'Water en klimaat'.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen we systemen van verschillende lengteschalen, van moleculair tot macroscopisch en van levende tot dode materie, verbinden om nieuwe slimme materialen te ontwikkelen en inzicht te krijgen in bijvoorbeeld de werking van het brein en klimaatverandering?
- Hoe kunnen we bio-gerelateerde of bio-geïnspireerde structuren en materialen maken, gebruik makend van essentiële ontwerpprincipes van het leven op verschillende lengteschalen?
- Hoe kunnen we *multi-phase* stromingen beter begrijpen, zodat we ze beheersbaar maken voor industriële toepassingen?

Welke symmetrieën schuilen er onder priemgetallen en hoe kan de wiskundige getaltheorie bijdragen aan natuurkundige theorievorming?

Toelichting

Symmetrieën komen overal voor in de natuur, en op dit punt komen wis- en natuurkunde elkaar tegen. Opmerkelijk genoeg blijkt symmetrie ook een grote rol te spelen in de wereld van getallen. In de jaren zeventig van de vorige eeuw heeft de wiskundige Robert Langlands een samenhangend geheel van onbewezen vermoedens geformuleerd dat suggereert dat het gedrag van priemgetallen in belangrijke mate wordt bepaald door verborgen symmetrieën. Deze vermoedens staan nu bekend als het Langlandsprogramma. De ideeën van Langlands zijn zeer revolutionair en visionair, en doen vermoeden dat er ongekend diepe verbanden bestaan tussen meetkunde en getaltheorie. De reeds bereikte vooruitgang heeft al geleid tot verbluffende toepassingen in de getaltheorie. Het beroemdste voorbeeld hiervan is het bewijs van de zogeheten Laatste stelling van Fermat, door Britse wiskundige Andrew Wiles. Recentelijk werd een meetkundige versie van het Langlandsprogramma geformuleerd, dat nieuwe bruggen slaat tussen wis- en natuurkunde. Het Langlandsprogramma is dermate uitdagend en breed dat er wereldwijd door vele wiskundigen aan wordt gewerkt. Nederland beschikt over een unieke combinatie van expertises in het Langlandsprogramma, waardoor we bij uitstek geschikt zijn om hoogwaardige bijdragen te leveren aan deze belangrijke internationale onderzoeksinspanningen.

Verbindend karakter

De vraag geeft in eerste instantie aanleiding tot zeer fundamenteel onderzoek en slaat bruggen tussen wis- en natuurkunde. Priemgetallen spelen een belangrijke rol in de cryptografie, bijvoorbeeld bij het versleutelen van gegevens tijdens het internetbankieren.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Zijn de Langlandsvermoedens waar, en wat betekenen deze voor de fysica?
- Zal er ooit een kort bewijs voor het vermoeden van Fermat komen?
- Zijn er grenzen aan symmetrie?

Welke rol speelt de kwantumfysica in macroscopische systemen en welke spectaculaire nieuwe verschijnselen en toepassingen worden daarmee mogelijk?

Toelichting

Kwantumfysica is al op een aantal terreinen belangrijk in macroscopische systemen. Zo geeft het kwantummechanische collectieve gedrag van elektronen aanleiding tot exotisch macroscopisch gedrag, zoals supergeleiding (elektrische geleiding zonder weerstand). Ook in relatie tot magnetisme komen steeds meer interessante vragen naar kwantumeffecten in macroscopische systemen voort. Het theoretische begrip van deze collectieve kwantumeffecten wordt op de proef gesteld door een reeks van onverwachte ontdekkingen, waaronder de mogelijkheid van supergeleiding bij hoge temperaturen in bepaalde modelsystemen. Kunnen we materialen ontwikkelen die deze modelsystemen realiseren? Supergeleiding bij kamertemperatuur zou het mogelijk maken om elektriciteit zonder verliezen te transporteren, met een grote impact op de mondiale energievoorziening.

Verbindend karakter

Kwantumgedrag controleren en zelfs sturen, vormt een grote wetenschappelijke en technologische uitdaging. Om dit te bereiken, zijn verdere ontwikkelingen nodig van bijvoorbeeld nieuwe materialen, schakelstructuren en informatica. Hier liggen ook verbindingen naar nanotechnologie, optica, microscopische technieken en *plasmonics*.

De Nederlandse natuurkundegemeenschap is uitstekend gepositioneerd om een leidende rol te vervullen in deze baanbrekende ontwikkeling in de fundamentele natuurkunde. Niet alleen is het verschijnsel supergeleiding een Nederlandse uitvinding, het hele vakgebied van zogeheten kwantummaterie, zoals deze nieuwe vormen van materialen worden genoemd, speelt een centrale rol in NWO-(zwaartekracht)programma's.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de rol van kwantumcoherente dynamica in fundamentele processen voor het leven?
- Hoe kunnen kwantummaterialen ontworpen en gebruikt worden?
- Hoe bepalen de principes van de kwantummechanica de eigenschappen van materialen op de nano-, meso- en macroschaal?

Wat zijn de oorsprong, geschiedenis en toekomst van het heelal?

Toelichting

Vragen naar de ware aard en oorsprong van ons heelal behoren tot de oudste wezensvragen van de mensheid. De oerknal is een begrip dat bijna iedereen kent en dat mensen fascineert, maar dat ook door experts niet begrepen wordt. Ontstond die zeer hete begintoestand van het heelal werkelijk uit niets? En wat was er daarvoor, of is dat zelfs geen goede vraag? En waar gaat het heelal naartoe? Op dit moment zien we dat het heelal steeds sneller steeds groter wordt. Als die versnelde uitzetting doorzet, zullen we op zeker moment geen andere melkwegstelsels meer zien: een bizar vooruitzicht. Wetenschappelijk onderzoek dat kan bijdragen aan het beantwoorden van deze vragen richt zich op het begrijpen van de geschiedenis van het heelal vanaf zijn ontstaan, en op waarnemingen aan en computersimulaties van de allervroegste stadia van onze kosmos. Deze informatie dient als input voor theorievorming over aard en oorsprong van het heelal. Daarbij is de kennis die we door waarnemingen en simulaties kunnen verwerven zowel de inspiratie als de scheidsrechter voor de onderzochte theorieën.

Verbindend karakter

Onderzoek naar deze vraag heeft een direct verband met de (theoretische) natuur- en sterrenkunde. Naast nog te ontwikkelen nieuwe theoretische concepten zijn instrumenten nodig waarmee steeds nauwkeuriger waarnemingen gedaan kunnen worden in steeds grotere delen van het elektromagnetische spectrum. Daarnaast moeten de nodige omvangrijke simulaties kunnen worden uitgevoerd. De daarmee verbonden uitdagende technologische ontwikkelingen leiden ook tot toepassingen buiten de sterrenkunde en bieden daarmee de betrokken bedrijven economische kansen. Ook voor de ontwikkeling van dergelijke instrumentatie is onderzoek nodig.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat was er voordat het heelal er was?
- Hoe zijn de kleinste en grootste structuren in het heelal met elkaar verbonden?
- Is het universum een computer, is er een programmeur?

Kennen we alle elementaire bouwstenen van materie?

Toelichting

Het zogeheten Standaard Model voor elementaire deeltjes beschrijft alle ons bekende elementaire deeltjes. Het model heeft iets weg van het Periodiek Systeem der Elementen, maar het is veel kleiner. Het is verbazingwekkend dat een klein aantal elementaire bouwstenen alle ons bekende vormen van materie kan verklaren. Het maximale aantal elementaire deeltjes wordt beperkt door bepaalde symmetrieën, die we aan het model opleggen. We weten echter nog niet waarom het model werkt, en waar deze symmetriestructuur, en dus het kleine aantal elementaire bouwstenen, vandaan komt. Net als andere grote natuurkundige fenomenen zoals de algemene relativiteitstheorie en de kwantummechanica zou die symmetriestructuur zich wellicht ook op macroscopische schaal kunnen manifesteren, en tot revolutionaire toepassingen kunnen leiden. Bovendien zou kunnen blijken dat het model niet af is, en dat er wel degelijk nieuwe elementaire bouwstenen zijn die we nog niet hebben ontdekt.

Verbindend karakter

Deze vraag verbindt zeer elementaire vragen over het ontstaan van het universum en de ontrafeling van de bouwstenen van materie. Om deze vragen te kunnen beantwoorden, is grensverleggende technologie nodig. Het doorbreken van deze technologische barrières kan tot een veelzijdigheid aan nieuwe spin-off toepassingen leiden. Hier ligt een kans voor bedrijven, met name ook het MKB. Hoewel toepassingen in onverwachte hoek moeilijk zijn te voorspellen, denken vragenstellers onder andere aan het gebruiken van energie uit het Higgsveld of van muonen voor het scannen van zeer massieve objecten. Anderen vragen zich af of we met neutrino's de hele aarde kunnen scannen. De Nederlandse onderzoeksgemeenschap loopt voorop in de zoektocht naar de bouwstenen van de materie. Het komende decennium vormt een cruciale periode voor deze ontdekkingsreis.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Begrijpen we hoe de fundamentele natuurwetten voor elementaire deeltjes kunnen leiden tot kwalitatief nieuwe macroscopische fenomenen?
- Is er een grens aan de deelbaarheid van (elementaire) deeltjes?
- Waarom is er geen antimaterie in ons universum?

Wat is de ware aard van zwaartekracht, ruimte en tijd en wat kun je bijvoorbeeld leren van zwarte gaten?

Toelichting

Einsteins relativiteitstheorie verbindt ruimte met tijd, en verklaart zwaartekracht als een vervorming van de ruimte-tijd. Daarmee is deze theorie fundamenteel verschillend van andere natuurkrachten. Maar Einsteins theorie is nog niet tot het uiterste getest. Alleen in het heelal is dit mogelijk: zwarte gaten en neutronensterren krommen de ruimte zo sterk dat ze exotische verschijnselen produceren. Bestudering van deze objecten geeft daarom uniek inzicht in de natuurwetten die onze meest fundamentele inzichten in het wezen van ruimte en tijd behelzen. De uitdaging is om deze verschijnselen met extreem gevoelige instrumenten te detecteren via waarnemingen in gamma-, röntgen-, radio- en gravitatiestraling. Dit ligt de komende jaren binnen bereik. Daarnaast is theoretisch werk essentieel: is zwaartekracht wellicht holografisch en emergent, zoals gesuggereerd door de snaartheorie, en wat zegt dat over wat ruimte en tijd wezenlijk zijn?

Verbindend karakter

Nederlandse onderzoekers spelen een leidende rol in de wereld op deze gebieden. Dit blijkt niet alleen uit verschillende (toponderzoekschool)programma's. Ook neemt Nederland op grote schaal deel aan internationale faciliteiten met unieke instrumentatie, zowel op de grond als in de ruimte. Technologische ontwikkeling van instrumentatie is essentieel voor dit type onderzoek. Ook bij deze ontwikkeling zijn kennisinstellingen betrokken, vaak samen met bedrijven, met name vanuit het hightech MKB.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kunnen ultra-precieze metingen gebruikt worden voor fundamentele natuurkunde en nieuwe technologieën?
- Wat zit er in de kern van een zwart gat?
- Hoe is de zwaartekracht ontstaan?

Wat is donkere materie en wat is donkere energie?

Toelichting

Slechts vier procent van het heelal begrijpen we goed in termen van de bekende elementaire deeltjes en hun interacties in de vorm van de elektromagnetische kracht, de zwakke en de sterke kernkracht en de zwaartekracht. Van de overige 96 procent van de energie in het heelal zien we wel de gevolgen, maar weten we niet wat het is. Een deel hiervan is de zogenaamde donkere materie, het grootste deel wordt donkere energie genoemd. De zwaartekracht die wordt veroorzaakt door donkere materie houdt melkwegstelsels en clusters van melkwegstelsels bij elkaar. Donkere energie daarentegen zorgt er juist voor dat het heelal als geheel steeds sneller uitdijt. De zoektocht naar de ontbrekende materie en energie gebeurt door de bewegingen van hemellichamen in kaart te brengen, en door gevoelige natuurkundige experimenten. Ook de theoretische fysica speelt hier een belangrijke rol. Grote internationale onderzoeksprogramma's, waaronder een groot Europees satellietproject, richten zich op de samenstelling van de donkere materie en de toestandsvergelijking van de donkere energie. Opheldering van het donkere deel van het heelal is één van de allergrootste uitdagingen in het fundamenteel onderzoek, waarin Nederland een beslissende rol kan spelen.

Verbindend karakter

De vraag geeft in eerste instantie aanleiding tot zeer fundamenteel onderzoek, dat veelal in nauwe internationale samenwerking zal plaatsvinden, zoals bij CERN. Voor een deel van dit onderzoek is allerlei instrumentatie essentieel. De ontwikkeling van dergelijke apparatuur plaatst de hightech-industrie voor grote uitdagingen. De erbij opgedane praktische kennis kan veelal ook voor andere toepassingen worden ingezet en biedt daarmee nieuwe economische kansen. Om de meest geschikte apparatuur te ontwikkelen moeten de betrokken hightechbedrijven in multidisciplinaire verbanden nauw samenwerken met onderzoekers in onder andere de astronomie en de fundamentele natuurkunde.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Uit welke bouwstenen bestaat ons universum?
- Kun je donkere materie rechtstreeks meten?
- Wat is de oorzaak van de versnelde uitdijning van het heelal?

Hoe ontstaan en evolueren melkwegstelsels, sterren en planeten?

Toelichting

Het heelal heeft een complexe structuur met sterke contrasten tussen extreme leegte en sterke massaconcentraties in de vorm van melkwegstelsels, sterren, en planeten, en uiteindelijk, de mens. Dit alles is ontstaan uit een relatief eenvoudig begin, veertien miljard jaar geleden. Het heelal was toen gevuld met een zeer gelijkmatig verdeeld gas met slechts een begin van structuur, die nu nog zichtbaar is in de achtergrondstraling. De zwaartekracht versterkte die structuur door zowel de normale als de raadselachtige donkere materie te laten samenklonteren. Enkele honderden miljoenen jaren later zien we in deze kosmische dageraad de eerste sterren en melkwegstelsels oplichten. De eerste sterren produceren nieuwe elementen waaruit nieuwe sterren met planetenstelsels ontstaan. Met de grootste telescopen en de krachtigste supercomputers kunnen we al deze processen nu waarnemen en simuleren om uiteindelijk te ontrafelen waar alle materie, energie en krachten in het heelal vandaan komen en hoe deze zich verder zullen ontwikkelen. Zo wordt bijvoorbeeld met de deels in Drenthe gelegen internationale LOFAR-radiotelescoop gezocht naar de effecten van het eerste licht na de oerknal. Meerdere zeer sterke groepen Nederlandse astronomen en ruimteonderzoekers, verenigd in NWO- en toponderzoeksschoolprogramma's en aangesloten bij internationale samenwerkingen, staan vooraan in het wereldwijde onderzoek naar de structuren in het heelal.

Verbindend karakter

Deze vraag dekt een groot deel van de sterrenkunde af en past daarmee bij het Sectorplan Astronomie. Instrumentatie speelt een essentiële rol bij dit onderzoek, dat een diepe relatie heeft met fundamentele natuurkunde. Dergelijke uitdagende instrumentatieontwikkeling biedt de hightech industrie nieuwe afgeleide economische mogelijkheden en samenwerking met andere bedrijven. Bovendien leidt deze ontwikkeling vaak tot innovatieve spin-offs in de samenleving. Hiermee sluit het onderzoek naar deze vraag aan bij de topsector HTSM. Ook is er een duidelijke verbinding met de astrochemie, de informatica en de wiskunde en zijn er raakvlakken met het thema zelforganisatie. Big data, grootschalige gegevensverzameling, is bij uitstek een thema bij deze vraag.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Kan, als een ver sterrenstelsel louter uit antimaterie zou bestaan, dit op aarde worden waargenomen en zo ja: hoe?
- Waarom is er water op aarde?
- Welke mechanismen zorgen ervoor dat bij de vorming van sterrenstelsels er verschillende vormen ontstaan zoals lensvormige stelsel, spiraalstelsel en nog vreemder: balkspiraalstelsels?

Hoe kunnen we met ruimtevaartuigen en telescopen meer begrijpen van het heelal en ons zonnestelsel exploreren?

Toelichting

De technologische vooruitgang die leidt tot steeds geavanceerdere telescopen en ruimtevaartuigen, ligt aan de basis van ons toenemende begrip van het heelal en de ruimte om ons heen, en leidt tot een toenemend nut van die ruimte voor de mensheid. Een wereld zonder weer- en communicatiesatellieten en GPS is bijna niet meer denkbaar. Om verder door te dringen in de geheimen van de natuur en om mogelijk zelfs van exploratie naar exploitatie van het zonnestelsel te gaan, moeten de ontwikkeling en toepassing van de relevante technologieën krachtig voort worden gezet. De spin-off van dit soort technologieontwikkeling heeft zijn weerslag overal in de samenleving. Nederland kan aan deze internationale ontwikkelingen belangrijke bijdragen leveren. Nederlandse technologische onderzoeksinstituten op het gebied van sterrenkundig en ruimteonderzoek zijn internationaal zeer prominent aanwezig, zeker gezien hun relatief kleine omvang.

Verbindend karakter

Voor de exploratie van het zonnestelsel is onderzoek in en afstemming tussen zeer uiteenlopende disciplines en technologieën nodig. Innovatieve telescopen vragen om nieuwe technologie, die ook elders inzetbaar blijkt. Technologieontwikkeling voor ruimteonderzoek en ruimtevaart is zeer innovatief vanwege de extreme omstandigheden die in de ruimte heersen, en de extreme betrouwbaarheids- en levensduureisen die aan ruimte-instrumenten worden gesteld. In het verleden zijn vanuit de ruimtevaartambities innovaties gerealiseerd met maatschappelijke en economische impact. Ook voor de toekomst zijn spin-offs te verwachten met potentie voor de maatschappij en de Nederlandse industrie.



Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Met welke instrumenten zullen we in de toekomst de allerkleinste en allergrootste bouwstenen van onze wereld (ons heelal) bestuderen?
- Hoe gaan we ruimtepuin opruimen en voorkomen?
- Welke nieuwe bijdragen kan de ruimtevaart in de 21^{ste} eeuw leveren aan oplossingen voor de grote schaarste-problemen waar de wereld tegenaan loopt, zoals schaarste aan grondstoffen, energie en drinkwater?

Is er leven buiten de aarde?

