

Kennis- en Innovatieagenda 2018-2021

Maatschappelijke uitdagingen en
sleuteltechnologieën

Kennis- en Innovatieagenda 2018-2021

Maatschappelijke uitdagingen en
sleuteltechnologieën

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| Inleiding | 4 |
| MU 1. Energie en CO ₂ | 6 |
| MU 2. Landbouw en Voeding | 10 |
| MU 3. Gezondheid en zorg | 13 |
| MU 4. Klimaat en Water | 15 |
| MU 5. Circulaire Economie | 17 |
| MU 6. Mobiliteit en Transport | 20 |
| MU 7. De veilige samenleving | 23 |
| MU 8. Inclusieve en Innovatieve samenleving | 26 |
| ST A. Quantum- en Nanotechnologie | 29 |
| ST B. Geavanceerde Materialen | 32 |
| ST C. Geavanceerde Fabricagesystemen en -processen | 35 |
| ST D. Biotechnologie | 37 |
| ST E. Fotonica | 40 |
| ST F. Micro- en Nano-elektronica | 42 |
| ST G. ICT | 44 |
| ST H. Ruimteonderzoek | 47 |
| ST I. Meet- en Detectietechnologie | 50 |
| ST J. Elektrochemische Conversie en Materialen | 52 |

Inleiding

De topsectoren is gevraagd om voor 1 juli 2017 hun Kennis- en Innovatieagenda 2018-2021 op te stellen en deze vorm te geven langs maatschappelijke uitdagingen en sleuteltechnologieën. In deze agenda is vanuit de sectorale agenda's van de topsectoren de verbinding gelegd met departementale agenda's, de Nationale Wetenschapsagenda en Horizon 2020. De opbrengst hiervan treft u hierbij aan. Per maatschappelijke uitdaging (MU) en sleuteltechnologie (ST) zijn korte notities uitgewerkt, waarin de ambities op hoofdlijnen zijn weergegeven. Tabel 1 op de volgende pagina geeft een overzicht van welke topsectoren samenwerken aan welke maatschappelijke doelen en sleuteltechnologieën. Deze documenten tezamen vormen het vertrekpunt voor een verdere uitwerking van de onderzoeksprogrammering met departementen en kennisinstellingen. Tevens vormen deze korte notities de inhoudelijke basis voor het Kennis- en Innovatiecontract 2018-2019, waarin de verschillende partijen ook hun financiële commitment hebben aangegeven.

Tabel 1: Overzicht maatschappelijke uitdagingen en sleuteltechnologieën per topsector

| | | Topsectoren | | | | | | | | |
|----------------------------|--|-------------|--------|---------------------|---------|--|-----------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | Agri & Food | Chemie | Creatieve Industrie | Energie | High Tech Systemen en Materialen (incl. ICT) | Logistiek | Life Science & Health | Tuinbouw & Uitgangsmaterialen | Water & Maritiem |
| Maatschappelijke uitdaging | | | | | | | | | | |
| 1 | Energie en CO ₂ | X | X | X | X | X | X | | X | X |
| 2 | Landbouw en voeding | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 3 | Gezondheid en zorg | X | X | X | | X | X | X | X | |
| 4 | Klimaat en water | | | | X | X | X | | X | X |
| 5 | Circulaire economie | X | X | X | X | X | X | | X | X |
| 6 | Mobiliteit en Transport | X | X | X | X | X | X | | X | X |
| 7 | Veilige samenleving | | | X | | X | X | | | X |
| 8 | Inclusieve en innovatieve samenleving | X | | X | X | X | X | X | X | X |
| Sleuteltechnologie | | | | | | | | | | |
| 1 | Quantum/nanotechnologie | | | | | X | | | | |
| 2 | Geavanceerde materialen | X | X | | X | X | | X | X | X |
| 3 | Geavanceerde fabricagesystemen- en processen | X | X | | X | X | | | X | |
| 4 | Biotechnologie | X | X | | | X | | X | X | X |
| 5 | Fotonica | | | | | X | | | | |
| 6 | Micro- en nano-elektronica | | X | | X | X | | | | |
| 7 | ICT | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8 | Ruimtevaartonderzoek | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 9 | Meet- en detectietechnologie | X | X | | X | X | X | X | X | X |
| 10 | Elektronische conversie en materialen | | X | | X | X | | | X | X |

MU 1. Energie en CO₂



Relevantie

Klimaatverandering heeft een forse impact op ons en onze leefomgeving. Nederland heeft zich aan het Klimaatakkoord van Parijs gecommitteerd om de mondiale temperatuurstijging tot twee graden Celsius te beperken, en te streven naar anderhalve graad. De uitstoot van broeikasgassen, zoals CO₂, moet daarom drastisch omlaag en CO₂-emissies als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen moeten in 2050 (bijna) nul zijn. Deze opgave vraagt om een compleet ander energiesysteem dan we gewend zijn, namelijk een systeem met duurzame technologie en integratie van nu nog (deels) gescheiden sectoren zoals energie, industrie, bouw, ICT en mobiliteit en ook nieuwe spelers en gewijzigde rollen voor bestaande spelers, andere financieringsconstructies en business-modellen, nieuwe wetten en regels, een ander gebruik van onze ruimte en veel meer aandacht voor socio-economische en maatschappelijke aspecten. Deze energietransitie heeft een enorme impact op ons huidige systeem; de gebouwde omgeving, mobiliteit en de industrie zullen anders worden en er ontstaan nieuwe kansen voor innovatieve bedrijven die deze transitie kunnen en willen maken.

Op 7 december 2016 presenteerde het kabinet de Energieagenda waarin voor Nederland is beschreven wat de te maken keuzes en stappen kunnen zijn om een CO₂-arme energievoorziening in 2050 te bereiken. Per energiefunctie – hoge en lage temperatuur, warmte, mobiliteit, en kracht en licht – is een transitiepad richting 2050 geschetst met de bijbehorende beleidsinspanningen en innovatieopgaven. De transitiepaden worden dit jaar uitgewerkt in overleg met onder andere de Topsector Energie en ECN/TNO.

Nederland heeft een sterke kennisbasis en behoort in technologisch, maatschappelijk en economisch opzicht tot de mondiale kopgroep op het gebied van innovatie in energietransitie en CO₂-reductie. De energietransitie biedt grote kansen voor Nederlandse bedrijven op het internationale speelveld. Door internationalisering kunnen we onze kennis elders aanbieden en samenwerking zoeken die onze positie versterkt en nieuwe kennis meebrengt. Dat gebeurt op Europese schaal via ERA-netten en betrokkenheid bij de SET-plannen, en op wereldschaal via de IEA, Mission Innovation en de Clean Energy Ministerial.

Nederland is op energieonderzoekgebied internationaal toonaangevend.

De Nederlandse PV-sector heeft een vooraanstaande en concurrerende positie in de mondiale maakindustrie van zonnestroomsystemen en -componenten, specifiek voor geavanceerde PV-cellen en -panelen, productieprocessen en -apparatuur, materialen, PV-halffabricaten en -eindproducten.

Innovaties in offshore en maritieme technologie heeft Nederland in een sterke positie gebracht in de markt voor offshore windenergie. Nederlandse spelers zijn wereldwijd bij offshore-windprojecten betrokken.

Een intensivering van de innovatie-inspanningen is noodzakelijk om op langere termijn (2050) de energie- en klimaatdoelstellingen te kunnen realiseren en de concurrentiepositie van bedrijven te versterken. Deze intensivering vraagt om focus, grote investeringen en stimulerend beleid. Deze Kennis en Innovatie Agenda (KIA) 'Energietransitie en CO₂-reductie' met bijdragen van alle topsectoren geeft op hoofdlijnen de inhoudelijke focus voor het stimuleren van energie-innovatie. De KIA bouwt voort op de succesvolle programmalijnen van de innovatieagenda van de Topsector Energie (2016-2019). Deze KIA streeft ernaar optimaal aan te sluiten bij de transitiepaden van de Energie-agenda die dit jaar worden uitgewerkt. Deze agenda gebruikt de inzichten van de Nationale Wetenschapsagenda, primair de kennisvragen uit de route *energietransitie* en ook de blauwe route, circulaire economie, duurzame productie van voedsel en smart liveable cities. Voorts wordt bij de uitwerking van deze KIA aansluiting gezocht bij het rijksbrede programma Nederland Circulair 2050.

Prioriteiten

Deze KIA zet in op de volgende prioriteiten:

1. Kracht en licht: grootschalige productie van duurzame energie via offshore wind, zon-PV, energieopslag en -conversie, interconnectie, groot- en kleinschalige smart grids, (artificiële) fotosynthese voor energie, digitalisering, systeemintegratie, synergie met andere opwekkers en ruimtegebruikers, in het bijzonder op zee, elektriciteits- en flexibiliteitsmarkten, en de inpassing van elektrische voertuigen.
2. Hoge temperatuurwarmte: proces-efficiency (drogen, scheiden) en procesintensificatie, CCUS (afvang, opslag en hergebruik van CO₂), elektrochemische processen en elektrische warmtevoorziening, (warmtepompen), warmte/koudeopslag, circulariteit en industriële symbiose, bioraffinage, bioplastics, biomassaconversie en (ultra)diepe geothermie.
3. Lage temperatuurwarmte: zonnearmte, (ondiepe) geothermie, (hybride) warmtepompen, warmtekoude-opslag, lage temperatuur warmtenetten, isolatiematerialen, (artificiële) fotosynthese voor energie, groen gas via vergisting.
4. Mobiliteit: elektrisch vervoer, brandstoffen uit duurzame elektriciteit), (bio-)LNG, waterstof, vloeibare biobrandstoffen.
5. Natuur en voedsel: mestvergisting, WKO en warmte uit afvalwater.

Figuur 2 bevat alle onderwerpen, inclusief dwarsdoorsnijdende thema's, van deze KIA.

Cross-sectorale samenwerking

De KIA 'Energietransitie en CO₂-reductie' heeft raakvlakken met onderwerpen van vrijwel alle topsectoren (figuur 2). Deels zijn dat onderwerpen die in andere sectoren worden ontwikkeld, zoals fotonica, dat kan bijdragen aan energiebesparing bij datacenters. Topsector Water & Maritiem stimuleert de ontwikkeling van duurzame energie op zee, zoals zoet-zoutosmose en getijdenenergie en thermische energie uit oppervlaktewater. De kas als energiebron is een prioritair thema van de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Er bestaan ook verschillende samenwerkingsverbanden tussen topsectoren: het programma Elektrochemische Conversie en Materialen, waarin meerdere topsectoren samenwerken; R&D voor zonne-energie; de biobased economy (TS Agro & Food en TS Chemie), nieuwe functionele materialen (TS HTSM). TS Creatieve Industrie biedt kennis op het gebied van ontwerp en sociale acceptatie die in veel technologische ontwikkeling van belang zijn voor een succesvolle implementatie. Kennis van de TS Logistiek wordt gebruikt voor het inrichten van leveringsnetwerken voor nieuwe energiebronnen en herontwerp van de logistiek rondom voertuigen die op nieuwe energiebronnen rijden.

Implementatie

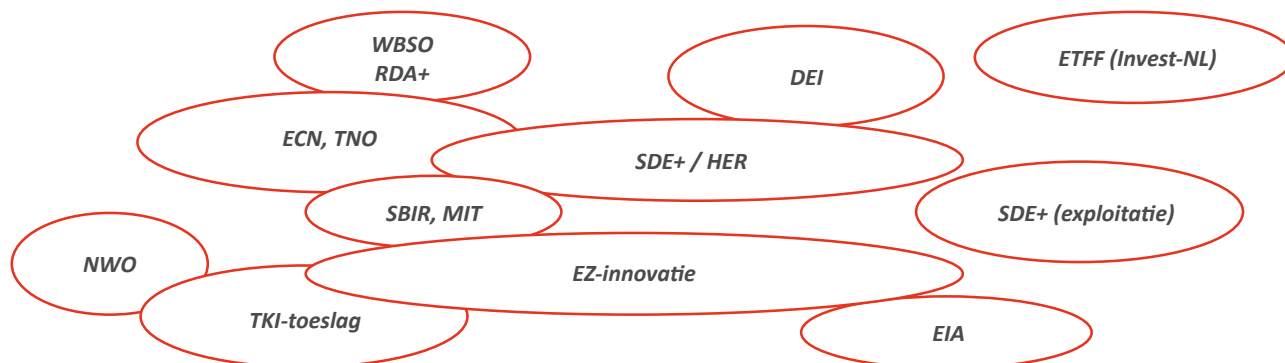
De publiek-private samenwerking in de topsectorenaanpak heeft geleid tot meer focus, een grotere financiële impuls voor innovatie en nieuwe innovatieve samenwerkingsverbanden. De bedrijven, kennisinstellingen en overheden die verbonden zijn aan de topsectoren leveren daarmee een belangrijke bijdrage aan een succesvolle energietransitie. Het continueren van deze publiek-private samenwerking en het doorontwikkelen van de topsectorenaanpak kan deze bijdrage verder vergroten.

Een onderdeel van het opzetten van de transitiepaden is de uitwerking van het instrumentarium voor innovatie. Van verschillende kanten is gepleit voor de mogelijkheid om meerjarige programma's te ondersteunen en meer innovatiemiddelen op de diverse TRL's in te zetten. Ook de governance van missie gedreven programma's vraagt om een nadere uitwerking hoe top-down een bepaalde 'missie' valt te matchen met bottom-up beschikbare technologieontwikkelingen waarmee maatschappelijke doelen gehaald kunnen worden.

Het innovatiebeleid richtte zich in het verleden vooral op 'technology push' (subsidies voor R&D). De Energieagenda vraagt aandacht voor de missie-gedreven aanpak, waarbij de koppeling met 'market pull' van belang is en die tot schaalbare en koppelbare (systeem) innovaties leidt. Het is van belang te onderkennen welk overheidsbeleid en welke instrumenten het beste bijdragen aan het maatschappelijk doel. Normering, CO₂-beprijzing, een goed fiscaal klimaat en financieringsinstrumenten voor hogere TRL's (zoals InvestNL) zijn krachtige instrumenten om kansrijke innovaties te implementeren. Een robuust innovatiesysteem vereist bovendien dat innovaties op alle TRL's worden gestimuleerd: van fundamenteel onderzoek, via R&D naar marktintroductie en brede implementatie. Het stimuleren van R&D in de lagere TRL's blijft noodzakelijk om ons op de langere termijn de kans te bieden de energietransitie op de meest (kosten)efficiënte wijze te realiseren. De noodzakelijke aanpassingen aan het energiesysteem zijn bovendien zo groot en hebben nu nog onzekere – en deels nog onbekende – gevolgen, dat alternatieven ontwikkeld moeten worden.

Innovatie voor een maatschappelijke uitdaging vergt expliciete aandacht voor sociale ontwikkelingen, ontwikkeling van human capital, innovatieve businessmodellen, systeemveranderingen en institutionele randvoorwaarden. Die aandacht maken het mogelijk dat nieuwe producten en diensten kunnen landen in de maatschappij. Trends en ontwikkelingen als digitalisering, circulaire economie, andere wijze van community vorming, waarden verandering, en dergelijke zijn onlosmakelijk met de transitie naar een CO₂-arme samenleving verbonden. Het moet slimmer, het kan slimmer! Figuur 1 biedt inzicht in het bestaande instrumentarium waar de diverse topsectoren gebruik van kunnen maken.

Instrumentenschema Energie Innovatie



| | Discovery | | | Development | | | Demonstration | | Deployment, exploitatie | | |
|------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|-----------|----------------|---------------|-------|-------------------------|-----|------------------|
| Beschikbaar budget in mln. € | NWO | ECN, TNO | TKI-toeslag | WBSO, RDA | SBIR, MIT | EZ innovatie * | SDE+ /HER | DEI** | SDE+ expl. | EIA | ETFF (Invest-NL) |
| 2013 | 20,75 | 17 + 6,85 | 14 | | 3,8 | 30 | 50 | 0 | 3.000 | 150 | |
| 2014 | 18 | 15,6 + 8,6 | 11,4 | | | 40,6 | 50 | 25 | 3.500 | 111 | |
| 2015 | 18 | 12,5 + 8,5 | 11,4 | | | 44,7 | 50 | 35,5 | 3.500 | 106 | |
| 2016 | 23 | 16,6 + 8,9 | 16,4 | | | 46,8 | 50 | 35,7 | 9.000 | 161 | |
| 2017 | 23 | 16,5 + 8,9 | 16,2 | | | 43 | 50 | 40 | 12.000 | 164 | 100 |
| 2018 + *** | | | | | | 43 | 50 | 40 | | | |

* Inclusief overplanning

** Inclusief uitvoeringskosten

*** budget voor 2018 en later is vooralsnog gelijk gesteld aan dat van 2017




















TOPSECTOR ENERGIE
Empowering the new economy

September 2017

Figuur 1

Programmatische verdeling over de vijf transitiepaden

| |  Lage temperatuurwarmte |  Hoge temperatuurwarmte |  Kracht en licht |  Mobiliteit |  Natuur en voedsel |
|---|--|---|---|--|--|
|  Urban Energy | Smart grids Elektrisch vervoer Warmtepompen Efficiënte (bio)HR ketels Waterstof in de GO WKO ZonPV Zonewarmte Isolatiemateriaal Geïntegreerde bouwdelen 12V AC in huis Warmtenetten | Smart grids Warmtenetten | Smart grids Waterstof in de GO WKO ZonPV Warmtenetten | Smart grids Elektrisch vervoer | Energie neutrale landbouwgebouwen WKO |
|  Biobased Economy | Biogas in het gasnet Biosolar cells Vergisting | Bioraffinage Bioplastics Conversie vaste biomassa Algen en wieren | Biosolar cells | Biofuels | Afvalwater verwerking Mestvergisting Warmte uit afvalwater Verwerken rioolslib |
|  Gas | Groengas Duurzame H ₂ Geothermie | Groengas Geo Energie Duurzame H ₂ CCUS | Groengas Upstream gas Duurzame H ₂ CCUS LNG | Groengas Duurzame H ₂ (bio)LNG | Biogas uit afvalwater en slib |
|  Wind op zee | Wind in de gebouwde omgeving | Power to products | Grootschalige productie van duurzame elektriciteit Opslag energie opslag & conversie Offshore interconnectie Large Scale Smart Grids Synergie met andere opwekkers | Wind fuels | Offshore farming Windenergie op land |
|  Energie en industrie | Warmtenetten | Warmtepompen Duurzame H ₂ CCUS Elektrificering Proceswarmte Reststoffen delen Warmtenetten | Duurzame en CO ₂ neutrale opslag en regelbare back-up capaciteit | | Verwerking digestaat voor Chemie |
|  Topsector Chemie | Elektrochemische conversie | Elektrochemische conversie Biochemie | Elektrochemische conversie | Elektrochemische conversie | |
|  Topsector Water | | | Zoet/zoutomose Stromings-, getijde- en golffenergie Scheepsbouw Grootschalige energieopslag op zee Drijvende fundaties | Elektrochemische conversie | Grondwater, waterzuivering |
|  Holland High Tech Topsector High Tech Systemen & Materialen | Materialen ICT | Materialen ICT | Materialen Nanotechnologie Composieten ICT | Materialen Automotive | Landbouwwerktuigen |
|  Topsector Creatieve industrie | Design thinking | Design thinking Serious gaming | Design thinking Serious gaming | Design thinking | |
|  Topsector Logistiek | | | Service en Maintenance logistiek Samenwerking met andere Noordzeegebruikers | Efficiënt en duurzaam | Voedseltransport, koeling en opslag |
|  Topsector Agri & Food | Energie neutrale stal | Biomaterialen (bosbouw, algen, wieren, e.d.) | Off shore farming met offshore wind energie | | Aquacultuur Zeevicultuur Oesterteelt Viskweek |
|  TOPSECTOR LIFE SCIENCE & HEALTH | Kas als energiebron Restwarmte | | | | |
|  Topsector Life Science & Health | Domotica | | | | |
|  Ministerie van Economische Zaken | | X | X | | X |
|  Ministerie van Infrastructuur & Milieu | | | X | X | X |
|  Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties | X | | | | |

- Deze tabel toont, vanuit een programmatische perspectief, de indicatieve zwaartepunten van de programmalijnen bij de vijf transitiepaden. In werkelijkheid zijn deze meer vervlochten dan hier weergegeven, van daar dat hier gesproken wordt van indicatieve zwaartepunten.
- Duurzame elektriciteitsproductie wordt alleen aan Kracht en Licht toegeschreven; met duurzame elektriciteit kun je ook andere energiefuncties bedienen

Figuur 2

MU 2. Landbouw en Voeding



Relevantie

Onze wereld staat voor enorme uitdagingen. In één generatie groeit de wereldbevolking naar verwachting met ruim twee miljard mensen¹. Daarnaast lijden vandaag de dag 800 miljoen² mensen aan chronische honger of gebrek aan goed voedsel. Er is daarom **méér voedsel nodig**. Ook de **vraag naar voedsel verandert**. Door de stijgende welvaart gaan mensen meer en anders consumeren. Een groeiend aandeel van de bevolking heeft gezondheidsproblemen als gevolg van een té eenzijdig dieet (obesitas, diabetes). Steeds vaker kiezen consumenten ook bewust voor gezonder en duurzaam voedsel en is de aandacht voor de ecologische houdbaarheid van ons voedselsysteem groot. Mensen gaan **in toenemende mate in steden** wonen. In 2030 woont 54% procent van de wereldbevolking in steden, in 2050 is dat opgelopen tot 66%³. Tegelijkertijd is de land- en tuinbouw en voedselproductie zoals die heden plaatsvindt **niet duurzaam genoeg**. Ze draagt bij aan klimaatverandering, maakt gebruik van eindige grondstoffen en leidt tot fors verlies aan biodiversiteit.

Betekenis voor Nederland

Het agro & tuinbouw & food complex is van grote economische en maatschappelijke betekenis voor Nederland. De toegevoegde waarde van het complex is 9% van het bruto binnenlands product. De sectoren leveren met 10,6% een belangrijke bijdrage aan de werkgelegenheid en zijn verantwoordelijk voor ongeveer 55% van het positieve handels-saldo van Nederland. De internationale markt is hierbij een pilaar voor de versterking van het verdienvermogen van de sectoren.

Het oplossen van deze grote uitdagingen zijn een kans en missie voor de Nederlandse topsectoren op gebied van land-, tuinbouw en voedsel. De topsectoren Agri&Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen zijn **internationaal marktleider**, en genieten groot internationaal aanzien gebaseerd op een excellerende veredelingssector voor planten en dieren, een sterk innovatieve primaire sector, efficiënte logistiek en verwerking en een uitstekende toeleverende industrie. De succesformule van Publiek Private Samenwerking in de 'gouden driehoek' van overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen, is ontstaan in deze twee topsectoren,

¹ Voortgang Voedselagenda voor veilig, gezond en duurzaam voedsel. Ministerie van Economische Zaken, 2016.

² Sustainable Development Goal 2, United Nations

³ <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

en heeft er tevens toe geleid dat de betrokken kennisinstellingen mondiaal nummer 1 staan in excellente wetenschap⁴.

Mondiale kwetsbaarheid

De wereldwijde CO₂-uitstoot neemt tussen 2000 en 2030 met ruim 44 procent toe. De landbouw levert hieraan een relatief grote bijdrage. Als gevolg van de klimaatverandering is er verlies van vruchtbare grond, sprake van verzilting en neemt de opbrengst van gewassen af.

De mondiale maatschappelijke uitdagingen zijn de komende jaren leidend voor de ontwikkelingen van de topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen: oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen zijn de kansen om het economisch verdienvermogen te versterken. De beide topsectoren dragen daarmee bij aan een ecologisch houdbaar en robuuste landbouw- en voedsel productiesysteem dat voorziet in voldoende, gezond en maatschappelijk geaccepteerd voedsel, bereikbaar voor iedereen. Tevens draagt deze bij aan een groene omgeving voor gezondheid en welbevinden.

Programma: nieuwe uitdagingen en toepassingen

Alle veranderingen die op ons afkomen - bevolkingsgroei en vergrijzing, verstedelijking, economische en sociale ongelijkheid en klimaatverandering - hebben één ding gemeen: oplossingen zullen meer doelen tegelijk moeten dienen om de omslagen die nodig zijn te realiseren. Samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden in de topsectoren is noodzakelijk om efficiënt doorbraken te realiseren.

De topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen hebben de ambitie **wereldleider te zijn in duurzame oplossingen voor mondiale maatschappelijke uitdagingen** op gebied van landbouw en voedsel en daarmee concurrerende en economisch vitale sectoren te blijven die krachtige pijlers zijn voor inkomen en werkgelegenheid in Nederland.

⁴ International comparative benchmark of Dutch research performance in TKI themes. Elsevier for the Netherlands Enterprise Agency, December 2014.

Er zal gezamenlijk worden ingezet op de volgende innovatiethema's:

1. **Duurzame plantaardige-, dierlijke- en aquatische productie:** resistent en stressbestendig uitgangsmateriaal, ecologisch houdbaar, gezonde bodem, plant- en diergezondheid, optimaal dierenwelzijn, biodivers, eiwittransitie;
2. **Circulaire systemen:** klimaatneutraal, energieneutraal, water efficiënt, verwaarden mest, (nieuwe) groene grondstoffen, schoon en efficiënt transport, vermindering voedselverspilling, duurzame verpakkingen;
3. **Gezond en veilig:** gezonde en veilige producten, gezonde leefstijl, gezonde, groene (stedelijke) omgeving, vermindering antibiotica gebruik, beheersing zoönosen;
4. **Slimme technologie:** ICT/big data, robots, sensoren, innovatieve materialen en andere technologie die bijdraagt aan robuust, klimaatslim, circulair produceren en meer gezondheid;
5. **Consument en maatschappij:** aankoop en consumptie van duurzame, veilige en gezonde producten, maatschappelijk draagvlak, informatie en transparantie, eerlijke prijs, consumentenvertrouwen.

Een directe investeringsimpuls in deze thema's en een investering in de 8 Gamechangers van de route "Duurzame productie van gezond en veilig voedsel (4)" van de Nationale Wetenschapsagenda draagt bij aan het realiseren van de genoemde ambities. Voor deze route zijn de topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen primair verantwoordelijk en dit is verwerkt in de gekozen innovatiethema's. Waar mogelijk wordt aansluiting gezocht met andere topsectoren.