Toelichting

Of de mensheid alleen is in het heelal, of dat er elders leven voorkomt, is een oeroude vraag. Dankzij nieuwe krachtige telescopen kan deze vraag eindelijk wetenschappelijk benaderd worden. Voor het eerst zijn er waarnemingen mogelijk aan planeten buiten ons zonnestelsel en van de vorming van de moleculen die de bouwstenen van het leven vormen. Nederlandse astronomen lopen wereldwijd voorop in dit vakgebied. Dankzij superscherpe beelden identificeren ze planetenstelsels in wording en in laboratoria bootsen ze chemische processen in de ruimte na. In de succesvolle zoektocht naar planeten buiten ons zonnestelsel, exoplaneten genoemd, zijn planeten gevonden waar vloeibaar water zou kunnen zijn; een van de voorwaarden voor het ontstaan van leven zoals op aarde. Leven van allerlei aard zou zich kunnen verraden door achtergelaten vingerafdrukken van moleculen, fijnstof en vegetatie in de straling van een exoplaneet. Hierbij is de uitdaging om het zwakke licht van de planeet te onderscheiden naast de felle moederster.

Verbindend karakter

De zoektocht naar buitenaards leven omvat fundamentele vragen naar wat leven is en hoe het herkend kan worden. Hier raakt het onderzoek onder andere aan dat naar extremofiele organismen op aarde. In dit verband komen uiteenlopende disciplines als fundamentele levenswetenschappen, aardewetenschappen en astrochemie bij elkaar. De Nederlandse astronomie is klein, maar goed georganiseerd en heeft mondiaal mede door de goede afstemming en organisatie een goede positie. De apparatuur die wordt ontwikkeld om astronomisch onderzoek naar exoplaneten en buitenaards leven mogelijk te maken, leidt ook tot nieuwe mogelijkheden voor de hightech industrie in andere toepassingsgebieden en creëert zo nieuwe economische kansen. De Nederlandse hightech industrie, zowel grote bedrijven als het MKB, is aangesloten bij deze ontwikkelingen en zal kansen benutten voor technologische vernieuwing. Daarmee wordt de economische positie van deze industrie versterkt. Deze vraag sluit aan bij het strategisch plan voor de Nederlandse astronomie en bij de Europese roadmap van ASTRONET voor de astronomie.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Waarom nemen we aan dat water essentieel is voor buitenaards leven?
- Als op een andere planeet een evolutie heeft plaatsgevonden met andere dan voor ons bekende organische processen en andere materie, kunnen wij wezens van die planeet wel als zodanig herkennen?
- Is het leven wel echt op de aarde begonnen, of mogelijk elders?



Hoe is leven ontstaan en hoe werkt de evolutie?

Toelichting

Het ontstaan en de ontwikkeling van het leven op aarde is een van de grootste vragen uit de natuurwetenschappen. We kennen miljoenen soorten planten en dieren, van onzichtbaar klein tot zeer groot. Natuurlijke selectie speelt in soortvorming continu een belangrijke rol en heeft geleid tot een grote diversiteit aan vormen van leven waarvan pas een klein deel beschreven en begrepen is. Hoeveel soorten er in totaal zijn en hoeveel mechanismen er zijn met betrekking tot soortvorming, soortensegregatie en soortgebonden wijzen van voortplanting weten we nog lang niet. Onderliggende vraagstukken bestrijken een breed scala aan onderwerpen: van het ontstaan van de genetische code tot aan de adaptatie van individuele soorten en ecosystemen aan veranderingen in hun directe leefomgeving en het milieu. Een beter begrip van evolutionaire processen zal ons niet alleen inzichten opleveren over het functioneren van ecosystemen, organismen, organen en zelfs cellen. Ook kunnen we uit dit onderzoek leren wat de invloeden van uiteenlopende milieufactoren zijn en hoe we deze op een gewenste manier kunnen beïnvloeden.

Verbindend karakter

Inzicht in de dynamiek van soortvorming en de interactie tussen soorten is van belang voor het begrijpen van complexe systemen van levende organismen. Om deze soorten te kunnen exploiteren voor nuttige toepassingen ten behoeve van de mens, is beter begrip nodig van de stabiliteit van deze systemen onder variabele condities en omgevingsdruk. Daarnaast kunnen inzichten over onderliggende principes en mechanismen van complexe systemen vertaald worden naar bruikbare gereedschappen voor onderzoek, ontwikkeling en toepassingen. Het belang van dit onderzoek wordt onderschreven door Nederlandse en Europese onderzoeksprogramma's die op het gebied van biodiversiteit lopen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kan leven zich handhaven op grote diepte?
- Waar komt biodiversiteit vandaan: wat is het aandeel van verschillende processen van soortvorming?
- Hoe kan materie zich ontwikkelen tot leven?

Hoe kunnen we de eigenschappen, de functionaliteiten en het samenspel van moleculen in levende systemen beter begrijpen en zo bijvoorbeeld op leven geïnspireerde systemen ontwikkelen?

Toelichting

We begrijpen nog steeds niet hoe interacties tussen biomoleculen tot levende organismen kunnen leiden. Wel weten we dat de moleculen van het leven elkaar herkennen, met elkaar reageren tot nieuwe moleculen, interacties met elkaar aangaan en samen structuren vormen door middel van vele complexe processen. Deze moleculaire processen zijn essentieel voor chemische reacties en voor het goed functioneren van uit twee delen bestaande biologische systemen zoals enzymen en substraten, virussen en hun gastheer, antigenen en antilichamen. Kennis van dergelijke complexe moleculaire systemen en de mogelijkheid om deze in een gewenste richting te kunnen sturen, bieden aanknopingspunten om maatschappelijke vraagstukken op het gebied van milieu, energie en gezondheid aan te pakken. De komende tien jaar staan we voor de uitdaging moleculaire zelfassemblage (spontane ordening) onder controle te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld door het ontwerpen en in elkaar zetten van moleculaire motoren, het modelleren van biologische systemen, maar ook door het ontwerpen van dynamische biomaterialen voor het herstel van weefsel in het lichaam, of door het kunnen sturen van katalytische processen in levende

cellen. Op termijn kunnen we wellicht zelfs kunstmatige moleculaire systemen en materialen bouwen die autonome functies kunnen uitvoeren, en zo een geheel nieuwe chemische wereld genereren.

Verbindend karakter

Evolutie, het functioneren van leven, en het begrijpen van complexe processen op verschillende lengte- en tijdschalen zijn kernbegrippen bij deze vraag. Toepassingen en economische kansen liggen op het gebied van bijvoorbeeld medicijnen, voeding en materialen. Vragenstellers noemen protheses, kunstmatige weefsels en organen, levensechte zelfdenkende materialen, nieuwe medicijnen, nanorobots, moleculaire elektronica, nieuwe doeleiwitten voor moleculaire therapieën, antibiotica en antivirale middelen, de creatie van een synthetische cel, kankertherapie en duurzaam geproduceerde eiwitten. Onderzoek is nodig naar complexe moleculaire systemen, systemen die uit evenwicht zijn en functionele moleculaire architecturen. Subthema's van deze vraag bevinden zich onder andere op het gebied van microbiologie, chemische immunologie, functionele moleculaire systemen en materie op uiteenlopende lengteschalen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe vinden atomen elkaar en hoe combineren deze tot grote biomoleculen? Hoe reageren die moleculen met elkaar en hoe vormen deze moleculen levende materie, organen en organismen?
- Kunnen we grensvlakken van metalen en moleculen ontwikkelen op oppervlakken of in systemen door (zelf)assemblage om geavanceerde materialen te maken?
- Kunnen we katalytische processen (enzymatisch, heterogeen of homogeen) op het niveau van de reagerende moleculen begrijpen?

Cellen zijn de bouwstenen van het leven. Hoe werken ze en wat kunnen ze ons leren over levensprocessen?

Toelichting

Het menselijk lichaam bestaat uit meer dan honderd biljoen cellen. De cellen voeren alle functies van het lichaam uit en vormen zo de basis van leven. In elke levende cel is een netwerk van meer dan duizend verschillende chemische reacties verantwoordelijk voor het genereren van energie en het samenstellen van de bouwstenen voor een nieuwe cel. Daarnaast vinden er essentiële processen in plaats als DNA-replicatie, DNA-transcriptie en eiwitsynthese, en is een cel in staat zichzelf te delen en informatie uit de omgeving op te nemen en te verwerken (signaaltransductie). Hoewel we na vele jaren van biochemisch onderzoek de netwerken en de betrokken enzymen en regelcircuits hebben ontrafeld, begrijpen we nog steeds niet hoe en waarom deze netwerken functioneren. Als gevolg daarvan zijn alle huidige succesvolle ingrepen in de stofwisseling, de genexpressie en signaaltransductie in de context van ziekten en industriële biotechnologie voornamelijk gebaseerd op *trial and error*. Kennisontwikkeling op dit gebied is onontbeerlijk om de volgende stap te kunnen zetten in vele bio(medische) onderzoeksvelden.

Verbindend karakter

Met inzicht in de werking van cellen kunnen we betere (precisie-)medicijnen; duurzame productie van chemicaliën,

voedingsmiddelen en energie; diagnostische tests en andere medische hulpmiddelen ontwikkelen. Met kennis van de genetische en stofwisselingsgerelateerde netwerken in de cel kunnen mogelijkheden worden geïdentificeerd voor het behandelen of voorkomen van ziektes waarin stofwisseling een grote rol speelt, zoals diabetes en kanker. Ook opent deze kennis wegen naar nieuwe strategieën om infectieziekten te bestrijden. Daarnaast kunnen we op basis van nieuwe inzichten wellicht cellulaire fabrieken ontwerpen ten behoeve van de zogeheten *bio-based economy*. Nederland heeft een sterke R&D-keten op het gebied van celfysiologisch onderzoek. Dit blijkt onder andere uit een groeiend aantal publiek-private samenwerkingen tussen kennisinstellingen en vele innovatieve grote en kleine bedrijven, en een toenemende belangstelling van investeerders. Door het celsysteem als geheel te bestuderen, kunnen naar verwachting allerlei voorspellende modellen worden opgesteld. Ook zal het mogelijk worden om gericht celsystemen te herprogrammeren of nieuwe te ontwerpen met behulp van de ontwikkelingen in de synthetische biologie. Dit vergt nauwe samenwerking tussen de verschillende disciplines binnen de levens- en natuurwetenschappen, maar ook de geestes- en de gedragswetenschappen vanwege de mogelijke ethische en sociale consequenties.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe kun je met één genoom toch heel veel verschillende cellen maken? Hoe kan het dat er in de verschillende cellen andere genen actief en inactief zijn?
- Kunnen we tot een integraal begrip van de cel komen waarmee we een brug slaan tussen eigenschappen van enzymen en nucleïnezuuren en het functioneren van het organisme?
- Kunnen we over tien jaar het gedrag van metabolisme en informatievoorziening voorspellen en gericht bijsturen?

Hoe ontwikkelt een bevruchte eicel zich tot een complex organisme met verschillende gespecialiseerde weefsels en organen?

Toelichting

Een volwassen mens bestaat uit meer dan 10^{13} gespecialiseerde cellen. Deze cellen gedragen zich niet als individu, maar werken samen in functionele weefsels en organen. Toch zijn al deze cellen afkomstig van één enkele bevruchte eicel. Welke signalen zorgen ervoor dat een bevruchte eicel zich ontwikkelt tot verschillende celtypen, die precies weten wanneer ze zich moeten delen en/of differentiëren en die zich vervolgens organiseren in complexe, driedimensionale weefsels? Fouten die ontstaan tijdens de eerst celdelingen van een bevruchte eicel, leiden tot een miskraam of tot afwijkingen in het nageslacht. Kennis van de normale ontwikkeling en over het ontstaan van fouten kan wellicht mogelijke afwijkingen voorkomen. Nederland is van oudsher sterk in onderzoek in de ontwikkelingsbiologie en heeft goede kansen in de komende tien jaar significant bij te dragen aan het oplossen van vragen over normale en abnormale ontwikkeling van een nieuw mens of dier.

Verbindend karakter

De ontwikkelingsbiologie richt zich op het begrijpen van de biologische processen die ervoor zorgen dat een bevruchte eicel zich ontwikkelt tot een pasgeborene. Dit vakgebied brengt de onderliggende, sturende mechanismen in kaart die verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling van levende organismen. Direct gerelateerd aan dit meer fundamenteel georiënteerde onderzoek is de bestudering van aangeboren afwijkingen op het niveau van genotypering en op het niveau van omgevingsinvloeden. De vraagstukken in de ontwikkelingsbiologie zijn zeer nauw verbonden met onderzoek op het gebied van stamcelbiologie. Fundamenteel inzicht in biologische ontwikkelingsprocessen kan leiden tot celtherapie-toepassingen in de behandeling van afwijkingen en ziekten. Ook zijn er raakvlakken met onderzoek op het gebied van regeneratieve geneeskunde, het herstellen van weefsels. Kennis van het ontstaan van fouten die leiden tot afwijkingen heeft daarnaast maatschappelijke implicaties, bijvoorbeeld rond vragen over *screening* op mogelijke afwijkingen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Wat is de (potentieel modificeerbare) relatie tussen de vroege ontwikkeling en de gezondheid op volwassen en latere leeftijd?
- Wat zijn de langetermijneffecten van ernstige aangeboren afwijkingen bij pasgeborenen?
- De wisselwerking tussen genetische programma's en omgevingsfactoren tijdens de embryonale ontwikkeling bepaalt de vorm en functie van het individu en beïnvloedt de kans op ziekte. Hoe werkt dat?

Hoe en waarom doen dieren wat ze doen?

Toelichting

Het gedrag van dieren fascineert mensen. Een van de meest uitdagende vragen van dit moment is of dieren zich bewust zijn van zichzelf. Een beter begrip van diergedrag is essentieel in het onderzoek naar dierenwelzijn. Dit onderzoek kan inzichten opleveren die van belang zijn voor de maatschappelijke discussie rondom de bio-industrie en de wenselijkheid van dierproeven. Ook vragen over hoe dieren interacteren met hun leefomgeving en daarbij dus ook met de mens en zijn activiteiten, zijn van belang voor de verhouding tussen mens en dier. Andere vragen zijn van meer evolutionaire aard en gaan in op hoe het gedrag van dieren hen helpt te overleven.

Verbindend karakter

Voor deze vraag is samenwerking nodig tussen vakgebieden als ecologie, biologie, landbouwwetenschappen, diergeneeskunde en planologie. Verder onderzoek op het gebied van dierethologie van zowel wilde dieren als landbouwhuisdieren is van belang voor een beter begrip van uiteenlopende kwesties. Dat kan gaan over diergedrag in de natuurlijke habitat, het behoud van biodiversiteit in een verstedelijkte omgeving, de interactie van dieren met hun door de mens gecreëerde leefomgeving, of de verspreiding van ziekten voor dier en/of mens. Maar ook vraagstukken rondom de betekenis van dierlijke ecosystemen voor plantaardige en dierlijke productiesystemen, en het verbeteren van het dierenwelzijn in dierentuinen en -parken en in dierlijke productiesystemen, vereisen samenwerking tussen verschillende vakgebieden. Ook kan kennis over diergedrag in (sub)populaties onder uiteenlopende omstandigheden, zoals in aanwezigheid van stressfactoren waardevolle inzichten opleveren voor afwijkend gedrag in menselijke (sub)populaties.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe beïnvloedt het gedrag van dieren de dynamiek van populaties en levensgemeenschappen op zowel ecologische als evolutionaire schaal?
- Extremisme, komt dit voor in het dierenrijk?
- Hoe voorkomen we de overdracht van (infectie) ziekten tussen dier en mens (*zoönose, one health concept*)?

Hoe verwerkt en onthoudt ons brein informatie en wat is daarbij de rol van plasticiteit en netwerken op verschillende (microscopische en macroscopische) niveaus?

Toelichting

De anatomie van het zenuwstelsel is inmiddels goed bekend. Ook in termen van diagnostiek zijn grote stappen gezet. Het voorspellen van ziektebeloop en het begrijpen van onderliggende mechanismen blijft echter nog vaak lastig. Hersenonderzoekers zijn de hersenen steeds meer als netwerk gaan beschouwen, en niet als een verzameling individuele gebieden die een bepaalde functie hebben. Het doet er als het ware niet zozeer toe of een bepaald gebiedje in de hersenen disfunctioneert, het gaat erom wat de weerslag daarvan is op het gehele netwerk van het brein. De focus in het hersenonderzoek ligt daarom op het begrijpen van informatieverwerking in dat hersennetwerk en van het aanpassingsvermogen van het brein (plasticiteit).

Verbindend karakter

Onderzoek naar het brein raakt belangrijke maatschappelijke vraagstukken. Psychiatrische aandoeningen komen veel voor. Daarnaast spelen de hersenen een belangrijke rol in hoe mensen met gezondheid en ziekte omgaan. Tekortkomingen in het functioneren van het brein kunnen kinderen belemmeren in hun ontwikkeling en in hun mogelijkheden om te leren. De hersenen bepalen hoe de mens zich voelt en beïnvloeden daarmee zijn welbevinden en productiviteit. Antisociaal gedrag zoals geweld en misbruik van genotsmiddelen vindt zijn oorzaak in het brein. Kennis van de ouder wordende hersenen kan helpen de mens langer gezond en zelfstandig te houden. In het onderzoek naar het brein ontmoeten veel disciplines elkaar, zoals geneeskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie, gedrags- en voedingsonderzoek, technologie, criminologie, beslistkunde en pedagogiek. De vraagstelling bestrijkt het gehele spectrum van fundamenteel onderzoek, zoals naar de werking van het brein op het niveau van moleculen en genen tot toegepast onderzoek, zoals naar de mogelijkheden van beïnvloeding.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Hoe verhoudt de hersenactiviteit zich tot het welbevinden van de mens?
- Hoe kunnen we specifieke functies van de hersenen bevorderen dan wel herstellen? En op welke wijze kunnen we dit proces zo optimaal mogelijk stimuleren?
- Is bewustzijn het gevolg van een toename van de complexiteit van een (neuraal) netwerk?

Wat kunnen we als mensen weten over onszelf, God en onze plaats in de kosmos, en in hoeverre kan de wetenschap die kennis leveren?

Toelichting

Al eeuwenlang zoeken mensen naar wat een mens tot mens maakt, welke plaats de mens heeft in de kosmos, en of er meer is dan onze materiële wereld. Onder invloed van nieuwe kennis over onder andere onze hersenen is ons mensbeeld de afgelopen jaren drastisch veranderd. De vraag is welk effect dit veranderd mensbeeld heeft op onze verhouding tot God en op het beeld van de plaats van de mens in de kosmos. Daarbij is het overigens niet zeker of de wetenschap hier wel een antwoord op kan geven.

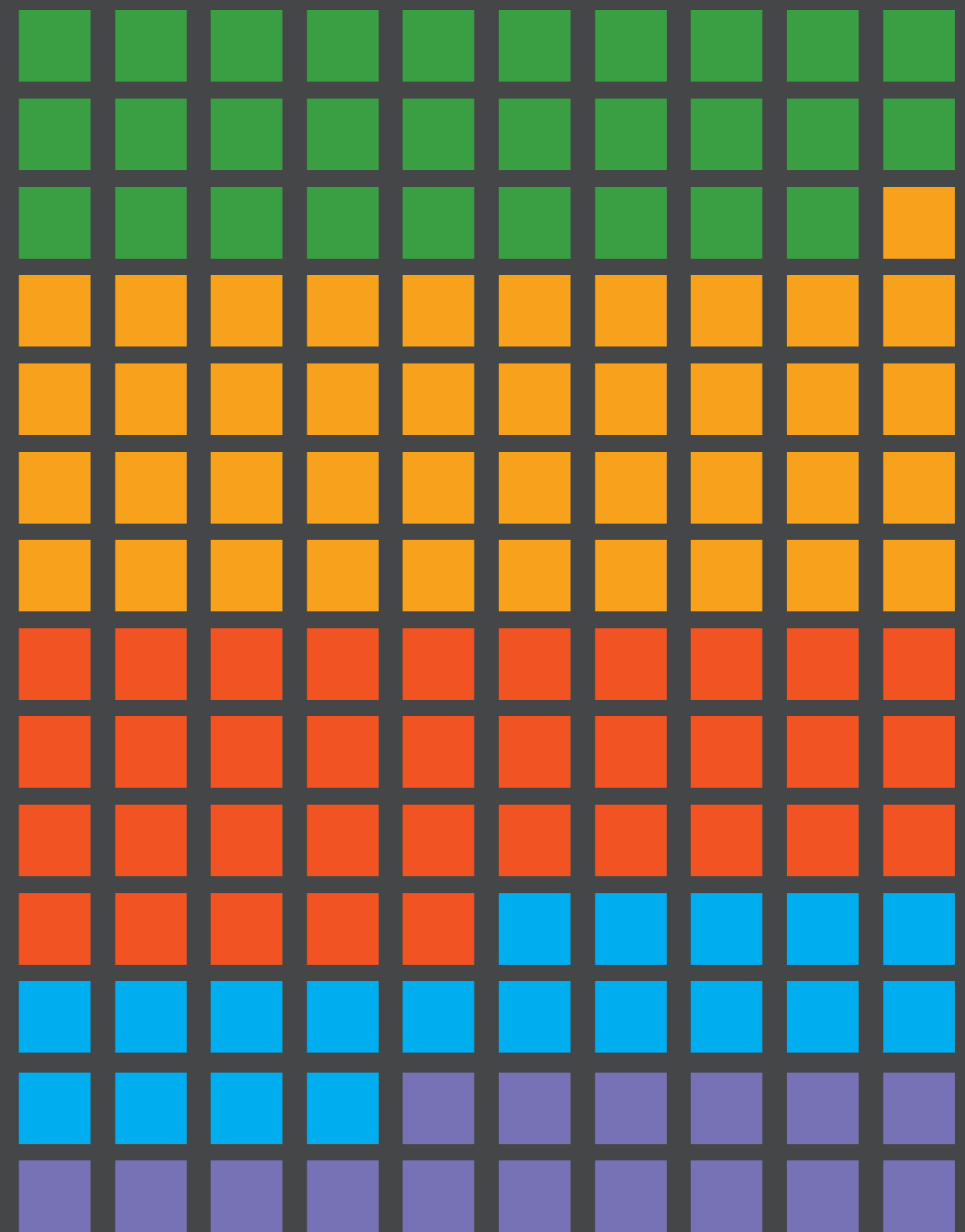
Verbindend karakter

Deze vraag verbindt filosofie, religiewetenschappen/theologie en geschiedenis, en kent beschrijvende, evaluerende en ontwerpende aspecten. Om deze vraag te beantwoorden is allereerst een beschrijving nodig van ons huidige mensbeeld en de historische ontwikkeling daarvan. Om te weten welke impact het veranderd mensbeeld heeft op onze verhouding tot goddelijke machten en op het beeld van de plaats van de mens in de kosmos, is een historische, filosofische en religieuze evaluatie nodig. Het raadsel of de wetenschap überhaupt een antwoord kan geven op deze vraag is een fundamentele vraag naar de reikwijdte en grenzen van kennis en wetenschap. Om deze reikwijdte te bepalen is een filosofische evaluatie nodig. Het ontwerpende aspect bevindt zich op verschillende vlakken:

- Wetenschapscommunicatie: een betere begripsvorming over wat wel en niet wetenschappelijk is, draagt bij aan effectievere communicatie over welke resultaten we wel en niet met wetenschap kunnen bereiken.
- Wetenschapsbeleid: een goed begrip van de grenzen van onze kennis draagt bij aan een betere aansluiting tussen onze onderzoeksinspanningen en de kennis die we daadwerkelijk nodig hebben om onze wereld, onder andere via politiek en economie, vorm te geven.
- Bestuurlijk beleid: een bepaald mensbeeld ligt vaak impliciet ten grondslag aan beslissingen over de besteding van geld in de publieke sfeer, zoals in de gezondheidszorg of de culturele sector. Een dergelijk mensbeeld expliciet benoemen biedt kansen voor gemeenschapsvorming en het verkrijgen van draagvlak voor bepaalde beslissingen.

Ingediende vragen die rijkdom en verbindend karakter illustreren

- Is het geloof uitgesloten door de wetenschap?
- Wat zijn de grenzen van ons menselijk denken?
- Kan het bestaan van een onstoffelijke ziel empirisch worden vastgesteld met behulp van hersenscans bij bijnaadoodervaringen?



| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

Deel III Verbindingen en vergezichten

In het nu volgende deel van de Wetenschapsagenda worden zestien exemplarische routes gepresenteerd. Routes brengen een deelverzameling van samenhangende vragen rond een complex thema in kaart. Ze nemen ons mee op een 'wandeling' langs verschillende clustervragen, en bieden zo de mogelijkheid om op zoek naar de beste aanpak voor een complexe opgave de meest relevante vragen te identificeren. Hierdoor worden theoretische en praktische verbanden zichtbaar die aanleiding kunnen zijn tot nader contact en afstemming tussen de partijen van de kenniscoalitie en hun achterban. De kenniscoalitie heeft deze zestien routes uitgekozen op grond van hun relevantie voor de samenleving, de economie en de wetenschap zelf. Additionele routes zijn mogelijk en bezoekers van de website kunnen ook zelf routes uitstippelen om potentiële partners te vinden en prioriteiten te stellen voor programmering en samenwerking. Maar de kenniscoalitie zal alleen de routes oppakken en verder uitwerken die in de geest van de Wetenschapsagenda gericht zijn op brede en vernieuwende samenwerking.

Onderzoeksagenda's



Universiteiten



Medische centra



Hogescholen



Onderzoeksinstituten
en kenniscentra

Beleidsagenda's



Onderzoekfinanciers



Ministeries



Topsectoren



Internationaal

Personalised medicine

Belang van deze route

Mensen willen betaalbare gezondheidszorg die zoveel mogelijk is toegespitst op het individu. De toekomst van de gezondheidszorg zal in toenemende mate afhangen van de identificatie en juiste interpretatie van de vroegste signalen van ziektegevoeligheid, om op individuele basis ziekte te voorkomen of te onderscheppen nog voor ze begint. Hierdoor kunnen mensen gezonder en ouder worden. *Personalised medicine* (of 'precisiegeneeskunde') speelt een hoofdrol in deze ontwikkelingen: het gaat hierbij om de mogelijkheid om op basis van individuele kenmerken van een patiënt (zoals genetische blauwdruk of expressie van eiwitten) of specifieke kenmerken van de ziekte (bijvoorbeeld mutaties in een tumor) de meest succesvolle behandeling te bepalen. Dat betreft zowel de effectiviteit van de behandeling als het voorkomen van ongewenste bijwerkingen. *Personalised medicine* biedt zelfs de gelegenheid vast te stellen wie extra kans lopen op bepaalde aandoeningen, en opent ongekeerde mogelijkheden tot preventie.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Geneeskunde en gezondheidszorg krijgen momenteel enorme impulsen vanuit andere disciplines zoals biotechnologie, moleculaire genetica en fysica. Om *personalised medicine* tot wasdom te brengen zijn innovatie en technologie onmisbaar. De mogelijkheden van bijvoorbeeld vroegdetectie en *imaging* zijn van grote betekenis voor *personalised medicine*. Bijzondere aandacht is nodig voor de betrokkenheid vanuit de informatica gezien de hoeveelheid data die *personalised medicine* genereert. Gegevensbeheer en analyse (big data) alsmede gereedschappen om beslissingen en interventies te kunnen evalueren zijn daarbij dan ook essentieel. De grote uitdaging voor de komende decennia is om al deze nieuwe inzichten te vertalen naar betere preventie, diagnostiek en behandeling van ziekten. Hiertoe zijn nieuwe strategische samenwerkingsverbanden nodig. Nederland heeft op het gebied van onderzoek en innovatie een sterke positie in de mondiale Life Sciences & Health-sector. Door een unieke combinatie van kennis en kunde biedt deze sector grote kansen voor de Nederlandse kenniseconomie. Gezamenlijke agendavorming door deze betrokkenen is nu nodig. Er liggen nieuwe kansen tot samenwerking met technologische bedrijven die zich ook op gezondheid richten, zoals Philips, en bedrijven die zich op informatieverwerking richten zoals de datareus Google.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Big data: kunnen we grote datasets en het verzamelen daarvan benutten voor het realiseren van waarden, het genereren van inzichten en het verkrijgen van antwoorden?
- Elke tumor is anders: hoe kunnen we de ziekte kanker goed genoeg begrijpen om een behandeling voor elke vorm ervan te kunnen ontwikkelen?
- Hoe kan de gezondheidszorg, onder andere door gebruik te maken van *biomarkers*, meer gericht worden op de uniciteit van een persoon?
- Hoe kunnen we hart- en vaatziekten (atherosclerose, hartfalen, hartritmestoornissen en trombose) op individueel niveau vroeg voorspellen, voorkomen en behandelen?
- Hoe ontstaan (chronische) nierziekten en hoe kunnen deze eerder opgespoord worden en vervolgens op individuele basis worden behandeld?
- Hoe ontstaan diabetes type 1 en 2 en hoe kunnen deze eerder worden opgespoord en vervolgens op individuele basis worden behandeld?
- Hoe kunnen big data en technologische innovatie (*e-health*) bijdragen in de zorg?
- Kunnen we slimme materialen en constructies ontwerpen met nieuwe geavanceerde eigenschappen?









Deze route verbindt de onderzoeks- en beleidsagenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, VU, WUR, 3TU;
 Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NFU, NKI/AvL, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;
 Hogescholen: Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Hogeschool Leiden, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zuyd, Inholland, Stenden, Van Hall Larenstein;
 Onderzoeksinstituten en kenniscentra: AMOLF, Biomedical Primate Research Centre, CWI, KNAW Hubrecht Instituut voor Ontwikkelingsbiologie en Stamcelonderzoek, KNAW Huygens ING, KNAW Meertens Instituut, KNAW Nederlands Herseninstituut, KNAW Rathenau Instituut, Mulier Instituut, Nederlands Jeugdinstituut, NKI, (TO2) ECN, (TO2) TNO, RIVM, Stichting Trimbos Instituut, Veiligheid NL, VILANS;
 Onderzoeksfinciers: NWO, ZonMw;
 Ministeries: EZ, VWS;
 Topsectoren: Chemie, Creatieve Industrie, Life Sciences & Health, Agri & Food;
 Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

072, 073, 075, 080, 085, 086, 087, 088, 089, 090, 094, 095, 101, 104, 105, 112, 120

Personalised medicine

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |
|  |  |  |  | |  |  |  |  | |
| 13 | 10 | 9 | 17 | | 2 | 2 | 4 | 2 | |

Regeneratieve geneeskunde

Belang van deze route

Regeneratieve geneeskunde is erop gericht nieuwe behandelingen te ontwikkelen die slim gebruik maken van het zelfherstellend vermogen van ons lichaam. Deze behandelingen zijn erop gericht om op een duurzame manier en zonder bijwerkingen weefsels en orgaanfuncties te herstellen na schade door ziekte of letsel. De verwachtingen van regeneratieve geneeskunde zijn hoog. De komende jaren zullen nieuwe behandelingen verder worden ontwikkeld, en worden toegepast in de kliniek. De regeneratieve geneeskunde leidt onder andere tot nieuwe oplossingen op het gebied van neurologische ziekten, aandoeningen aan het bewegingsapparaat en hart- en vaatziekten.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Het herstellen van zieke organen en weefsels en het ontwikkelen van nieuwe organen of weefsels voor transplantatie of voor onderzoek is een relatief nieuw multidisciplinair vakgebied. Kennis over celbiologie, biomaterialen, modelleren en beeldvorming moet worden gecombineerd om naar wens weefsels of zelfs complete organen binnen of buiten het lichaam te laten groeien. Deze op bevel gegroeide (delen van) organen kunnen niet alleen worden gebruikt voor de genezing van schade, maar ook om bijvoorbeeld geneesmiddelen op te testen. Dat maakt het gebruik van proefdieren op termijn overbodig. Interdisciplinaire interactie tussen onder meer klinici, fundamentele onderzoekers en *spin-off* bedrijven is essentieel om een orgaan of weefsel te ontwikkelen dat klinisch onopgeloste problemen kan aanpakken.

Clustervragen die de breedte en verbindingskracht van de route illustreren:

- Hoe kunnen we met behulp van (stam)cellen en biomaterialen de vorming en het herstel van weefsels en organen bevorderen?
- Kunnen we (bio-)elektronica ontwerpen die direct met ons lichaam communiceert, en materialen en technologie die lichaamsfuncties herstellen of ondersteunen?
- Kunnen we modellen van het menselijk lichaam ontwerpen en slimme technologie gebruiken voor gezondheids-, voedings- en toxiciteitsonderzoek en daarmee tegelijkertijd het proefdiergebruik drastisch verminderen?

Deze route verbindt de strategische agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UvA, UvT, VU, WUR;

Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NFU, NKI/AvL, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;

Hogescholen: Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Hanze Hogeschool Groningen, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: AMOLF, KNAW Hubrecht Instituut voor Ontwikkelingsbiologie en Stamcelonderzoek, KNAW NIOO, Movisie, NIVEL, NKI, RIVM, Sanquin, (TO2) TNO, VILANS;

Onderzoeksfinciers: NWO, ZonMw;

Topsectoren: Life Sciences & Health;

Internationaal: Horizon 2020.

Deze route verbindt de volgende vragen:

100, 101, 121

Regeneratieve geneeskunde

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



10



10



6



10



2



-



1



1

Gezondheidszorgonderzoek, preventie en behandeling

Belang van deze route

De geneeskunde staat voor grote uitdagingen. Het aantal ouderen groeit, terwijl de beroepsbevolking afneemt. Aangezien de meeste chronische ziekten zich op latere leeftijd manifesteren, geeft dit een toenemende druk op de gezondheidszorg. Tegelijkertijd zijn er steeds minder 'handen aan het bed'. De ontwikkeling van nieuwe, succesvolle maar veelal dure behandelingen voor (chronische) ziekten verlengen het leven en verhogen de kwaliteit ervan, maar dragen ook sterk bij aan de toenemende kosten van de zorg. In alle leeftijdscategorieën groeit het aantal mensen met welvaartsziekten zoals metabool syndroom (een combinatie van een hoge bloeddruk, suikerziekte, verhoogd cholesterol en overgewicht), artrose en hart- en vaatziekten. Tevens is er een toenemend aantal mensen met psychische en psychiatrische problemen. Een blijvende bedreiging voor de volksgezondheid wordt gevormd door infectieziekten. Nieuwe ziekten duiken op, zoals Q-koorts, SARS en het MERS-coronavirus. Sommige bestaande ziekten komen vaker voor, al dan niet in de vorm van een epidemie. Als gevolg van de vergrijzing en toenemende levensverwachting neemt het aantal ouderen met een verminderde weerstand tegen ziekten toe. Ook wordt activatie of juist de-activatie van het eigen immuunsysteem steeds meer aangewend om kanker of reumatologische aandoeningen te bestrijden. De geneeskunde richt zich in toenemende mate op preventie, snelle diagnose en effectieve behandeling van chronische ziekten. Ook voeding, 'personalised nutrition' en een gezonde leefstijl zijn van belang voor preventie. Hiermee krijgen meer mensen een betere kwaliteit van leven, zodat ze volop kunnen participeren in de maatschappij. De grote uitdaging is daarbij de zorg betaalbaar, toegankelijk en van goede kwaliteit te houden.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Duurzame gezondheidszorg vraagt om een multidisciplinaire benadering met betrokkenheid van alle belanghebbenden, ondersteund door technologie en uitwisseling van gegevens. Bestrijding van infectieziekten is daarnaast iets wat niet binnen eigen landsgrenzen plaatsvindt. Daar is internationale samenwerking voor nodig. Vakgebieden als medische microbiologie, virologie en veterinaire geneeskunde moeten samenwerken met experts op het terrein van gezondheidsbevordering, psychologie en sociologie om de bestrijding van infectieziekten effectiever te kunnen maken.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Hoe bevorderen we gezondheid en voorkomen we ziekte via een gezond(e) leefstijl en gedrag?
- Hoe kunnen we het probleem van overgewicht en obesitas beter begrijpen en voorkomen?
- Kan er meer verbinding gemaakt worden tussen reguliere en complementaire zorg, uitmondend in integrale zorg, die rekening houdt met de grote diversiteit tussen patiënten?
- Hoe maken we de gezondheidszorg kwalitatief zo goed mogelijk, maar houden we haar betaalbaar?
- Hoe blijven we micro-organismen de baas in gezondheidszorg, veehouderij en milieu?
- Welke rol spelen micro-organismen in ecosystemen en hoe kunnen we deze inzetten voor gezondheid en milieu?
- Hoe kunnen we met behulp van een groter begrip van het leven, nieuwe *targets* identificeren voor moleculaire therapieën, antibiotica en antivirale middelen?