Daarnaast liggen er connecties met de NWA routes: Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie (3); Energietransitie (5); Gezondheids-onderzoek, preventie en behandeling (6); Kwaliteit van de omgeving (9); Logistiek en transport (11); Materialen (12); Meten en detecteren (13); NeuroLab NL (14); *Personalized medicine & health*, uitgaan van het individu (17); *Smart industry* (20); *Smart Liveable Cities* (21); SDG's voor inclusieve mondiale ontwikkeling (23); Waardecreatie via Big Data (25).

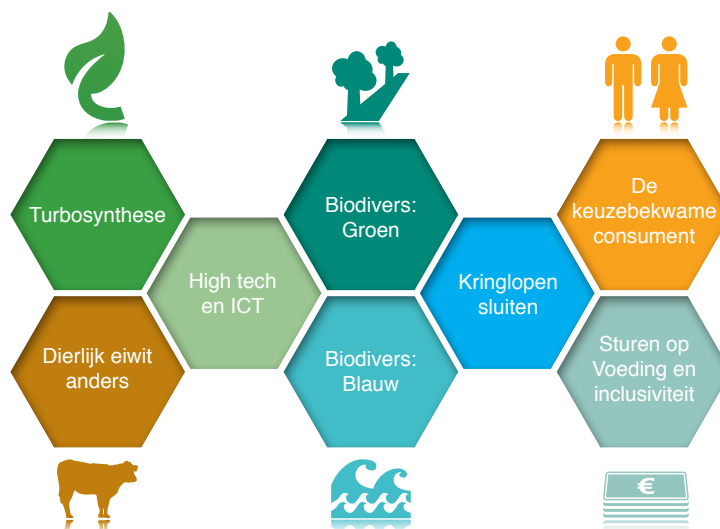
De agenda voor de maatschappelijke uitdaging Landbouw en Voedsel sluit volledig aan op de departementale agenda's: Voedselagenda, Agenda Circulaire economie en de Energietransitie. Onder de noemer NL Next Level hebben ondernemingsorganisaties VNO-NCW, MKB-Nederland en LTO Nederland een toekomstvisie en investeringsagenda gepresenteerd, waarvan drie investeringsagenda's goed aansluiten: *Healthy Plants*, *Healthy Planet*; Mest: een gouden, groene grondstof; *Smart Agri – Horti – Food Ketten* (digitalisering).

Op Europees niveau is er een goede aansluiting bij de ambities zoals ze zijn geformuleerd in EU Food 2030, EU Agricultural Research & Innovation, EU *Biodiversity Strategy*, 10 prioriteiten EU commissie (Juncker). Op internationaal niveau wordt tevens de aansluiting gevonden bij de volgende *Sustainable Development Goals*: Armoede, Honger, Inclusieve, economische groei, Werkgelegenheid, Steden leefbaar, Duurzame consumptie en productie, Klimaatverandering, Beschermen biodiversiteit.

Implementatie

Wereldwijd wordt Nederland gezien als hét voorbeeld van Kennis en Innovatie op het gebied van land- en tuinbouwproductie, uitgangsmaterialen en voeding. Samen met andere topsectoren kan Nederland als geen ander aan bovenstaande maatschappelijke uitdagingen werken. Nederland is dé ideale proeftuin om als voorloper nieuwe oplossingen te genereren en exporteren aangepast aan lokale klimaat- en marktomstandigheden.

De publiek private samenwerking in de topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen heeft de afgelopen jaren al een grote bijdrage geleverd aan de aanpak van de maatschappelijke uitdagingen. Daarbij zijn diverse crossovers tot stand gebracht, zoals op de gebieden van Biobased Economy, Bodem, Plantgezondheid en High Tech to Feed the World. Voor de periode 2018 – 2021 is de inzet van de beide topsectoren om nog meer focus



aan te brengen op de geschetste thematische hoofdprioriteiten, PPS-en te clusteren, de samenwerking met andere topsectoren te vergroten en tevens een betere aansluiting te realiseren op de actuele ontwikkelingen in beleid en politiek, zoals de Nationale Wetenschapsagenda, de benoemde departementale agenda's en NL Next Level. Dit is vormgegeven in de vernieuwde Kennis- en Innovatieagenda's 2018 – 2021 van de topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen.

Verbindingen met andere Topsectoren zijn voorzien op de volgende onderwerpen:

- **HTSM/ICT:** *High Tech to Feed the World* (HT2FtW) verbindt de topsectoren HTSM/ICT, A&F en T&U. HT2FtW vervlecht de toepassingsgebieden veredeling, tuinbouw, akkerbouw, dierlijke productie, ingrediënten, *personalized nutrition* en verwerking - en logistiek van (verse) producten met hightech sensortechnologie en *vision*, ICT en big data, automatisering & robotisering, *smart materials* en procestechnologie als *enablers* voor maatschappelijke uitdagingen op het terrein van Landbouw en Voedsel en Biotechnologie.
- **LSH:** Om de maatschappelijke en economische potentie van voeding en het leefklimaat voor gezondheid van mens en dier te effectueren, werken Creatief, A&F, T&U en LSH samen voor een persoonlijk productaanbod, -vraag en -gebruik door consumenten van jong tot oud en een gezondheid bevorderende omgeving. Hiervoor zijn *cross-omics* technologieën en ICT essentieel, naast een groene, activerende omgeving. Dit geldt ook voor *One Health* en voedselveiligheid.
- **Chemie/Biobased:** De innovatieopgave van een circulaire en biobased economie betreft de ontwikkeling van technologie en productieprocessen voor 'groene' grond- en inhoud stoffen, verbeterde bioraffinage processen (totale verwaarding) en precisielandbouw. Daarnaast besteedt Chemie aandacht aan het begrijpen van de verwerking, het monitoren en het verbeteren van voedsel(zekerheid).
- **Energie:** Voor de realisatie van een klimaatneutrale glastuinbouw (Kas als Energiebron) en veehouderij (Energie neutrale stal) liggen er belangrijke crossovers met TKI-Urban Energy, TKI-gas en TKI Energie & Industrie op het terrein van warmtevraagstukken (w.o. geothermie, gebruik restwarmte), reductie broeikasgasemissies, CO₂ uit duurzame bronnen, *smart grids*, *smart materials* en *smart logistics* (*controlled freight*), bio-energie.
- **Water & Maritiem:** Voor schoon water en efficiënt watergebruik is het van groot belang dat innovatieve TKI watertechnologie wordt ingezet ten behoeve van duurzaam water(her)gebruik en emissiebeperking in de land- en tuinbouw. Op het gebied van waterverdelingsvraagstukken zijn verbindingen mogelijk met het TKI Deltatechnologie. Met het TKI Maritiem zijn er raakvlakken bij zeewierkweek en aquacultuur.
- **Logistiek:** Vanwege een toenemende consumentenvraag naar home delivery en de problematiek van voedselverspilling is het van groot belang dat door TKI's A&F en T&U samen met TKI Logistiek nieuwe agrologistieke ketens ontwikkeld worden voor effectieve export, circulaire netwerken, *the last mile distribution* en kwaliteitsmanagement van (verse) voedingsproducten, mede vanwege de groeiende vraag naar lokaal geproduceerde producten en gewenste, jaarrond beschikbaarheid van exotische producten. In Nederland is de land- en tuinbouwsector verantwoordelijk voor ca. 1/3 van alle transportbewegingen.
- **Creatief:** Een gezond en duurzaam keuzegedrag van consumenten is voor veel topsectoren essentieel om maatschappelijke uitdagingen te kunnen realiseren. Hoe de keuzebekwaamheid van consumenten kan worden versterkt is een complexe uitdaging waar de A&F en T&U hun krachten kunnen bundelen samen met Creatief, LSH en Energie. Een 2^e belangrijk thema betreft de sterkte van TKI Creatief op het gebied van *design* (w.o. groene architectuur).

De gestelde veranderopgaven betreft geen 'business as usual'. Om op een duurzame wijze de groeiende wereldbevolking te voorzien van betaalbare, gezonde en veilige producten is een grensverleggende systeemverandering nodig met nieuwe basisprincipes en waarin de consument een volwaardige rol speelt. Er zijn extra investeringsimpulsen nodig om deze transitie mogelijk te maken. De insteek is om daarbij een belangrijk deel van de extra investeringen specifiek te richten op versterking van de crossovers gericht op de maatschappelijke uitdaging Landbouw en Voedsel.

MU 3. Gezondheid en zorg

1 Relevantie

Vitaal functionerende burgers dragen bij aan het welzijn en de productiviteit van Nederland en stimuleren de economie. Nu is onze bevolking relatief welvarend en gezond, en onze gezondheidszorg van hoog niveau⁵, maar wat goed is kan altijd beter. Dat moet ook wel, want onze zorgvraag stijgt snel, door onze 'suboptimale' leefstijl en doordat we allemaal ouder worden met meerdere chronische ziekten. De betaalbaarheid van de zorg staat hierdoor toenemend onder druk, hetgeen vooral mensen met een lage sociaal economische status treft. Ziekten nog beter voorkomen en genezen is dan ook het devies en dat vereist interdisciplinaire samenwerking aan technologische vooruitgang en sociale innovatie ten behoeve van gezondheidszorgdoorbraken. De *Topsector Life Sciences & Health* (LSH) werkt aan innovatieve producten en diensten voor preventie en zorg, zoals vroegherkenning van gezondheidsrisico's, een gezonde leefstijl en leefomgeving, genezing van zieke organen (*regeneratieve geneeskunde*), nieuwe thuiszorgconcepten en -technologie (*eHealth*) voor ouderen en mensen met chronische aandoeningen⁶, tot en met kennis om epidemieën bij mensen en dieren te voorkomen (*One Health*), nationaal en internationaal (*Global Health*). Meer beslissende doorbraken voor *Gezondheid en zorg* zijn te verwachten wanneer ook andere Topsectoren en sleuteltechnologieën meer nog dan voorheen hun inzet en revenuen combineren met die van de LSH.

2 Programma

De gezondheidszorg van de toekomst draagt zorg voor *vitaal functionerende burgers in een gezonde economie*. Die gezondheidszorg voorspelt vroegtijdig risico's (*predictief*) om burgers *persoonlijk* te helpen om naar vermogen hun gezondheid zelf extramuraal te managen (*participatief*) en zodoende ziekte en gebrek zo mogelijk te voorkomen (*preventief*) en waar nodig te genezen (*curatief*), om naar believen mee te blijven doen in de samenleving. Dergelijke preventie en zorg vinden zo veel als mogelijk plaats in de eigen leefomgeving⁷ en dragen enerzijds bij aan een verdere stijging van de levensverwachting en vermindering van ziektelast en zijn en blijven anderzijds betaalbaar, toegankelijk en van hoge kwaliteit.

In 2016 investeerden we 730 M€ in LSH onderzoek en -innovatie, hetgeen resulteerde in een toegevoegde economische waarde van 3.300 M€, via werkgelegenheid (54.000 fte verdeeld over 2.900

bedrijven), buitenlandse investeringen en export (5.600 M€)⁸. Maar ook dit kan beter. Het is immers bekend dat gezondheidsinnovaties maar moeizaam geïmplementeerd en gebruikt worden door professionals en patiënten. Daardoor renderen LSH-investeringen maatschappelijk en economisch nog niet optimaal en is er dus nog ruimte voor verbetering. In Nederland, maar ook zeker internationaal. Onze sterke gezondheidszorgreputatie en onze excellente wetenschap en betrokkenheid van het bedrijfsleven in de Topsector LSH en haar infrastructuur⁹ bieden ons via internationale samenwerking en export van preventie- en zorginnovaties kansen voor een stevig verdienmodel voor de BV Nederland in een gezondheidszorgmarkt die wereldwijd jaarlijks naar schatting 6.5-7.0 biljoen \$ omvat¹⁰.

Binnen de LSH geleide coalitie voor de maatschappelijke uitdaging *Gezondheid en Zorg* werken de Ministeries van *Economische Zaken, Onderwijs, Wetenschap en Cultuur* en, uiteraard, *Volksgezondheid, Welzijn en Sport* en ook *Sociale Zaken en Werkgelegenheid* nauw samen. Vanuit LSH wordt nauw samengewerkt met vele partijen aan de door NFU en ZonMw gecoördineerde de routes uit de Nationale Wetenschapsagenda die voor deze maatschappelijke uitdaging van belang zijn: "Gezondheidsonderzoek, preventie en behandeling", "Personalised medicine: uitgaan van het individu", "Regeneratieve geneeskunde: gamechanger op weg naar toepassing", en is betrokkenheid bij de routes "NeuroLabNL: de werkplaats voor hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek" en "Sport en Bewegen". De coalitie bestaat verder uit de Topsectoren *Agri&Food, Chemie, Creatieve Industrie, High Tech Systems and Materials, Logistiek en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen* en met de sleuteltechnologieën *Biotechnologie, Fotonica, Geavanceerde Materialen*¹¹, *Nanotechnologie, Meet- en detectietechnologie* en *ICT*.

3 Implementatie

Samenwerking tussen burgers, onderzoekers, overheid en ondernemers (de *quadruple helix*) en tussen disciplines en instituten is *conditio sine qua non* voor de Gezondheidszorg van de toekomst. In de

⁵ http://www.healthpowerhouse.com/files/EHCI_2016/EHCI_2016_report.pdf en http://www.thelancet.com/cms/attachment/2094714513/2077254606/gr2a_lrg.jpg

⁶ <http://www.parkinsonnet.nl/>, <https://www.claudicationet.nl/home/> en <http://www.buurtzorgnederland.com/>

⁷ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27546358> en https://www.tno.nl/media/2114/tno_innoveren_voor_gezondheid.pdf

⁸ <https://www.topsectoren.nl/binaries/topsectoren/documenten/publicaties/rapport-grondstoffenefficiëntie-lei-wur/november-2016/30-11-16/rapportage-bedrijvenbeleid-engels/Rapportage+Bedrijvenbeleid+2016+ENG.pdf> en <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/jaarverslagen/2017/01/30/resultaten-nfia-2016/Resultaten+Nfia+2016.pdf>

⁹ <https://www.tno.nl/nl/samenwerken/expertise/earth-life-social-sciences/strategy-policy/portfolioanalyse-kansrijke-innovatieopgaven-voor-nederland/> en <http://www.poweredbytwente.nl/wp-content/uploads/2016/10/Prospectus.pdf>

¹⁰ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs319/en/> en <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Life-Sciences-Health-Care/gx-lshc-2017-life-sciences-outlook.pdf>

¹¹ <https://www.nwo.nl/binaries/content/documents/nwo/algemeen/over-nwo/publicaties/items/cw/dutch-materials/Dutch+Materials+final+version+1-12-2015-pdf.pdf>

afgelopen jaren zijn hiertoe reeds Publiek-Private Partnerschappen (PPPs) voor fundamenteel, experimenteel en industrieel LSH-onderzoek ontwikkeld¹². Zo zijn nationale PPPs ontstaan die werken aan het voorkomen en genezen van hart- en vaat-ziekten¹³ en dementie¹⁴, en van kanker en van diabetes, artrose en nierfalen in respectievelijk *Onco Institute*¹⁵ en het Nederlands-Vlaamse *Regenerative Medicine Crossing Borders* (RegMedXB)¹⁶. Samen met collega-Topsectoren wordt ook in PPPs gewerkt aan nieuwe medicijnen¹⁷, het groeiende probleem van de antimicrobiële resistentie¹⁸, de behoefte aan nieuwe medische technologie¹⁹ en zorg-ICT, artificiële intelligentie en beslisondersteuning, connectiviteit en een nationale personalised medicine en zorg onderzoeks-infrastructuur (Health-RI)²⁰.

Aan de groei van de bedrijventerreinen rond de Universitaire Medische Centra en de Technische universiteiten is de economische impact van deze PPPs goed te zien. Om het maatschappelijk en economisch rendement van de investeringen in deze PPPs verder te vergroten, is een verbetering van de technologie-transfer naar maatschappij en gezondheidszorg noodzakelijk: valorisatie en implementatie van zorginnovaties zijn immers geen sinecure gebleken. Hiertoe worden eindgebruikers via gezondheidsfondsen²¹, patiënten²², (toekomstige) zorgprofessionals²³ en ondernemers²⁴ nauw betrokken bij de keuzes van de PPPs: welke preventie- en zorginnovaties achten de eindgebruikers van belang, thuis en in scholen, op het werk en in de zorg? Gezamenlijke keuzes moeten leiden tot wenselijke innovaties, die zich gemakkelijker dan voorheen laten valoriseren en implementeren, daarbij ondersteund door de lectoren (HBO) en practoren (MBO), de Human Capital Agenda LSH, *Technology Transfer Offices*, door Valorisatieopleidingstrajecten²⁵ en door convenantafspraken tussen overheid, beleidsmakers en financiers in de vorm van *Health Deals*²⁶. Langs deze weg moet ook het perspectief van het MKB verder verbeteren. Innovatie en valorisatie van zorginnovaties zijn uiteraard groot goed, maar dragen het risico in zich van zorgkosten-

oprijving en bedreigen dus de betaalbaarheid van onze gezondheidszorg. Om dit voor te zijn ontwikkelt LSH een PPP met gezondheidseconomen dat zich via zogeheten (*early*) *Health Technology Assessment* in wetenschappelijke en economische zin richt op de betaalbaarheid van zorginnovaties en van het gezondheidszorgsysteem (*Value Based Healthcare*²⁷). In de strategieperiode 2018-2021 faciliteert de LSH-coalitie de reeds genoemde PPPs om hun succes voort te zetten, ook internationaal via *Horizon 2020*²⁸ voor de wetenschap en via het *EIT Health*²⁹ voor de valorisatie. Via de *Task Force Health Care*, het *World Economic Forum*, het *internationale netwerk van innovatie attachés* en het *Netherlands Foreign Investment Agency* poogt LSH de export en buitenlandse investeringen van Nederlandse LSH³⁰ te verruimen ten opzichte van de voorbije jaren.

De recente LSH-successen enthousiasmeren om de PPPs door te ontwikkelen en de economie verder aan te jagen. Behoud van gezondheid en vitaal functioneren in de eigen leefomgeving en, wanneer onvermijdelijk, maximaal zorgeffect vormen daarbij de inzet. Een inzet waarbij de baten voor individuen en samenleving de kosten overvleugelen. Recente successen smaken naar meer, meer interdisciplinaire samenwerking en gecontroleerde groei – nationaal en via export ook internationaal. Het vertrouwen is er. Het bewijs daarvan moet zich de komende jaren verder verzilveren.

Naast het doorontwikkelen van de bestaande PPPs, is de LSH geleide coalitie graag bereid te overwegen nieuwe, bij voorkeur ook op preventie gerichte PPPs in hun ontwikkeling te steunen. Om focus te behouden gaat LSH daarbij selectief te werk. Nieuwe PPPs worden beoordeeld op hun relevantie voor de maatschappelijke uitdagingen, alsmede hun wetenschappelijke excellentie en economisch potentieel, inclusief hun technologie transfer voor implementatie en valorisatie. Ook PPPs gericht op ouderen³¹, longziekten³², en mentale- en hersenaandoeningen en op de ontwikkeling van thuiszorg zijn in dat kader in beginsel interessant, naast vele andere die zich recent aandienden.

4 Beheer en communicatie (inclusief contactpersoon)

De Maatschappelijke uitdaging “Gezondheid en Zorg” wordt beheerd door de Topsector LSH, in het bijzonder het waarnemend LSH-Boegbeeld Hans Schikan en Topteam, en contactpersoon is Nico van Meeteren, Directeur van het TKI-bureau van de Topsector LSH. De communicatie van de Topsector verloopt via de website van **Health - Holland**³³, de merknaam van de Topsector LSH.

¹² <https://www.nwo.nl/en/research-and-results/programmes/building+blocks+of+life>

¹³ <https://www.hartstichting.nl/wetenschappers/cvon> en <https://deltaplantdementie.nl/nl>

¹⁴ <https://www.zonmw.nl/nl/over-zonmw/ehealth-en-ict-in-de-zorg/programmas/programma-detail/memorabel/>

¹⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/besluiten/2014/09/03/subsidieverlening-inzake-nederlands-oncologie-centrum>

¹⁶ <https://www.regmedxb.com/>

¹⁷ <https://www.europeanleadfactory.eu/>

¹⁸ <http://ncoh.nl/> en <http://nadp.nl/>

¹⁹ <http://www.imdi.nl/>

²⁰ https://www.knaw.nl/shared/resources/adviezen/bestanden/KNAWAgendaHealth_RI.pdf, <https://www.dtls.nl/fair-data/fair-dict/> en <https://www.dtls.nl/go-fair/>

²¹ <http://www.gezondheidsfondsen.nl/>

²² <https://www.patiëntenfederatie.nl/>

²³ <https://zorgpact.nl/> en https://www.health-holland.com/public/downloads/useful-documents/human-capital-agenda-topsector-life-sciences-and-health-2016_.pdf

²⁴ <https://www.hollandbio.nl/> en <https://www.fme.nl/nl>

²⁵ <http://www.lifesciencesatwork.nl/>

²⁶ <http://www.rvo.nl/onderwerpen/innovatief-ondernemen/research-development/health-deals>

²⁷ <http://www.isc.hbs.edu/health-care/vbhcd/Pages/default.aspx>

²⁸ <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>

²⁹ <https://eit.europa.eu/eit-community/eit-health>

³⁰ <http://www.rvo.nl/>, <https://www.rijksoverheid.nl/contact/contactgids/netherlands-foreign-investment-agency> en <https://www.tfhc.nl/>

³¹ <http://www.nvvo.nl/nvvo.nl/over-nvvo-2/>

³² <http://www.nationaalprogrammaalongonderzoek.nl/>

³³ <https://www.health-holland.com/portal>

MU 4. Klimaat en Water

Water en klimaat als maatschappelijke uitdaging

Samenlevingen over de hele wereld krijgen al in de komende jaren te maken met de gevolgen van de opwarming van de aarde. Naast inspanningen om verdere toekomstige opwarming tegen te gaan (*mitigatie*), zien we dat veranderende weerpatronen in combinatie met zeespiegel en bodemdaling ervoor zorgen dat samenlevingen zich nu al moeten aanpassen aan klimaatverandering (*adaptatie*).

Deze aanpassing moet tijdig en slim worden ingezet om de risico's op natuurrampen, sociale en economische schade en politieke spanningen te beperken.

In de hele wereld zijn landen en organisaties inmiddels op zoek naar kennis en begeleiding voor klimaatadaptatie. Nederland staat wereldwijd hoog aangeschreven als het gaat om het samenbrengen van kennis en kunde op dit gebied. Vanuit een roemrijke geschiedenis van leven met water, is in Nederland een ijzersterk cluster ontstaan van overheden, kennisinstellingen en bedrijven die aangetoond hebben effectief te kunnen samenwerken om wateruitdagingen tijdig het hoofd te bieden.

Voor in- en uitgaande missies, staat het vraagstuk van klimaatadaptatie dan ook vaak prominent op de agenda. Een bezoek aan in Nederland gerealiseerde oplossingen en onze water gerelateerde kennisinstellingen, bedrijven en overheden heeft een grote aantrekkingskracht. De sterke reputatie van Nederland wordt nog eens bevestigd door de keuze van de Verenigde Naties om haar Global Centre of Excellence on Climate Adaptation in Nederland te vestigen.

De ambitie voor Nederland moet zijn om samenlevingen wereldwijd te helpen zich tijdig aan te passen aan de nieuwe omstandigheden. Hierbij moet zowel oog zijn voor het beperken van risico's, als versterken van de verdienkracht en welvaart van deze samenlevingen in de nieuwe situatie. Dit vereist maatwerk waarbij de oplossingen enerzijds moeten passen in het lokale ecosysteem, maar anderzijds ook gedragen moeten kunnen worden door de lokale governancestructuur en economie. Alleen zo kan een duurzame nieuwe situatie ontstaan. Dit is een ambitie die duidelijk verder gaat dan de optelsom van individuele projecten waar Nederlandse instellingen in het verleden al bij betrokken waren.

Publiek private samenwerking voor effectieve oplossingen

Nederlandse wetenschappers, ondernemers en beleidsmakers werken al jaren nauw samen in de gouden driehoek, en vaak vierhoek (NGO's), om de innovaties te ontwikkelen die wij in Nederland nodig hebben om de best beschermde delta ter wereld te worden en te blijven. Het werken in de gouden driehoek is een belangrijke voorwaarde voor de ontwikkeling van oplossingen die ook daadwerkelijk in de praktijk kunnen floreren.

Op watergebied zijn de afgelopen jaren vooral vorderingen gemaakt op het gebied van duurzame inrichting (Deltatechnologie), bereikbaarheid en toegankelijkheid (Maritieme technologie) en kwaliteit en beschikbaarheid van zoet water (Watertechnologie). Belangrijke meerwaarde is verder gevonden in crossovers met energie, land en tuinbouw, logistiek en ICT. Als onderdeel van de digitalisering worden sleuteltechnologieën als simulaties (Computational Fluid Dynamics), visualisaties (Virtual en Augmented Reality) en remotely operated en autonome systemen steeds belangrijker.

De reeds opgedane kennis en expertise vormt een sterk fundament om de maatschappelijke opgave van klimaatadaptatie in de praktijk het hoofd te bieden, zowel nationaal als internationaal. Om dit sterke fundament optimaal te kunnen benutten zal de samenwerking binnen de gouden driehoek doorgezet en verder uitgebouwd moeten worden, denk aan het betrekken van investeringsinstellingen (bv. Green Climate Fund, Invest-NL). Maatschappelijke opgaven moeten vertaald worden naar concrete uitdagingen, zoals op het gebied van circulaire economie, of het garanderen van drinkwatervoorziening bij migratie en conflicten. We moeten focussen op landen, regio's en projecten waar de Nederlandse aanpak kans van slagen heeft en hier concrete acties aan verbinden. Dit vormt de basis van een succesvolle internationaliseringsstrategie en vraagt leiderschap, ondernemingszin, daadkracht en doorzettingsvermogen.

Benutten van lopende innovatieagenda's bij de maatschappelijke uitdagingen

Een eerste stap ligt in het gericht benutten van de al lopende innovatieagenda's:

Aansluiting bij Topsector Water & Maritiem KIA

De thema's in de lopende Kennis- en Innovatieagenda (KIA 2016-2019) van Topsector Water & Maritiem dragen al in belangrijke mate bij aan de maatschappelijke uitdagingen op het gebied van water en klimaat. De omvang van de inspanning op deze thema's is een goede indicator van het belang dat aan de verschillende onderwerpen wordt gehecht:

Sector breed werken we aan:

- Duurzame klimaatbestendige Deltasteden (bv. resiliënt energie-infrastructuren)
- Duurzaam gebruik estuaria, zeeën en oceanen (bv. opbouw, onderhoud en afbraak maritieme assets op zee)
- Water & ICT
- Water & voedsel (bv. internationale samenwerking voor zilte teelt)
- Water & energie (bv. wind op zee en warmte en koude opslag in bodemwater)

Watertechnologie

- Resource efficiency (bv. circulaire economie: water en tuinbouw, innovatieve membranen)
- Smart water services

Deltatechnologie

- Waterveiligheid (bv. kustgenese)
- Natte infrastructuur en kunstwerken
- Watermanagement
- Eco-engineering & Nature based solutions (bv. Marker Wadden)
- Duurzaam functioneren van watersystemen Maritieme technologie
- Winnen op zee (bv. de zeeboerderij)
- Schone schepen (bv. coatings)
- Slim en veilig varen (bv. Covadem)
- Effectieve infrastructuur (bv. synchromodaliteit)

Aansluiting bij de routes van de Nationale Wetenschapsagenda

Blauwe Route (leven op het water, water als bron, leven in de delta, water als blauwe weg) Duurzame Productie van Gezond en Veilig Voedsel (verzilting, verstedelijking, bodem + zeevervuiling, duurzame tuinbouw) Smart Liveable Cities (Power to x, regenwater als energiebron, simulatietechnologie en virtual reality, E-plant, de plant als energiebron) Sustainable Development Goals (Waterarmoede, villagepomp, schoon drinkwater).

Aansluiting bij de Rijksoverheid

- IWA, internationale water ambitie
- Deltaprogramma
- NKWK Nationaal Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat
- Bouwagenda
- Maritieme strategie
- Strategische kennis en innovatie agenda Ruimte & Water

Gezamenlijk toewerken naar innovatieve (inter)nationale toepassingen

Aanvullend op het doorzetten van lopende innovatieagenda's moet Nederland zich actief inzetten om kansen te creëren in de thuismarkt en deze te vertalen naar innovatieve oplossingen voor klimaatadaptatie in het buitenland. Door bijvoorbeeld grote uitvoeringsprojecten te koppelen met verdiepende kennisprogramma's kan met een relatief beperkte extra inspanning veel meerwaarde en exposure worden gegenereerd. Succesvol voorbeeld hiervan is de kennis die is ontwikkeld rondom de Zandmotor, Nereda en Pioneering Spirit. Belangrijk is dat hierbij ook gekeken wordt naar financieringsvormen en verdienmodellen. Dit is niet alleen essentieel voor de pilotfase, maar ook om in het buitenland de stap van de tekentafel naar daadwerkelijke toepassing te kunnen maken. Idealiter lukt het binnen de BV Nederland de krachten te bundelen om vier nationale en twee internationale projecten op het gebied van klimaatadaptatie te realiseren in de komende KIA periode (2018 – 2021). Op deze manier nemen we actief de leiding op het typisch Nederlandse thema van water & klimaat.

MU 5. Circulaire Economie

Relevantie

In 2016 viel Earth Overshoot Day op 8 augustus. Dit betekent dat we met zijn allen 1.7 zoveel verbruikten als de aarde in dat jaar produceerde. In 1970 was de ecologische footprint van de mensheid voor het eerst groter dan de biocapaciteit van de aarde. CO₂-productie (60%) en land- en tuinbouw zijn de belangrijkste twee factoren in de ecologische footprint van de mens, maar uiteraard dragen onder andere ook de visserij, bebouwing en bosbouw bij. In 2013 was 67% van Nederlands footprint afkomstig van CO₂-emissie. Om deze wereldwijde trend van uitputting van de aarde om te buigen is een radicale omslag naar een duurzame circulaire economie nodig. Het gangbare lineaire model “take-make-use-waste” is sterk aan vervanging toe omdat het in de komende decennia leidt tot een gebrek aan grondstoffen en een te hoge belasting van het milieu door groei van de wereldbevolking.

Een duurzame circulaire economie is een economisch systeem met volledige herbruikbaarheid van producten, componenten en grondstoffen en het behoud van natuurlijke hulpbronnen en de bodem in een robuust ecosysteem. Het is de basis voor een betere vraag-aanbodverhouding van grondstoffen in de toekomst. In de duurzame circulaire economie zijn ketens gesloten en optimaal ingericht, onder meer door het circulair ontwerpen van producten en processen (*Design for Recycling, Circular&Safe by Design*). Het systeem is primair gericht op het minimaliseren van het gebruik van nieuwe grondstof, door heropwaardering of recycling van materialen te maximaliseren. Daarin spelen zowel fysische als chemische conversie een cruciale rol. Hernieuwbare (bio-)grondstoffen worden optimaal gebruikt door middel van cascadering.

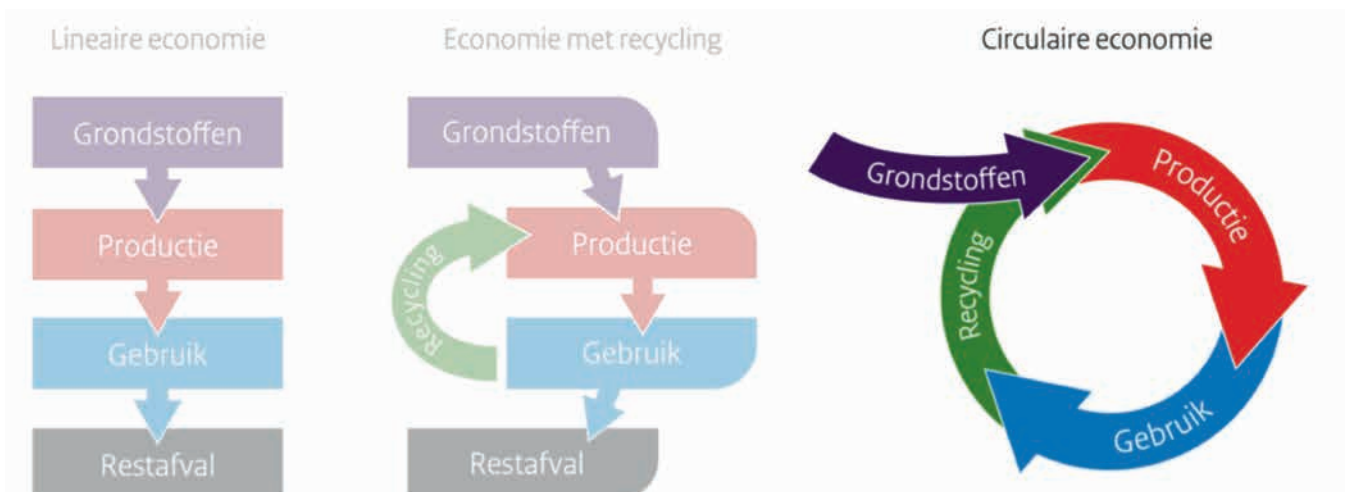
Vanzelfsprekend spelen ook het energietransitievraagstuk en het gebruik van (proces)water hierin een grote rol. Naast de grote technologische uitdagingen die hieruit voortkomen zijn er ook organisatorische uitdagingen: er zijn nieuwe organisatorische en logistieke concepten nodig en er zullen nieuwe businessmodellen en proposities in de waardeketen moeten worden ontwikkeld. Zoals uit onderstaand overzicht blijkt, zijn we in Nederland met de inspanningen van de gezamenlijke topsectoren goed onderweg om de deze transitie te bewerkstelligen.

De overgang naar een duurzame circulaire economie is een grote maatschappelijke uitdaging die significante investeringen van de economische (top)sectoren, publieke (kennis)instellingen en burgers vereist. Er zijn natuurlijk ook opbrengsten: (1) economische groei (denk aan toegevoegde waarde, kostenbesparingen en werkgelegenheid op verschillende niveaus), (2) veiligstelling van de beschikbaarheid van grondstoffen met als gevolg minder afhankelijkheid van geopolitieke dreigingen en (3) vermindering van de milieudruk door minder afval, minder stortten, minder verbranden, lagere (CO₂) emissies en een lagere druk op de natuur (inclusief haar biodiversiteit) als productiemiddel.

De aan de circulaire economie gekoppelde economische kansen voor Nederland zijn (door TNO) in 2013 geschat op circa 7 miljard Euro op jaarbasis (ofwel per saldo circa 50 duizend banen), een jaarlijkse vermindering van de CO₂ uitstoot van 17 Megaton CO₂ en een aanzienlijke vermindering van het watergebruik. De overgang naar een circulaire economie is ingebed in Nederlandse (bijvoorbeeld Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050) en Europese beleidskaders en vormt een wezenlijk onderdeel van de

Huidige situatie

Gewenste situatie



strategische agenda voor hulpbronnefficiëntie die werd vastgesteld in het kader van de Europa 2020 strategie voor slimme, duurzame en inclusieve groei.

Programma

Ontwikkelingen in binnen- en buitenland (horizon 2025-2050)

Nederland profileert zich op dit gebied onder andere door middel van Holland Circular Hotspot.

Verbinding met overheidsstrategieën, NWA-routes en topsectoragenda's

Bij de uitvoering van het programma van de MU Circulaire Economie zal zoveel mogelijk aansluiting gezocht worden bij het eerdergenoemde Rijksbrede programma Nederland Circulair 2050. Ten behoeve van het overzicht en een logische aansluiting is voor de beschrijving van verbindingen gebruik gemaakt van een indeling die geïnspireerd is op de doelstellingen van dit programma. De in dit document gekozen doelstellingen zijn: *Optimaal gebruik en hergebruik van grondstoffen*, *Substitutie* (vervanging van zeldzame grondstoffen door minder zeldzame en van onveilige/belastende door veilige/minder belastende) en *Nieuwe vormen van consumeren en produceren*. Het onderstaande overzicht laat zien hoe de activiteiten van de verschillende topsectoren en de departementale agenda's hieraan kunnen bijdragen.

Optimaal gebruik en hergebruik van grondstoffen

- Topsector Chemie:
 - Soft Advanced Materials: recycling, nieuwe materialen ontworpen voor hergebruik, materialen uit biobased grondstoffen, self healing materialen, herstelmaterialen, urban mining
 - Evidence based sensing: karakterisering van variabele feedstock, recycelaatkarakterisering, meettechnologie voor precisielandbouw
 - Electrificatie: electrificatie van biomassaconversie en recyclage
 - Chemical Building Blocks Consortium: duurzame bouwstenen voor chemie en materialen
 - Go-Chem: mkb-hbo-wo initiatief op biobased economy en materialen (trl 1-9)
- Topsector A&F:
 - sluiten natuurlijke kringlopen/mestverwerking/restmateriaalverwaarding
- Topsector T&U:
 - restmateriaalverwerking
- Topsector Energie:
 - TKI Gas: Groen Gas, Upstream Gas, CCUS, Waterstof
 - TKI Energie & Industrie: Programmalijnen Warmte (warmteopwekking en hergebruik; proces-efficiency), Systeemintegratie (Elektrificatie en Flexibiliteit) en Circulariteit (hergebruik reststoffen en industriële symbiose)
- Topsector Logistiek: Cross Chain Control Centers, Afval en retourlogistiek

- Topsector Creatieve Industrie: roadmap Circulaire Economie
- Topsector HTSM: meerdere roadmaps
- Departementen: I&W (biomassa en hergebruik)
- NWA routes: 03: Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie; 04: Duurzame productie van gezond en veilig voedsel; 12: Materialen, Made in Holland; 13: Meten en Detecteren (enabler)
- RIVM: Stoffen en producten

Substitutie

- Topsector Chemie:
 - Soft Advanced Materials: materialen uit biobased grondstoffen
 - Chemical Building Blocks Consortium: duurzame bouwstenen voor chemie en materialen
 - Evidence based sensing: systeembegrip en structuur-eigenschapsrelaties
 - Go-Chem: mkb-hbo-wo initiatief op biobased economy (trl 1-9)
 - TKI Biobased Economy: cascadering
- Topsector A&F: eiwittransitie
- Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen:
 - Nieuwe plantaardige (mengsels van functionele) moleculen voor hoogwaardige toepassingen in food, feed, farma en agro-chemie, ook uit non-food gewassen.
 - Via veredeling van gewassen concentraties van waardevolle componenten verhogen.
- Topsector Energie:
 - TKI Gas: Groen Gas, Upstream Gas, CCUS, Waterstof
 - TKI Energie & Industrie: Programmalijnen Warmte (warmteopwekking en hergebruik; proces-efficiency), Systeemintegratie (Elektrificatie en Flexibiliteit) en Circulariteit (hergebruik reststoffen en industriële symbiose)
- Topsector Water & Maritiem: zeewierkweek, staal in schepen, cascadering
- Departementen:
 - I&W (biomassa, o.a. uit wegbermen en oevers)
 - EZK (Staatsbosbeheer): biomassa uit natuurgebieden (groene mest)
- NWA routes: 03: Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie; 04: Duurzame productie van gezond en veilig voedsel; 12: Materialen, Made in Holland; 13: Meten en Detecteren (enabler); 21 Smart liveable cities

Nieuwe vormen van consumeren en produceren

- Topsector Chemie:
 - Evidence based sensing: process monitoring, mobile sensing voor versheidsindicatie, inspectie en monitoring tbv preventief onderhoud, QA voor 3D-printing
 - Electrificatie: electrificatie van de chemie, Power to Chemicals
- Topsector Agri&Food: Precisielandbouw
- Topsector Creatief: nieuwe businessmodellen (B2B en B2C), trainen en informeren van de maatschappij
- Topsector Logistiek: Stadslogistiek

- Topsector HTSM: Smart Industry
- Departementen: I&W (hergebruik)
- NWA routes: 03: Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie; 04: Duurzame productie van gezond en veilig voedsel; 13: Meten en Detecteren (enabler); 20: Smart Industry (enabler); 21: Smart liveable cities
- Overig: Innovatieagenda van Bouwagenda (o.a. 'legolisering' bouw).

Generieke behoeften:

- Opschalingsfaciliteiten om de valley of death te overbruggen (TS Chemie, TS Energie, TS Agri&Food).
- Businessmodellen, acceptatie, consuminderen; inbreng vanuit gamma (veelal TS Creatief, deels TS Logistiek).
- Inzicht in ketenefficiënties (o.a. TS Logistiek)
- Opleiding (interdisciplinair op gebied van systeemdenken)
- Wegnemen juridische belemmeringen

Internationaal:

- Programma Circulaire Economie van de EC

Beheer en communicatie (inclusief contactpersonen)

In de totstandkoming van het Innovatiecontract 2018-19 wordt de Maatschappelijke uitdaging (MU) Circulaire Economie vertegenwoordigd door het boegbeeld van de topsector Chemie, Emmo Meijer. Het boegbeeld wordt daarin ondersteund vanuit het TKI Chemie.

MU 6. Mobiliteit en Transport

Inleiding

De welvaart in onze samenleving wordt sterk bepaald door de beweging van mensen en goederen. Mensen verplaatsen zich tussen hun woonplaats, werk en recreatielocaties, en goederen worden vervoerd van hun oorsprong naar bestemming of geconsumeerd te worden of getransformeerd te worden tot iets anders. Veel van deze verplaatsingen vinden plaats in en om steden. Deze verplaatsingen creëren economische waarde en dragen zo bij aan onze welvaart.

Nederland is een knooppunt voor de beweging van goederen en mensen in de wereld. Of we nu kijken naar de vele passagiers die via Schiphol overstappen op intercontinentale luchtvaartverbindingen, naar de bloemen die via de veilingen van FloraHolland wereldwijd worden verhandeld of naar de containers die via de haven van Rotterdam het Europese achterland in gaan, Nederland is de draaischijf die deze stromen mogelijk maakt. Ons land bezit daarom belangrijke expertise over het inrichten van vervoers- en logistieke processen, die er voor zorgt dat Nederland concurrerend blijft als wereldwijd knooppunt en die waarde genereert als exportproduct.

Uitdagingen

Om in de toekomst de positieve bijdrage van Transport en Mobiliteit in onze samenleving te behouden en te vergroten, moet een transitie plaatsvinden naar een volledig schone en veilige vervoerssector. De maatschappelijke uitdaging Transport en Mobiliteit draait erom de neveneffecten die nu afbreuk doen aan onze welvaart (zoals CO₂ uitstoot, fijnstof, lawaai, verkeersslachtoffers, files en ruimtebeslag) drastisch te verkleinen om verdere groei van de positieve bijdrage aan de welvaart mogelijk te maken. We willen bijvoorbeeld de doorstroming van een toenemende stroom aan goederen blijven garanderen, door de verschillende vervoerssystemen (weg, water, spoor, lucht en pijpleiding) waar Nederland over beschikt slimmer in te zetten. Ook willen we bereikbare, leefbare, en veilige steden houden, terwijl de druk op de infrastructuur en de leefbaarheid in steden toeneemt als gevolg van de groeiende thuisbezorging van allerlei producten.

Een van de grootste uitdagingen is het voldoen aan de klimaatspraken van Parijs, terwijl het aantal vervoersbewegingen van goederen en mensen toeneemt. Emissies van CO₂ moeten in 2050 gereduceerd worden met meer dan 80% ten opzichte van het niveau van 1990. Transport draagt belangrijk bij aan die emissies, en is in de afgelopen 25 jaar ook nog sterk gegroeid. Dit betekent dat de transport en mobiliteitssector zich gesteld ziet voor een reductie van de CO₂-impact met een factor 6. Transportmiddelen met minder emissies (tot zero-emission) en het afscheid nemen van fossiele

brandstoffen zijn daarbij belangrijke oplossingsrichtingen, maar er zal meer moeten gebeuren om deze ambitie te halen: slimmer inrichten van het mobiliteitssysteem en het slimmer vervoeren van lading, waardoor via bundeling en delen en het rijden van kortere afstanden, meer gebruik van meer duurzame modaliteiten als spoor en binnenvaart, inzet van nieuwe productietechnologie (zoals 3D-printing), zijn allemaal mogelijke (deel-)oplossingen. Vanuit de Topsector Logistiek is het Programma Factor 6 in het leven geroepen om de transitie in gang te zetten en de klimaatdoelen ook daadwerkelijk te gaan halen. Daarbij spelen alle partijen in de logistieke sector en hun opdrachtgevers een cruciale rol. De waaier van activiteiten steekt zich uit van verpakkingen tot een verbeterde stadslogistiek en de inzet van cargo bikes. Het Programma Factor 6 is een meerjarig programma, dat door middel van jaarlijkse conferenties – de zogenaamde annual outlooks – communiceert over de voortgang en de vervolgstappen.

Een grote uitdaging in de transport en mobiliteitssector is ook dat vernieuwing langzaam gaat en aangejaagd moet worden. Dit heeft met een aantal structurele elementen van de sector te maken: grote aantallen kleinere MKB-bedrijven, veel nationale en internationale dwingende regelgeving en een sterk operationeel georiënteerde arbeidspopulatie. Naast het bedenken van nieuwe oplossingen is daarom het adopteren en implementeren van oplossingen uitdrukkelijk onderdeel van deze maatschappelijke uitdaging.

Prioriteiten

Technologische ontwikkeling: in de wereld van transport en mobiliteit gaat technologische ontwikkeling door grote aanbieders van technologie snel zowel op het vlak van voertuigen, materials handling apparatuur, als intelligente verkeersregel-technologie en coöperatieve ITS. Een belangrijke toepassing coöperatieve ITS is de ontwikkeling van autonoom vervoer voor personen en goederen. De verwachting is dat commerciële oplossingen voor autonoom vervoer binnen een aantal jaar binnen bereik zullen zijn van consumenten en bedrijven. Nederlandse organisaties en bedrijven dragen in PPS-verband bij aan de ontwikkeling van autonome voertuigen, vliegtuigen en vaartuigen. De Topsectoren HTSM en Water en Maritiem leveren dragen in belangrijke mate bij door technologieën voor veiligheidssystemen, navigatie, coöperatieve ITS en de toepassing daarvan in smart mobility diensten en intelligente transportmiddelen te ontwikkelen. Een andere belangrijke toepassing van ITS zijn de veiligheidssystemen waardoor zowel het aantal doden als het aantal zwaargewonden verder gereduceerd kan worden. Hierbij is samenspel tussen technologie, mens en infrastructuur van essentieel belang. De maatschappelijke kosten hiervan in Nederland bedragen 12 Miljard Euro per jaar en

zijn als zodanig groter dan de maatschappelijke kosten van congestie in het verkeer. De Topsector Logistiek en het Ministerie van I&W werken aan de inpassing van deze technologieën in vervoersoplossingen voor respectievelijk goederen en personen.

Een andere manier om bij te dragen aan efficiëntere benutting van het vervoerssysteem, is door *verdergaande integratie van vervoersmodaliteiten voor goederen en/of personen*. In de Topsector Logistiek is met de actielijn synchromodaliteit hier al veel voortgang mee gemaakt voor de integratie van weg, binnenvaart en spoor. In perifere regio's in Nederland ligt op termijn de integratie tussen personen- en goederenvervoer voor de hand, door bijvoorbeeld gebruik te maken van het openbaar vervoer voor het transport van pakketten en post. Binnen de Topsectoren Agro-Food en Tuinbouw (waar ca. 30% van het binnenlandse goederenvervoer over de weg wordt gegenereerd) wordt kennis ontwikkeld over circulaire netwerken. Bovendien worden producten langer houdbaar door innovatieve na-oogsttechnologie, waardoor ze anders vervoerd kunnen worden. Zo wordt de integratie van weg, binnenvaart en spoor weer een stap verder gebracht.

Tot slot is *duurzame bereikbaarheid van steden* een belangrijke prioriteit. Veel steden in Nederland en de rest van de wereld kampen met congestieproblemen en met sterk vervuilde lucht in stedelijke centra. Dit vraagstuk is complex. Vervoer op elektriciteit zou een deeloplossing kunnen vormen, maar dit vereist het herontwerp van logistieke en openbaar vervoernetwerken. Sturing van steden op verkeersstromen door gebruik van real time data in en rondom de stad zou gebaseerd kunnen worden op vervoersdoelen, bestemmingen en tijden, maar dit vereist meer en betere toegang tot de data van reizigers en van vervoerders dan momenteel beschikbaar is. Het beïnvloeden van koopgedrag van consumenten en de gestuurde herinrichting van thuisbezorgsystemen zou kunnen bijdragen aan een meer betrouwbare en efficiëntere bereikbaarheid van binnensteden. In de Topsector Logistiek, alsmede in een aantal mobiliteitsprogramma's van het Ministerie van I&W wordt hier veel aandacht aan besteed. TO2 instellingen en wetenschappelijk onderzoek dragen bij door de rol van gedrag en de mogelijkheden voor de beïnvloeding van gedrag te onderzoeken.

Samenhang met Topsectoren, sleuteltechnologieën, beleidsagenda's en internationale ontwikkeling

Een grote leverancier van kennis voor deze maatschappelijke uitdaging, met name op gebied van beweging van goederen, is de topsector logistiek. Dinalog, TNO en NWO werken samen in de TKI Logistiek. De kennis- en innovatieagenda van de topsector logistiek sluit in grote mate aan op deze maatschappelijke uitdaging. Voor het deel goederenvervoer en logistiek wordt daarom verwezen naar de onlangs vastgestelde KIA Topsector Logistiek 2018/2021.

Voor de thema's die op personenmobiliteit betrekking hebben zijn met name initiatieven van het Ministerie van I&W van belang. Het

beleidsthema duurzame bereikbaarheid bevat een groot aantal acties die terugslaan op deze maatschappelijke uitdaging.

Belangrijke bijdragen aan de oplossing van deze maatschappelijk uitdaging worden verder verwacht van de topsectoren HTSM, Energie, Chemie, Water en Maritiem, Agri & Food, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, ICT en Creatieve Industrie. Tevens dragen NWO, Wageningen Research, de universiteiten, HBO-instellingen en TO2 instellingen als TNO, Marin en NLR bij. HTSM levert onder andere nieuwe kennis over vervoerstechnologie, zoals autonome voertuigen, vaartuigen en vliegtuigen. De topsector Energie houdt zich bezig met de ontwikkeling van energievoorziening die milieuvriendelijker kan zijn dan fossiele brandstof: elektriciteit, gas, zon, wind, waterstof en met de integratie van elektrische auto's in zowel het elektriciteitsnet en elektriciteitsmarkten. De topsector Chemie zorgt voor de ontwikkeling van nieuwe, lichtere, sterkere en duurzamere (3D-printbare) materialen en coatings voor de transportsector (zowel voor de transportmiddelen zelf als voor verpakkingen). De topsector water, i.c. Marin, ontwikkelt kennis over vaartuigen, en waterwegen. NLR voegt daar nog kennis aan toe over vliegtuigen en drones. In Nederland is de land- en tuinbouwsector verantwoordelijk voor ca. 1/3 van alle transportbewegingen. Vanwege een toenemende consumentenvraag naar home delivery, lokaal geproduceerde producten en jaarrond beschikbaarheid van exotische producten, en om voedselverspilling tegen te gaan is het van groot belang dat de TKI's A&F en T&U samen met TKI Logistiek nieuwe agrologistieke ketens ontwikkelen voor effectieve export, circulaire netwerken, the last mile distribution en kwaliteitsmanager van (verse) voedingsproducten. TNO levert bijdragen aan ICT als cruciale sleuteltechnologie voor deze uitdaging, en levert kennis over adoptie, privacy en acceptatie-vraagstukken, o.a. neergelegd in de digitale agenda 2017-2021. ICT innovaties als big data, kunstmatige intelligentie, block chain, cyber security en 5G maken slimme oplossingen mogelijk. Creatieve Industrie ontwikkelt nieuwe inzichten over de rol van de mens, menselijke creativiteit en maatschappelijke transformatie die kunnen bijdragen aan vernieuwing in de logistieke sector. NWO ontwikkelt programma's voor de transitie, organisatie en het gedrag en het gedrag dat nodig is om de transitie naar een volledig schoon en veilig vervoerssysteem mogelijk te maken. Tenslotte ontwikkelen het CWI (wiskunde en informatietechnologie) en het NIOZ (zee- en wateronderzoek) kennis die bijdragen aan het mogelijk maken van de transitie.