Deze route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;
 Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NFU, NKI/AvL, Radboud UMC, UMCU, VUMC;
 Hogescholen: Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Hanze Hogeschool Groningen, Hogeschool Leiden;
 Onderzoeksinstituten en kenniscentra: KNAW Hubrecht Instituut voor Ontwikkelingsbiologie en Stamcelonderzoek, KNAW Nederlands Herseninstituut, KNAW NIOO, NKI, RIVM, SRON, (TO2) NLR, (TO2) TNO, (TO2) WUR, VILANS;
 Onderzoekfinanciers: NWO, ZonMw;
 Ministeries: IenM, VWS;
 Topsectoren: Life Sciences & Health, Agri & Food;
 Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

005, 015, 070, 072, 073, 074, 075, 076, 077, 078, 079, 081, 082, 083, 084, 086, 088, 089, 091, 092, 093, 094, 095, 096, 097, 099, 102, 103, 105, 107

Gezondheidszorgonderzoek, preventie en behandeling

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |
|  |  |  |  | |  |  |  |  | |
| 14 | 9 | 7 | 10 | | 2 | 2 | 2 | 2 | |

De oorsprong van het leven – op aarde en in het heelal

Belang van deze route

Deze route omvat zeer fundamentele vragen die zo oud zijn als de mensheid: Hoe is leven ontstaan? Wat is bewustzijn? Zijn wij alleen in het heelal? De zoektocht naar antwoorden biedt vaak verrassende nieuwe inzichten. De route start bij de oorsprong van het heelal en de vorming van leefbare planeten, en beweegt zich vervolgens via het ontstaan en de evolutie van het leven op aarde richting een beter begrip van brein en bewustzijn en de ultieme beheersing van biologische systemen, zoals een kunstmatig gemaakte levende cel.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Deze route verbindt niet alleen de vragen die zich richten op een beter begrip van de oorsprong van het leven, maar ook vragen over het brein, cognitie en zingeving. Binnen deze route wordt niet alleen op fundamenteel niveau gezocht naar de oorsprong van het leven, maar worden ook modelsystemen ontworpen en ingezet voor het welzijn van de mens. En daarnaast blijft er natuurlijk altijd de vraag of er ook nog leven buiten de aarde is.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Wat kunnen we als mensen weten over onszelf, God en onze plaats in de kosmos, en in hoeverre kan de wetenschap die kennis leveren?
- Cellen zijn de bouwstenen van het leven. Hoe werken ze en wat kunnen ze ons leren over levensprocessen?
- Hoe is leven ontstaan en hoe werkt de evolutie?
- Is er leven buiten de aarde?
- Hoe kunnen we de eigenschappen, de functionaliteiten en het samenspel van moleculen in levende systemen beter begrijpen en zo bijvoorbeeld op leven geïnspireerde systemen ontwikkelen?
- Wat zijn de oorsprong, geschiedenis en toekomst van het heelal?

Deze route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NFU, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;

Hogescholen: Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Hanze Hogeschool Groningen, Hogeschool Leiden;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: AMOLF, ASTRON, KNAW Hubrecht Instituut voor Ontwikkelingsbiologie en Stamcelonderzoek, KNAW Nederlands Herseninstituut, KNAW NIOO, Max Planck Institute for Psycholinguistics, Nikhef, NIOZ, NOVA, SRON, (TO2) NLR, (TO2) TNO, VILANS;

Onderzoekfinanciers: NWO, NIHC;

Ministeries: VWS;

Topsectoren: Life Sciences & Health;









Internationaal: Horizon 2020.

Deze route verbindt de volgende vragen:

082, 099, 100, 101, 121, 122, 124, 127, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140

De oorsprong van het leven – op aarde en in het heelal

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
|  |  |  |  | |  |  |  |  |
| 13 | 9 | 5 | 12 | | 2 | 1 | 1 | 1 |

Bouwstenen van materie en fundamenten van ruimte en tijd

Belang van deze route

De 21^{ste} eeuw wordt de eeuw van metamaterialen: materialen die niet in de natuur voorkomen maar die we zelf uit elementaire bouwstenen hebben gemaakt. Om dit soort materialen te kunnen maken, moeten we allereerst een diepgaand inzicht hebben in de bouwstenen zelf en in de verschillende verschijningsvormen van materie. Bedenk hierbij dat we slechts zo'n vier procent van de materie in het heelal kennen. De ontbrekende zesennegentig procent zogenoemde donkere materie en donkere energie blijven raadselachtig. Nederlandse bijdragen aan het oplossen van dit raadsel suggereren dat dit onbekende deel van het heelal nauw samenhangt met de oorsprong van ruimte en tijd in zwarte gaten. De vraag naar de oorsprong van tijd was eeuwenlang een zuiver filosofische vraag. Inmiddels is het antwoord op deze vraag echter binnen het bereik gekomen van de natuurwetenschappen.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

De zoektocht naar nieuwe vormen van materie en materialen met nieuwe eigenschappen wordt gedreven zowel door fundamenteel-wetenschappelijke nieuwsgierigheid, als door toepassingen in onder andere de energiesector. Deze zoektocht was in het verleden voornamelijk proefondervindelijk, maar krijgt steeds meer een wetenschappelijke onderbouwing. De komst van de kwantumcomputer belooft het ontwerp van nieuwe materialen met nieuwe eigenschappen enorm te versnellen.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Wat is de ware aard van zwaartekracht, ruimte en tijd en wat kun je bijvoorbeeld leren van zwarte gaten?
- Wat is donkere materie en wat is donkere energie?
- Kennen we alle elementaire bouwstenen van materie?
- Kunnen we slimme materialen en constructies ontwerpen met nieuwe geavanceerde eigenschappen?
- Wat kunnen we als mensen weten over onszelf, God en onze plaats in de kosmos, en in hoeverre kan de wetenschap die kennis leveren?
- Hoe kunnen we energie duurzaam en efficiënt opslaan, converteren en transporteren?

Deze route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UT, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC, LUMC;

Hogescholen: Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Haagse Hogeschool, HAS Den Bosch, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, Van Hall Larenstein, Vientum Hogeschool;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: AMOLF, ASTRON, CWI, DIFFER, KNAW IISG, Nikhef, NOVA, SRON, (TO2) ECN, (TO2) NLR, (TO2) TNO, WRR, Zernike;

Onderzoeksfinciers: NWO;

Ministeries: EZ, VenJ;

Topsectoren: Agri & Food, Chemie, Creatieve Industrie, Energie, High Tech Systemen en Materialen, Life Sciences & Health;

Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

009, 010, 018, 019, 025, 026, 052, 117, 118, 120, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 140

Bouwstenen van materie en fundamenten van ruimte en tijd

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



11



2



14



13



1



2



6



2

Veerkrachtige en zinvolle samenlevingen

Belang van deze route

Globalisering maakt samenlevingen kwetsbaar voor snelle veranderingen en nieuwe dreigingen. Wereldwijde vraagstukken – of die nu gaan over klimaatverandering, besmettelijke ziekten, disruptieve technologieën, geopolitieke verschuivingen, geweldsconflicten, ideologieën of computercriminaliteit – dringen via talloze verbindingen snel door in ieders leven. De vertrouwde stelsels van lokale, nationale en wereldwijde instituties geven niet genoeg bescherming meer tegen mondiale verschuivingen. Samenlevingen en hun burgers zullen veranderingen daarom buigzamer en creatiever moeten opvangen. Zo worden ze wendbaarder en minder afhankelijk van langzamer reagerende regels en instituties. Die overgang vergt innovatie en creativiteit, en intensieve samenwerking tussen veel wetenschappelijke disciplines.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

De route combineert een groot aantal maatschappelijke, meer en minder fundamentele, onderzoeksvragen met uitdagingen die relevant zijn voor de bevordering van de concurrentiekracht van Nederland. Onderzoeksvragen op het gebied van migratie en staatsinrichting, welzijn en cultuur, sociale cohesie en kwaliteit van leven, vitaliteit en zelfredzaamheid van burgers, klimaatverandering en circulaire economie, techniek en 21^{ste}-eeuwse vaardigheden, economie en infrastructuur worden met elkaar in verband gebracht. Hierdoor ontstaat inzicht in de dynamiek en complexiteit van de snel veranderende samenleving. Tegelijkertijd zijn de onderzoeksvragen relevant voor het ontwerpen van technische, economische, sociale en culturele innovaties die bijvoorbeeld bijdragen aan het oplossen van zorg- en duurzaamheidsvraagstukken, het realiseren van een beter ondernemersklimaat of het adequaat reageren op maatschappelijke veiligheidsproblematiek. Het resultaat van het onderzoek is nuttig voor (inter)nationale beleidsontwikkeling en het versterken van de positie van Nederland in de veranderende wereld. Verschillende wetenschapsgebieden en invalshoeken zijn hiervoor nodig. Dat vraagt om een interdisciplinaire benadering van de vragen vanuit de technische wetenschappen, geestes- en sociale wetenschappen, en aard- en levenswetenschappen. Daarnaast biedt de route knooppunten waar beleidsagenda's en onderzoeksagenda's elkaar kruisen.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Wat betekenen Europeanisering en globalisering voor de democratie en de rechtstaat?
- Wat zijn de oorzaken en gevolgen van migratie en hoe kunnen we ermee omgaan?
- Wat is kwaliteit van leven?
- Hoe blijven de beroepsbevolking en haar organisaties vitaal en veerkrachtig in het licht van de uitdagingen van de 21^{ste} eeuw?
- Wat zijn de kenmerken van circulaire economie en hoe realiseren we deze?
- Hoe bevorderen en benutten we creativiteit en innovatie?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:


Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;
 Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;
 Hogescholen: Amsterdamse Hogeschool voor de kunsten, Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, HAS Den Bosch, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, Stenden, Van Hall Larenstein, Vientum Hogeschool;
 Onderzoeksinstituten en kenniscentra: ASTRON, Biomedical Primate Research Centre, Boekmanstichting, CBS, Clingendael, CPB, CWI, Instituut Fysieke veiligheid, KIM, KNAW Hubrecht Instituut, KNAW IISG, KNAW KITLV, KNAW Meertens Instituut, KNAW Nederlands Herseninstituut, KNAW NIOO, KNAW NIDI, KNAW Rathenau Instituut, KNMI, Max Planck Institute for Psycholinguistics, Movisie, Mulier Instituut, Nederlands Jeugdinstituut, NFI, NIVEL, NCTV, NIOZ, NSCR, SRON, Politieacademie, SWO Verkeersveiligheid, (TO2) WUR, (TO2) ECN, (TO2) NLR, (TO2) TNO, PBL, SCP, Veiligheid NL, VILANS, WODC, WRR;
 Onderzoeksfinciers: NWO, ZonMw, NRPO SIA;
 Ministeries: BZ, Defensie, EZ, OCW, SZW, VenJ, VWS;
 Topsectoren: Agri & Food, Chemie, Creatieve Industrie, Energie, High Tech Systemen en Materialen, Logistiek, Life Sciences & Health, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Water;
 Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.


Deze route verbindt de volgende vragen:


006, 008, 010, 011, 013, 015, 018, 021, 029, 031, 032, 033, 034, 035, 037, 038, 039, 041, 042, 043, 044, 045, 046, 047, 048, 049, 050, 052, 053, 054, 055, 056, 057, 059, 060, 061, 062, 064, 065, 068, 070, 071, 072, 075, 078, 093, 094, 102, 107, 108, 109, 110, 121, 140


Veerkrachtige en zinvolle samenlevingen


| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



14



8



21


41


3


7


9


2

Tussen conflict en coöperatie

Belang van deze route

Ondanks aanvankelijk optimisme is de wereld sinds het einde van de Koude Oorlog instabieler geworden. Die instabiliteit begon in de internationale verhoudingen, maar heeft door de opkomst van terrorisme ook een binnenlandse dimensie gekregen. Klimaatverandering en de wereldwijde financiële crisis hebben het probleem verder aangewakkerd. De vluchtelingenstromen vormen een dramatische uiting van deze instabiliteit. Veiligheid is voor overheden, bedrijven en burgers een van de grootste zorgen geworden. Onderzoek in de sociale, technische, natuur- en geesteswetenschappen kan helpen om op het niveau van individuen, staten en de wereld als geheel conflicten om te buigen naar meer samenwerking.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

De schaalgrootte van de problematiek vraagt om samenwerking waarvoor inzicht in de waardesystemen van verschillende groepen in de samenleving belangrijk is. Big data, media- en religie-onderzoek spelen hierbij een belangrijke rol. Het Nederlands staatsbestel verandert als gevolg van Europeanisering en globalisering. Die ontwikkelingen vragen om een nieuw perspectief op welvaart en gelijkheid. Alleen zo kunnen vrede, gelijkheid en samenwerking (inter)nationaal bevorderd worden, en kan inzicht worden verkregen in de oorzaken en gevolgen van migratievraagstukken. Dit vraagt weer om onderzoek naar sociale cohesie in een samenleving met een toenemende diversiteit op cultureel en religieus vlak. Maatschappelijke veiligheid, een primaire voorwaarde voor welzijn en economische ontwikkeling, hangt onder meer af van individuele kenmerken: agressie kan bijvoorbeeld voortkomen uit een samenspel tussen genetische factoren en persoonlijke eigenschappen of patronen in individueel gedrag. Een duurzame toekomst vereist wereldwijde samenwerking bij de ontwikkeling van een circulaire economie. Ook kunnen we ons niet beperken tot de nationale context bij de strijd tegen natuurrampen zoals overstromingen, aardbevingen en vulkaanuitbarstingen. Deze vraagstukken vragen om intensieve interacties tussen studies naar klimaat, migratiestromen, conflictbeheersing, internationale diplomatie en samenwerking, interne en externe veiligheid, techniek en organisatie van de veiligheid. Ook is er een verband met onderzoek naar fysieke en virtuele veiligheid of naar agressief gedrag, sociale ongelijkheid en bijvoorbeeld terrorisme.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Kunnen globalisering en ontwikkeling opnieuw uitgevonden worden, opdat grote welvaartsverschillen tussen regio's in de wereld kunnen verminderen in de loop der tijd?
- Wat zijn de oorzaken en de gevolgen van migratie, en hoe kunnen we er mee omgaan?
- Hoe kunnen vrede, veiligheid en coöperatie worden bevorderd – en bedreigingen en schendingen geadresseerd – binnen en tussen nationale rechtsstaten en binnen en tussen groepen en samenlevingen?
- Hoe kunnen we in de toekomst het water zorgvuldig beheren?
- Hoe kan sociale cohesie in een cultureel en religieus diverse samenleving bevorderd worden?
- Hoe garanderen we onze digitale veiligheid?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC, MUMC, NFU, UMCU;

Hogescholen: Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, HAS Den Bosch, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, Saxion, Van Hall Larenstein, Vientum Hogeschool;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: Boekmanstichting, Clingendael, CPB, CWI, Instituut Fysieke veiligheid, KIM, KNAW Huygens ING, KNAW IISG, KNAW Meertens Instituut, KNAW Nederlands Herseninstituut, KNAW NIOO, KNAW Rathenau Instituut, KNAW NIDI, KNMI, MARIN, Movisie, NCTV, Nederlands Jeugdinstituut, NIDI, NFI, Nikhef, NIOZ, NSCR, SRON, Politieacademie, PBL, SCP, Stichting Trimbos Instituut, SWO Verkeersveiligheid, (TO2) WUR, (TO2) ECN, (TO2) NLR, (TO2) TNO, WODC, WRR;

Onderzoeksfinciers: NWO;

Ministeries: BZ, Defensie, EZ, OCW, SZW, VenJ, VWS;

Topsectoren: Agri & Food, Creatieve Industrie, Energie, HTSM, Logistiek, LSH, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Water;


Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.


Deze route verbindt de volgende vragen:


006, 008, 010, 011, 013, 029, 031, 032, 037, 039, 040, 041, 042, 043, 044, 045, 046, 047, 055, 056, 057, 058, 060, 077, 107, 108, 109, 110, 112


Tussen conflict en coöperatie


| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



14


4



19


35


1


7


8


2

Hersenen, cognitie en gedrag: leren, ontwikkelen en ontplooiën

Belang van deze route

Mensen die zich optimaal ontwikkelen, ontplooiën en aanpassen voelen zich beter, zijn gezonder en dragen meer bij aan de maatschappij. Gebruik van recente en nieuwe kennis over de complexe relaties tussen hersenen, cognitieve functies, gedrag en omgeving kan leiden tot vele innovaties: in de gezondheidszorg, om langer vitaal en zelfstandig te blijven; in het onderwijs, om leerwegen optimaal te laten aansluiten bij de uiteenlopende talenten van kinderen of volwassenen; en op het terrein van veiligheid, bijvoorbeeld door het vinden van een effectievere behandeling van jongeren met – dreigend – structureel antisociaal en/of agressief gedrag.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Deze route zal voor doorbraken gaan zorgen in de kennis over hoe genen en gedrag met elkaar zijn verbonden. Het cognitieve-, gedrags-, en neurowetenschappelijk onderzoek in Nederland is sterk interdisciplinair gericht, en zeer divers van aard: van klinisch, cognitief en epidemiologisch onderzoek tot moleculaire wetenschappen, computermodellering en onderzoek naar het omgaan met big data. Er is sprake van zogenaamde verticale integratie: inzichten vanaf het moleculaire niveau worden via allerlei tussenniveaus uiteindelijk verbonden aan inzichten in interacties tussen individuen. Deze brede basis vormt een uitstekende voedingsbodem om in samenwerking met private en maatschappelijke partijen nieuwe toepassingen te ontwikkelen en vergevorderde methoden te valoriseren. Zo kan worden gewerkt aan een geschikt onderwijs- en trainingsinstrumentarium voor alle levensfasen, dat inspeelt op de gewenste competenties van leerlingen en werknemers. Op het terrein van de gezondheidszorg kunnen vroege markers van angststoornissen, onbeheerst gedrag, agressiviteit, depressiviteit, cognitieve achteruitgang of neurodegeneratie een belangrijke bijdrage leveren aan de preventie of tenminste het beheersbaar houden van de beperkingen die er het gevolg van zijn.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Hoe zou het onderwijs van de toekomst eruit moeten zien?
- Begrijpen van ons gedrag: waarom doen wij wat we doen, zijn we wat we zijn en welke factoren beïnvloeden ons gedrag?
- Hoe bevorderen we gezondheid en voorkomen we ziekte via een gezond(e) leefstijl en gedrag?
- Hoe kunnen big data en technologische innovatie (*e-health*) bijdragen in de zorg?
- Hoe verwerkt en onthoudt ons brein informatie en wat is daarbij de rol van plasticiteit en netwerken op verschillende (microscopische en macroscopische) niveaus?
- Wat zijn de effecten van de voortschrijdende 24-uurseconomie op de gezondheid en functioneren van mensen en hoe kan kennis over bioritmen de verhouding tussen mens en maatschappij verrijken?