De sleuteltechnologieën leveren belangrijke bijdragen aan het oplossen van deze uitdagingen, onder andere door de ontwikkeling van geavanceerde IT-toepassingen en functionaliteiten waarmee vervoerssystemen omgevingsbewust kunnen worden gemaakt en verdere optimalisatie van logistiek kan worden gerealiseerd. De meet- en detectietechnologie en nanotechnologie ontwikkelen en leveren de benodigde sensoren en actuatoren. Vanuit de sleuteltechnologie Geavanceerde Fabricage en Processen worden concepten ingebracht voor intelligente beladingssystemen, warehousing en block chain, terwijl er in het domein Materialen een duidelijke link is met materialen voor de transport-infrastructuur. Tot slot maken satellieten het mogelijk middels diverse monitoringsfuncties zoals

concentratie meting en positiemeting van vervoersstromen, de effectiviteit van het beleid te monitoren en zo nodig bij te sturen.

Deze maatschappelijke uitdaging sluit aan op de NWA-route Transport & Logistiek. Daarin wordt het integrale vervoerssysteem beschouwd als een complex netwerk van activiteiten en belanghebbenden, waarbij onderzoek een multidisciplinaire benadering vraagt, en het onderzoek meer en meer in een praktijksetting dient plaats te vinden. Wetenschap, onderwijs en kennisinstellingen hebben in deze route vier belangrijke maatschappelijke en technologische uitdagingen geïdentificeerd die overeenkomen met de gedefinieerde prioriteiten: naar een emissievrij transport, naar volledig automatisch rijdend/varend transport, naar duurzame stedelijke mobiliteit (bereikbaar, betrouwbaar en veilig) en minder transportkilometers door kortere ketens en bundeling.

Het thema transport en mobiliteit staat centraal in de onderzoeksagenda van de Europese Unie. Binnen het hoofdstuk Transport is duurzame mobiliteit en slim transport een belangrijk onderwerp, naast voertuigtechnologie.³⁴ Het Horizon 2020 onderzoeksprogramma heeft zich ten doel gesteld bij te dragen aan een resource-efficiënt, klimaat en milieuvriendelijk, veilig transportsysteem zonder barrières voor alle ingezetenen, de economie en de maatschappij. Als lange termijnperspectief is hiervoor door een aantal European Technology Platforms het Physical Internet paradigma omarmd.

Implementatie

De wereld van transport en mobiliteit wordt gekenmerkt door een grote verscheidenheid van belanghebbenden, betrokken partijen, vervoerders en vervoerde personen, zoals ook in de NWA route Transport & Logistics is onderkend. In deze omgeving kan onderzoek alleen tot implementatie worden gebracht als het onderzoek goed is ingebed in de praktijk. Het is daarom van belang om het onderzoek te organiseren in de vorm van zogenaamde Living Labs, waarin specifieke onderdelen van het transport en mobiliteitssysteem, zoals steden, logistieke knooppunten, zee- of luchthavens, worden gekozen en ingericht als een praktijklocatie voor onderzoek. Een voorbeeld is het Airport of the Future initiatief van de TU-Delft in samenwerking met de Rotterdam-The Hague airport. Het onderzoek komt daarmee dicht bij de praktijk te staan, en zal als gevolg van de interactie met stakeholders direct bijdragen aan vraagstukken van die stakeholders. Met de regionale ontwikkelingsmaatschappijen (ROM's) worden gesprekken gevoerd over een goede regionale inbedding van het onderzoek, via een optimale wisselwerking met living labs en andere relevante regionale valorisatieprojecten, en over het bundelen van MKB vragen tot innovatievraagstukken die in samenwerking met de kennisinstellingen kunnen worden onderzocht.

De transport- en mobiliteitssector in Nederland speelt ook een belangrijke rol in de ontwikkeling en als testcase voor nieuwe technologieën, oplossingen en tools. Denk hierbij aan de ontwikkelingen van alternatieve brandstoffen en schone motoren, of experimenten met autonoom vliegen, varen en rijden. Daarnaast levert de vervoerssector, met name via de hightech en automotive sector, ook experimenteerterruimte voor nieuwe intelligente transportsystemen (ITS), waarin infrastructuur en voertuigen aan elkaar gekoppeld worden, en via de financiële en ICT sector, voor fintech toepassingen. Via de inrichting van langjarige Living Labs kan hier robuuster vorm aan gegeven worden. Voorbeelden hiervan zijn regionale en nationale proeftrajecten voor geautomatiseerd rijden, zoals DITCM en Dutch Roads, en ICT-gedreven initiatieven zoals Mobility as a Service en nieuwe modaliteiten als hyperloop.³⁵ Belangrijk hierbij is de aansluiting op internationale netwerken voor slimme mobiliteit waar Nederland een voortrekkersrol kan spelen.³⁶ Door de continuering van aansluiting bij Europese initiatieven zoals het Publiek Private Partnership Green Vehicles, de Joint Undertakings Clean Sky, Single European Sky ATM Research SESAR en Shift-to-Rail en het verankeren van nieuwe ontwikkelingen in Europese programma's, kan de ontwikkeling van oplossingen voor deze Maatschappelijke Uitdaging aanzienlijk worden versneld.

³⁵ <https://www.connekt.nl/initiatieven/>

³⁶ <https://www.government.nl/topics/mobility-public-transport-and-road-safety/question-and-answer/what-is-the-declaration-of-amsterdam-on-selfdriving-and-connected-vehicles>

³⁴ https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/policy-strategy_en

MU 7. De veilige samenleving

Inleiding

Veiligheid is een essentiële voorwaarde voor een welvarende samenleving en een sterke economie. Nederland staat de komende decennia voor een aantal complexe uitdagingen op het gebied van veiligheid. Die komen onder meer voort uit verschuivende mondiale machtsverhoudingen³⁷, klimaatverandering³⁸, migratie, cyberdreigingen³⁹, criminaliteit en terrorisme en polarisatie in de samenleving.⁴⁰ Op dit moment staat Nederland er op veel fronten goed voor. Nederland behoort tot de meest welvarende, competitieve (digitale) economieën, en is 'a safe place to do business'. Deze goede uitgangspositie is echter geen vanzelfsprekendheid. Andere landen investeren fors in hun kennis en hun technologische en economische capaciteiten om de nieuwe maatschappelijke uitdagingen aan te kunnen. De technologische ontwikkelingen gaan snel en de trend is duidelijk: alles en iedereen raakt steeds meer met elkaar verbonden.

Burgers, bedrijven en overheden dragen de verantwoordelijkheid om passende maatregelen te nemen om de eigen (digitale) veiligheid op orde te hebben. De overheid heeft vooral de verantwoordelijkheid als het gaat om de bescherming van nationale veiligheidsbelangen. Het gaat dan om het borgen van de continuïteit van de vitale processen, het beschermen van de integriteit en exclusiviteit van informatie en tot slot het bewaken van het functioneren van de democratische rechtsorde. Een rol voor de overheid is voorts denkbaar in situaties waar geen sprake (meer) is van een level playing field in het economisch verkeer én dit zijn oorzaak vindt in het handelen van statelijke actoren. Ook kan de overheid launching customer zijn dan wel initiator van grote investeringsprojecten (bv. F-35 en fregatten).

Nederland is een sterke, veilige én open samenleving. Het adresseren van de uitdagingen ten aanzien van een veilige samenleving vergt een langjarige, intensieve samenwerking binnen de overheid (BZK, JenV, DEF, EZK en OCW); met het bedrijfsleven (w.o. Topsectoren HTSM, ICT, Logistiek, Creatieve Industrie, Water & Martiem en smart industry), onderwijs en onderzoek (NWO, TNO, NLR, Marin, universiteiten en hogescholen); en op internationaal niveau (i.h.b. Europese samenwerking, Horizon 2020). Daarom werken de genoemde partijen gezamenlijk aan het ontwikkelen van een langjarige en samenhangende kennis- en innovatieagenda voor de

veilige samenleving voor burgers, bedrijfsleven en overheid. Het middel is samen te werken aan het versterken van de gehele kennisbasis en valorisatieketen.⁴¹ Het doel van deze Kennis- en Innovatie Agenda Veilige Samenleving is om Nederland veiliger en meer weerbaar te maken én om tegelijkertijd economische kansen te verzilveren.

Strategische doelen en hun uitwerking

Op basis van de bovenstaande analyse en de omschrijving van de verantwoordelijkheid van de overheid, is een afbakening aangebracht ten aanzien van de werkingssfeer voor deze kennis- en innovatieagenda. Deze afbakening komt voort uit de beleidsagenda's van de betrokken departementen en de strategische agenda's van de betrokken (publieke) kennisinstellingen.

1. Het wegnemen of reduceren van risico's en dreigingen, zoals aantasting van de internationale vrede en veiligheid, massavernietigingswapens, spionage, terrorisme, (georganiseerde) criminaliteit, sociaal-economische dreiging, de gevolgen van natuurlijke dreigingen en aantasting van de territoriale integriteit van het Nederlandse grondgebied;
2. Het beschermen en verstevigen van voor de samenleving en economie vitale belangen;
3. Het op voorhand zoveel mogelijk voorkomen van de (mogelijke) gevolgen van de impact van crisis en rampen, de respons als deze zich wel voordoen, de forensische opsporing, het ondersteunen van de wederopbouw van een samenleving en het geven van nazorg.

Voor deze Kennis- en Innovatieagenda Veilige Samenleving zijn de volgende strategische doelen relevant:

1. Fysieke veiligheid
2. Digitale veiligheid
3. Operationele veiligheid

Daarnaast is de "menselijke factor" voor alle drie de bovenstaande strategische doelen essentieel.

³⁷ Clingendael monitor 2016 en SKIA JenV

³⁸ Veiligheid schreeuwt om innovatie, TNO

³⁹ Cybersecuritybeeld 2016 en Rapport Herna Verhagen "Nederland digitaal droge voeten"

⁴⁰ Houvast in een onzekere wereld. Lijnen van ontwikkeling in het meerjarig perspectief voor een duurzaam gereede en snel inzetbare krijgsmacht, Defensie

⁴¹ Rapport werkgroep Wetenschap, Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie ten behoeve van de Studiegroep Duurzame Groei, juli 2016 EZK

Hieronder zijn de strategische doelen verder uitgewerkt.

1. Fysieke veiligheid

Fysieke veiligheid beslaat in brede zin de veiligheid en beveiliging van personen en objecten tegen dreigingen, waaronder terrorisme, georganiseerde misdaad en spionage. Ook gaat het om de bescherming van vitale processen, verbetering van de bescherming van personeel bij inzetten en missies, en effectief en veilig optreden. Het gaat hierbij onder meer om:

- bescherming van mens en objecten door bijvoorbeeld kleding en bepantsering
- detectie en identificatie van bijvoorbeeld toxische stoffen
- Shared Situational Awareness
- Simulatie en Serious Gaming

Voorbeelden zijn de ontwikkeling van exoskeletten, wearables/ augmented reality en de inzet van robotics. Er moet worden toegewerkt naar een optimale taakverdeling en samenwerking tussen mens en machine bij de uitvoering van veiligheidstaken. Sleuteltechnologieën die hieraan kunnen bijdragen zijn (niet limitatief): ICT, biotechnologie, fotonica, meet- en detectietechnologie en geavanceerde materialen.

2. Digitale veiligheid (cyber security)

Het strategisch doel digitale veiligheid richt zich op het veiliger maken van de digitale samenleving. Het gaat daarbij om het verwerven van nieuwe inzichten en innovaties die leiden tot de bescherming van onder meer de persoonlijke levenssfeer, communicatie, data, infrastructuur en intellectueel eigendom. De kwetsbaarheid van deze technologie heeft zich de afgelopen periode zichtbaar gemanifesteerd. Onder andere door het manipuleren van zelfrijdende auto's, maar ook door de vorming van zogenaamde botnets met behulp van grote aantallen besmette IoT apparatuur en de uitval of slechte bereikbaarheid van digitale diensten. Om dit strategische doel te realiseren, wordt ingezet op de versterking van kennis op een zestal thema's.

- Ontwerp en engineering van veilige en betrouwbare systemen, inclusief (vitale) infrastructuur en communicatie
- Beheer, monitoring, control en verdediging van systemen en (vitale) infrastructuur
- Betrekken, digitaal bewust maken en vaardig maken van burgers en organisaties
- Socio-economische factoren en ethiek van cybersecurity
- Privacy, contextuele (digitale) identiteit en zeggenschap
- Openbaar bestuur, rechtshandhaving rond cybersecurity, intelligence

Voorbeelden van toepassingen zijn: sociale media, e-commerce, encryptie, Internet of Things, post-kwantum cryptografie, vitale infrastructuur, smart grids, smart cities en e-health. Sleuteltechnologieën die hieraan kunnen bijdragen zijn (niet limitatief): ICT en kwantum- en nanotechnologie.

3. Operationele veiligheid

Operationele veiligheid betreft enerzijds de mogelijkheid op een snelle en veilige wijze kunnen optreden van civiele en militaire eenheden bij crisis, rampen en bedreigingen. Anderzijds gaat het om het met meerdere partijen opereren in netwerken (Network Enabled Capabilities of NEC). Beide kunnen worden gefaciliteerd door toepassingen, die gebruik maken van sensor- en data-integratie. Dit omvat alle functionele mogelijkheden, die samen een netwerk vormen dat bijdraagt aan snel, effectief en flexibel optreden. Het gaat onder andere om de volgende onderwerpen:

- Snelle verspreiding van informatie, opgebouwd met gekoppelde sensorsystemen, verschaft een beter gedeeld beeld van de omgeving. Deze zogeheten Shared Situational Awareness and Understanding leidt tot snellere en effectievere besluitvorming.
- Data uit verschillende sensoren en sensorplatforms (zoals drones, onbemande systemen en satellieten) moet kunnen worden gecombineerd en geanalyseerd.
- Dit alles vergt bruikbare standaarden voor data, zoals geo- en locatiedata en identiteitsdata, ook van objecten (internet of 'things'). Data-analytics, profiling, kunstmatige intelligentie, expertsystemen, camera's, biometrie en spraakherkenning moeten ook bij criminaliteitsbestrijding leiden tot verbetering en gerichte inzet van personeel en middelen.
- Principes van security-by-design, privacy-by-design en ethics-by-design, moeten bij deze systeemontwikkeling integraal worden betrokken.

Voorbeelden van toepassingen zijn te vinden in criminaliteitsbestrijding, crisisbeheersing en forensische opsporing. Sleuteltechnologieën die hieraan kunnen bijdragen zijn (niet limitatief): biometrie, data (analyse, integratie etc), sensoren, ICT, biotechnologie, meet- en detectietechnologie, ruimteonderzoek en geïntegreerd systeemontwerp en -ontwikkeling.

De menselijke factor

Uiteindelijk blijft het realiseren van de drie strategische doelstellingen mensenwerk: hoe wordt met technologie en uit onderzoek verkregen kennis omgegaan en leiden wij de juiste mensen op de juiste wijze op? Om deze reden wordt de interactie tussen mens en techniek als een dwarsdoorsnijdende ontwikkelpunt binnen de Kennis- en innovatie agenda gezien. Dat betekent onder meer het vergroten van vaardigheden binnen de drie bovengenoemde strategische doelstellingen: fysieke, digitale en operationele veiligheid. Het gaat om het versterken van onderwijs, opleiding, training en simulatie (inclusief serious gaming gericht op het virtueel oefenen) voor deze kennis- en innovatie-agenda. Daarnaast zijn relevant: organisatorische aspecten van innovatie, gedrag, risicomanagement en vertrouwensrelaties en spelregels.

Sleuteltechnologieën

Bij het bereiken van de genoemde strategische doelen is de inzet van sleuteltechnologieën essentieel. Een sleuteltechnologie is een technologie, die gekenmerkt wordt door een breed toepassingsgebied of bereik in innovaties en/of sectoren⁴². Sleuteltechnologieën, die naar verwachting een belangrijke rol zullen spelen bij het omgaan met de maatschappelijke uitdaging Veilige Samenleving en die baanbrekende kennis en innovaties mogelijk maken, zijn:

| Sleuteltechnologieën* | Veilige Samenleving |
|--|--|
| ICT (digitale technologieën) | Big Data (analyse, algoritmes, mining, profiling, fusie), Blockchain, Artificiële intelligentie en intelligente systemen, cybersecurity, complexe systemen/ automatisering |
| Quantum en nanotechnologie | Encryptie, geavanceerde materialen |
| Geavanceerde Materialen | Geavanceerde materialen, zoals slimme of responsieve materialen (bijvoorbeeld nanostructuring en responsieve polymeren), sterke lichtgewicht materialen (bijvoorbeeld composieten en legeringen), films en coatings |
| Geavanceerde fabricagesystemen en –processen | Robotica, Machine learning |
| Biotechnologie | Biometrie, DNA- en neurotechnologie |
| Fotonica | Sensoren (radar, electro-optisch, akoestisch, biometrisch) |
| Micro- en nano-elektronica | Sensoren (radar, electro-optisch, akoestisch, biometrisch) |
| Ruimteonderzoek | Robotica/autonome systemen, sensoren (radar, electro-optisch, akoestisch, biometrisch), geavanceerde materialen |
| Meet- en detectietechnologie | Sensor (systemen) (radar, electro-optisch, akoestisch, Biometrisch, GPS etc), spraaktechnologie? |
| Additionele (sleutel)technologieën relevant voor veilige samenleving | Simulatie technologie: virtual en augmented reality, embedded training Geïntegreerd systeemontwerp, – ontwikkeling en productie, Command, control, communication, computers & information (C4I, operationele veiligheid), Cybertechnologie: o.a. encryptie, elektronische ? en informatiebescherming |

* Hierover loopt nog een apart traject i.s.m. NWO en de Topsectoren.

⁴² Een sleuteltechnologie is een technologie die gekenmerkt wordt door een breed toepassingsgebied of bereik in innovaties en/of sectoren. Ze zijn essentieel bij het oplossen van maatschappelijke uitdagingen en leveren een grote potentiële bijdrage aan de economie, door het ontstaan van nieuwe bedrijvigheid en nieuwe markten, het vergroten van de concurrentiekracht, en het versterken van de banengroei. Sleuteltechnologieën maken baanbrekende proces-, product- en/of diensteninnovaties mogelijk. Sleuteltechnologieën zijn relevant voor de wetenschap, maatschappij en de markt.

Uitgangspunten en criteria

Bij het nader uitwerken van het programma zijn een aantal uitgangspunten van belang.

In de *eerste plaats* gaat het om het leggen van verbindingen tussen bestaande Kennis- en Innovatie-agenda's, de Nationale Wetenschapsagenda en relevante Topsectoren.

In de *tweede plaats* dient de operationele uitwerking langs de lijn van de gehele kennis- en valorisatieketen te gebeuren. Dit is van belang om zo effectief en efficiënt mogelijk te kunnen werken en er voor zorg te dragen dat de te ontwikkelen kennis ook daadwerkelijk gaat bijdragen aan een veiliger samenleving en het verzilveren van de economische kansen. Regie zal nodig zijn om het traject van fundamenteel en toegepast onderzoek naar uiteindelijke product- en dienstenontwikkeling in goede banen te leiden, inclusief (waar mogelijk) de overheid als eerste afnemer. Een goede 'technology transfer' vormt een ander deel van de oplossing. De 'valley of death' tussen onderzoek en markt moeten we overbruggen.

Experimenteren, kennisoverdracht en durven te falen zijn noodzakelijk om ook kennis, die op lange termijn de concurrentiekracht versterkt, een weg naar de markt te laten vinden.

In de *derde plaats* is publiek-private samenwerking het vertrekpunt. Afhankelijk van het onderwerp en de fase in de valorisatieketen kan maatwerk nodig zijn.

Basisdocumenten voor de Kennis- en Innovatieagenda Veilige Samenleving

Voor deze Kennis en Innovatie Agenda Veilige Samenleving is voortgebouwd op de onderstaande beleids- en visie documenten:

- Strategische Kennis en Innovatie Agenda JenV (JenV)
- Versterking Nationale Aanpak Cybersecurity (BZK, J&V, DEF, OCW, EZK, I&W)
- Strategische Kennis en Innovatie Agenda Defensie (DEF)
- Programma Adaptieve Krijgsmacht (DEF)
- Defensie Industrie Strategie (DEF/EZK)
- Nederland digitaal droge voeten (CSR)
- Nationale Cyber Security Research Agenda (NCSRA/Dcypher)
- Nationale Wetenschapsagenda (OCW)
- Horizon 2020: maatschappelijke uitdaging veilige samenleving
- Digitale Agenda 2015-2017 (EZK, OCW, JenV, BZK, I&W, VWS)
- Team ICT: Kennis en Innovatie-agenda ICT (2016-2019)
- Topteam HTSM: Kennis- en Innovatie-agenda HTSM (2016-2019)
- Topteam HTSM: Roadmap Security
- Smart Industry Actie-agenda (FME)
- Nationaal Veiligheidsprofiel 2016: analistennetwerk nationale veiligheid (RIVM)

MU 8. Inclusieve en Innovatieve samenleving

Inleiding

Globalisering, robotisering, technologisering en digitalisering zijn van grote invloed op de samenleving en economie. De samenleving staat onder spanning, dat zien we op tal van manieren terug in de vorm van polarisering, extremisme, nationalisme en populisme. Een inclusieve, innovatieve en reflectieve samenleving is randvoorwaardelijk voor een duurzame toekomst. Transitie op tal van terreinen vraagt om een aanpak waarbij de in gezamenlijkheid vorm te geven veerkracht het vertrekpunt is. De aandacht voor de menselijke maat en de specifieke kracht van de topsector creatieve industrie, vormen de unieke inzet om in het kader van het topsectorbeleid een bijdrage te leveren aan de noodzakelijke transitie voor de ontwikkeling van de economie en de maatschappij.

Inclusieve en Innovatieve Samenleving is de basis voor transitie

Om de maatschappelijke uitdagingen en de transitie die daarvoor nodig zijn aan te kunnen gaan, is er behoefte aan een samenleving die innovatie in samenwerking omarmt en mogelijk maakt; een inclusieve en innovatieve samenleving. Innovatief in de zin dat mensen in staat zijn, beschikken over de kennis, competenties en cultuur om vernieuwend te handelen en vernieuwing te adopteren. Inclusief in de zin dat vernieuwing voor iedereen bereikbaar en beschikbaar is en helpt om deel te nemen aan de maatschappij. Het is daarin de opgave om de globale, systemische oplossingen en ontwikkelingen te verbinden aan de lokale, menselijke maat. Daarnaast en bovendien moet dit verbonden worden aan de digitalisering van de maatschappij; de noodzaak om de samenleving in staat te stellen dat vergaand te kunnen doorvoeren. Dit leidt tot een wendbare en flexibele samenleving die in staat is te anticiperen, reageren en interacteren op en met de veranderingen die op ons afkomen. Nederland beschikt over de kwaliteiten om daar als *living lab* een voorbeeldrol te vervullen. Een proeftuin waar in participatie vanuit de samenleving, met burgers, het bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties, in interactie met de wetenschap, uitdagingen in samenhang worden geanalyseerd en antwoorden daarop ontworpen.⁴³

Key Enabling Methodologies verbinden mensen aan transitie

De maatschappelijke uitdagingen in bijvoorbeeld energie, mobiliteit, gezondheid en voeding hebben meer nodig dan alleen technologische ontwikkeling. Dergelijke opgaven vragen om een aanpak die de rol en ontwikkeling van mensen in transitie voorop stelt, zodat oplossingen ook gedreven worden door de menselijke behoefte en verbonden zijn aan de menselijke maat. Ook bij de ontwikkeling van sleuteltechnologieën, zoals biotechnologie, is het van belang dat maatschappelijke dilemma's en ethische vragen vanaf de begin worden meegenomen. Dit sluit aan op de werkwijze van de creatieve industrie op basis van de *Key Enabling Methodologies*, die ze inzet bij het ontwerpen van nieuwe oplossingen:

- *Design for Change*: strategieën om mensen in beweging krijgen door gedrag te beïnvloeden, te motiveren en stimuleren.
- *Value Creation*: strategieën voor het realiseren van oplossingen en nieuwe proposities; kennis over innovatiekracht en ontwerpvaardigheden.
- *Human Touch*: strategieën voor het binden en verbinden, verleiden, inzicht geven en vertrouwen wekken van mensen.

Deze KEM's integreren kennis uit een veelheid van disciplines uit zowel de α , β als γ wetenschappen en zijn verbonden aan een sterke vertegenwoordiging in WO en HBO in Nederland.

Sleutel technologieën en Transitie: Societal Readiness Level

Om het 'tipping point' (kantelpunt) voor de toepassing van sleutel technologieën en de relevantie ervan voor de ontwikkeling van economie en maatschappij te kunnen bepalen is het noodzakelijk om het SRL level (societal readiness level in aansluiting op trl; technology readiness level) van de technologie te kunnen bepalen. Daarmee kan geïdentificeerd worden in hoeverre een te implementeren technologie zal aansluiten bij een maatschappelijke vraag of verwachting. Om deze niveaus te kunnen bepalen is inzicht nodig in sociale, politieke en economische factoren en filosofische, ethische en ontwerp-vraagstukken. De acceptatie en de vraag of implementatie van technologie gewenst is, is plaats- en tijdsafhankelijk en wordt bepaald door gedeelde maatschappelijke en individuele waarden. Het SRL niveau bepaalt in belangrijke mate of een transitie, ingezet door gebruik van een technologie, kan slagen. Voor het bepalen van dit niveau is interdisciplinair onderzoek nodig door een groot aantal disciplines waarvoor Nederland, verspreid over verschillende universiteiten, over relevante wetenschappelijke sterktes beschikt.

⁴³ NWA route Veerkrachtig en Zinnvolle Samenlevingen (<https://www.nwo.nl/onderzoek-en-resultaten/programmas/veerkrachtige+en+zinnvolle+samenlevingen>)

Gezamenlijke aanpak van uitdagingen voor een inclusieve en innovatieve samenleving

De topsector Creatieve Industrie zet het bijdragen aan de uitdagingen voor een inclusieve en innovatieve samenleving als scharnierpunt centraal in de KIA CI Next. Daarmee verbindt het de eigen kennisbasis en doorsnijdende rol aan de uitdagingen in toepassingsdomeinen van de topsectoren, de beleidsambities van departementen en routes van de Nationale Wetenschapsagenda. Onderstaand beschrijft, op hoofdlijnen, welke vraagstukken de topsector in samenwerking aan wil pakken.

A. Initiatief Creatieve Industrie

De Creatieve Industrie neemt het initiatief voor aanpak van onderstaande thema's waar de verbinding tussen transitie, mens en maatschappij centraal staat:

- *Resilience in Society*: Hoe geven we vorm aan instituties en systemen die ons welzijn/geluk bevorderen? Op welke manier creëren we waarde voor de eindgebruiker door digitalisering en informatie in content-creatie, gaming en design? Welke rol kan big data spelen bij de kwaliteit van leven in de zorg, het verkeer en slimme steden?
- *Quality of Life & Well Being*: Hoe kunnen socio-technische systemen bijdragen aan de zelfredzaamheid van ouderen, (re)integratie van mensen in samenleving, en tot participatie op de arbeidsmarkt?
- *Human Empowerment*: Hoe kunnen we mensen empoweren om voor zichzelf te zorgen en de 'juiste' keuzes te maken?