De route verbindt de volgende agenda's van de volgende instellingen:


Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;
 Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NFU, NKI/AvL, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;
 Hogescholen: Amsterdamse Hogeschool voor de kunsten, Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, Saxion, Stenden, Van Hall Larenstein;
 Onderzoeksinstituten en kenniscentra: Biomedical Primate Research Centre, Boekmanstichting, CPB, CWI, Instituut Fysieke veiligheid, KIM, KNAW Huygens ING, KNAW Meertens Instituut, KNAW NIN, KNAW NIAS, KNAW Rathenau Instituut, KNAW NIDI, Max Planck Institute for Psycholinguistics, Movisie, Mulier Instituut, Nederlands Jeugdinstituut, NIVEL, NSCR, (TO2) Deltares, (TO2) TNO, PBC, Politieacademie, SWO Verkeersveiligheid, Veiligheid NL, VILANS, WRR, WODC;
 Onderzoeksfinciers: NWO, NIHC, NRO, ZonMw;
 Ministeries: EZ, IenM, OCW, SZW, VenJ, VWS;
 Topsectoren: Chemie, Creatieve Industrie, Energie, High Tech Systemen en Materialen, Logistiek, Life Sciences & Health, Water;
 Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.


Deze route verbindt de volgende vragen:


048, 050, 056, 059, 065, 068, 069, 070, 072, 073, 074, 075, 076, 081, 083, 084, 095, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 113, 136, 139


Hersenen, cognitie en gedrag: leren, ontwikkelen en ontplooiën


| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



14



10



20


27


4


6


7


2

Big data verantwoord gebruiken – zoeken naar patronen in grote gegevensbestanden

Belang van deze route

De implicaties van de explosief stijgende hoeveelheden gegevens die met behulp van informatie- en communicatietechnologie nu op alle denkbare terreinen kunnen worden vergaard, opgeslagen en geanalyseerd zijn moeilijk te overschatten. Het arsenaal aan instrumenten die continu gegevens produceren groeit nog steeds, zowel in de wetenschap als in de maatschappij. De parallelle ontwikkelingen in hardware en software voor de verwerking en analyse van deze gegevens leiden tot ongekende uitdagingen en mogelijkheden. Onderzoekers, bedrijven, overheden, maatschappelijke organisaties en burgers hebben hier allemaal mee te maken.

Het onderwerp big data heeft betrekking op gegevens met een zeer grote omvang van terabytes of zelfs petabytes die bijna *real time* worden geproduceerd in een grote variatie wat de aard en structuur ervan betreft. Het gaat niet alleen om gegevens die worden verzameld door wetenschappers, maar ook door andere actoren – zoals door sociale media of door winkeliers via een klantenkaart. Het gaat bovendien om gegevens in alle wetenschappelijke disciplines – van astronomie en (epi)genetica, via informatica en statistiek, tot aan geschiedenis en taalwetenschappen.

Big data daagt uit om nieuwe visies op de productie van wetenschappelijke kennis te ontwikkelen, nieuwe statistische analysemethoden te bedenken en implementeren, en om de begrenzing van private en publieke sfeer in de samenleving te herijken.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Het onderwerp big data betreft een groot aantal toepassingsgebieden, van agroproductie en gezondheid tot militaire inlichtingen en veiligheid, van transport en logistiek tot klimaat en milieu, van geschiedenis en erfgoed tot biologische evolutie en ecosystemen. De route verbindt disciplines als criminologie, psychologie, kunstgeschiedenis, genetica, elektronica, informatica, biologie, chemie, ethiek, recht en wiskunde. Overheden, bedrijven, maatschappelijke organisaties en burgers hebben belang bij onderzoek op dit terrein. In 'Klaar voor de Toekomst? Naar een brede strategie voor ICT' (AWTI, 2015) komt de verbindende kracht van ICT op dit terrein sterk naar voren.

Clustervragen die de breedte en verbindingskracht van de route illustreren:

- Big data: kunnen we grote datasets en het verzamelen daarvan benutten voor het realiseren van waarden, het genereren van inzichten en verkrijgen van antwoorden?
- Hoe kunnen we beter anticiperen op de invloed van nieuwe technologie op de mens en maatschappij, en de invloed van bestaande technologie beter begrijpen en beoordelen?
- Wat is de invloed van oude en nieuwe media op individu en samenleving?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische Centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NFU, NKI/AVL, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;

Hogescholen: Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Haagse Hogeschool, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, NHTV, Van Hall Larenstein;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: ASTRON, Boekmansichting, CWI, KNAW DANS, KNAW Hubrecht Instituut voor Ontwikkelingsbiologie en Stamcelonderzoek, KNAW Huygens ING, KNAW Meertens Instituut, KNAW Herseninstituut, KNAW NIOO, KNAW Rathenau Instituut, KNMI, MARIN, Max Planck Institute for Psycholinguistics, NCTV, NFI, NKI, NLeSC, Nikhef, NIOZ, NOVA, NSCR, SRON, Politieacademie, SURF, (TO2)

Deltares, (TO2) NLR, (TO2) TNO, (TO2) WUR, VILANS, WRR, WODC;

Onderzoeksfinciers: NWO, ZonMw;

Ministeries: Defensie, EZ, IenM, VenJ, VWS;

Topsectoren: High Tech Systemen en Materialen, Life Sciences & Health, Water;

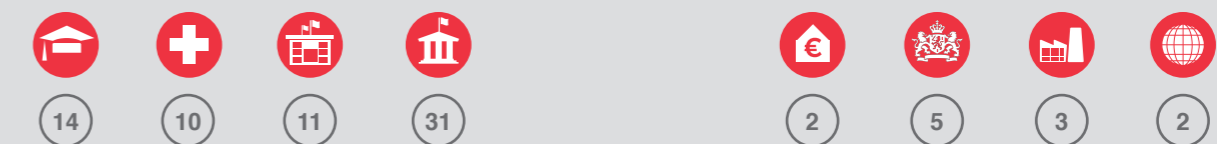
Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

008, 036, 056, 057, 060, 062, 064, 081, 098, 105, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 121, 123, 124, 127, 131, 132

Big data verantwoord gebruiken – zoeken naar patronen in grote gegevensbestanden

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



Smart industry

Belang van deze route

Voor het behoud van welvaart en welzijn in Nederland is het belangrijk dat wij in staat zijn producten en diensten te leveren met meerwaarde, met name voor de export. Nederland kan daarin alleen concurrerend blijven als wij onze sterktes verbinden met wereldwijde ontwikkelingen. Producten en diensten van de toekomst zijn in hoge mate complex, vergen multidisciplinaire samenwerking, zijn op de klant toegesneden en kunnen op ieder moment en onder iedere omstandigheid geproduceerd en onderhouden worden. Het toerusten van het bedrijfsleven en de arbeidsmarkt op deze ontwikkelingen heet *smart industry*. *Smart industry* gaat over technologie, maar ook over de bredere impact die deze ontwikkeling zal hebben voor medewerkers in de technologische industrie en voor de hele samenleving in de toekomst.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Smart industry bevat uiteenlopende wetenschappelijke uitdagingen, van technologische en wiskundige onderwerpen tot en met sociale, juridische en economische uitdagingen. Vragen variëren van 'Hoe reageren mensen op nieuwe technologieën als robots? tot Welk soort innovatienetwerken speelt een rol?' *Smart industry* heeft brede impact voor medewerkers in de technologische industrie (de beroepspraktijk) en voor de hele samenleving in de toekomst. De Smart Industry Science Agenda roept kennisinstellingen en bedrijven op om samen te werken aan de langetermijn uitdagingen voor het creëren van innovaties en vaardigheden van de 21^{ste} eeuw.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren

- Hoe kunnen we beter anticiperen op de invloed van nieuwe technologie op de mens en maatschappij en de invloed van bestaande technologie beter begrijpen en beoordelen?
- Hoe kan de gezondheidszorg, onder andere door gebruik te maken van *biomarkers*, meer gericht worden op de uniciteit van een persoon?
- Big data: kunnen we grote datasets en het verzamelen daarvan benutten voor het realiseren van waarden, het genereren van inzichten en verkrijgen van antwoorden?
- Hoe zou het onderwijs van de toekomst eruit moeten zien?
- Hoe zorgen we ervoor dat de Nederlandse economie concurrerend blijft?
- Hoe kunnen we 'dingen' (hardware) altijd en overal met elkaar verbinden en de rekensnelheid van processoren verder verhogen bij een lager energieverbruik?
- Hoe kunnen we een werkelijk circulaire economie realiseren en zo industriële productie van goederen minder afhankelijk maken van primaire grondstoffen?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RUG, RUN, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NFU, NKI/AVL, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;

Hogescholen: Amsterdamse Hogeschool voor de kunsten, Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, Stenden, Van Hall Larenstein, Vientum Hogeschool;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: ASTRON, AMOLF, ARCNL, Boekmanstichting, CPB, CWI, DIFFER, Instituut Fysieke veiligheid, KNAW DANS, KNAW Hubrecht Instituut, KIM, KNAW Huygens ING, KNAW IISG, KNAW Meertens Instituut, KNAW Nederlands Herseninstituut, KNAW NIDI, KNAW KNMI, Rathenau Instituut, KNMI, MARIN, Movisie, Mulier Instituut, Nederlands Jeugdinstituut, Nikhef, NIOZ, NSCR, (TO2) Deltares, (TO2) WUR, (TO2) ECN, (TO2) NLR, (TO2) TNO, PBL, Politieacademie, SWO Verkeersveiligheid, VILANS, WODC, WRR;

Onderzoeksfinciers: NWO, ZonMw;

Ministeries: Defensie, EZ, IenM, OCW, VenJ, VWS;

Topsectoren: Agri & Food, Chemie, Creatieve Industrie, Energie, High Tech Systemen en Materialen, Logistiek, Water;

Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

010, 014, 015, 017, 027, 030, 035, 049, 051, 052, 053, 054, 060, 065, 068, 072, 093, 096, 105, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 114, 116, 117, 120, 121

Smart industry

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



14



10



19



38



2



6



7



2

Smart, liveable cities

Belang van deze route

Steden zijn belangrijke zenuwcentra voor economische groei, sociale interactie, innovatie en culturele ontwikkeling. Meer dan de helft van de wereldbevolking woont in steden. Naar verwachting woont in 2030 zelfs zeventig procent van de wereldbevolking in een stedelijke regio. Die steden zorgen voor bijna zestig procent van het bruto wereldproduct (*global GDP*). Verstedelijking is essentieel voor een duurzame economische groei. Tegelijkertijd stelt deze ontwikkeling ons voor enorme uitdagingen op het gebied van behoud van fysieke en sociale leefbaarheid, fysieke en sociale veiligheid, logistiek, het gebruik van natuurlijke hulpbronnen en de belasting van het milieu. In steden manifesteren problemen en uitdagingen zich zeer geconcentreerd, waardoor alle vraagstukken nauw samenhangen. De vragen manifesteren zich bovendien op meerdere schaalniveaus: die van gebouwen en daarmee materialen, van wijken, van steden en van stedelijke regio's. Daarbij komt dat voor een dergelijk complex systeem sturing van bovenaf niet goed werkt om problemen op te lossen. De ambitie van deze route is dan ook om bij te dragen aan ontwerpen en inrichtingen die gebruik maken van diversiteit en de grote hoeveelheid interacties in de stad. Dit gaat niet alleen over de stad en de gebouwde omgeving zelf, maar ook over de relatie tussen zowel de stad en de natie als de stad en het land. Om de potentie van steden waar te maken en de leefbaarheid te vergroten, moeten steden zich slimmer ontwikkelen. Dat kan door op een integrale wijze naar de diverse aspecten van een stad en de gebouwde omgeving te kijken en die onderling met elkaar in verband te brengen.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Gebouwen en infrastructuur zullen duurzamer moeten worden en de kosten over de hele levenscyclus moeten omlaag. Nieuwe technologieën en processen kunnen gebouwen en infrastructuur goedkoper, veiliger en duurzamer maken. Nieuwe gebouwen zullen energieneutraal of zelfs energieproducerend moeten zijn. Met geavanceerde monitoring en modelleringstechnologie kan het onderhoud effectiever. Nieuwe kennis en technologie kunnen bovendien het bouw materiaal verbeteren, en kunnen hergebruik van materialen mogelijk maken. Belangrijk thema's voor de gebouwde omgeving zijn ook: veilig bouwen, bijvoorbeeld in specifieke risicogebieden waar overstromingen en aardbevingen voorkomen, duurzaam bouwen en adaptief bouwen. Deze ambitie omvat een breed scala aan deelonderwerpen, zoals: de ontwikkeling van de gebouwde omgeving, de leefomgeving in de stad, de logistiek van de stad, de stad als gezond woongebied, de veiligheid in en van de stad, de stad als economisch systeem, de voedselvoorziening van de stad, de stad als energieneutraal systeem, de stad als bron van cultuur. De route omvat verder het uitwerken van en de kritische reflectie op nieuwe concepten voor stedelijke ontwikkeling waaronder: *circular cities*, *green cities*, *sustainable cities*, *sharing cities*, *hackable cities*, en *urban agriculture*. Binnen deze route kan het ontwerpende onderzoek bijdragen aan concrete beslissingen over stadsontwikkeling en toekomstbeelden voor de stad te genereren. Op de achtergrond daarbij spelen diverse normatieve vragen, zoals die over rurale versus urbane waarden of vragen rond de esthetiek van de stad. Deze route leent zich bij uitstek voor transdisciplinair onderzoek. Deze route omvat zowel alfa-, bèta/technisch- en gamma onderzoek, als combinaties daarvan. In het alfadomein spelen vragen rond relatie tussen stad en cultuur in brede zin, met onder meer thema's als burgerschap en participatieve democratie. In het bèta- en technische domein kan het gaan om het stadsklimaat, het stedelijk metabolisme of het groen in de stad. In het gammadomein zijn vragen naar sociale cohesie en naar de stad als bron van culturele en technologische vernieuwingen interessant. Maar er zijn ook talloze deelonderwerpen die deze driedeling overstijgen, zoals mobiliteit, gezondheid en leefbaarheid in de stad.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Wat zijn de implicaties van en de opgaven voor de wereldwijde verstedelijking?
- Wat zijn de effecten van de gebouwde omgeving op gezondheid en welzijn?
- Hoe houden we ons dichtbevolkte land leefbaar?
- Hoe kunnen we door nieuwe materialen, technologieën en processen gebouwen en infrastructuur goedkoper, veiliger, en duurzamer maken?
- Hoe kan sociale cohesie in een cultureel en religieus diverse samenleving bevorderd worden?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, NFU;

Hogescholen: Amsterdamse Hogeschool voor de kunsten, Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, HAS Den Bosch, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, Katholieke Pabo Zwolle, Saxion, Van Hall Larenstein, Vientum Hogeschool;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: AHTI, AMS-Institute, ASTRON, Boekmanstichting, CBS, Clingendael, CPB, CWI, DIFFER, Instituut Fysieke Veiligheid, KIM, KNAW IISG, KNAW Meertens Instituut, KNAW NIOO, KNAW NIDI, KNMI, Rathenau Instituut, MARIN, Movisie, NHTV, NIVEL, NIOZ, NSCR, PBL, Politieacademie, (TO2) Deltares, (TO2) ECN, (TO2) TNO, (TO2) WUR, SWO Verkeersveiligheid, WODC, WRR;

Onderzoeksfinciers: NWO, NPRO SIA, ZonMw;

Ministeries: BZ, Defensie, EZ, IenM, OCW, SZW, VenJ;








Topsectoren: Agri & Food, Creatieve Industrie, Energie, High Tech Systemen en Materialen, Logistiek, Water;

Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

008, 010, 011, 018, 019, 028, 029, 030, 034, 036, 039, 040, 044, 045, 047, 048, 054, 055, 066, 071, 078, 109, 111

Smart, liveable cities

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-----|-----|-----|---|---|---|---|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 | |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 | |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 | |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 | |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 | |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 | |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 | |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 | |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 | |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 | |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | |
|  |  |  |  | | | |  |  |  |  |
| 14 | 4 | 23 | 32 | | | | 3 | 7 | 6 | 2 |

Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie

Belang van deze route

Earth Overshoot Day, de dag in het jaar waarop we evenveel grondstoffen hebben opgemaakt als de aarde in één jaar kan aanmaken (2015: 13 augustus), valt ieder jaar eerder. Het is van groot belang voor de samenleving, de economie en het milieu dat we ons richten op een circulaire economie waarin we grondstoffen gebruiken in plaats van verbruiken. Dit geldt niet alleen voor de manier waarop we grondstoffen winnen, maar ook voor het (her)ontwerpen van productieprocessen en producten of het ontwikkelen van nieuwe materialen en businessmodellen. Mensen zullen hun gedrag moeten aanpassen en mogelijkheden moeten benutten om grondstoffen en materialen optimaal te gebruiken. In specifieke gevallen vereist de transitie naar een circulaire economie ook onderzoek op het gebied van wet- en regelgeving.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

De grote belasting van de aarde als systeem en de daaruit voortkomende noodzaak van een circulaire economie dwingt tot nadere integratie van de deelvragen en daaraan gerelateerde wetenschapsgebieden. Circulaire economie als begrip kent verschillende invalshoeken, die om een nadere definitie ervan vragen. Zo spelen de landbouwsector, de sector chemie (incl. rubber-kunststof) en de sector energie een essentiële rol als het gaat om grondstof(winning), productieprocessen en recycling van materialen. Voor de optimalisatie van biologische processen is begrip van werking en maakbaarheid van levende systemen van belang. Een heel belangrijke factor in het ontwerp van gesloten ketens van grondstof- en materiaalgebruik is kennis en begrip van (bio)chemische materie en processen op micro- en op macroschaal. Gebruik, opwekking, transport en opslag van energie zijn uiteraard belangrijke productiefactoren. Gebruik van andere productiemiddelen in fabrieken en de manier waarop we water en bodem gebruiken spelen ook een belangrijke rol in het vraagstuk. Transport zal een cruciale schakel blijven om de onderdelen van de keten fysiek met elkaar in contact te brengen. Tevens is onderzoek naar de mate waarin we invloed kunnen uitoefenen op menselijk gedrag en bewustwording, en naar randvoorwaarden in de zin van wet- en regelgeving, van belang om de overgang naar een circulaire economie mogelijk te maken. Een relevante vraag is hoe we ons positioneren ten opzichte van de natuur. Vanwege de maatschappelijke en economische implementatie van nieuwe kennis en technologie is een belangrijke rol weggelegd voor een groot aantal topsectoren.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Hoe kunnen we een werkelijk circulaire economie realiseren en zo industriële productie van goederen minder afhankelijk maken van primaire grondstoffen?
- Hoe kunnen we door nieuwe materialen, technologieën en processen gebouwen en infrastructuur goedkoper, veiliger, en duurzamer maken?
- Hoe kan de effectiviteit en legitimiteit van wetgeving worden versterkt in het licht van mondiale uitdagingen op het terrein van milieu, veiligheid, innovatie, energie en klimaat?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen

Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC, NFU, NKI/AvL, Radboud UMC;

Hogescholen: Amsterdamse Hogeschool voor de kunsten, Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, HAS Den Bosch, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, Saxion, Van Hall Larenstein, Videntum Hogeschool;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: AMOLF, CPB, CWI, DIFFER, Instituut Fysieke veiligheid, KIM, KNAW IISG, KNAW NIDI, KNAW NIOO, KNAW Rathenau Instituut, KNMI, Movisie, NIOZ, SRON, PBL, Politieacademie, RIVM, SCP, SWO Verkeersveiligheid, (TO2) Deltares, (TO2) WUR, (TO2) ECN, (TO2) TNO, WRR;

Onderzoeksfinciers: NWO, NPRO SIA;

Ministeries: BZ, Defensie, EZ, IenM, OCW, SZW, VenJ, VWS;

Topsectoren: Agri & Food, Chemie, Creatieve Industrie, Energie, High Tech Systemen en Materialen, Life Sciences & Health, Logistiek,









Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Water;

Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

001, 002, 003, 006, 009, 010, 011, 014, 015, 016, 017, 018, 019, 020, 022, 023, 024, 026, 028, 040, 042, 044, 045, 051, 052, 053, 068, 070, 108, 118, 120, 122, 136

Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-----|-----|-----|---|---|---|---|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 | |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 | |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 | |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 | |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 | |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 | |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 | |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 | |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 | |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 | |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | |
|  |  |  |  | | | |  |  |  |  |
| 14 | 4 | 21 | 25 | | | | 2 | 8 | 9 | 2 |

Duurzame productie van veilig en gezond voedsel

Belang van deze route

De mondiale uitdaging is om in 2050 ruim 9 miljard mensen te voeden die door de stijgende welvaart steeds meer gaan consumeren, terwijl water, grond en energie schaarser worden. Daarbij stellen zowel de consument als de maatschappij steeds meer eisen aan de kwaliteit van producten en de wijze waarop de producten worden geproduceerd. Duurzame, efficiënte en veilige voedselproductie is nodig om veilig en gezond voedsel voor iedereen te kunnen garanderen. De tuinbouw- en agrifoodsector – van de primaire productie van voedsel tot het bewerken, verwerken, vermarkten en de distributie ervan – vormen samen de grootste economische sector van ons land en leveren een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse economie en werkgelegenheid. Wereldwijd is Nederland de tweede grootste exporteur van tuinbouw- en agrifoodproducten. Nederlandse kennis en producten hebben een sterke reputatie. Een belangrijke voorwaarde voor dit succes ligt in de Nederlandse kennis- en innovatiepositie.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

In deze route wordt het verkleinen van de ecologische *foot print* – waarbij gezondheid en veiligheid van de producten voorop staan – verbonden met *personalised nutrition*. Dit vergt de ontwikkeling van efficiënte productiesystemen, optimale inrichting van duurzame productieketens, de ontwikkeling van integrale gezondheidssystemen voor mens, plant en dier in dierlijke productieketens, en de ontwikkeling van meer kennis en inzicht in consumentengedrag ten aanzien van voedsel en voedselgebruik als onderdeel van de persoonlijke voeding en lifestyle mix. Consumenten kiezen hun voedselproducten steeds meer op basis van onderbouwde en meetbare persoonlijke gezondheidsvoordelen. Een accurate en onderbouwde monitoring van de persoonlijke gezondheidsstatus vergt kennisontwikkeling en -integratie op het gebied van levenswetenschappen, diagnostiek en al dan niet draagbare sensorsystemen. Kortom: voor deze route is het bij uitstek van belang dat verschillende vakgebieden nauw met elkaar samenwerken en kennis delen.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Big data: kunnen we grote datasets en het verzamelen daarvan benutten voor het realiseren van waarden, het genereren van inzichten en het verkrijgen van antwoorden?
- Wat betekenen mens en natuur voor elkaar en wat is de optimale relatie tussen beide?
- Hoe kunnen wij agroproductiesystemen verduurzamen in relatie tot de wereldwijd toenemende vraag naar gezond en veilig voedsel?
- Hoe kunnen we gezondheid door middel van sport, bewegen en voeding bevorderen en welke effecten brengt dit met zich mee?
- Hoe kunnen we nieuwe gezonde voedselgewassen ontwikkelen die meer produceren met minder gebruik van schadelijke chemicaliën?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

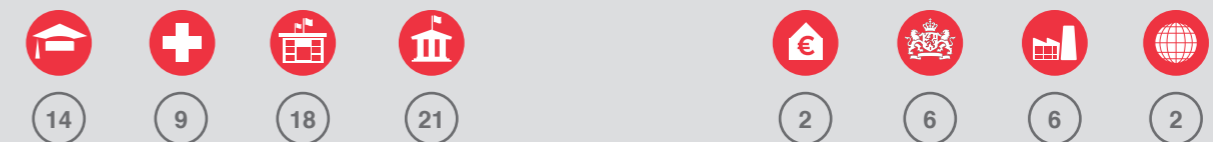
Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;
 Medische centra: AMC, Erasmus MC, LUMC, MUMC, NKI/AvL, Radboud UMC, UMCG, UMCU, VUMC;
 Hogescholen: Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Ede, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zuyd, Inholland, Saxion, Stenden, Van Hall Larenstein, Vientum Hogeschool;
 Onderzoeksinstituten en kenniscentra: CWI, DIFFER, KNAW Huygens ING, KNAW Meertens Instituut, KNAW NIN, KNAW NIOO, KNAW Rathenau Instituut, KNMI, Movisie, Mulier Instituut, Nederlands Jeugdinstituut, NIVEL, NIOZ, NSCR, PBL, RIVM, (TO2) Deltares, (TO2) WUR, (TO2) ECN, (TO2) TNO, WRR;
 Onderzoeksfinciers: NWO, ZonMw;
 Ministeries: EZ, IenM, OCW, SZW, VenJ, VWS;
 Topsectoren: Agri & Food, Creatieve Industrie, Energie, High Tech Systemen Materialen, Life Sciences & Health, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen;
 Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

002, 003, 004, 005, 008, 009, 014, 015, 016, 017, 019, 045, 070, 072, 075, 088, 097, 102, 112

Duurzame productie van veilig en gezond voedsel

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



Kunst: onderzoek en innovatie in de 21^{ste} eeuw

Belang van deze route

Het op creatieve en kunstzinnige manier verbeelden van de werkelijkheid of een ervaring daarvan is mensen eigen. Denk alleen maar aan de grotten van Lascaux- de rijkst beschilderde prehistorische grotten die tot nu toe bekend zijn. Kunst en verbeelding zijn intrinsieke menselijke uitingen, maar ze dienen ook als instrumenten om cultuur, politiek, economie, onderwijs en wetenschap te verbeelden. Deze route dient om de kracht van kunst en verbeelding te verbinden met verschillende domeinen, maar ook om vanuit deze nieuwe verbindingen nieuwe antwoorden te vinden met betrekking tot de relatie tussen kunst/verbeelding en menszijn.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

De vraag wat kunst betekent voor mensen richt zich op de rol van kunst voor de mens, maar legt ook een verbinding met creativiteit en innovatie. Te vaak wordt kunst geïsoleerd bestudeerd. Door de vraag hoe we creativiteit en innovatie bevorderen, wordt de verbinding van kunst met onderwijs, wetenschap en innovatie gelegd. Hier opent zich een breed scala aan onderzoeksvragen op het terrein van vrijwel alle topsectoren en maatschappelijke uitdagingen. De vraag 'Hoe zou het onderwijs van de toekomst eruit moeten zien?' is hiervan een goed voorbeeld. Hier gaat het om datgene wat in de 21^{ste} eeuw van belang is voor onze samenleving. Drie invalshoeken liggen voor de hand:

- Kunst als bevordering van onderzoekend leren;
- De rol van artistieke verbeelding in de wetenschap;
- Kunst, verbeelding en perspectief in tijden van een beeldcultuur.

Door dieper te graven, komt er een verbinding tot stand met de verbeelding van de circulaire economie maar ook breder naar de vormgeving van onze instituties van de toekomst.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Wat betekent kunst voor mensen?
- Hoe bevorderen en benutten we creativiteit en innovatie?
- Hoe zou het onderwijs van de toekomst eruit moeten zien?
- Wat is de invloed van oude en nieuwe media op individu en samenleving?
- Wat zijn de kenmerken van een circulaire economie en hoe realiseren we deze?
- Hoe kunnen de socio-economische instituties van de toekomst vormgegeven worden?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RU, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, 3TU;

Hogescholen: Amsterdamse Hogeschool voor de kunsten, Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Hanze Hogeschool Groningen, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool der Kunsten Den Haag, Hogeschool voor de kunsten Utrecht, Hogeschool Zuyd, Inholland;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: NSCR, RCE, RKD, WRR;

Onderzoeksfinciers: NWO, NPRO SIA;

Ministeries: OCW, VenJ;

Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.

Deze route verbindt de volgende vragen:

063, 065, 066, 067, 068, 071, 110, 111, 140

Kunst: onderzoek en innovatie in de 21^{ste} eeuw

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



11



-



10



4



2



2



-



2

Kwaliteit van de omgeving: de waarden van natuur, landschap, bodem, klimaat, water en milieu

Belang van deze route

Deze route voert langs alle vragen over de integrale kwaliteit van de omgeving. Aan bod komen elementen zoals natuur, landschap, milieu, bodem, water en klimaat. De kwaliteit van de omgeving is op verschillende manieren van belang voor de samenleving: als grondstof voor duurzame productie, als bron van genieten en beleving, als factor die een rol speelt bij de menselijke gezondheid, als onderdeel van de fysieke veiligheid, als component van identiteit, als vestigingsfactor voor bedrijven en als waarde op zichzelf. Een goede kwaliteit van de omgeving draagt bij aan al deze punten tegelijk. Het belang van deze route is groot. Enerzijds gaat het om het ontwikkelen van nieuwe technologie en nieuwe productiesystemen die de kwaliteit van de omgeving niet aantasten maar verbeteren. Anderzijds bevat deze route de uitdaging om de omgeving zodanig te benutten dat nieuwe maatschappelijke en economische ontwikkelingen worden ondersteund. Zo wordt biodiversiteit aangetast door sommige economische ontwikkelingen, maar is weer een bron van waarde voor andere.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

De route omvat een diversiteit aan met elkaar samenhangende inhoudelijke vraagstukken, die grote impact hebben op welvaart en welzijn. Het gaat om onderwerpen als klimaatverandering, waterkwaliteit, verduurzaming van land- en tuinbouw, bodemgezondheid, en biodiversiteit. Hierbij zijn niet alleen het analytische en het technische aspect van belang, maar ook de vraag naar de beleving en perceptie en de manieren waarop overheden kunnen optreden. Het laatste is actueel nu de overheid bezig is met een nieuwe omgevingsvisie. De route verbindt toegepaste vragen met meer fundamentele, conceptuele en normatieve vragen.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Wat betekenen mens en natuur voor elkaar en wat is de optimale relatie tussen beide?
- Wat is het belang van biodiversiteit en hoe behouden we deze?
- Hoe kunnen wij agroproductiesystemen verduurzamen in relatie tot de wereldwijd toenemende vraag naar gezond en veilig voedsel?
- Hoeveel mensen kan de aarde duurzaam huisvesten?
- Hoe kunnen we een werkelijk circulaire economie realiseren en zo industriële productie van goederen minder afhankelijk maken van primaire grondstoffen?

De route verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: EUR, RUG, RU, TU/e, TUD, UL, UM, UT, UU, UvA, UvT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC, LUMC;

Hogescholen: Avans Hogeschool, Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Gereformeerde Hogeschool VIAA, Haagse Hogeschool, Hanze Hogeschool Groningen, HAS Den Bosch, Hogeschool Leiden, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Zuyd, Inholland, NHL Hogeschool, Van Hall Larenstein, Vientum Hogeschool;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: CPB, DIFFER, Instituut Fysieke veiligheid, KNAW NIOO, KNMI, Movisie, NIVEL, NIOZ, NSCR, RIVM, SRON, PBL, Politieacademie, SCP, SWO Verkeersveiligheid, (TO2) Deltares, (TO2) WUR, (TO2) MARIN, (TO2) TNO, WRR;

Onderzoeksfinciers: NWO, NPRO SIA, ZonMw;

Ministeries: BZ, Defensie, EZ, IenM, SZW, VenJ;

Topsectoren: Agri & Food, High Tech Systemen en Materialen, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Water;


Internationaal: Horizon 2020, UN SDG.


Deze route verbindt de volgende vragen:


001, 002, 003, 004, 006, 007, 008, 009, 012, 013, 015, 018, 019, 020, 021, 022, 023, 028, 030, 045, 052, 078, 097, 118, 119, 124, 138


Kwaliteit van de omgeving: de waarden van natuur, landschap, bodem, klimaat, water en milieu


| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



14



2



17


21


3


6


4


2

Logistiek en transport in een energieke, innovatieve en duurzame samenleving

Belang van deze route

De Nederlandse economie is afhankelijk van efficiënt, veilig en comfortabel vervoer van personen en goederen. Op dit punt valt nog veel te winnen. Nieuwe technische en logistieke systemen zijn essentieel om de toenemende behoefte aan transport op te vangen, de milieubelasting ervan te minimaliseren en de veiligheid, beleving en het comfort te vergroten. Dit geldt voor alle vervoerssoorten afzonderlijk, of het nu gaat om vervoer over de weg, op het spoor, door de lucht of over het water. Nog groter is echter de uitdaging om deze doelen te halen voor het vervoerssysteem als geheel. De logistieke sector in Nederland heeft een toegevoegde waarde van 55 miljard euro per jaar en is goed voor 813.000 arbeidsplaatsen. Nederland vervoert 3,7 procent van de wereldhandel, terwijl het aantal inwoners slechts 0,25 procent van de wereldbevolking is en de Nederlandse maakindustrie slechts 1 procent van de wereldproductie voor zijn rekening neemt.

De route daagt uit tot de volgende nieuwe verbindingen

Transport en logistiek zijn bepalend voor de tijdigheid en leverbetrouwbaarheid van goederen en personen. De kwaliteit van deze sector heeft direct invloed op de marktpositie van bedrijven, het vestigingsklimaat voor internationale bedrijven, de werkgelegenheid, en meer in het algemeen de economie van ons land en de positie van Nederland in de wereldeconomie. Een kwalitatief hoogontwikkelde transport- en logistieksector versterkt de Nederlandse positie als geloofwaardige logistieke partner in wereldwijde goederenstromen. Er zijn verschillende uitdagingen. Op het gebied van duurzaamheid en leefbaarheid zijn er vraagstukken rond de ecologische voetafdruk van transport, denk aan energiegebruik, uitstoot van fijnstof en CO₂, en geluidsoverlast. Die is relatief groot, maar verschilt wel van transportvorm tot transportvorm. Oplossingen liggen in een efficiënter gebruik van bestaande systemen, maar ook in het ontwikkelen en implementeren van nieuwe systemen en technieken. Verdergaande verstedelijking roept vragen op over ruimtebeslag en -gebruik en is onlosmakelijk verbonden met innovatieve logistieke systemen voor personen en goederenvervoer. Transport en logistiek hebben grote impact op de ruimtelijke ontwikkeling en daarmee ook op sociale en culturele aspecten van de samenleving.

Clustervragen die de breedte en verbindingkracht van de route illustreren:

- Hoe brengen we mensen en goederen slimmer en duurzamer naar hun bestemming, met optimaal gebruik van alle vervoersmogelijkheden?
- Hoe kunnen we met efficiëntere transportmiddelen (schepen, vliegtuigen, voertuigen, treinen) bijdragen aan de efficiëntie en milieuvriendelijkheid van het transportsysteem als geheel?
- Hoe kunnen we de veiligheid van verkeer en vervoer vergroten?
- Wat zijn de implicaties van en de opgaven voor de wereldwijde verstedelijking?

Het vraagstuk verbindt de agenda's van de volgende instellingen:

Universiteiten: UvA, EUR, RUG, TU/e, TUD, UM, UT, VU, WUR, 3TU;

Medische centra: AMC

Hogescholen: Christelijke Hogeschool Windesheim, Fontys Hogescholen, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool van Amsterdam, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen;

Onderzoeksinstituten en kenniscentra: CPB, CWI, DIFFER, Instituut Fysieke veiligheid, KIM, KNMI, NHTV, NIOZ, (TO2) Deltares, (TO2) ECN, (TO2) MARIN, (TO2) NLR, (TO2) TNO, (TO2) WUR, PBL, SWO Verkeersveiligheid;

Onderzoeksfinanciers: NWO;

Ministeries: EZ, IenM;

Topsectoren: Energie, High Tech Systemen en Materialen, Logistiek, Water;

Internationaal: Horizon 2020.

Deze route verbindt de volgende vragen:

008, 011, 027, 028, 029, 045

Logistiek en transport in een energieke, innovatieve en duurzame samenleving

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |



10



1



5



16



1



2

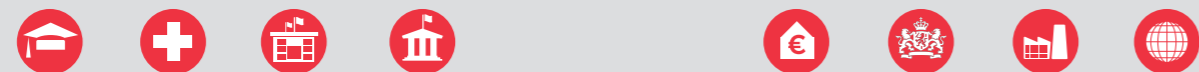


4



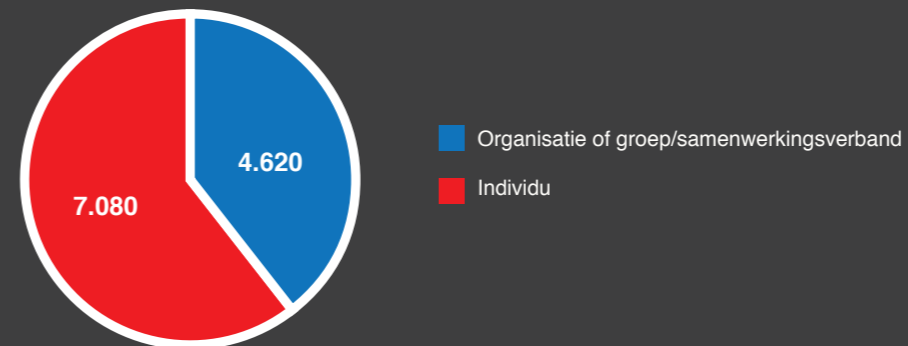
1

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 001 | 002 | 003 | 004 | 005 | 006 | 007 | 008 | 009 | 010 |
| 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 |
| 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 |
| 031 | 032 | 033 | 034 | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 |
| 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 |
| 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 |
| 061 | 062 | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 |
| 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 |
| 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
| 091 | 092 | 093 | 094 | 095 | 096 | 097 | 098 | 099 | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
| 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |

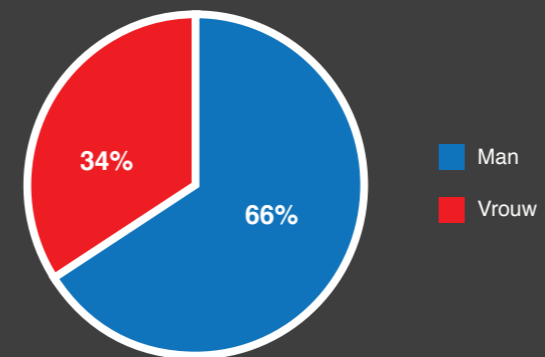


Bijlage 1 Kenmerken van de ingediende vragen

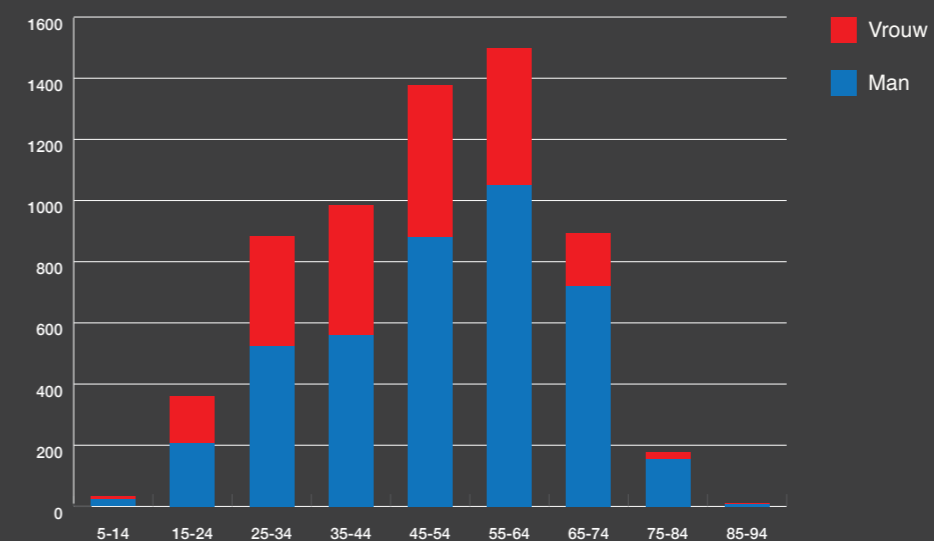
Totaal aantal ingediende vragen (11.700) naar herkomst van de indiener



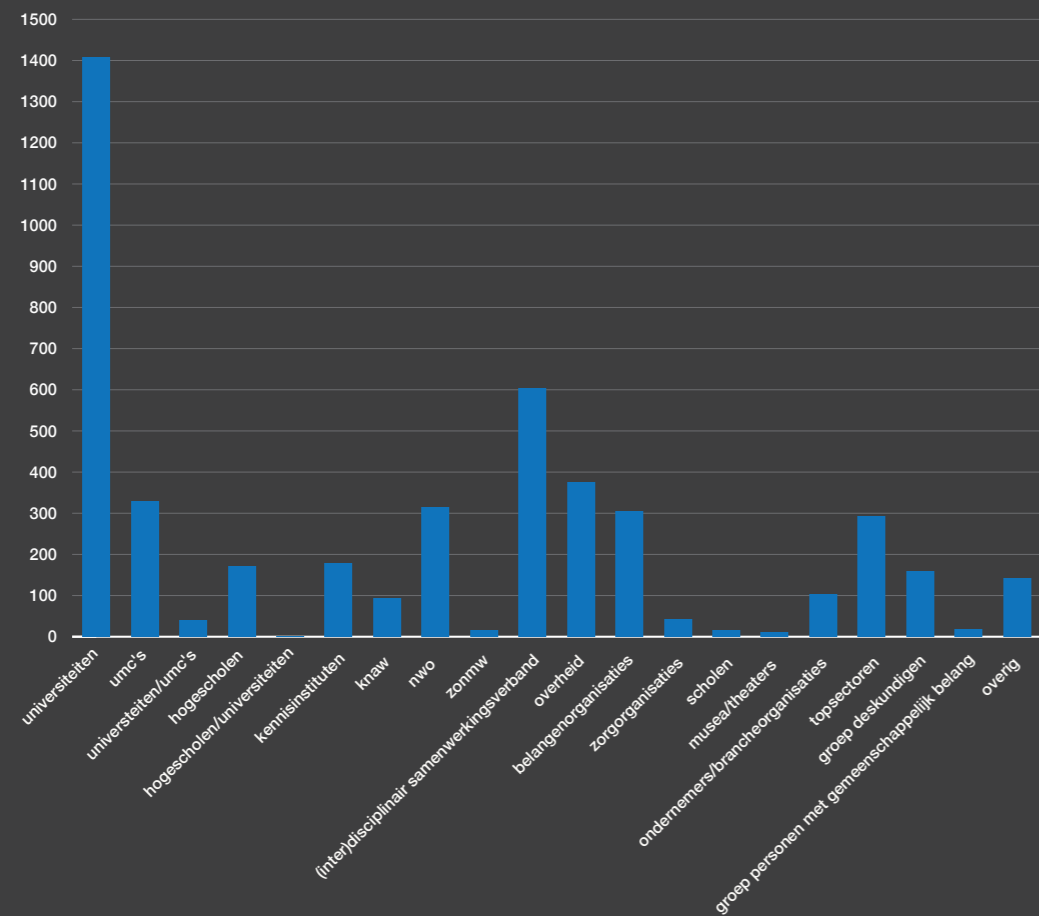
Door individuen ingediende vragen (7.080) naar sexe



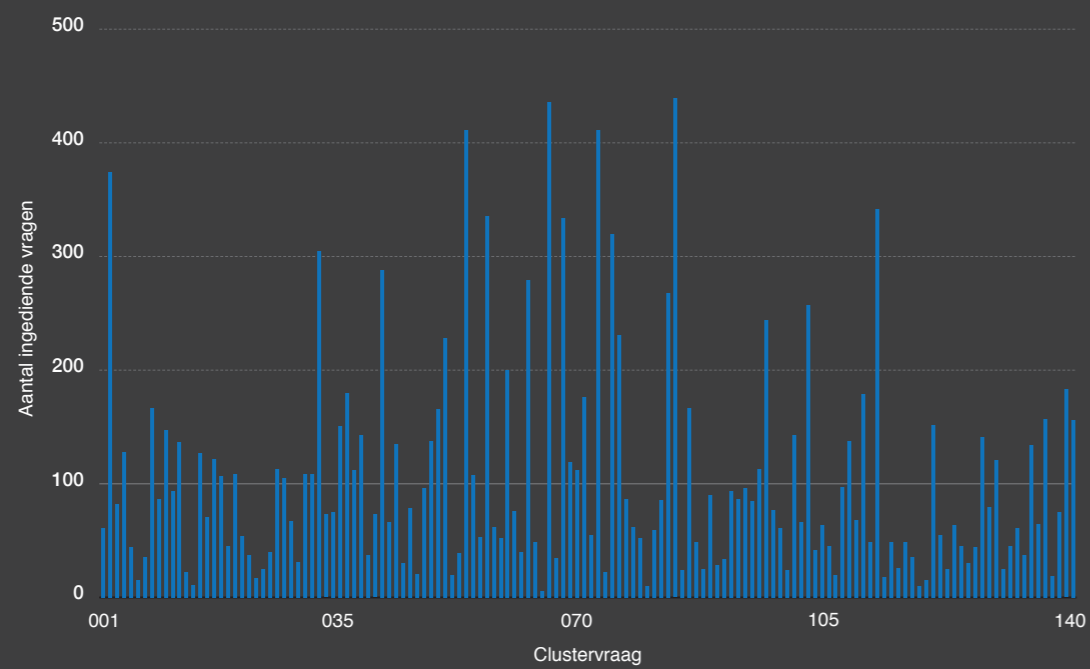
Door individuen ingediende vragen (7.080) naar leeftijd en sexe



Herkomst van de 4.620 vragen die door organisaties zijn ingediend



Clustering van 11.700 vragen tot 140 clustervragen



De ingediende vragen zijn in de Wetenschapsagenda geclusterd tot 140 clustervragen. Niet alle clustervragen omvatten eenzelfde aantal ingediende vragen. Bovenstaand figuur geeft een beeld van de variatie daarin. Er steken een paar vragen bovenuit. De clustervragen over circulaire economie, onderwijs van de toekomst, gezondheid en leefstijl, en psychische aandoeningen omvatten meer dan 400 vragen. De clustervraag over meetmethoden in de sociale wetenschappen is het minst omvangrijk. Daar vallen slechts 6 ingediende vragen onder.

Inhoud van de vragen, gebaseerd op door indieners gekozen trefwoorden



Bijlage 2 Organisaties met in de NWA verwerkte onderzoeksagenda's

Universiteiten

- Universiteit van Utrecht (UU)
- Universiteit Leiden (UL)
- Rijksuniversiteit Groningen (RUG)
- Universiteit van Amsterdam (UvA)
- Vrije Universiteit Amsterdam (VU)
- Erasmus Universiteit Rotterdam (EUR)
- Radboud Universiteit (RU)
- Universiteit van Tilburg (UvT)
- Maastricht University (UM)
- Technische Universiteit Delft (TUD)
- Technische Universiteit Eindhoven (TU/e)
- Universiteit Twente (UT)
- Wageningen Universiteit (WUR)
- 3TU federatie (3TU)

Medische Centra

- Nederlandse Federatie van Universitaire Medische Centra (NFU)
- Universitair Medisch Centrum Utrecht (UMC)
- Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC)
- Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG)
- Academisch Medisch centrum (AMC)
- Vrije Universiteit Medisch Centrum (VUmc)
- Erasmus Medisch Centrum (Erasmus MC)
- Radboud Universitair Medisch Centrum (Radboud UMC)
- Maastricht University Medical Centre (Maastricht UMC+)
- Nederlands Kanker Instituut - Antoni van Leeuwenhoek Ziekenhuis (NKI-AVL)

Hogescholen

- Avans Hogeschool (Avans)
- Vilentum Hogeschool (Vilentum)
- Christelijke Hogeschool Windesheim (Windesheim)
- Christelijke Hogeschool Ede (CHE)
- Fontys Hogescholen (Fontys)
- Gereformeerde Hogeschool VIAA (Viaa)
- Hanzehogeschool Groningen (Hanzehogeschool)
- Inholland Hogeschool (Inholland)
- Katholieke Pabo Zwolle (KPZ)
- Hogeschool Leiden (Hogeschool Leiden)
- Hogeschool Rotterdam (Hogeschool Rotterdam)
- Hogeschool van Amsterdam (Hogeschool van Amsterdam)
- Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN)
- Hogeschool voor de Kunsten Utrecht (HKU)
- Amsterdamse Hogeschool voor de Kunsten (AHK)

- Hogeschool Utrecht (HU)
- Haagse Hogeschool (HHS)
- Saxion (Saxion)
- Stenden (Stenden)
- Hogeschool Zeeland (HZ)
- Hogeschool Zuyd (Hogeschool Zuyd)
- Van Hall Larenstein (VHL)
- HAS Hogeschool (HAS Hogeschool)
- Internationaal Hoger Onderwijs Breda (NHTV)
- Hogeschool Leeuwarden (NHL)
- Hogeschool de Kempel (De Kempel)
- Driestar educatief (Driestar educatief)
- Katholieke PABO Zwolle (KPZ)
- Protestant Christelijke Hogeschool Marnix Academie (Marnix Academie)
- Thomas More Hogeschool (Thomas More Hogeschool)
- Iselinge Hogeschool (Iselinge Hogeschool)
- ArtEZ (ArtEZ)
- Codarts Hogeschool voor de Kunsten (Codarts)
- Design Academy Eindhoven (Design Academy Eindhoven)
- Gerrit Rietveld Academie (Gerrit Rietveld Academie)
- Hogeschool der Kunsten Den Haag (Hogeschool der Kunsten Den Haag)
- Hogeschool iPabo (iPabo)
- Hotelschool The Hague (Hotelschool The Hague)

Onderzoeksinstituten en kenniscentra

NWO instituten

- FOM instituut AMOLF (AMOLF)
- FOM-instituut DIFFER (DIFFER)
- FOM-instituut voor subatomaire fysica Nikhef (Nikhef)
- Advanced Research Center for Nanolithography (ARCNL)
- Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ)
- Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI)
- Netherlands Institute for Space research (SRON)
- Netherlands Institute for the Study of Crime and Law Enforcement (NSCR)

KNAW instituten

- Fryske Akademie (FA)
- Huygens Instituut voor Nederlandse Geschiedenis (HUYGENS ING)
- Internationaal Instituut voor Sociale Geschiedenis (IISG)
- Koninklijk Instituut voor Taal-, Land- en Volkenkunde (KITLV)
- Meertens Instituut *Onderzoek en documentatie van Nederlandse taal en cultuur* (Meertens Instituut)

- Instituut voor Oorlogs-, Holocaust- en Genocidestudies (NIOD)
- Nederlands Interdisciplinair Demografisch Instituut (NIDI)
- Netherlands Institute for Advanced Study in the Humanities and Social Sciences (NIAS)
- Centraal Bureau voor Schimmelcultures (CBS)
- Hubrecht Instituut voor Ontwikkelingsbiologie en Stamcelonderzoek (Hubrecht Instituut)
- Netherlands Heart Institute (ICIN)
- Nederlands Herseninstituut (Nederlands Herseninstituut)
- Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO)
- Spinoza Centre for Neuroimaging (Spinoza Centre for Neuroimaging)
- Rathenau Instituut (Rathenau Instituut)

- Biomedical Primate Research centre (Biomedical Primate Research Centre)
- Boekmanstichting: Studiecentrum voor kunst, cultuur en beleid (Boekmanstichting)
- Movisie (Movisie)
- Mulier Instituut voor Sociaalwetenschappelijk sportonderzoek (Mulier Instituut)
- Nederlands Jeugdinstituut (Nederlands Jeugdinstituut)
- Nederlands instituut voor onderzoek van de gezondheidszorg (NIVEL)
- Netherlands Institute of Mental Health and Addiction (Trimbos-Instituut)
- Veiligheid NL (Veiligheid NL)
- Vilans (Vilans)

TO2 (federatie TNO + GTI's)

- De Nederlandse Organisatie voor Toegepast Onderzoek (TNO)
- Wageningen Universiteit en Research Center (WUR)
- Deltares (Deltares)
- Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)
- Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)
- Maritime Research Institute Netherlands (Marin)

Departementale Kennisinstellingen

- Planbureau Leefomgeving (PBL)
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KIM)
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)
- Centraal Planbureau (CPB)
- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE)
- Rijksbureau voor Kunsthistorische Documentatie (RKD)
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)
- Sociaal Cultureel Planbureau (SCP)
- Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum (WODC)
- Nederlands Forensisch Instituut (NFI)
- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR)

Niet-academische kennisinstellingen

- Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid (IFV)
- Nederlandse Defensie Academie (NLDA)
- Politieacademie (Politieacademie)
- Netherlands Institute of International Relations 'Clingendael' ('Clingendael')
- Stichting Geonovum (Stichting Geonovum)
- Stichting Wetenschappelijke Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV)

Bijlage 3 Organisaties met in de NWA verwerkte beleidsagenda's

Ministeries

- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM)
- Ministerie van Economische Zaken (EZ)
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW)
- Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS)
- Ministerie van Veiligheid en Justitie (VenJ)
- Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW)
- Ministerie van Defensie (Defensie)
- Ministerie van Buitenlandse Zaken (BZ)

Topsectoren

- Agri & Food (A & F)
- Tuinbouw & Uitgangsmaterialen (T & U)
- Logistiek (Logistiek)
- Chemie (Chemie)
- Energie (Energie)
- High Tech Systemen & Materialen (HTSM)
- Life Sciences & Health (LSH)
- Creative Industrie (Creatieve Industrie)
- Water (Water)

Onderzoeksfinciers

- Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)
- Nederlandse Organisatie voor Gezondheidsonderzoek en Zorginnovatie (ZonMW)
- Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA (NPRO SIA)
- Nationaal Initiatief Hersenen en Cognitie (NIHC)
- Nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek (NRO)

Regionaal

- Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling voor Noord Nederland (EFRO-Noord)
- Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling Voor Oost Nederland (EFRO-Oost)
- Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling voor West Nederland (EFRO-West)
- Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling voor Zuid Nederland (EFRO-Zuid)

Bijlage 4 Vragen ingedeeld naar tien thema's ontleend aan Horizon 2020

Zeven van de tien thema's zijn ontleend aan de Grand Societal Challenges uit de derde pijler van Horizon 2020. Eén thema ('key enabling technologies') correspondeert met een belangrijk aandachtsgebied uit de tweede pijler van Horizon 2020. De twee overige thema's ('culture and identity' en 'fundamentals of life and the universe') worden niet expliciet in Horizon 2020 genoemd, maar vallen wel onder het bereik van de European Research Council uit de eerste pijler van Horizon 2020. Zo geldt voor alle 140 clustervragen uit de Wetenschapsagenda dat er een geschikt Europees loket kan worden gevonden. Dat betekent dat er ook een relatie gelegd kan worden tussen de vijf hoofdstukken waarin de 140 clustervragen zijn ingedeeld en deze tien aan Horizon 2020 ontleende thema's. Dat valt te zien in het volgende overzicht.

| Thema's ontleend aan Horizon 2020 | Hoofdstuk indeling |
|--|-----------------------------|
| Climate action, environment, resource efficiency and raw materials | Mens, milieu en economie |
| Food security, sustainable agriculture and forestry, marine and maritime and inland water research and the bio-economy | |
| Secure, clean and efficient energy | |
| Smart, green and integrated transport | |
| Europe in a changing world – inclusive, innovative and reflective societies | Individu en samenleving |
| Secure societies – protecting freedom and security of Europe and its citizens | |
| Culture and identity | |
| Health, demographic change and wellbeing | Ziekten en gezondheid |
| Key enabling technologies | Technologie en maatschappij |
| Fundamentals of life and the universe | Bouwstenen van het bestaan |

De verdeling van de 140 clustervragen over de tien aan Horizon 2020 ontleende thema's is als volgt.