Topsectoren: ICT, Energie, Water & Maritiem, Life Sciences & Health, Agri&Food, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen en Logistiek

Departementen: BZK, I&W, VWS, J&V, SZW, EZK

B. Gedeeld initiatief

Naast bovengenoemde vraagstukken, onderscheidt de Creatieve Industrie onderstaande thema's waar zij op de verbinding tussen transitie, mens en maatschappij een rol van betekenis heeft.

- *Circular Economy*: Hoe kunnen we invulling geven aan CE via de ontwikkeling van nieuwe proposities, om daarmee de transitie te versnellen? Welke rol speelt gedrag in de transitie van bezit naar gebruik, wat kan dienstenontwikkeling in continue relatie met gebruikers bijdragen?

Topsectoren: Chemie, HTSM, Water & Maritiem, Agri&Food, T&U, CI

Departementen: I&W, EZK

- *Healthy Behaviour*: Hoe kunnen we middels slimme systemen mensen aansporen tot en begeleiden bij gedrag dat bijdraagt aan een gezonde levensstijl en vitaal functioneren? Hoe kunnen we de positieve effecten van groen op gezondheid en welbevinden beter benutten in woon-, werk- en leefomgeving (in steden)?

Topsectoren: LSH, Agro Food, T&U, CI

Departementen: VWS

- *Energy & Behaviour*: Hoe kunnen we mensen aanzetten tot zuinig gebruik van energie en brandstoffen en/of het zoeken naar schone(re) alternatieven?

Topsectoren: Energie, CI, Chemie

Departementen: EZK

- *Mobility*: Hoe kunnen we duurzame mobiliteit verweven met menselijke wensen en gedragingen?

Topsectoren: Logistiek, CI

Departement: I&W

- *Trust & Security*: Hoe zorgen we dat mensen blijven vertrouwen in slimme systemen en garanderen we een acceptabel niveau van veiligheid en privacy in een digitale wereld?

Topsectoren: ICT, CI

Departement: J&V

- *Smart Products & Services*: Hoe creëren we producten en diensten waarbij tegemoet gekomen wordt aan de behoefte aan een persoonlijk aanbod terwijl tegelijkertijd het productieproces efficiënt en effectief ingericht kan worden?

Topsectoren: HTSM, ICT, CI

Departement: EZK

C. Digitalisering van de Samenleving

Onderliggend aan de genoemde uitdagingen is de noodzaak om de vergaande digitalisering te kunnen adopteren en assimileren in de samenleving. Het VSNU initiatief⁴⁴ biedt een bundeling van krachten die bijdragen aan bovengenoemde aanpak en dwarsdoorsnijdend relevant is. De Creatieve Industrie trekt hierin samen met de ICT topsector op om deze transitie vanuit het eerder genoemde perspectief te versterken.

Verbonden aan NWA routes

De focus op de genoemde maatschappelijke uitdagingen sluit rechtstreeks aan op de NWA routes Veerkrachtige en Zinnvolle Samenlevingen, Kunst, onderzoek en innovatie, Kwaliteit van de omgeving, Jeugd en Onderwijs en Levend Verleden. Daarnaast sluiten ze aan op onderdelen van de NWA routes circulaire economie, personalized health, energietransitie, big data, smart industry en meten en detecteren.

Veerkrachtige samenlevingen zijn in staat schokken op te vangen zoals die ontstaan als gevolg van migratie, klimaatverandering, nieuwe technologieën, sociaal-culturele diversiteit en geopolitieke verschuivingen. Ze hebben ook het vermogen om beter te anticiperen op toekomstige uitdagingen en lange termijn consequenties en ze vinden nieuwe evenwichten. Onderzoek gericht op het bevorderen van die veerkracht, op systeem en individueel niveau, is van belang voor de ontwikkeling van economie en maatschappij. Het onderbouwt de KEM's *Design for Change* en *The Human Touch*. *Kunst, onderzoek en innovatie* is van belang voor een creatieve, technologische en duurzame vernieuwing van de samenleving en een onmiskenbaar onderdeel van de KEM *Value Creation*. Creativiteitsonderzoek, cultuuranalyse, wetenschaps- en technologiestudies en artistiek ontwerponderzoek verbonden met technologie, ethiek, zorg en educatie maken het mogelijk een bijdrage aan maatschappelijke en economische uitdagingen te leveren.

⁴⁴ <http://www.vsnunl/digitalesamenleving>

Daarbij is het noodzakelijk om de waarden van natuur, landschap, bodem, klimaat, water en milieu te bezien. Het gaat bij *Kwaliteit van de omgeving* om nieuwe technologieën, nieuwe productiesystemen en nieuwe governance-arrangementen die bijdragen aan vergroting van de kwaliteit van de leefomgeving.

Het bevorderen van inclusie en het vermogen vernieuwing te omhelzen begint al in de jeugd. *Jeugd, opvoeding en onderwijs* beoogt bij te dragen aan het welzijn van kinderen en uiteindelijk het functioneren van volwassenen als burgers die positief bijdragen aan de maatschappij. Het bevorderen en in stand houden van gezondheid, inclusie en veiligheid is succesvoller als hier al vroeg op wordt ingezet. De *21st century skills* zijn nodig om de vernieuwing van de samenleving te kunnen ontwikkelen en te kunnen laten landen.

Europese aansluiting

Horizon 2020's transformation topic: *inclusive, innovative and reflective societies* programma adresseert de problematiek van ongelijkheid en in- en uitsluiting. *Reducing inequalities and social exclusion in Europe are crucial challenges for the future of Europe. At the same time, there is great potential for Europe through opportunities provided, for example, by new forms of innovation and by the engagement of citizens. Supporting inclusive, innovative and reflective societies is a prerequisite for a sustainable European integration.*⁴⁵ Met een focus op co-creatie wordt een groot aantal doelen en partijen verbonden waaronder de creatieve industrie. Uiteraard en niet verbazingwekkend is er ook op de andere programma's in de EU grand societal challenges een vergelijkbare relatie te vinden als in de bovengenoemde onderwerpen.

In de EC zijn de begrippen van 'non-technological innovation', 'user driven innovation' en 'design driven innovation' in de afgelopen jaren geaccepteerd; in diverse programma's bestaan mogelijkheden om op deze manier onderzoek te doen. Het besef dat technologie op zichzelf onvoldoende is om de maatschappelijke uitdagingen aan te gaan ligt daaraan ten grondslag. Dat, gecombineerd met de voortrekkersrol die de Nederlandse Creatieve Industrie in Europa vervult, biedt aanleiding om in de ontwikkeling van het 9^e kaderprogramma aansluiting te zoeken.

Implementatie

De topsector Creatieve Industrie heeft de ambitie de uitdaging van een inclusieve en innovatieve samenleving aan te gaan door een crossover aanpak waarin onderzoek en innovatie integraal worden geadresseerd, met een sterke verbinding aan *living labs* in de regio. Dit sluit aan op de iteratieve en experimenterende werkwijze van de creatieve industrie als drijvende kracht voor continue verandering en de behoefte om de *Key Enabling Methodologies* nader te onderzoeken en onderbouwen. Door de integrale aanpak wordt realisatie van waarde in economische, culturele en maatschappelijke zin onderdeel van de programma's en is acceptatie en adoptie geborgd. De samenwerking met (creatief) MKB en corporates, HBO en WO leidt tot versterking van de kennisbasis gekoppeld aan realisatie van nieuwe bedrijvigheid.

De topsector ontwikkelt de roadmaps op de kennisbasis (KEMs), verbonden aan de bovengenoemde uitdagingen om daarmee als sector richting de toekomst voorbereid te zijn. Die roadmaps zijn integraal onderdeel van bovengenoemde aanpak.

TT: Paul Hekkert, wetenschappelijk boegbeeld
TKI CLICKNL: Bart Ahsmann, ahsmann@clicknl.nl
NWO: Janneke van Kersen, j.vankersen@NWO.NL

⁴⁵ <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/europe-changing-world-inclusive-innovative-and-reflective-societies>

ST A. Quantum- en Nanotechnologie



1. Relevantie

Nanotechnologie is gebaseerd op het bewust ontwerpen en vervaardigen van structuren en grensvlakken van materialen op nanometerschaal⁴⁶. Op deze schaal worden eigenschappen en interacties van individuele atomen merkbaar en toepasbaar, wat wordt samengevat onder de noemer quantum-nanotechnologie (hierna QNT).

Op basis van QNT wordt toegang verkregen tot nieuwe materiaaleigenschappen en hierop gebaseerde geavanceerde producten. Grootchalige toepassing van de hiermee verkregen nieuwe

mogelijkheden liggen op het gebied van de sleuteltechnologie micro- en nano-elektronica. Vanwege het doorsnijdende karakter van QNT komen ontwikkelingen op deze schaalgrootte ook terug in de sleuteltechnologieën geavanceerde materialen, fotonica en ICT. Daarnaast levert QNT nieuwe mogelijkheden voor innovaties in onder meer coatingtechnologie, medische analyse en medicijnontwikkeling, duurzame energie, gewasbescherming, gezond voedsel en schoon drinkwater. In onderstaand overzicht uit de HTSM roadmap nanotechnologie is een belangrijk deel van deze samenhang en de daarin aanwezig geachte speerpuntgebieden voor continuering weergegeven.⁴⁷ In de roadmap wordt voorgesteld om het deelgebied nanotechnologie langs deze lijnen verder te

| Overview challenges | Health | Health | Food | Energy | Energy, Transport | Secure & Inclusive Society | Circular Economy | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------|------------------------|---------------------------------------|---|--|--|
| Specific field/ Enabling tech | Personalized & targeted medicine | PoC Diagnostics | Food safety; personalized food | Nano for solar | Conversion and storage | Nano devices for ICT, Cyber, Big Data | New materials / processes (nano&bio insp) | | |
| Nano-fluidics | | | | | | | | | |
| Molecular biology | | | | | | | | | |
| Design of bio-systems | | | | | | | | | |
| RATA | | | | | | | | | |
| Nano-photonics & devices | | | | | | | | | |
| Nano-analytics; equipment | | | | | | | | | |
| Nano-Materials & processing | | | | | | | | | |
| Surfaces & thin films (coatings) | | | | | | | | | |
| Catalysis | | | | | | | | | |

⁴⁶ 1 nanometer is 1 miljoenste millimeter

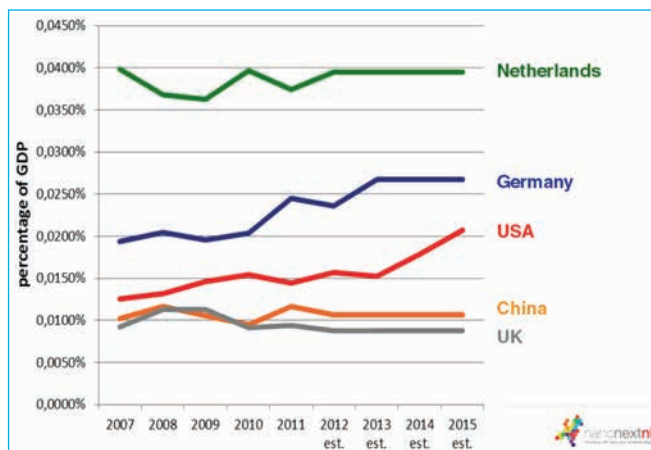
⁴⁷ www.hollandhightech.nl/nationaal/innovatie/roadmaps/nanotechnology

ontwikkelen. Daarnaast worden er vanuit het deelgebied quantum-technologie revolutionaire innovaties verwacht die perspectief bieden op exponentieel toenemende rekenkracht van quantum-computers, nieuwe quantumdetectie- en -communicatie-methoden en -beveiliging van daaraan verbonden informatiestromen die vanzelfsprekend van belang zijn voor huidige en toekomstige defensie en veiligheid vraagstukken, maar daarnaast natuurlijk toepassing zullen vinden in verwante publieke domeinen met vergelijkbare behoeften.

QNT wordt daardoor wereldwijd gezien als een van de belangrijkste sleuteltechnologieën van waaruit nieuwe economische bedrijvigheid en oplossingen kunnen worden verkregen voor de maatschappelijke uitdagingen van de 21^e eeuw. De Nederlandse industrie levert vele producten gebaseerd op bewuste toepassing van QNT en bijbehorende productietechnologie en analyseapparatuur om die te kunnen vervaardigen en te inspecteren. Naast grote multinationals betreft dit een groeiend aantal mkb-ondernemers en een reeks van nieuwe startups. Internationaal bezet de Nederlandse industrie een vooraanstaande positie, mogelijk geworden door onderzoek bij kennisinstellingen met een internationale reputatie en hoge potentie voor het aantrekken van nieuwe bedrijvigheid.⁴⁸ Om deze positie te behouden en door te ontwikkelen, dienen, na de beëindiging van de specifiek op publiek-private samenwerking gerichte QNT-innovatieprogramma's, bestaande samenwerkingsverbanden zoals NanoNextNL (zie hierna) te worden benut en nieuwe ontwikkeld om de toegang tot en samenhangende inzet van nieuwe innovatiemiddelen mogelijk te maken.

2. Programma

Hoewel er in Nederland ten opzichte van het nationale BBP in de afgelopen 10 jaar een relatief grote investering in nanotechnologie is gepleegd, is deze in absolute zin bescheiden ten opzichte van wat er in Amerika, China, Japan en Duitsland aan nationale investeringen zijn en worden gepleegd.



⁴⁸ www.nanonextnl.nl/the-dutch-nanomicrotechnology-ecosystem-ready-to-target-new-societal-challenges

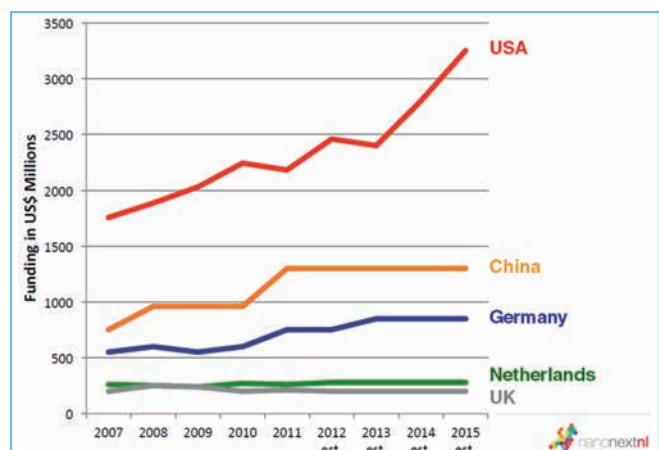
Op Europese schaal is vanuit de diverse toepassingsgebieden een groot aantal specifieke EU nanotech programma's aanwezig, waarbij er een verbindende rol wordt gespeeld door het Nanofutures platform⁴⁹. Het veruit grootste en specifieke QNT-programma is hierbij het recent gestarte Flagship Quantum Technology met een budget van 1 miljard euro.⁵⁰

In het kader van de Nationale Wetenschaps Agenda biedt de "De quantum/nanorevolutie" route perspectief op continuïteit van investeringen in een specifiek deel van het QNT-gebied. Addressering van verwante thematiek kan deels worden verwacht in de NWA-routes "Bouwstenen van materie en fundamenten van ruimte en tijd" en "De oorsprong van het leven – op aarde en in het heelal" (synthese cellulaire structuren en processen). Voor stimulering van publiek-privaat onderzoek in het bredere QNT-veld zijn er afhankelijk van het wetenschaps- en toepassingsgebied aanvullende mogelijkheden binnen diverse door NWO gefinancierde programma's voor de diverse Topsectoren en daaraan verbonden roadmaps en TKI's.

Belangrijke langjarige publiek-privaat gefinancierde onderzoeks- en investeringsprogramma's in QNT binnen Nederland zijn NanoNed, NanoLabNL en NanoNextNL. Kennisinstituten als MESAplus, QuTech, Holst Centre en de nano-instrumentatie groep van TNO, hebben op het gebied van QNT een wereldwijde reputatie en een daaraan verbonden grote aantrekkingskracht voor technologische wereldspelers.

3. Implementatie

Het nationale ecosysteem op het gebied van QNT is in de afgelopen 10 jaar vooral opgebouwd en verbonden geweest door de uitvoering van nationale onderzoeksprogramma's. In NanoNed en NanoNextNL hebben in de periode 2006-2016 op basis van een publiek-privaat onderzoeksbudget van 350 M€, ruim 40 universiteiten en kennisinstellingen in 28 thematisch verbonden programma's samenge-



⁴⁹ www.nanofutures.info

⁵⁰ ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/quantum-europe-2017-towards-quantum-technology-flagship

werkt met meer dan 90 bedrijven. De toenemende aandacht voor QNT heeft daarbij parallel geleid tot de oprichting en ontwikkeling van de branchevereniging MinacNed. Daarnaast zijn er relevante clusters (om)gevormd rondom micro- en nano-elektronica (HightechNL), (nano)fotonica (Memphis, PhotonicsNL), microfluidica (HDMT), self-assembly voor functionele nanostructuren (Nanofun, Innovatiefonds Chemie) en materiaaltechnologie (Mzi), die ook voor QNT relevant zijn. Parallel heeft het investeringsprogramma NanoLabNL in die periode gezorgd voor de nationaal afgestemde opbouw en bewuste spreiding van voor bedrijven toegankelijke onderzoeksinfrastructuur bij de technische universiteiten (4TU) en TNO.

Op regionale schaal is er met name rondom MESApplus en het Kennispark van de Universiteit Twente met steun van regionale investeringsfondsen een groei-omgeving voor startup's met internationale aantrekkingskracht gecreëerd. Meer recent is mede door inzet van NWO/EZK-financiering met het QuTech programma een specifieke impuls gegeven aan de ontwikkeling van basistechnologie om quantumcomputing te kunnen realiseren. Deze heeft inmiddels geleid tot de vorming en doorgroei van een door o.a. Microsoft gefinancierd instituut voor quantumcomputing.

Een breder overzicht van de nationale activiteiten en prioriteiten op het gebied van QNT is beschreven in de HTSM roadmap nanotechnologie die is opgesteld en actueel wordt gehouden door het bijbehorende roadmapteam met vertegenwoordigers van industrie, wetenschap, NWO en TNO⁵¹. De hierbij betrokken personen maken ook deel uit van het bestuur en programmabureau van NanoNextNL dat na afloop van het onderzoeksprogramma als stichting beoogt een centrale rol te blijven vervullen bij de verwerving van middelen voor en de coördinatie van nationale onderzoeksprogramma's en daaraan verbonden ecosystemen op QNT gebied.⁵²

⁵¹ Het HTSM-roadmapteam Nanotechnologie wordt gevormd door Frank de Jong (Thermo Fischer Scientific), Dave Blank (UT), Leon Gielgens (NWO) en Dick Koster (TNO)

⁵² www.hollandhightech.nl/nationaal/innovatie/roadmaps

ST B. Geavanceerde Materialen



1. Relevantie

Maatschappelijke problematiek

De mensheid heeft altijd materialen gebruikt om te overleven en vooruit te komen; van alledaagse in de natuur voorkomende materialen (zoals steen, bot en hout) tot doelbewust ontwikkelde materialen (zoals metaal en plastic). De kunst om materialen naar onze hand te zetten, heeft onze maatschappij gevormd. Materialen leveren de basis voor onze gebouwen, transportmiddelen, apparaten, kleding en zelfs voedsel; ze produceren onze energie, doen onze berekeningen en laten ons met elkaar communiceren.

Materiaalkunde is het vakgebied dat zich bezighoudt met het *ontwerpen, creëren, onderzoeken en toepassen* van materialen. Het is een multidisciplinair vakgebied dat natuurkunde, scheikunde, biologie, biomedische wetenschappen en techniek met elkaar verbindt.

Materiaalkundigen hebben de afgelopen decennia de relatie tussen de structuur van materialen en hun eigenschappen ontrafeld; tegelijkertijd zijn technieken ontwikkeld om atomen en moleculen te kunnen zien en manipuleren.

Om de grote uitdagingen van vandaag en morgen (bijvoorbeeld grondstoffenefficiëntie en circulaire economie) aan te kunnen, is een verbeterd begrip van materialen en verbeterde materiaal-technologie onmisbaar. Geavanceerde materialen spelen een sleutelrol in antwoorden op grote maatschappelijke uitdagingen als grondstoffenefficiëntie, energie, voedselvoorziening, gezondheid, en duurzaamheid van transport.

Internationale positie van Nederland voor wetenschap en/of bedrijfsleven

Materialen zijn onmisbaar voor diverse marktsegmenten en industriële sectoren waaronder Aerospace, Chemie, Consumentenproducten, Civiele techniek, Energie, High-tech, Maritiem en de Medische industrie. Ze vormen hiermee het fundament onder het verdienvermogen van de Nederlandse economie; niet innoveren is daarom geen optie. Door de publiek-private samenwerking in diverse voormalige nationale materiaal-innovatieprogramma's en door het stimuleren van fundamenteel materiaalonderzoek, hebben diverse Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen een uitstekende uitgangspositie om in de komende decennia een leidende rol te spelen in de verdere ontwikkeling van materialen op maat: functionele materialen met een hoge toegevoegde waarde. We hebben materiaalwetenschap-

pers van erkend hoge kwaliteit; wereldwijd wordt veel vaker dan gemiddeld naar Nederlands onderzoek gerefereerd (bron: CWTS 2015). Gecombineerd met een sterk bedrijfsleven⁵³ vormen zij een uitstekend ecosysteem voor innovatie. Dit wordt gecompleteerd door de vooraanstaande internationale positie die Nederland inneemt op het gebied van risicobeoordeling van chemische stoffen en in het bijzonder van nanomaterialen. Nederland hoort bij de koplopers om vorm te geven aan het concept Safe-by-Design waarin gezocht wordt naar een efficiënte manier om tot veilige materiaal innovaties te komen binnen passende regelgeving.

2. Programma

Binnen de Topsectoren is een groot deel van het materialenonderzoek strategisch verankerd, zoals in High Tech Systems & Materials, Energie en Chemie en de daaronder vallende roadmaps.

Het recente rapport *Dutch Materials – Challenges for Materials Science in the Netherlands* dat eind 2015 is verschenen, beschrijft het Nederlandse materialenveld in detail en focust op de actuele sterktes, trends en de uitdagingen zoals deze door de academia en de topsectoren Chemie, Energie en HTSM worden gezien. Het rapport presenteert een agenda waarin wordt voorgesteld de innovatie inspanningen te concentreren op zes strategische onderzoeksthema's waarin Nederland een leidende positie heeft of kan opbouwen: 1) Designer functional metamaterials; 2) Soft- and bio-inspired materials; 3) Next-generation engineering materials; 4) Materials for sustainable energy production and storage; 5) Sustainable materials; 6) Thin films and coatings.

Een aantal van de strategische richtingen bouwen voort op een lange historie van succesvolle (publiek-private) samenwerkingen tussen industrie en zowel toepassingsgerichte als fundamentele wetenschap. Voorbeelden daarvan zijn de programma's van Mzi, DPI, BPM, BMC, BMM en Solliance. Ook in het KIC 2016-2017 is met name binnen de proposities voor HTSM, Energie en Chemie voor de uitdagingen op deze 6 richtingen ruimte geweest⁵⁴. Deze programma's vinden een logisch vervolg in de huidige propositie maar voor een

⁵³ De lijst van bedrijven in de Nederlandse maak-, high-tech- en chemische industrie voor wie geavanceerde materialen de core-business zijn is te lang om hier op te noemen; voor een eerste aanzet, zie de appendix van het *Dutch materials* rapport

⁵⁴ O.a. bijv. InnovatieFonds Chemie, diverse IPPs, HTM en HTSM calls, Mat4Sus call, NEWPOL, advanced materials call met China.

aantal van de strategische richtingen zijn concrete nieuwe initiatieven in voorbereiding voor de propositie 2018-19 (bijvoorbeeld de initiatieven/calls: Soft Advanced Materials, materialen voor elektrochemische conversie, Materials Challenges NL, HTSM call), zowel binnen de Topsectoren als in zogenaamde *cross-overs*.

De sleuteltechnologie Geavanceerde Materialen is belangrijk voor meerdere NWA routes, en is vooral dé enabler voor NWA route 12 - Materialen. De routeworkshops hebben een toekomstbeeld "Materialen- Made in Holland" opgeleverd dat sterk leunt op de visie en uiteindelijk ook op succesvolle uitvoering van het hierboven genoemde *Dutch Materials* rapport.

Verbinding met overheidsstrategieën, NWA-routes en topsectoragenda's (verwijzing in voetnoten)

> Ministeries/Beleidsnotities

- I&W: verbeterde materialen voor mobiliteit; 3D printing, ieder zijn eigen producent; sluiten van kunststofketens; safe-by-design
- NL circulair in 2050: Biobased performance materials, Urban Mining, nieuwe materialen ontworpen voor hergebruik
- Defensie en Veiligheid & Justitie: beschermende materialen, materialen voor signatuurreductie, nanomaterialen, metamaterialen, nieuwe materialen, 3D printen
- Sport: Materialen voor topsport (nieuwe high-performance materialen) en voor breedtesport (bijvoorbeeld ter vergroting van de veiligheid bij sportbeoefening)
- EZK: Sleuteltechnologieën: ST-J Electrochemische conversie en Materialen

> NWA-routes

- Blauwe route (1): materialen onder extreme omstandigheden
- Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie (3): design for recycling
- Energietransitie(5): materials for sustainability
- Logistiek en Transport in een energieke samenleving (11): materialen met voorspelbare kwaliteit en duurzaamheid voor weg&waterbouw infra
- **Materialen: Made in Holland (12):** materials design, composieten, fotonische materialen, 3D printen
- Meten en Detecteren (13): functionele materialen voor sensing
- Oorsprong van het leven (15): life-like materiaaleigenschappen (zelfherstel, adaptatie, replicatie)
- De quantum/nanorevolutie (18): nanomaterialen
- Regeneratieve geneeskunde (19): regeneratieve materialen

> Topsectoren roadmaps / initiatieven

Chemie:

- Chemistry of Advanced Materials (primair)
- Chemistry of Nanotechnology and Devices (secundair)
- Soft Advanced Materials (prospectief)
- Go-Chem (prospectief), mkb-hbo initiatief op biobased materials

HTSM:

- High Tech Materialen: gehele portfolio (primair)
- Aeronautics: composieten (secundair)
- Automotive: lichtgewicht materialen, recycling (secundair)
- Nanotechnology: langetermijnonderzoek materialen (secundair)
- Photonics: fotonische materialen (secundair)
- Printing: materiaalontwikkeling en processing
- Smart industry: additive manufacturing, multi-materials (secundair)
- Solar: PV materials (secundair)
- Security: beschermende materialen, 3D printing, coatings

Energie:

- TKI Wind op Zee: materialen voor maritieme applicaties, composieten (primair)
- TKI Urban Energy: Materialen voor innovatieve zonne-energieconcepten, nanomaterialen, warmtebatterij (primair)
- TKI E&I: materialen voor warmte/koudeopslag, membranen, katalytische materialen, materialen voor electrolyzers, energiearme constructiematerialen

LSH:

- Regenerative medicine: herstel/groei van tissue (secundair)

BBE:

- Biobased Economy (secundair)

Water & Maritiem:

- TKI Maritiem: Composieten voor grote constructies en materialen voor extreme condities.

T&U:

- Materialen voor adaptieve dekmaterialen (kasomhulling, schermdoeken etc.), coatings en andere teelttechnieken (zoals geleiding verwarmingssystemen)

> Internationaal

- EU cPPP Sustainable Process Industry (SPIRE)
- EU cPPP Factories of the Future (FoF)
- EU Flagship Graphene
- M-ERA-NET
- SusChem

> **Nationaal (in aanvulling op bovengenoemde topsector roadmaps)**

- Mzi: gehele portfolio
- Dutch Polymer Institute: gehele portfolio
- Biobased Polymeric Materials: gehele portfolio
- Brightlands Materials Centre: gehele portfolio
- Chemical Building Blocks Consortium (CBBC): Functional materials en Coatings
- Solliance: PV materials and processing
- Holst Centre: meerderheid van de innovatiegebieden
- TUD, UT: composieten (thermoharders en thermoplasten)
- NLR: composieten, metaalprinten
- TNO: dunnefilmdepositie, materialen voor maritieme applicaties, materialen voor defensie- en veiligheidstoepassingen (beschermende materialen, materialen voor signatuurreductie, nanomaterialen, metamaterialen, coatings, 3D printen)
- NWO: delen portfolio domeinen TTW en ENW
- NanoNextNL: supramoleculair en bio-geïnspireerd materialen, multilayered and artificial materials; Risk Analysis and Technology Assessment
- RegMedXB: regeneratieve materialen
- hDMT: organ-on-a-chip

Beheer en communicatie (inclusief contactpersonen)

In de totstandkoming van het Innovatiecontract 2018-19 wordt de Key Enabling Technology Materialen vertegenwoordigd door het boegbeeld van de topsector Chemie, Emmo Meijer, bijgestaan door Marijn Goes.

ST C. Geavanceerde Fabricagesystemen en -processen

1. Relevantie

Door nieuwe productietechnologieën en de verdere integratie van ICT in het hele proces van ontwerpen, fabriceren en distribueren, verandert de industrie radicaal. Door verregaande digitalisering en verweving van apparaten, productiemiddelen en organisaties ontstaan nieuwe manieren van produceren, nieuwe businessmodellen en nieuwe sectoren. Met geavanceerde fabricagesystemen en -processen worden stappen gezet naar industrieën met een zeer flexibele productiecapaciteit in termen van product (specificaties, kwaliteit, design), volume (hoeveelheid), timing (levertijd), en efficiëntie (grondstoffen en kosten). Hierdoor, en door een sterk digitaal geïntegreerde toeleveranciersketen, is het mogelijk voor iedere klant 'op maat' producten en diensten te leveren, inclusief ketenomkering ('Smart Industry'). Deze vernieuwing vraagt ook om een nieuwe blik om de veiligheid van zo geproduceerde producten en productieprocessen te kunnen borgen en reguleren.

Geavanceerde fabricagetechnologie en -processen maken het mogelijk **maatschappelijke uitdagingen** aan te pakken, zoals de overgang naar een circulaire economie en de transitie naar duurzame energie en een CO₂-neutrale maatschappij. Met hulp van 'smart manufacturing' kunnen de concepten van smart health, smart mobility, smart grids en smart cities tot ontwikkeling komen en zullen deze ons welzijn kunnen verbeteren, de zorgkosten kunnen intomen en klimaatrisico's kunnen beperken. Lokale productie maakt in principe lokale recycling en ontmanteling haalbaar. Voorbeeld uit de energietransitie is niet alleen dat bijvoorbeeld zonnecellen op maat passend automatisch van de band kunnen rollen, maar ook de afstemming van vraag en aanbod in het energiesysteem van de toekomst, waarin vele, kleine, lokale producenten actief zijn en de productie samenhangt met het weer.

Van de niet-financiële bedrijven in Europa is 10% betrokken bij fabricage. Gezamenlijk nemen ze 80% van de Europese export voor hun rekening; deze bedrijven investeren ook veel in onderzoek en innovatie. Ook de Nederlandse maakindustrie levert een grote bijdrage aan het verdienvermogen van Nederland, met internationale levering van gespecialiseerde professionele en consumentenproducten van topklasse. Er is een kopgroep van bedrijven die ver zijn in digitalisering en geavanceerde fabricage, maar er is nog heel veel te winnen.⁵⁵ Het is cruciaal dat de Nederlandse industrie geavanceerde fabricagesystemen en -processen grootschalig gaat implementeren om internationaal concurrerend te blijven.



De **internationale positie** van Nederland in de ingenieursdisciplines en ICT is goed door vele sterke groepen aan de technische universiteiten. Het hightech ecosysteem rond Eindhoven is exemplarisch voor samenwerking tussen universiteiten, industrie en TNO. De sterke onderzoeksprogramma's van de Nederlandse universiteiten op het gebied van sociale innovatie, managementstudies en business modellering geven de basis voor implementatie van geavanceerde fabricage op de werkvloer. Concepten als Safe-by-Design waarmee in programma's zoals NanoNextNL eerste ervaringen zijn opgedaan kunnen Nederland ook internationaal een koplopperspositie geven door de samenwerking tussen wetenschap, industrie en overheid.

2. Programma

Door geavanceerde systemen en -processen wordt de fabricage uiterst flexibel: kwaliteit en ontwerp van producten worden flexibel, maar ook de hoeveelheid, de levertijd en de kosten. De fabricage wordt speciaal voor de klant, die zijn eigen wensen kan opgeven. De hele keten achter de levering werkt samen om deze te realiseren en te behouden: ook onderhoud en reparatie van productiemiddelen zijn een geïntegreerd onderdeel van de processen. Dit kan door ICT verregaand in de fabricagesystemen, -processen en logistieke keten te integreren: machines, bedrijven, producten en klanten worden verbonden ('Internet of Things') en in de hele waardeketen wordt heel veel informatie over product en proces uitgewisseld ('Big data', 'Blockchain', 'Cybersecurity'). Het gaat ook om innovatie door toepassing van nieuwe materialen en mechatronische innovaties.

⁵⁵ www.smartindustry.nl/site/assets/files/1728/smart-industry-actieagenda-lr.pdf

Deze flexibele fabricage hoeft niet op één locatie plaats te vinden: De visie is dat er (regionale of zelfs stedelijke) ecosystemen komen van grote en kleine samenwerkende bedrijven, zoals bijvoorbeeld nu al de toeleverketen in Brainport, waaronder ook productie-apparatuur voor zonnecellen/modules, de maritieme keten in de Rijnmond en de instrumentatiebedrijven in Zuid-Holland. Daarnaast zijn geavanceerde fabricagesystemen en –processen ook breder toepasbaar dan in de industrie alleen, denk aan land- en tuinbouw, voedselproductie ('Personalised Nutrition'⁵⁶), de chemische procesindustrie en industrialisatie van de bouw⁵⁷. Een veelbelovende mogelijkheid is de productie van biomaterialen ('biomanufacturing') voor medische toepassingen[LINK], zoals orgaanprinten.

De digitalisering en verdergaande automatisering van de fabricage wordt wereldwijd opgepakt, van het Duitse 'Industrie 4.0', het Chinese 'Made in China 2025', het Franse 'Industrie du Futur' tot het Amerikaanse 'Advanced manufacturing'-programma.⁵⁸ Binnen Horizon 2020 is het Joint Technology Initiative 'Factories of the Future' actief waarin meer dan 200 projecten lopen en meer dan 1.000 publieke en private leden deelnemen.⁵⁹ Daarnaast is geavanceerde systemen en -processen een expliciet aandachtsgebied binnen de pan-Europese onderzoeksprogramma's van de Joint Undertaking ECSEL en de EUREKA Clusters PENTA en ITEA.

De uitdagingen zitten op vele gebieden, van werktuigbouw, elektrotechniek, procestechnologie, ICT tot aan sociale-innovatieprogramma's als Leven Lang Leren⁶⁰. Aandachtspunten zijn de impact van intelligente robotica, kunstmatige intelligentie ('Artificial Intelligence'), autonome (transport) systemen, voorspellend onderhoud, maar ook het exploreren van nieuwe businessmodellen als servitisation (integratie van diensten in producten) en het creëren van experimenteer- en leeromgevingen waar vaardigheden en werkgelegenheidszaken van belang zijn, zoals de Smart Industry Fieldlabs.

In de NWA is het thema geavanceerde fabricagetechnologie en -processen primair verbonden met de route Smart Industry, maar ook met de routes Materialen – Made in Holland, Meten & Detecteren: altijd, alles en overal, Duurzame productie van gezond en veilig voedsel en Waardecreatie door verantwoorde toegang tot en gebruik van big data. Het gebied is zeer verweven met de HTSM roadmap Smart Industry en de Kennis- en Innovatieagenda ICT, met daarnaast technologische raakvlakken met de HTSM roadmaps Embedded Systems, High Tech Materials, Photonics, Semiconductor

Equipment, Printing, Aeronautics, Automotive, Healthcare en Solar, de Agri&Food roadmap Consument en gezondheid, de Chemie-roadmaps Chemische conversie/Procestechnologie (procesvernieuwing) en Chemische Nanotechnologie & Devices (procesmonitoring) en het cross-sectorale programma High-Tech-to-Feed-the-World⁶¹ van de topsectoren Agri&Food, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen en HTSM. De opleidings- en human capital-aspecten van de introductie komen aan de orde in de NWA-routes Jeugd en ontwikkeling, opvoeding en onderwijs en in de Human Capital agenda van de Topsectoren en Op weg naar veerkrachtige samenlevingen.

3. Implementatie

Belangrijk voor geavanceerde fabricagesystemen en -processen is het Smart Industry actieprogramma van FME, TNO, KvK, VNO-NCW, Nederland ICT en de Ministeries van EZK, OCW en SZW, waarin op basis van een actieagenda en een wetenschappelijke agenda meer dan 30 lokale en regionale fieldlabs zijn opgericht (gefinancierd met diverse met name regionale middelen) en een nationaal onderzoeksprogramma is gestart (gefinancierd door NWO), gericht op fabricagetechnologieën en -processen, maar ook op sociale innovatie, business modelling en human capital. Voor het aspect cyberphysical/embedded systems is er een sterk open innovatienetwerk, onder meer rondom TNO-ESI. Voor het aspect robotica hebben Nederlandse partijen zich verenigd in Holland Robotics.⁶² Voor het aspect additive manufacturing hebben TU/e en TNO het AMSYSTEMS Center opgericht⁶³. In relatie met het hbo is er het lectorenplatform Smart Industry. NLR participeert in het regionale initiatief CompoWorld en heeft samen met Fokker de ACM Pilot Plant opgericht.

Alle genoemde voorbeelden kennen een brede participatie van kennisinstellingen, bij technische en algemene universiteiten, TNO, NLR en WUR. Een belangrijke beperking ligt in het feit dat veel van de hiervoor genoemde uitdagingen grotendeels nog fundamenteel van aard zijn, waardoor bedrijven ze niet kunnen oppakken. Deels wordt er in publiek-private samenwerkingen aan gezamenlijke, pre-concurrentiële oplossingen gewerkt. Verhoogde inzet van de overheid in onderzoek en onderwijs is nodig om de transitie naar de fabricage van de toekomst te kunnen maken, in bedrijfsleven en in de maatschappij.

De sleuteltechnologie geavanceerde fabricagesystemen en -processen wordt beheerd door TKI HTSM.

⁵⁶ ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/spn_quo_vadis_final.pdf#view=fit&pagemode=none

⁵⁷ www.bouwendnederland.nl/download.php?itemID=4588964

⁵⁸ www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2015/10/internationaal-veel-stimuleringsinitiatieven-voor-innovatie-en-digitalisering-van-de-eigen-maakindustrie/

⁵⁹ ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-future_en.html

⁶⁰ www.nationaleonderwijsjgids.nl/cursussen/paginas/wat-is-leven-lang-leren.html

⁶¹ www.tki-agrifood.nl/downloads/innovatieagenda/bijlage-3-a-f_high-tech-to-feed-the-world--v3.1-bijlage-v1.1.pdf

⁶² www.en.nvc.nl/news/item/nl-nationale-roboticawereld-verenigt-zich-in-holland-robotics/

⁶³ amsystemscenter.com/

ST D. Biotechnologie



1. Relevantie

Biotechnologie is de toepassing van wetenschap en technologie op levende organismen of delen daarvan, op producten en op modellen van levende organismen, met als doel om levende of niet-levende materialen te veranderen voor de productie van kennis, goederen en diensten⁶⁴. Biotechnologie is een *mainstream technology* geworden binnen de chemische en levenswetenschappen en is verweven met tal van verschillende disciplines en andere sleuteltechnologieën (zoals ICT en nanotechnologie). Biotechnologische ontwikkelingen dragen sterk bij aan **oplossingen voor diverse maatschappelijke uitdagingen**, zoals het realiseren van een betere gezondheid en medische zorg voor lagere kosten, het realiseren van voedselzekerheid en excellente voedselkwaliteit, duurzamer grondstoffengebruik en de aanpak van de oorzaken van klimaatverandering.

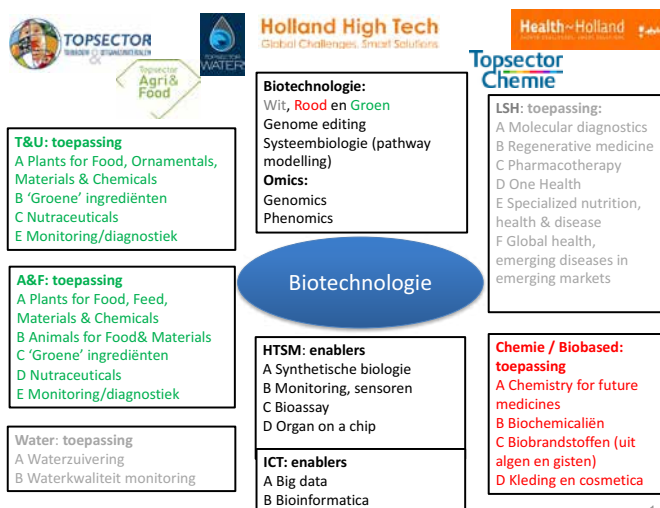
Er spelen rond biotechnologie regelmatig discussies binnen de samenleving. Deze discussies komen enerzijds voort uit de vraag of toepassingen van biotechnologie veilig zijn en anderzijds uit de vraag of bepaalde technieken ethisch verantwoord zijn. Uitgangspunt bij biotechnologische ontwikkelingen is dat het benutten van kansen nooit ten koste kan gaan van de veiligheid en gezondheid van mens, dier, plant en milieu. Om al in een vroege fase van onderzoek en ontwikkeling eventuele onwenselijkheden weg te nemen, wordt steeds meer toegegaan naar de incorporatie van ethische, maatschappelijke en veiligheidsvraagstukken tijdens het ontwikkelingsproces van nieuwe technieken en toepassingen (*safe by design*).

De trendanalyse Biotechnologie 2016⁶⁵ laat zien dat de **toepassing van biotechnologie** inmiddels diep geworteld is in onze moderne samenleving, dat biotechnologische ontwikkelingen razendsnel gaan en dat biotechnologie van betekenis is voor mens, dier plant en milieu.

- Zo heeft in Nederland een combinatie van veredelingsonderzoek en biotechnologie in aardappel geleid tot resistentie tegen *Phytophthora*, waardoor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw sterk kan verminderen.
- In de gezondheidszorg zien we dat inmiddels verreweg het grootste gedeelte van het onderzoek gaat naar het begrijpen en ingrijpen in de *chemistry of life* bijvoorbeeld met behulp van nieuwe medicijnen (naast insuline voor diabetici vele geneesmiddelen voor de behandeling van reumatoïde artritis en kanker). Daarmee zijn grote stappen gezet in de kwaliteit van leven van patiënten en te verwachten in bijvoorbeeld de psychiatrie.

- Ook in de industrie en de *biobased economy* spelen biotechnologische technieken een aanzienlijke rol, zoals bij de cascadering van biomassafracties. Door eerst zo veel mogelijk componenten biotechnologisch om te zetten in moleculen met een grote toegevoegde waarde, zoals geavanceerde materialen en gezondheids- en lifestyleproducten (*fragrance*, farma en fijnchemicaliën), en pas als laatste stap de fractie om te zetten in energietoepassingen (biobrandstoffen en warmte) kan een duurzamer grondstoffengebruik worden gerealiseerd (circulaire economie).

Het is onmogelijk om alle ontwikkelingen in de biotechnologie te duiden, omdat het een zéér breed toepassingsveld heeft met verschillende onderzoeksrichtingen. **Genomicsonderzoek** is een van drijvende krachten, het levert inzichten in de samenstelling van het genoom, de functie van genen, de moleculaire processen in de cel en de interacties met andere organismen zoals ziekteverwekkers, waardoor het mogelijk wordt om het ontstaan van (plant-, dier- en humane) ziekten te begrijpen en therapieën te ontwikkelen, chemicaliën en -materialen te produceren of gewassen aan te passen. Een parallel tussen de gezondheidszorg en de land- en tuinbouw is de ontwikkeling van een **integraal systeem biologische benadering** voor gezondheid: de ontwikkeling van Preventief, Predictief, Participatief en Personalized (P4-concept) in de gezondheidszorg en Weerbaarheid (*Resilience*) als basisprincipe voor weerbare rassen, -gewassen en -teeltsystemen⁶⁶ in land- en tuinbouw in combinatie met precisiebehandeling. Daarbij wordt ingezet op het realiseren van zelfregulatie (kunnen omgaan met disbalans) van een lichaam of



⁶⁴ OECD. Statistical definition of biotechnology (updated in 2005) <http://www.oecd.org/sti/biotech/statisticaldefinitionofbiotechnology>

⁶⁵ Commissie Genetische Modificatie (COGEM), Gezondheidsraad, 2016. Trendanalyse biotechnologie, 2016. Regelgeving ontregeld. COGEM; Bilthoven.

⁶⁶ Healthy Plants, Healthy Planet: Global challenges, Dutch solutions. Flagship project NL Next Level.

organismen en/of het verkrijgen daarvan als reactie op de ziekteverwekkers via Talent, Technologie en Therapie (Homeostasis-Allostasis)⁶⁷. Een nog onontgonnen terrein binnen deze benadering is de rol van het microbiom in mensen, planten en dieren, dat wordt beschouwd als het '2de genoom' met vele potentiële functies, met name op gezondheid. Door de huidige snelheid van dataproductie (bijvoorbeeld multi-omics) en nieuwe analyse technologie (bioinformatica, big-data analyse) is het nu mogelijk nieuwe kennis hieromtrent te ontsluiten, analyseren en benutten.

De biotechnologiesector in Nederland

De ca. 600 biotechnologiebedrijven in Nederland zijn goed voor bijna 35 duizend banen in 2013. Op basis van de werkgelegenheid bij de Nederlandse biotechnologiebedrijven wordt de productiewaarde op € 13,8 miljard en de toegevoegde waarde op € 4,6 miljard geschat. De (recente) groei van kleine, innovatieve bedrijvigheid is gestoeld op een internationaal zeer sterke positie in fundamenteel en strategisch onderzoek. Private R&D-investeringen zijn een belangrijke factor in de ontwikkeling van de biotechnologie. Grote publieke investeringen hebben plaatsgevonden in de periode 2002 – 2014 via o.a. het Netherlands Genomics Initiative (NGI).

Synthetische biologie wordt al breed toegepast in de chemie voor de innovatie en productie van geneesmiddelen, industriële grondstoffen en fijnchemicaliën. Het werkveld richt zich enerzijds op het genetisch veranderen van bestaande cellen of organismen (de zogeheten 'top-down' benadering) en anderzijds op het ontwerpen en bouwen van nieuwe cellen (de 'bottom-up' benadering). **Metabolic pathway engineering** is gericht op de productie van specifieke moleculen in een genetisch aangepast organisme dat daardoor een functie krijgt als productiefaciliteit. Dit gebied van de synthetische biologie staat het dichtst bij praktische toepassingen met een grote diversiteit aan producten zoals voedingsadditieven, geur- en smaakstoffen, huishoudelijke producten, brandstoffen, polymeren, personal care producten en smeermiddelen. Het toepassingssterrein van biotechnologie breidt zich snel uit, bijvoorbeeld naar kleding (vezels met specifieke eigenschappen).

Bioprocestechnologie ontwikkelt nieuwe *biobased* processen voor productie en de bioraffinage van geneesmiddelen, gezonde voedingsingrediënten, bulk chemicaliën en biobrandstoffen. Belangrijke *enablers* hiervoor zijn chemische biologie voor beïnvloeding van biologische systemen, structuurbiologie voor beter begrip van structuur en functie van biologische macromoleculen, farmacochemie voor de ontwikkeling farmacologisch actieve stoffen en biomoleculaire chemie voor modificatie van biomoleculen. Voor alle opschaling van biotechnologie in demo's en pilots naar industriële schaal is bioprocestechnologie in combinatie met biokatalyse essentieel.

⁶⁷ Michael Sagner et al., 2017. The P4 Health Spectrum – A Predictive, Preventive, Personalized and Participatory Continuum for Promoting Healthspan. In: *Progress in cardiovascular diseases* 59: 506 – 521.

2. Programma: nieuwe uitdagingen en toepassingen

De afgelopen jaren zijn de wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen in een nieuwe fase terecht gekomen, waarbij *Next Generation Sequencing* en CRISPR-CAS drijvende krachten zijn achter de ontwikkelingen binnen de biotechnologie. Zij geven bijvoorbeeld een sterke impuls aan andere trends: de ontwikkeling van specifieke geneesmiddelen, gezonde voeding, hulpmiddelen en therapieën toegesneden op individuele ziekten (*personalised medicine*, genterapie, 3D bioprinting), nieuwe technieken in de land- en tuinbouw (*RNA interference*) en het begrijpen van het ecosysteem. Deze nieuwe technieken bieden kansen en mogelijkheden voor innovaties binnen de diverse topsectoren en voor het oplossen van verschillende maatschappelijke uitdagingen. Daarbij gaat de voorkeur naar het realiseren van een samenhangend innovatie ecosysteem met een aantal centrale speerpunten.

Hieronder volgen een aantal **topsectordoorsnijdende investerings-thema's** voor de komende jaren:

- **Next Generation Sequencing** (NGS) voor snellere genetische analyse en diagnostiek voor bijvoorbeeld het beter begrijpen van soortendiversiteit in de bodem of analyse van microbiële populatie in (drink)water;
- **Targeted genome editing**: CRISPR-Cas9 als een van de revolutionaire technieken om zeer gericht, eenvoudig en goedkoop genen van micro-organismen, dieren, planten en mensen aan te passen;
- **Building Blocks of Life** voor een fundamenteel begrip van cellulaire systemen op moleculair niveau en de mogelijkheid tot benutting van die kennis voor een veelheid van toepassingsgebieden reikend van gezondheid tot chemie;
- **Integrating biological systems for resilience** als 'the next step' in de systeembiologie waarin kennis op de verschillende deelsystemen wordt geïntegreerd ten behoeve van inzicht in effecten van bijvoorbeeld voeding op de gezondheid van de mens, maar ook ten behoeve van inzicht op het functioneren van planten en van micro-organismen;
- **Biosensors**: *bioassay* en *organ/lab on a chip* voor snelle en effectieve analyses op laboratoriumschaal in o.a. de gezondheidszorg, voedingsindustrie en chemie;
- **Omics for phenotyping** voor het ontrafelen van de interactie tussen genotype en fenotype (de fysiologische en biochemische kenmerken van organismen) voor snellere selectie binnen verdelingsprocessen en toepassing in 'gevolgengeneeskunde'⁶⁸;
- **Bioinspired future products**: voor het (her)ontwerpen van materials, chemicals, ingredients, medicines

Biotechnologie en veiligheid is een *doorsnijdend thema* gericht op kennisopbouw over maatschappelijke - en milieueffecten ten behoeve van nieuwe innovaties en toepassingen van biotechnologie: '*inherently safe modern biotechnology*'.

⁶⁸ Heerskens et al., 2016. Reconsideration of the scheme of the international classification of functioning, disability and health: incentives from the Netherlands for a global debate. In: *Disability and Rehabilitation*, 2016.

Aansluiting beleidsagenda's en NWA

Biotechnologie is steeds meer geïntegreerd geraakt in andere onderzoeksvelden en toepassingen en een essentieel hulpmiddel – *enabling technology* – geworden binnen het hele scala van o.a. de chemische en levenswetenschappen. Zo kan biotechnologie bijdragen aan een groot aantal van de uitdagingen die zijn geadresseerd in diverse nationale departementale agenda's waaronder de Voedselagenda, het rijksbrede programma Nederland Circulair, de Innovatieagenda Volksgezondheid, Welzijn & Sport⁶⁹ en de innovatieagenda van het cross-sectorale thema *Biobased Economy*. Op nationaal niveau is daarnaast het programma beleidsmodernisering biotechnologie van belang, dat n.a.v. de Trendanalyse Biotechnologie⁷⁰ is gestart, in samenhang met het programma Bewust omgaan met Veiligheid, en het Programma *Safe by Design*. In Europa heeft biotechnologie een prominente plek binnen Horizon 2020, waarin Biotechnologie is gedefinieerd als een van de vier *Key Enabling Technologies*. Ontwikkelingen in dit terrein worden gestimuleerd via PPS'en (bijv. Biobased Industry Consortium (BIC)), transnationale samenwerking (Cofund ERA CoBioTech) en MKB instrumenten.