MENS, MILIEU EN ECONOMIE

Climate action, environment, resource efficiency and raw materials

- 001 Hoeveel mensen kan de aarde duurzaam huisvesten?
- 002 Wat betekenen mens en natuur voor elkaar en wat is de optimale relatie tussen beide?
- 003 Wat is het belang van biodiversiteit en hoe behouden we deze?
- 004 Hoe functioneren ecosystemen en hoe gevoelig zijn zij voor milieu-invloeden?
- 005 Welke rol spelen micro-organismen in ecosystemen en hoe kunnen we deze inzetten voor gezondheid en milieu?
- 006 Hoe kunnen we de kwaliteiten van de ondergrond beschermen en behouden voor mens en milieu, terwijl er ruimte blijft voor maatschappelijke ontwikkelingen?
- 007 Hoe meet en modelleer je de wisselwerking tussen ijs, atmosfeer en oceaan, zodat de zeespiegelstijging betrouwbaar voorspeld kan worden?
- 008 Hoe verandert het klimaat, inclusief extreme weersomstandigheden, en wat zijn de gevolgen ervan?
- 009 Hoe kunnen we de cycli van koolstof, stikstof en fosfor beter benutten?

- 010 Hoe kunnen we door nieuwe materialen, technologieën en processen gebouwen en infrastructuur goedkoper, veiliger en duurzamer maken?

Food security, sustainable agriculture and forestry, marine and maritime and inland water research and the bio-economy

- 011 Hoe kunnen we in de toekomst het water zorgvuldig beheren?
- 012 Hoe functioneren zeeën en oceanen en wat is hun betekenis voor de toekomst?
- 013 Hoe kunnen we de samenleving op natuurvriendelijke wijze beschermen tegen overstromingen?
- 014 Hoe kan nabootsing van fotosynthese in planten bijdragen aan een nieuwe groene revolutie?
- 015 Hoe kunnen wij agroproductiesystemen verduurzamen in relatie tot de wereldwijd toenemende vraag naar gezond en veilig voedsel?
- 016 Hoe kunnen we nieuwe gezonde voedselgewassen ontwikkelen die meer produceren met minder gebruik van schadelijke chemicaliën?
- 017 Hoe kunnen we (bio)chemische productieprocessen duurzaam, efficiënter en schoner maken?

Secure, clean and efficient energy

- 018 Hoe kunnen we onze energievoorziening snel verduurzamen en tevens betaalbaar en betrouwbaar houden?
- 019 Hoe maken we de transitie naar een volledig duurzame energievoorziening?
- 020 Hoe kan de zon volledig in onze energiebehoefte voorzien?
- 021 Hoe kunnen we windenergie zo efficiënt en duurzaam mogelijk omzetten in elektriciteit?
- 022 Hoe kunnen we rivieren, meren, zeeën en oceanen optimaal gebruiken voor energiewinning?
- 023 Hoe kunnen we geothermische energie optimaal benutten?
- 024 Hoe benutten we biomassa als grondstof en voor de energievoorziening in een *biobased economy*?
- 025 Hoe versnellen we de ontwikkeling van kernfusie en hoe maken we kernenergie veilig en schoon?
- 026 Hoe kunnen we energie duurzaam en efficiënt opslaan, converteren en transporteren?

Smart, green and integrated transport

- 027 Hoe brengen we mensen en goederen slimmer en duurzamer naar hun bestemming, met optimaal gebruik van alle vervoersmogelijkheden?
- 028 Hoe kunnen we met efficiëntere transportmiddelen zoals schepen, vliegtuigen, auto's, vrachtwagens en treinen bijdragen aan de efficiëntie en milieuvriendelijkheid van het transportsysteem als geheel?
- 029 Hoe kunnen we de veiligheid van verkeer en vervoer vergroten?

INDIVIDU EN SAMENLEVING

Europe in a changing world - inclusive, innovative and reflective societies

- 030 Hoe houden we ons dichtbevolkte land leefbaar?
- 031 Wat betekent globalisering voor onze culturele identiteit en het bepalen van de positie van Nederland in de wereld?
- 032 Wat betekenen Europeanisering en globalisering voor de democratie en de rechtsstaat?
- 033 Hoe staat het met de vitaliteit van en het vertrouwen in de democratie, en hoe kunnen deze worden versterkt?
- 034 Wat is in het licht van de veranderende bevolking (vergrijzend, hier en daar krimpend en beïnvloed door migratie) de houdbaarheid van de welvaartsstaat?
- 035 Hoe kunnen de socio-economische instituties van de toekomst vorm gegeven worden?
- 036 Welke gevolgen hebben maatschappelijke veranderingen als digitalisering, globalisering en grotere mondigheid van burgers voor publieke en semipublieke instellingen?
- 037 Wat zijn de maatschappelijke gevolgen van de meest recente grote recessie, en hoe kan het stelsel van financiële systemen hervormd worden om dergelijke crises in de toekomst te voorkomen?
- 038 Wat is een goede balans tussen vrijheid en (individuele en collectieve) verantwoordelijkheid?

- 039 Hoe kunnen recht en andere vormen van regulering voldoende rechtszekerheid bieden en tegelijkertijd inspelen op (hedendaagse) maatschappelijke kansen en uitdagingen?
 - 040 Hoe kan de effectiviteit en legitimiteit van wetgeving worden versterkt in het licht van mondiale uitdagingen op het terrein van milieu, veiligheid, innovatie, energie & klimaat?
 - 041 Wat is het probleem met ongelijkheid?
 - 042 Hoe kunnen we armoede beperken en mondiaal welzijn vergroten?
 - 043 Wat zijn de oorzaken en de gevolgen van migratie en hoe kunnen we er mee omgaan?
 - 044 Kunnen globalisering en ontwikkeling opnieuw uitgevonden worden, opdat grote welvaartsverschillen tussen regio's in de wereld kunnen verminderen in de loop der tijd?
 - 045 Wat zijn de implicaties van en de opgaven voor de wereldwijde verstedelijking?
 - 046 Wat is Europa: verleden, heden en toekomst.
 - 047 Hoe kan sociale cohesie in een cultureel en religieus diverse samenleving bevorderd worden?
 - 048 Hoe kunnen zelfredzaamheid en participatie in de samenleving gestimuleerd worden?
 - 049 Hoe blijven de beroepsbevolking en haar organisaties vitaal en veerkrachtig in het licht van de uitdagingen van de 21^{ste} eeuw?
 - 050 Wat is het geheim van veerkrachtige samenlevingen?
 - 051 Smart industry - Hoe maken we onze fabrieken slimmer?
 - 052 Hoe kunnen we een werkelijk circulaire economie realiseren en zo industriële productie van goederen minder afhankelijk maken van primaire grondstoffen?
 - 053 Wat zijn de kenmerken van een circulaire economie en hoe realiseren we deze?
 - 054 Hoe zorgen we ervoor dat de Nederlandse economie concurrerend blijft?
- Secure societies - protecting freedom and security of Europe and its citizens*
- 055 Hoe wapenen we ons tegen natuurrampen als aardbevingen, vulkaanuitbarstingen en overstromingen?
 - 056 Hoe kunnen vrede, veiligheid en coöperatie worden bevorderd – en bedreigingen geadresseerd - binnen en tussen nationale rechtsstaten en binnen en tussen groepen en samenlevingen?
 - 057 Kunnen we een balans vinden tussen informatievrijheid en privacy?
 - 058 Wat zijn de patronen en oorzaken van criminaliteit en hoe vallen deze te beïnvloeden?
 - 059 Hoe kunnen kinderen en adolescenten veilig en gezond opgroeien?
 - 060 Hoe garanderen we onze digitale veiligheid?

Culture and Identity

- 061 Zijn moderniteit en religie elkaars tegenpolen?
- 062 Hoe werkt wetenschap, wat is goede wetenschap en hoe kan beleid hierop inspelen?
- 063 Hoe objectief zijn canons?
- 064 Hoe ontwikkelen we nieuwe meetmethoden binnen de sociale wetenschappen?
- 065 Hoe zou het onderwijs van de toekomst eruit moeten zien?
- 066 Leidt kennis van materiaal tot een andere kijk op kunstwerken, materieel erfgoed, de gebouwde omgeving en hun behoud?
- 067 Wat betekent kunst voor mensen?
- 068 Hoe bevorderen en benutten we creativiteit en innovatie?
- 069 Wat zijn de oorzaken van taalvariatie en hoe komt het dat we elkaar ondanks verschillen toch verstaan?
- 070 Begrijpen van ons gedrag: waarom doen wij wat we doen, zijn we wat we zijn en welke factoren beïnvloeden ons gedrag?

ZIEKTEN EN GEZONDHEID

Health, demographic change and wellbeing

- 071 Wat is kwaliteit van leven?
- 072 Hoe bevorderen we gezondheid en voorkomen we ziekte via een gezond(e) leefstijl en gedrag?
- 073 Wat zijn de effecten van de voortschrijdende 24-uurseconomie op de gezondheid en het functioneren van mensen en hoe kan kennis over bioritmen de verhouding tussen mens en maatschappij verrijken?
- 074 Wat is de invloed van slaap op onze gezondheid?
- 075 Hoe kunnen we gezondheid door middel van sport, bewegen en voeding bevorderen en welke effecten brengt dit met zich mee?
- 076 Wat zijn de gevolgen van chronische aandoeningen, stress en handicaps en hoe kunnen mensen hier zo goed mogelijk mee omgaan?
- 077 Wat is de bijdrage van niet genetische factoren aan persoonlijke eigenschappen en ziekteprocessen?
- 078 Wat zijn de effecten van de gebouwde omgeving op gezondheid en welzijn?
- 079 Wat zijn de effecten van elektromagnetische velden afkomstig van bijvoorbeeld draadloze communicatie en hoogspanningsleidingen op mensen?
- 080 Kunnen we de factoren die een rol spelen bij het ontstaan en de instandhouding van onbegrepen langdurige lichamelijke klachten beter begrijpen en daardoor deze klachten beter behandelen?
- 081 Hoe gaat de kennis van genetica een rol spelen in het begrijpen van, screenen op en behandelen van (zeldzame) ziekten?
- 082 Hoe ontwikkelt het zenuwstelsel zich en hoe kunnen processen van degeneratie ervan worden tegengegaan?
- 083 Hoe ontstaan neurologische, psychiatrische en psychische aandoeningen en hoe kunnen we ze voorkomen, verzachten of verhelpen?

- 084 Hoe kunnen we het probleem van overgewicht en obesitas beter begrijpen en voorkomen?
- 085 Elke tumor is anders: hoe kunnen we de ziekte kanker goed genoeg begrijpen om een behandeling voor elke vorm ervan te kunnen ontwikkelen?
- 086 Darmziekten en in het bijzonder de relatie tussen onze darmflora en gezondheid: hoe kunnen we de darmflora effectief beïnvloeden?
- 087 Hoe ontstaan diabetes type 1 en 2 en hoe kunnen deze eerder worden opgespoord en vervolgens op individuele basis worden behandeld?
- 088 Hoe kunnen we hart- en vaatziekten (atherosclerose, hartfalen, hartritmestoornissen en trombose) op individueel niveau vroeg voorspellen, voorkomen en behandelen?
- 089 Hoe kunnen we longziekten beter begrijpen en behandelen?
- 090 Hoe ontstaan chronische nierziekten en hoe kunnen deze eerder opgespoord worden en vervolgens op individuele basis worden behandeld?
- 091 Zwangerschap, een kind baren en de overgang: kunnen we ze beter maken?
- 092 Kan er meer verbinding gemaakt worden tussen reguliere en complementaire zorg, uitmondend in integrale zorg, die rekening houdt met de grote diversiteit tussen patiënten?
- 093 Hoe kunnen innovatie, kwaliteit en toegankelijkheid van de geïnstitutionaliseerde en informele zorg bevorderd worden?
- 094 Hoe maken we de gezondheidszorg kwalitatief zo goed mogelijk, maar houden we het betaalbaar?
- 095 Hoe kan de gezondheidszorg, onder andere door gebruik te maken van biomarkers, meer gericht worden op de uniciteit van een persoon?
- 096 Hoe komen we aan een betere diagnostiek, betere behandelingen en betere vaccins voor afweerstoornissen en infectieziekten?
- 097 Hoe blijven we micro-organismen de baas in gezondheidszorg, veehouderij en milieu?
- 098 Hoe kunnen we doorbraken binnen het fundamenteel-biomedische onderzoek beter vertalen naar de ontwikkeling van nieuwe medicijnen?
- 099 Hoe kunnen we met behulp van een groter begrip van het leven, nieuwe targets identificeren voor moleculaire therapieën, antibiotica en antivirale middelen?
- 100 Hoe kunnen we met behulp van (stam)cellen en biomaterialen de vorming en herstel van weefsels en organen bevorderen?
- 101 Kunnen we modellen van het menselijk lichaam ontwerpen en slimme technologie gebruiken voor gezondheids-, voedings- en toxiciteitsonderzoek en daarmee tegelijkertijd het proefdiergebruik drastisch verminderen?
- 102 Hoe kunnen we nieuwe geneesmiddelen en -wijzen ontwikkelen om zo vitaal en gezond mogelijk te blijven?

- 103 Hoe kunnen we de mogelijkheden en grenzen van de medische vooruitgang begrijpen en beoordelen?
- 104 Hoe ontwikkelen we minimaal-invasieve technieken en interventies voor de diagnose, prognose en behandeling van patiënten?
- 105 Hoe kunnen big data en technologische innovatie (e-health) bijdragen in de zorg?

TECHNOLOGIE EN MAATSCHAPPIJ

Key enabling technologies

- 106 Hoe gaan de maak-, service- en onderhoudsindustrie transformeren en welke technologische vernieuwingen maken dit mogelijk?
- 107 Hoe kunnen we beter anticiperen op de invloed van nieuwe technologie op de mens en maatschappij, en de invloed van bestaande technologie beter begrijpen en beoordelen?
- 108 Welke sociale veranderingen als gevolg van technologische veranderingen zijn aanstaande en beïnvloeden onze welvaart?
- 109 Wat zijn de gevolgen van nieuwe technologieën en big data op de effectiviteit van bestuur en rechtstaat?
- 110 Wat is de invloed van oude en nieuwe media op individu en samenleving?
- 111 Gaat digitalisering ons ergoed redden?
- 112 Big data: kunnen we grote datasets en het verzamelen daarvan benutten voor het realiseren van waarden, het genereren van inzichten en het verkrijgen van antwoorden?
- 113 Kunnen we taaltechnologie ontwikkelen waarmee onze computers (smartphones, tablets) met ons kunnen communiceren?
- 114 Hoe kunnen we 'dingen' (hardware) altijd en overal met elkaar verbinden en de rekensnelheid van processoren verder verhogen bij een lager energieverbruik?
- 115 Hoe bouwen en onderhouden we software die morgen ook nog werkt?
- 116 Wat volgt op het elektronische siliciumtijdperk: "beyond Moore"?
- 117 Wat gaan de kwantumcomputer en het kwantuminternet voor ons betekenen?
- 118 Hoe kunnen we stabiele en selectieve katalysatoren maken die nodig zijn voor de transitie naar duurzame energie- en productiesystemen en een bio-based economy?
- 119 Hoe houden en maken we de lucht vrij van fijnstof, schadelijke gassen en ziekteverwekkers?
- 120 Kunnen we slimme materialen en constructies ontwerpen met nieuwe geavanceerde eigenschappen?
- 121 Kunnen we (bio-)elektronica ontwerpen die direct met ons lichaam communiceert, en materialen en technologie die lichaamsfuncties herstellen of ondersteunen?
- 122 Kunnen we een synthetische cel bouwen?
- 123 Hoe krijgen we grip op de onvoorspelbaarheid van complexe netwerken en chaotische systemen?

BOUWSTENEN VAN HET BESTAAN

Fundamentals of life and the universe

- 124 Hoe slaan we de brug tussen verschillende schalen bij het modelleren van dynamische systemen, zoals stromingen van en in vloeistoffen en gassen?
- 125 Welke symmetrieën schuilen er onder priemgetallen en hoe kan de wiskundige getaltheorie bijdragen aan natuurkundige theorievorming?
- 126 Welke rol speelt de kwantumfysica in macroscopische systemen en welke spectaculaire nieuwe verschijnselen en toepassingen worden daarmee mogelijk?
- 127 Wat zijn de oorsprong, geschiedenis en toekomst van het heelal?
- 128 Kennen we alle elementaire bouwstenen van materie?
- 129 Wat is de ware aard van zwaartekracht, ruimte en tijd en wat kun je bijvoorbeeld leren van zwarte gaten?
- 130 Wat is donkere materie en wat is donkere energie?
- 131 Hoe ontstaan en evolueren melkwegstelsels, sterren en planeten?
- 132 Hoe kunnen we met ruimtevaartuigen en telescopen meer begrijpen van het heelal en ons zonnestelsel exploreren?
- 133 Is er leven buiten de aarde?
- 134 Hoe is leven ontstaan en hoe werkt de evolutie?
- 135 Hoe kunnen we de eigenschappen, de functionaliteiten en het samenspel van moleculen in levende systemen beter begrijpen en zo bijvoorbeeld op leven geïnspireerde systemen ontwikkelen?
- 136 Cellen zijn de bouwstenen van het leven. Hoe werken ze en wat kunnen ze ons leren over levensprocessen?
- 137 Hoe ontwikkelt een bevruchte eicel zich tot een complex organisme met verschillende gespecialiseerde weefsels en organen?
- 138 Hoe en waarom doen dieren wat ze doen?
- 139 Hoe verwerkt en onthoudt ons brein informatie en wat is daarbij de rol van plasticiteit en netwerken op verschillende (microscopische en macroscopische) niveaus?
- 140 Wat kunnen we als mensen weten over onszelf, God en onze plaats in de kosmos, en in hoeverre kan de wetenschap die kennis leveren?