Daarnaast sluit biotechnologie aan bij diverse routes van de **Nationale Wetenschapsagenda** die perspectief bieden voor een investeringsimpuls: Duurzame productie van gezond en veilig voedsel (4), Gezondheidszorgonderzoek, preventie en behandeling (6), Materialen (12), Meten en detecteren (13), NeuroLabNL de werkplaats voor hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek (14), De oorsprong van het leven (15), Personalized medicine: the individual at the centre (17), Regenerative medicine: gamechanger moving to broad areas of application (19) en Smart industry (20).

3. Implementatie

Nederland heeft een sterk bedrijfsleven op het terrein van biotechnologie: de Nederlandse Pharma startups, bedrijven zoals DSM, DOW Chemical en plantenveredelings- en fokkerijbedrijven behoren tot de wereldtop, ook wetenschappelijk gezien⁷¹. Instellingen, programma's en regionale clusters zoals het *Oncode Institute*, *RegMedXB*, *Biosolar Cells*, *Seed Valley*, *Carbohydrate Competence Center*, *Biobased Performance Materials* en *Brightlands Materials Center* zijn met behulp van inzichten uit o.a. de biotechnologie opgebouwd. Samen met andere productiesectoren, zoals HTSM, Chemie en Energie heeft dit complex een sterke positie als wereldmarktleider.

Wereldwijde ontwikkelingen op dit terrein gaan zeer snel.

De Verenigde Staten kent een gunstig klimaat voor biotechnologie investeringen, daarnaast is sprake van opkomst van een sterke biotechnologie R&D capaciteit in landen als China en Singapore. Binnen Europa blijken R&D-investeringen van de publieke sector in grotere landen als Duitsland, Spanje en Polen, maar van sommige kleinere landen als Denemarken en Noorwegen beduidend hoger te liggen dan die van Nederland⁷².

Behoud van de toppositie van zowel innovatieve bedrijfsleven als het wetenschappelijke onderzoek vergt maatregelen op een aantal fronten, gebaseerd op een analyse van TNO in opdracht van COGEM:

- Het is van belang dat er een keten van verschillende financieringsvormen en -bronnen beschikbaar komt, passend bij verschillende stadia van een biotechbedrijf;
- Steeds weer blijkt dat Nederlandse universiteiten en instituten bovengemiddeld scoren op biotechnologie publicaties en octrooien. Valorisatie en verzilvering ervan vraagt om innovatiebeleid;
- Verzilvering van de sterke Nederlandse uitgangspositie in onderdelen van de biotechnologie (inclusief de biobased economy) vraagt om continuïteit in Nederlands biotechnologiebeleid en publieke financiering;
- Voorkomen van versnippering en onbedoelde concurrentie tussen regio's die investeren in het stimuleren van biotechnologie;
- Het organiseren van themagerichte technologietransfer en valorisatieactiviteiten, en een gecoördineerde nationale profilering in het buitenland.

Van belang is dat investeringen in Nederland minimaal gelijke tred houden met de ons omringende landen in Europa. In de geïntegreerde kennis- en innovatieagenda zal ook de onderzoekinfrastructuur worden meegenomen. Daarnaast is het noodzakelijk om als topsectoren de handen in een te slaan in meerdere grootschalige Publiek-Private Programma's (PPP). Bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden zijn voornemens concrete ambities op gebied van biotechnologie innovaties verder vorm te geven, waarbij veiligheid, maatschappij en concurrentievermogen centraal staan. Voor de verdere uitwerking van deze geïntegreerde kennis- en innovatieagenda voor biotechnologie is nadere afstemming voorzien tussen de verschillende private en publieke partijen.

⁶⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2012/01/31/strategische-kennisagenda-vws-2020>

⁷⁰ Kamerstuk 27 428, 335

⁷¹ Volgens de Wetenschappelijke benchmark, die in 2014 is uitgevoerd door Elsevier in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en het Ministerie van Economische Zaken.

⁷² Een economische analyse van Nederlands biotechnologiesector. TNO 2014 R11654, december 2014.

ST E. Fotonica

1. Relevantie

Fotonica is een van de Europese Sleuteltechnologieën (Key Enabling Technologies). Het omvat de studie van het genereren, propageren, moduleren, bewerken, schakelen, versterken, detecteren van licht. De fotonica is een belangrijke enabling technologie voor de telecommunicatie, dataverwerking (ultrahoge en snelle datatransport) en sensoriek/monitoring. In de sensoriek moet men denken aan ultragevoelige detectie, zelf opererende sensoren op basis van ultralaag energieverbruik, nieuwe golflengtes, en sensoren in extreme omstandigheden. Dit zijn essentiële technologieën voor het dagelijks leven dat ze een belangrijke bijdrage aan het oplossen van bijna alle maatschappelijke uitdagingen. Enkele voorbeelden zijn:

Gezondheid en Zorg: fotonica diagnostiek via handheld apparaten, hoge kwaliteit 3D-video verbindingen voor complexe robot-ondersteunde operaties

Energie en CO₂: ultra-efficiënte lichtbronnen en zonnecellen ("green photonics"), vermindering van energieverbruik in datacentra door gebruik van photonic-integrated chips

Veilige samenleving: sensoren en beeldverwerkingstechnologie voor surveillance, logistiek met THz imaging

Klimaat en Water: aardobservatie via optische satellietmeting van luchtkwaliteit en -vervuiling, meten van luchtvervuiling met fotonische sensoren

Mobiliteit en transport: fotonica-gebaseerde sensortechnologie in zelfrijdende auto's voor communicatie, monitoring, waarschuwing en zicht

Landbouw en voedsel: aardobservatie via satellieten voor precision farming, LED-lampen in tuinbouw, vision voor fenotypering, sensoren voor monitoring

Nederland heeft een sterke positie op optische en optomechanische instrumentatie, waarvoor de onderliggende technologie de 'free space optics' is. Daarnaast zijn ook de ontwikkeling in fiberoptiek van belang. Nieuwste technologische ontwikkelingen zijn het toepassen van vrij vorm optiek, waardoor hogere optische kwaliteit kan worden gerealiseerd met minder optische componenten, en adaptieve optiek, waarbij in de optiek actief gecorrigeerd wordt voor verstoringen in het optische pad (bijvoorbeeld adaptieve optiek wordt toegepast in telescopen om te corrigeren voor atmosferische variaties). Deze optische technologie is toepasbaar in ruimtevaartinstrumentatie, in sensoren en meetsystemen voor

industriële automatisering, metrologie in de halfgeleiderindustrie, en voor medische instrumentatie.

De verwachte **wereldmarkt** in 2020 voor toepassing van de fotonica bedraagt 615 miljard euro. Daarvan wordt een verwacht aandeel van 4,4 miljard euro geleverd door Nederlandse bedrijven, grote multinationals en steeds meer hightech startups. Nederland is in het bijzonder sterk in geïntegreerde fotonica, lithografie, OLED, imaging en diagnostiek in medische technologie, optische meet- en detectiesystemen en -componenten. In het bijzonder de geïntegreerde fotonica (geavanceerde functionele fotonische chips) is sterk ontwikkeld in Nederland en internationaal leidend. Het ecosysteem bestaat uit meerdere kennisinstellingen en enkele foundries om fotonische chips tegen lage kosten te produceren. Hieromheen zijn waardeketens ontstaan van chipontwerp, software, packaging, assemblage en systeemintegratie.

De marktpotentie in Nederland in 2020 is 600 miljoen euro voor fotonische chips, en 1 miljard euro voor chips geïntegreerd in systemen.⁷³

2. Programma

Nederland heeft in de laatste twee decennia een leidende positie opgebouwd in de ontwikkeling van fotonietechnologie. Met name zichtbaar is de organisatie rond de **geïntegreerde fotonica** en fotonische chips. In het gebruik van InP (het enige materiaal waarmee je zowel lichtbronnen, schakelaars en filters kunt maken) om functionele chips te kunnen maken zijn we in Nederland internationaal leidend.⁷⁴ De integratie op chips is de volgende stap in telecommunicatie. Daarnaast zitten er aan de fundamentele onderzoekskant in Nederland ook belangrijke ontwikkelingen, zoals het gelijkzetten met behulp van fotonische chips van klokken in computernetwerken met atoomklokken, wat essentieel is in de 5G-netwerken.

Binnen de **topsector HTSM** heeft fotonica een eigen roadmap; het is als technologie een belangrijk onderdeel van de HTSM roadmaps Lighting, Components & Circuits, en Semiconductor Equipment (lithografie voor microchipfabricage). De langetermijnstrategie (**2025-2050**) is verbonden met de roadmaps Nanotechnology en Materialen.⁷⁵

⁷³ Bron: PhotonDelta

⁷⁴ www.photondelta.eu/

⁷⁵ www.hollandhightech.nl/nationaal/innovatie/roadmaps

Gezien de brede toepasbaarheid van fotonica is het niet goed mogelijk een eenduidige verbinding te leggen met individuele **NWA-routes en andere topsectoragenda's**. Als bij de introductie vermeld heeft het **impact op vrijwel alle maatschappelijke uitdagingen**. Het is een enabler, dus de fotonica zal gekoppeld aan andere technologieën en toepassingen de realisatie van de ambities van de topsectoren en van het merendeel van de NWA mogelijk maken.

Sommigen vergelijken de fotonica-ontwikkeling met de halfgeleiderontwikkeling, maar dan 40 jaar later. In Nederland staan we internationaal voorop in deze ontwikkeling. Een van de uitdagingen is om de benodigde bandbreedte die verwacht wordt de komende jaren het hoofd te bieden, dat kan niet meer met de conventionele technologie gebaseerd op silicium, maar moet optisch. Denk maar aan de ontwikkeling van het Internet of Things. Daarnaast zijn er aan de wetenschappelijke kant ontwikkelingen in het manipuleren van licht op nanoschaal of het manipuleren van materialen met licht die in de toekomst een verdere ontwikkeling van fotonica, maar ook quantumtechnologie vormgeven. Wetenschappelijk maakt Nederland deel uit van de internationale kopgroep.

3. Implementatie

Nederlandse kennisinstellingen hebben op verschillende vlakken van fotonica een internationaal leidende positie. Aan de universitaire kant zijn actief UT (MESAplus), TU/e (COBRA), Leiden, Utrecht, Delft, Twente, UvA, VU, RuG, en meerdere UMCs. Via NWO zijn de fotonica-activiteiten geclusterd rond de domeinen TTW (Memphis II programma) en ENW (in verschillende fundamentele programma's in de fysica, chemie, astronomie en levenswetenschappen) en bij de NWO instituten voor de ontwikkeling in high resolution imaging en detectortechnologie; Astron, SRON, Amolf, Nikhef, Differ, ARCNL. Via Solliance zijn TNO en ECN actief in onderzoek aan applicatie van fotonica in zonneceltechnologie. Vooral TNO is zeer actief op het fotonicagebied. Ook de Nederlandse industrie in de HTSM roadmaps is zeer actief in R&D op het brede gebied van de fotonica.

Deze combinatie van zeer sterk fundamentele kennisbasis met internationaal leidende groepen, zeer actieve TO2 instellingen en veel R&D intensieve industrie maakt dit tot een bijzonder sterke fotonica kennis- en innovatieketen, met alle sterke schakels. Door het bijeenbrengen van verschillende agenda's en gerichte investeringen zouden bestaande ecosystemen verder kunnen worden vesterkt en nieuwe gecreëerd, waar bijv. ook departementen als het ministerie van J&V onderdeel van zijn om elkaar te helpen met vraagarticulatie. Initiatieven die innovaties naar de markt brengen zouden hier ook onderdeel van moeten zijn, zoals actieve investeerders in nieuwe startups.

Gezien de plaats die de fotonica heeft in ICT, big data, Internet of Things, en sensors, heeft de fotonica ook op bijna alle maatschappelijke uitdagingen impact. Om deze reden is het zinvol om actief de verbinding met alle departementale agenda's te leggen (**J&V, Defensie, I&W, VWS, de voedselagenda en de energieagenda**).

Photon Delta is een organisatie die ook de lokale verbinding opzoekt rond de fabrieken in Eindhoven en Twente. Dit brengt veel hightech startups en mkb bij elkaar. De regio's zijn hier een belangrijke supporter van dit initiatief.⁷⁶ Het Dutch Optics Centre verbindt kennispartijen en private partijen.⁷⁷

Internationaal zijn de volgende activiteiten van belang voor de Nederlandse fotonica-ontwikkelingen: Photonics21 (een publiek-privaat consortium), JU ECSEL en het via TU/e Cobra door Nederland gecoördineerde JEPPIX platform.

De sleuteltechnologie Fotonica wordt beheerd door Photonics NL en TKI HTSM.

⁷⁶ www.photondelta.eu/partners/

⁷⁷ www.dutchopticscentre.com

ST F. Micro- en Nano-elektronica

1. Relevantie

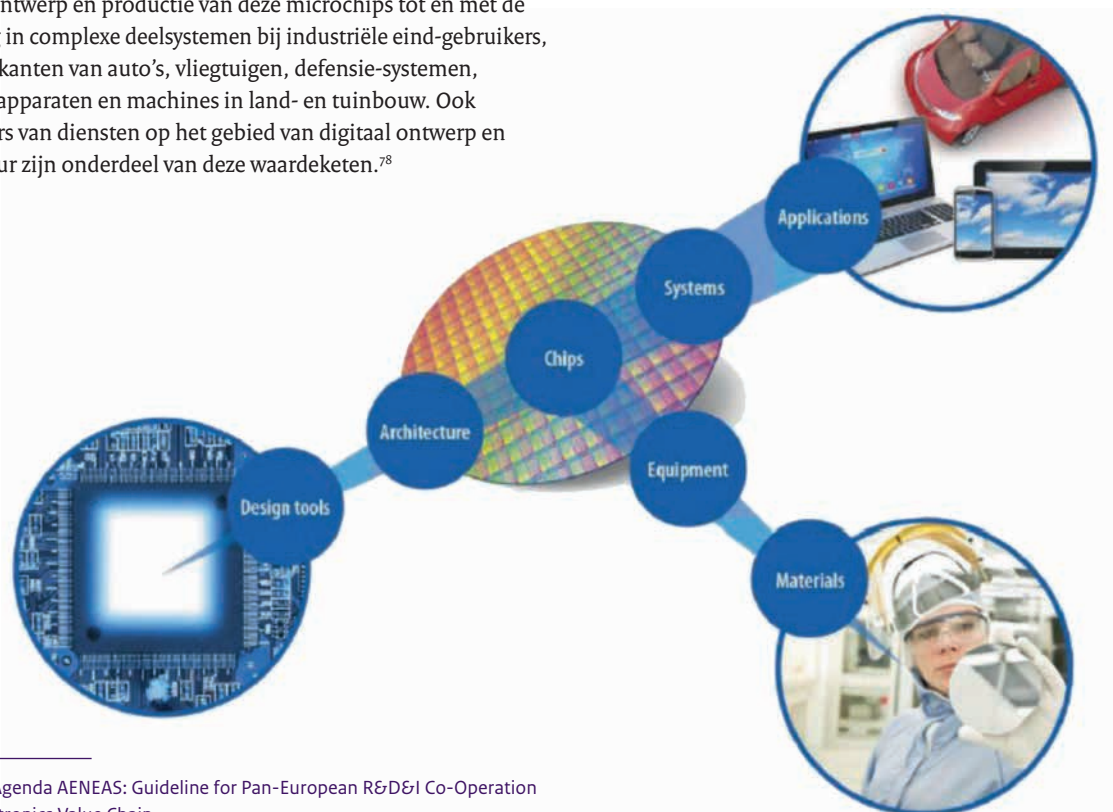
Een moderne wereld zonder micro- en nano-elektronica is nauwelijks voorstelbaar. Het internet, mobiele telefonie en elektronisch bankieren bestaan dankzij elektronische componenten en systemen, in het bijzonder (semiconductor) microchips. Innovaties in micro- en nano-elektronica verlopen in een hoog tempo. Digitale fotografie, gps-navigatie in auto's en 3D-patientinformatie bij operaties zijn recente voorbeelden van de mogelijkheden met geavanceerde microchips.

Duurzame oplossingen voor de grote transitie en de **maatschappelijke problematiek** van deze tijd zijn in toenemende mate afhankelijk van bijdragen vanuit de micro- en nano-elektronica. Door de snelle technologische vooruitgang in miniaturisering van componenten en uitbreiding van systemen en gegevensuitwisseling komen zaken binnen handbereik die tot voor kort onhaalbaar leken. Voor individuele burgers, zoals smartphones en social-media, maar ook voor de economie als geheel, zoals digitalisering van bedrijven ('Smart Industry').

Micro- en nano-elektronica omvat een **economische waardeketen** die reikt van materialen en machines voor het maken van microchips via ontwerp en productie van deze microchips tot en met de toepassing in complexe deelsystemen bij industriële eind-gebruikers, zoals fabrikanten van auto's, vliegtuigen, defensie-systemen, medische apparaten en machines in land- en tuinbouw. Ook leveranciers van diensten op het gebied van digitaal ontwerp en architectuur zijn onderdeel van deze waardeketen.⁷⁸

Naar schatting is meer dan 10% van de wereldmarkt kritisch afhankelijk van producten en diensten uit de micro- en nano-elektronica. Deze waardeketen is zeer kennisintensief: de betrokken bedrijven investeren tot meer dan 20% van de jaaromzet in onderzoek om hun positie te versterken en economische groei mogelijk te maken. Daarmee horen ze tot grootste investeerders in onderzoek in de wereld, en dragen ze in belangrijke mate bij aan de kenniseconomie. Spillover van de hier opgedane kennis draagt in belangrijke mate mee aan innovaties in aanpalende gebieden.

Het Nederlandse ecosysteem heeft een goed zichtbare **internationale positie** in micro- en nano-elektronica. De hele economische waardeketen is industrieel vertegenwoordigd in Nederland. Bijna alle microchips in de wereld zijn gebaseerd op Nederlands intellectueel eigendom en worden gefabriceerd met machines uit Nederland. Een aantal van de betrokken bedrijven behoort tot de absolute wereldtop en draagt in hoge mate bij aan de Nederlandse exportpositie. Het bedrijfsleven besteedt in Nederland jaarlijks naar schatting 2 miljard euro aan onderzoek. Dit wordt mede mogelijk gemaakt door de aanwezigheid van en samenwerking met de vele internationaal hoog aangeschreven Nederlandse onderzoeksinstituten die toegang geven tot nieuwe kennis en nieuw talent.



⁷⁸ Strategic Agenda AENEAS: Guideline for Pan-European R&D&I Co-Operation in the Electronics Value Chain

2. Programma

Belangrijkste wereldwijde aanjager voor de micro- en nano-elektronica is nu de ontwikkeling van geautomatiseerd en elektrisch rijden, en naar de toekomst de groei van intelligentie in en netwerken tussen industriële machinerie en dagelijkse gebruiksvoorwerpen (**'Internet-of-Things'**). Algemeen is een verschuiving te zien van hardware naar software, dat wil zeggen dat de marktwaarde steeds meer afhangt van data en diensten in aanvulling op fysieke producten. Dat geldt voor elektronische componenten en systemen met micro- en nano-elektronica in alle toepassingen (**'cyberphysical systems'**).

Miniaturisatie van structuren op microchips is een van de belangrijkste drijvers voor productiviteit in micro- en nano-elektronica (**'Wet van Moore'**). Omdat de kleinste afmetingen de afstand tussen van atomen naderen is de benodigde procesbeheersing een wetenschappelijke uitdaging van de eerste orde. Nieuwe natuurkundige en scheikundige concepten zijn nodig om hier vooruitgang te boeken. Uit de basisprocessen voor rekenkracht en dataopslag in microchips (de hersens van het systeem) is een breed pallet van aanpalende technologieën ontwikkeld voor sensoren en actuatoren (de ogen, neus en oren). In dit gebied (**'More-than-Moore'**) spelen 3D structurering, vergaande integratie van functies en ontwikkeling van volledig nieuwe elektronische circuits een sleutelrol.

De toenemende nadruk op data en diensten, en de exponentieel groeiende softwarecomplexiteit maakt dat **toepassingsgerichtheid en multidisciplinariteit** essentieel worden bij alle ontwikkelingen binnen de micro- en nano-elektronica. Vanzelfsprekend is de verbinding met ICT ('big data'), quantum/nanotechnologie (quantumcomputers, 'lab-on-chip') en fotonica (sensoren). Maar ook in directe relatie met de grote maatschappelijke uitdagingen worden brede samenwerkingsverbanden ontwikkeld. Voorbeelden zijn 'smart grids' en 'smart cities'⁷⁹ (bij Energie en CO₂), intelligente transportsystemen (ITS)⁸⁰ waar infrastructuur en voertuigen aan elkaar gekoppeld worden (bij Transport en mobiliteit) en cybersecurity⁸¹ en sensornetwerken⁸² (bij Veilige samenleving).

Binnen de **topsector HTSM** heeft micro- en nano-elektronica een centrale positie, met een omvang van ruim 50% van de totale HTSM R&D in publiek-private samenwerking. De basis ligt verankerd in de roadmaps Components & Circuits, Embedded Systems en Semiconductor Equipment. De langetermijnstrategie (**2025-2050**) is verbonden met de roadmaps Nanotechnology en Photonics. Als 'enabler' speelt micro- en nanoelektronica een sleutelrol in de op industriële eindgebruikers en overheden gerichte roadmaps Automotive, Healthcare, Lighting, Security, Smart Industry en Space.⁸³ Hier ligt ook de link met hoogfrequent technologie voor radar

⁷⁹ <http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/future-cities/20663/nederlandse-steden-nemen-het-voortouw-in-smart-city-strategie>

⁸⁰ <https://www.connekt.nl/initiatieven/>

⁸¹ <https://www.nwo.nl/documents/ew/cyber-security---nationale-cyber-security-research-agenda-ncsr>

⁸² Platform Nederland Radarland

⁸³ <https://www.hollandhightech.nl/nationaal/innovatie/roadmaps>

en ruimteonderzoek, gebieden waarin Nederland wereldleider is. Gezien de brede toepasbaarheid van elektronische componenten en systemen met micro- en nano-elektronica is het niet goed mogelijk een eenduidige verbinding te leggen met individuele **NWA-routes en andere topsectoragenda's**. In het algemeen kan gesteld worden dat het gebied een onderdeel vormt van de kennis nodig voor de realisatie van de ambities van de topsectoren en van het merendeel van de NWA. Direct als elektronica, maar vooral indirect, in de vorm van eindproducten met micro- en nano-elektronica, zoals (meet) instrumenten, robots en datacentra.

3. Implementatie

Algemeen wordt erkend dat de technische uitdagingen in de micro- en nano-elektronica de mogelijkheden overtreffen van individuele kennispartijen en zelfs landen. De Nederlandse industrie en de wetenschap zijn daarom zeer actief in programma's voor **internationale publiek-private samenwerking in R&D&I**. Hiervan zijn de meest zichtbare uitvoeringsvormen de Europese Joint Undertaking ECSEL (met ARTEMIS en ENIAC) en de EUREKA Clusters ITEA en PENTA (met CATRENE). Bedrijven, waaronder zeer veel mkb, en vooraanstaander onderzoeksorganisaties werken hierin intensief met elkaar samen. Bijna alle EU-landen nemen deel, met Nederland als een van de belangrijkste partners; publieke financiering vanuit Nederland wordt verzorgd door **EZK**.

Belangrijke **partners in de wetenschap** binnen Nederland zijn TUD, TU/e en UT, TNO en NWO, ieder vanuit hun eigen specifieke sterktes. In de ontwikkeling van fundamentele kennis spelen bij NWO de (industrial) partnership en perspectief programma's en meerdere instituten een grote rol. Specifieke verbanden voor publiek-private samenwerking in de micro- en nano-elektronica zijn Holst Centre (met TNO en imec), TNO-ESI, ARCNL (met NWO, UvA en VU) en TUD-EKL. EZK ondersteunt dit onderzoek, onder meer via het TNO- en NWO-budget en via TKI-HTSM pps-toeslag.

De regio's faciliteren deze activiteiten via **campussen en regionale onderzoeksorganisaties**. Een interregionale hoofdcorridor is de as Nijmegen-Eindhoven-Leuven. Hierlangs is een groot deel van het bedrijfsleven geconcentreerd, met in België imec, wereldwijd het grootste onderzoeksinstituut voor publiek-private samenwerking in micro- en nano-elektronica.

Gezien de toenemende toepassingsgerichtheid in micro- en nano-elektronica wordt samenwerking gezocht in onderzoek samen met **I&W, Defensie en J&V**, in overleg en afstemming met meer direct betrokken vertegenwoordigers van andere sleuteltechnologieën en maatschappelijke uitdagingen.

De sleuteltechnologie micro- en nano-elektronica wordt beheerd door TKI HTSM en HighTech NL.

ST G. ICT

1. Relevantie

Digitalisering en de sleuteltechnologie ICT zijn cruciaal voor oplossingen voor de grote maatschappelijke uitdagingen én transities van alle sectoren in de maatschappij en de economie. Daarvoor is een sterke kennis- en innovatiebasis noodzakelijk, waar alle relevante stakeholders (bedrijven, kennis, overheid) samen en multidisciplinair aan willen werken. De KIA's van de (top)sectoren, de "routes" in de nationale wetenschapsagenda (NWA) en departementale agenda's (o.a. EZK, VWS, I&W, J&V, OCW) zijn hiervoor het vertrekpunt.

Onze maatschappij digitaliseert steeds verder en steeds sneller, vooral dankzij de voortuitgang in informatie- en communicatie-technologieën (ICT). Met verbonden sensoren, mobiele devices, embedded systemen, cloud computing platformen en apps worden massieve hoeveelheden gegevens verzameld, gecommuniceerd, opgeslagen, gecombineerd, geanalyseerd en tenslotte in toepassingen gebruikt. Dit leidt tot nieuwe data-gedreven bedrijvigheid, die ook uiterst relevant zijn voor grote maatschappelijke uitdagingen. Denk aan de toekomstige energievoorziening ("smart grid" om decentraal de balans tussen energievraag en -aanbod te regelen), de voedselvoorziening ("smart farming and food" om de productiviteit, kwaliteit en duurzaamheid te vergroten), gezondheid en veroudering ("eHealth and personal health" om vitaal oud te worden), mobiliteit en klimaatverandering ("smart mobility and logistics" en vermindering van CO₂-uitstoot), het creëren van een veilige (o.a. cybersecurity, privacy) en inclusieve samenleving (digitale educatie, digitaal burgerschap) en de digitalisering van bedrijven in de (maak) industrie ("smart industry").

Digitalisering is bepalend voor de transformatie van sectoren en bedrijven in economische waardeketens, zoals financiële dienstverlening, zorg, energie, high-tech en logistiek. Daarvoor zijn de juiste vaardigheden, systemen en diensten nodig. In economische zin is naar schatting minstens 30% van de groei in Nederland (en andere ontwikkelde landen) dankzij (het gebruik van) ICT. Nederland investeert jaarlijks zo'n 14 miljard Euro in ICT-diensten en -producten. In de EU is de toegevoegde waarde 600 miljard Euro en investeren bedrijven een kwart van hun onderzoek- en innovatiebudget in ICT (29 miljard Euro). De publieke sector in de EU investeert 6,7% van het totale budget in ICT-onderzoek en innovatie, wat achterblijft bij onder andere de VS (8,3%). Wereldwijd groeit de ICT-markt met naar schatting 4% per jaar, met een omzet van 3000 miljard Euro⁸⁴. Snelgroeiende bedrijven baseren hun businessmodel veelal op ICT-platformen.

Naast economische kansen brengt digitalisering nieuwe, snelgroeiende risico's en uitdagingen (publieke belangen) met zich mee, zoals cybersecurity, privacy, filter bubbles en de toenemende systeemcomplexiteit. Dit raakt ook de rol van burgers, overheden, toezichhouders en de wetenschap. Over de maatschappelijke kansen en risico's van digitalisering is een groot aantal rapporten uitgebracht (AWTI, SER, WRR, VSNU en Rathenau⁸⁵). De uitdaging is om de kansen voor digitalisering optimaal te benutten, en tegelijkertijd rekening te houden met vragen en bedenkingen van de digitale samenleving.

Nederland heeft een goede internationale positie en is een voorloper in de adoptie van digitale technologieën dankzij de goede internet infrastructuur, een bevolking die digitalisering omarmt en de hoge mate van bereidheid om multidisciplinaire samenwerking en digitalisering centraal te zetten in onderzoeks- en innovatie-initiatieven. In de *Networked Readiness Index 2016*⁸⁶ stond Nederland op de zesde plaats. Het Nederlandse bedrijfsleven blinkt in de breedte uit in de toepassing van de digitale technologieën, kent tientallen digitale technologiebedrijven en meer dan 40.000 softwarebedrijven in het MKB. De Nederlandse ICT-wetenschap staat internationaal hoog aangeschreven, en hoort in sommige digitale technologieën bij de wereldleiders⁸⁷.

2. Programma

De sleuteltechnologie ICT kenmerkt zich als de aanjager van de data-gebaseerde digitale diensten in vrijwel alle maatschappelijke en economische sectoren. Complexe softwareplatformen vormen steeds vaker de kern van nieuwe businessmodellen. Tegelijkertijd vernieuwen digitale technologieën zichzelf in een hoog tempo. Er zijn weinig technologieën die zich zo snel ontwikkelen als big data, cybersecurity, artificiële intelligentie, blockchain en draadloze communicatie (5G). Deze technologieën zijn ook randvoorwaardelijk voor de impact van tal van andere technologieën, zoals robotica, computercomponenten en sensoren. Voor digitale technologieën en voor de multidisciplinaire toepassing daarvan zijn daarom lange termijn planning en roadmapping minder geschikt.

⁸⁵ <https://www.awti.nl/documenten/adviezen/2015/9/21/klaar-voor-de-toekomst>; <https://www.ser.nl/nl/publicaties/adviezen/2010-2019/2016/mens-technologie.aspx>;

<https://english.wrr.nl/publications/policy-briefs/2017/01/31/big-data-and-security-policies-serving-security-protecting-freedom>;

http://www.vsnu.nl/nl_NL/digitalesamenleving;

<https://www.rathenau.nl/nl/publicatie/werken-aan-de-robotsamenleving>

⁸⁶ <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/report-highlight>

⁸⁷ <https://www.nwo.nl/actueel/nieuws/2016/ew/nederlands-ict-onderzoek-behoort-tot-de-wereldtop.html>

⁸⁴ https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/2017_predict_key_facts_report.pdf

Disruptieve ICT-ontwikkelingen spelen mondiaal en kenmerken zich als “the winner takes all”. Bedrijven en overheden die niet tijdig instappen en kennis en ervaring opbouwen, lopen direct een onoverbrugbare achterstand op. Om Nederland ook in de toekomst goed gepositioneerd te houden, moet er blijvend geïnvesteerd worden in de fundamenteën en de vernieuwing van de kennisbasis van digitale technologieën, de toepassing daarvan en talentontwikkeling.

Het CPB en Harvard Business Review waarschuwen dat Nederland alert moet zijn om haar huidige sterke positie op het gebied van digitalisering niet te verliezen. Andere leidende economieën zoals Singapore, Duitsland, Canada, USA, China, Korea en Japan spelen versneld in op digitaliseringskansen en technologische innovaties. Ook de Europese R&D programmering toont het belang van digitalisering, zie bijvoorbeeld de recent gestarte “contractual PPP (cPPP)” big data (met de EU Big Data Value Association) en cybersecurity (met de European Cybersecurity Organisation).

De ontwikkelingen van digitale technologieën en de toepassing daarvan zijn uitgebreid beschreven in de KIA ICT 2016-2019 van het Team ICT. Gemotiveerd vanuit multidisciplinaire toepassingen wordt de noodzakelijke ontwikkeling van digitale technologieën in Nederland daarin gekaderd als vier thema’s, namelijk (a) “ICT one can rely on”; (b) “ICT systems for monitoring and control”; (c) “ICT for a connected world”; en (d) Big data. Binnen en overstijgend aan deze vier thema’s moeten de volgende toekomst-bepalende onderwerpen worden aangepakt om de Nederlandse positie op het gebied van digitalisering en digitale technologieën internationaal te kunnen behouden.

- **Big data.** CommitzData brengt sinds 2016 fundamentele uitdagingen én de toepassing van data science in één vraaggericht, meerjarig en cross-sectoraal programma tezamen (high end, valorisatie). Naast de focus op top-sectoren moet dit PPS-programma worden uitgebreid met data-gedreven maatschappelijke en wetenschappelijk relevante vraagstukken uit de NWA. Met name is er sterke behoefte aan een programma rond het veilig delen van big data.
- **Cybersecurity.** Cyberincidenten zijn aan de orde van de dag en hebben helaas in toenemende mate de potentie onze maatschappij te ontregelen. Het onderzoek, innovatie en onderwijs op dit gebied moet aanzienlijk worden versterkt om het hoofd te kunnen bieden aan cybersecurity dreigingen én tegelijkertijd de economische kansen te kunnen pakken. Het platform dcypher ontwikkelt een nieuwe agenda (NCSRA) voor alle topsectoren en NWA-routes waar cyber security in het geding is.
- **Artificiële intelligentie (AI) en autonome systemen (inclusief machine learning).** De laatste jaren is enorme vooruitgang op het gebied van machine learning, perceptie en modellering geboekt en is de impact van AI op de maatschappij toegenomen. Het Nederlandse bedrijfsleven heeft grote moeite expertise op dit gebied te vinden. Daarom is een gecoördineerde nationale aanpak en investering op het gebied van artificiële intelligentie en intelligente systemen naar voorbeeld van CommitzData noodzakelijk. De inhoudelijk agenda (scope, focus, kansen voor het bedrijfsleven, wetenschappelijk sterkten), en een organisato-

rische plan worden momenteel ontwikkeld voor een mogelijk Netherlands Center of Excellence in Artificial Intelligence.

- **Blockchain.** Blockchain wordt momenteel als een nieuwe, potentiële disruptieve digitale technologie gezien. De Dutch Blockchain Coalition moet zich verder ontwikkelen om de kennisbasis en het innovatief vermogen van het digitaliserende bedrijfsleven en overheid te versterken en een leidende maar ook kritische rol te kunnen spelen bij Europese initiatieven en programmering⁸⁸.
- **5G communicatie.** Met de verdere penetratie van mobiele systemen, Internet of Things en Smart Industry zal de betrouwbaarheid van draadloze communicatie groot moeten zijn. De verwachting is dat de draadloze datasnelheid met een factor 1000 moet toenemen. De 5^e generatie (5G) communicatietechnologie staat nog in de kinderschoenen. Zo is een testomgeving ingericht in Noord-Groningen. Gezien het belang van draadloze communicatie voor telecommunicatie- en high-tech bedrijven zijn investeringen nodig om in Nederland een sterke kennis-, standaarden- en patentpositie te verwerven op weg naar brede uitrol na 2020.

Door de complexiteit van hedendaagse technologische oplossingen wordt het ontwerpen van systemen en om kunnen gaan met systemische optimalisaties steeds belangrijker. Bovengenoemde data- en software-gebaseerde digitale technologieën zijn daarbij cruciaal. Echter, ook andere technologieën spelen (nu en mogelijk in de toekomst) een rol, zoals bijvoorbeeld embedded software, quantum-technologie en fotonica. Deze onderwerpen vereisen een herkenbare plaats in het ICT-innovatielandschap, waarbij afstemming met de HTSM-topsector van belang is. Ontwerpers passen ICT-technologieën toe en verbinden deze aan de menselijke maat. Key enabling methodologies als design for change and human touch zijn daarom deel uit maken van het systemische ontwerpen. Afstemming van programmering met de CI-topsector is van belang. Tot slot krijgt in veel sectoren software-intensieve simulatie en effectieve visualisatie een steeds belangrijkere plaats. Afstemming met topsectoren als Water & Maritiem, Chemie en LSH is daarvoor van belang.

De focus van deze KIA ICT sluit naadloos aan bij het Horizon 2020 ICT-werkprogramma⁸⁹. De thema’s big data, artificiële intelligentie en cybersecurity sluiten goed aan bij de nationale wetenschapsagenda (NWA) route “Waardecreatie door verantwoorde toegang en gebruik van big data”. In andere NWA-routes komen de digitale technologieën voor in meer toegepaste zin, zoals in de routes “Meten en detecteren: alles, altijd en overal”, “Smart Industry”, “Energietransitie”, “Smart, liveable cities” en “Sport en bewegen”. De onderwerpen big data, cybersecurity en blockchain zijn belangrijk voor beleidsdoelen van de vakdepartementen, zoals I&W (smart mobility), J&V en Defensie (security), VWS (toegankelijke, betaalbare en kwalitatief goede zorg) en EZK (energietransitie, landbouw). De rol van ICT komt ook sterk tot uiting in bijna alle agenda’s voor de maatschappelijke uitdagingen en de topsectoren.

⁸⁸ <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/eu-call-proposals-developing-blockchains-and-decentralised-data-architectures>

⁸⁹ Horizon 2020, Work Programme 2018-2020, Information and Communication Technologies.

3. Implementatie

Digitalisering en digitale technologieën vergen zodanige multidisciplinaire ontwikkelingen dat partners in de wetenschap, overheden en bedrijven in veel verschillende sectoren elkaar goed moeten kunnen vinden. Bovendien zal in veel samenwerkingen de fundamentele ICT-ontwikkeling gecombineerd moeten worden met geestes-, sociaal, of medisch-wetenschappelijke onderzoeksvraagstukken. De samenwerking tussen publieke partijen (universiteiten, TNO, CWI, NLeSc, SURF, NWO) op het gebied van digitale technologieën is goed ontwikkeld. In de loop van de tijd is een zekere mate van regionale en veelal multidisciplinaire kennis- en innovatiecluster ontstaan, zoals rond Amsterdam Data Science (ADS), Jheronimus Academy of Data Science (JADS) en The Hague Security Delta (HSD). Het Nederlandse ICT-ecosysteem heeft een goede positie in Europese samenwerkingen. Met name rond de technische universiteiten bestaan clusters van start-up en scale-up bedrijven waarbij EIT-Digital deze bedrijven helpt te expanderen naar de Europese markt.

De volgende programmering moet gerealiseerd worden.

Ten eerste, de publiek-private programmering binnen de genoemde vier thema's van de KIA ICT 2016-2019. Voor deze programmering zijn flexibiliteit, opleiden van human capital en ook experimenteer-ruimte van belang. Ook de uitvoering van de ICT human capital agenda zal moeten worden gecontinueerd.

Ten tweede, de thematische programmering op bovengenoemde vijf toekomst-bepalende onderwerpen (technologische gedreven kennisgebieden). Deze veelal *cross-sectorale PPS-en* richten zich enerzijds op de toepassing van digitalisering ten behoeve van economische en maatschappelijke uitdagingen, en anderzijds op onderzoek en innovatie van de digitale technologieën zelf. Voor deze programmering zijn massa, afstemming en eenvoud van belang, als ook een goede balans tussen de ontwikkeling van de fundamentele en de cross-sectorale toepassing daarvan. Voor de governance van de cross-over programmering kunnen de PPS-en CommitzData en het recentelijk gestarte Dutch Blockchain Coalition als model dienen. Programma's zoals *High Tech to Feed the World (HT2FtW)* leggen concrete verbindingen andere topsectoren.

Ten derde, het verbinden van wetenschapsagenda's zoals de NWA en het VSNU "digital society" manifest met de KIA ICT in de breedte en de thematische programmering op bovengenoemde vijf onderwerpen. Juist voor digitale technologieën ontstaan nieuwe economische uitdagingen en kansen wanneer vanuit maatschappelijke context normen, waarden en juridische kaders moeten worden ontwikkeld, met aandacht voor sociale en organisatorische aspecten, zoals benoemd in FAIR data en FACT data science. Digitalisering en digitale technologieën veroorzaken immers disrupties, waarbij economische waardeketens en een verantwoorde maatschappelijke inrichting uitdagingen zijn die hand-in-hand gaan.

De actie-agenda voor digitalisering (topkennis en innovatie, human capital) en de digitale technologieën vallen onder de verantwoordelijkheid van het Team ICT, in samenwerking met de trekkers van anders thema's, sectoren en NWA-routes. Profilering en communicatie (branding) wordt vormgegeven via Dutch Digital Delta (DDD)⁹⁰ en daar waar mogelijk met andere relevante programma's, zoals dcypher⁹¹, CommitzData en de Dutch Blockchain Coalition.

⁹⁰ <https://www.dutchdigitaldelta.nl>

⁹¹ <https://www.dcypher.nl>

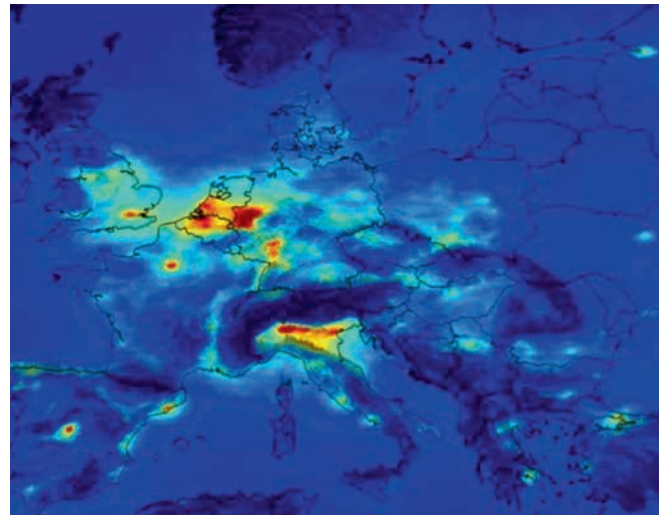
ST H. Ruimteonderzoek

1. Relevantie

Satellieten zijn van steeds groter belang voor onze samenleving. De informatie en diensten die zij leveren zijn een kritische enabler voor een breed scala aan economische activiteiten. Mobiliteit over land, water en door de lucht wordt ondersteund door een wereldwijd netwerk van navigatie- en communicatiesatellieten. Op satellietgegevens gebaseerde informatie speelt een essentiële rol in het begrijpen van de impact van de mens op milieu en klimaat en het ontwikkelen van noodzakelijke beleidsopties. Door de snelle ICT-ontwikkelingen wordt het mogelijk satellietdata meer en gebruiksvriendelijker toe te passen en te combineren met andere gegevens, bijvoorbeeld in Big Data toepassingen. Daarnaast vereist een aantal thema's in de Nationale Wetenschaps Agenda toegang tot state-of-the-art instrumenten. De hiervoor noodzakelijke technologische doorbraken hebben vaak onverwachte en brede toepassingen.

Ruimtevaarttoepassingen kunnen bijdragen aan een aantal grote transitie- en maatschappelijke uitdagingen. Weersatellieten dragen in combinatie met geavanceerde computermodellen bij aan een veiliger samenleving, doordat ze betrouwbaarder voorspellingen kunnen doen. Door de toename van extreem weer worden betrouwbare waarschuwingen steeds urgenter. Een relatief nieuw voorbeeld op het gebied van veiligheid is de detectie en signalering van tsunami's. Verdere toepassingen rond het thema maatschappelijke veiligheid liggen er op defensiegebied. Op het gebied van gezondheid en klimaat kan met bijvoorbeeld het in publiek-publiek samenwerking ontwikkelde Nederlandse OMI instrument en zijn opvolger TROPOMI⁹² de samenstelling van de atmosfeer worden gemeten. Dat geeft inzicht in zowel luchtkwaliteit als over de voor de mens gevaarlijke UV-straling. Daarmee kunnen dagelijks beschermingsadviezen aan de bevolking worden gegeven. Ook zijn deze gegevens van groot belang voor klimaatmodellen.

Daarnaast maken satellietbeelden in vele kleuren het mogelijk de stand van de vegetatie wereldwijd in kaart te brengen met hoge ruimte- en tijdsresolutie en kunnen schattingen van populatiegroottes sterk verbeterd worden, wat agroproductie efficiënter maakt en ook bijdraagt aan natuurbeheer. Dit alles biedt een unieke kijk op een wereld die verandert door menselijk ingrijpen en geeft daarmee een handelingsperspectief voor bedrijven en overheden.



Meting van SMOG met Nederlands OMI instrument

Ruimtevaart omvat een brede keten aan activiteiten. Het betreft de ontwikkeling van componenten, integratie daarvan tot geavanceerde instrumenten, satellieten en lanceersystemen en het gebruik van satellietgegevens. De totale omvang van de snelgroeiende ruimtevaartmarkt is ongeveer 300 miljard euro (2015), waarvan grofweg één derde direct is gerelateerd aan gebruik.⁹³ Voor het gebruik van satellietdata is de overheid (o.a. defensie) de dominerende partij en zijn er aanzienlijke ambities.

Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen hebben een goede internationale positie bijv. op het gebied van geavanceerde instrumenten, componenten & systemen en toepassingen gebaseerd op geo-informatie. Een nieuwe, veelbelovende ontwikkeling betreft optische satellietcommunicatie. Om te voorzien in de sterk toenemende behoefte aan grote hoeveelheden data (vooral video) kunnen telecombedrijven niet langer gebruik maken van traditionele radiogolven. Optisch communicatie biedt niet alleen uitstekende mogelijkheden voor hogere data rates, maar is ook intrinsiek veilig. Op al deze terreinen liggen er kansen en dienen Nederlandse partijen snel te schakelen om hun ambities waar te maken. Ruimtevaarttoepassingen zijn vooral enabling voor de topsectoren water & maritiem, agri&food, tuinbouw & uitgangsmaterialen, energie, logistiek en in de nabije toekomst life sciences & health waarbij ook de wetenschap een belangrijke afnemer is.

⁹² <https://www.spaceoffice.nl/>

⁹³ https://www.spacefoundation.org/sites/default/files/downloads/The_Space_Report_2016_OVERVIEW.pdf

2. Programma

De toenemende behoefte aan inzicht in de effecten van de mens op onze planeet leidt tot een stijgende vraag naar informatie op globale schaal. De urgentie voor betrouwbare data zal nog toenemen door het klimaatakkoord van Parijs (2015). Ook vanuit commerciële hoek is er een toenemende behoefte aan ruimtevaart systemen: de sterke groei in communicatie en navigatie en het toenemend belang van geo-informatie jaagt de behoefte aan voor in de ruimte gebaseerde systemen. De ontwikkeling van goedkopere, lichtere systemen en nog geavanceerdere instrumenten is daarvoor een belangrijke enabler.

Relatief nieuw is de ontwikkeling van kleine goedkope zogeheten nanosatellieten. Dit zijn satellieten met een volume van 1-10 liter. Deze kunnen goedkoop en in grote aantallen geproduceerd worden, en zijn bovendien efficiënt te lanceren. Nederland heeft daarbij een goede uitgangspositie en zet in om dergelijke complete nanosatellieten te ontwikkelen.

Ruimtevaart heeft binnen de topsector HTSM een eigen roadmap en een directe link met de roadmap Advanced Instrumentation.⁹⁴ Kennis en kunde met betrekking tot de bouw van instrumenten (en hun beperkingen) is een essentiële voorwaarde voor het optimaal gebruiken van deze data. Daardoor ligt er bovendien een expliciete link met de KIA ICT. Binnen de topsector HTSM zijn er verder kruisverbanden met de transport gerelateerde roadmaps en roadmaps die zelf enabling zijn voor de ruimtevaart. Dat zijn bijvoorbeeld de fotonica roadmap die geavanceerde optische systemen mogelijk maakt, de solar roadmap voor energie, de roadmap micro- en nano-electronica en de roadmap components & circuits.

Ruimtevaart is tevens enabler voor de NWA-routes “Bouwstenen van materie en fundamenten van ruimte en tijd” en “De oorsprong van het leven- op aarde en in het heelal”, die beide leunen op satellietmetingen. Daarbij is het essentieel dat grotere gevoeligheden en nauwkeurigheden gerealiseerd worden of zelfs nieuwe concepten. Aan de andere kant kunnen de geavanceerde vraagstellingen op deze routes een stimulans opleveren voor technologieontwikkeling met breder toepassingspotentieel. Onder de paraplu van ESA wordt gewerkt aan definitie, ontwerp en operaties van missies waarmee de wetenschappelijke doelstellingen voor zowel sterrenkunde, exploratie als aardobservatie gehaald kunnen worden.

Inmiddels lopen er bij verschillende departementen (EZK, JenV, IenW en BZ) programma's om het gebruik van satellietdata beter te laten aansluiten bij beleid en uitvoering.

Zo is er het Geodata for Agriculture and Water (G4AW) programma. Dit programma verbetert voedselzekerheid in ontwikkelingslanden door gebruik van satellietdata. Netherlands Space Office (NSO) voert dit programma uit in opdracht van het ministerie van Buitenlandse Zaken.

Bij het ministerie van IenM loopt het programma 'beter benutten satellietdata'. De beleidsonderdelen van IenM die afhankelijk zijn van ruimtevaartproducten of waarvoor ruimtevaart belangrijke kansen biedt zijn Water, Wegen, Milieu (inclusief Weer en Klimaat), Luchtvaart en Scheepvaart. Binnen deze onderdelen worden er de komende jaren verschillende pilots gestart.

Bij het ministerie van EZK zijn er meerdere innovatietrajecten gestart onder begeleiding van NSO. NSO heeft in 2015 innovatiegericht inkopen ruimtevaart geïntroduceerd om een versnelling tot stand te brengen in het gebruik van satellietdata bij overheden en in de samenleving. Het Small Business Innovation Research (SBIR) financieringsinstrument wordt ingezet om de markt uit te dagen om met toepassingen voor de overheid te komen. De financiering komt uit het ruimtevaartbudget van het ministerie van EZK. Op dit moment zijn er 12 trajecten (7 afgerond en 5 lopend) op het gebied van agro, delta's, energie, water en veiligheid.

Het Ministerie van Justitie en Veiligheid is een J&V-breed en bottom-up innovatieprogramma 'Satelliettoepassingen voor Veiligheid en Justitie' gestart⁹⁵ waar zich als snel onderdelen van defensie, financiën, I&W en SZW aangesloten hebben. Via dit programma:

- zijn inmiddels tien JenV vraagstukken geïdentificeerd en verder uitgewerkt die zich lenen om te exploreren of innovatieve producten en diensten gebaseerd op satelliettechnologie aan deze vraagstukken kunnen bijdragen;
- wordt ervaring opgedaan hoe het ministerie met bij JenV aangesloten Veiligheidspartners (o.a. DEF, KMAR, Douane) in triple helix samenwerking nieuwe technologie inzet voor JenV vraagstukken en;
- wordt ervaring opgedaan met innovatiegerichte inkoop (instrumenten als de Innovatiepartnerschap en de Small Business Innovation Research programma's).

Einddoel is de ontwikkeling en (innovatiegerichte) inkoop van innovatieve producten en diensten voor J&V. In 2016 zijn per vraagstuk zgn. overheidsconsortia gevormd en zijn per vraagstuk inmiddels vervolgprijzen ingericht die variëren van trajecten met TNO, NLR en TU Delft tot SBIRs en Innovatiepartnerschappen. De Innovatielaisons van RVO hebben bij de start van dit programma geïnventariseerd hoe en waar buitenlandse overheden ruimtevaarttechnologie inzetten bij vraagstukken op het terrein van Veiligheid en Justitie.

Het Innovatieteam J&V en programmapartner HSD trekken dit technologie gedreven innovatieprogramma, het Aanbestedings-expertisecentrum PIANOo en NSO ondersteunen. Het programma omvat PPS-samenwerking met kennisinstellingen, bedrijven en overheden. Het programma is voorts opgenomen in de Strategische Samenwerkingspartnerschap K&I (mei 2017 ondertekend door SG DEF en SG JenV).

⁹⁴ <https://www.hollandhightech.nl/nationaal/innovatie/roadmaps>

⁹⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-veiligheid-en-justitie/inhoud/innovatie-veiligheid-en-justitie/innovatieprogramma-satelliettoepassingen>

3. Implementatie

Ruimtevaart is een typisch supranationale activiteit. In Europa zijn de Europese Commissie en ESA actief op dit terrein. Copernicus⁹⁶ is één van de grote initiatieven waar Nederlandse partijen volop in deelnemen en een imposant track record hebben opgebouwd. Het Copernicus initiatief is gericht op waarneming vanuit de ruimte voor bijvoorbeeld land-, water- en de luchtkwaliteit en veiligheid. Galileo⁹⁷ is een tweede groot initiatief waar wederom Nederlandse partijen gezaghebbend bij zijn betrokken. Dit programma is gericht op de ontwikkeling van een Europees autonoom navigatienetwerk. Daarnaast adresseert het ESA science programma een aantal onderwerpen uit de Nationale Wetenschapsagenda waarvoor internationale samenwerking onontbeerlijk is.

Belangrijke partners vanuit de Nederlandse wetenschap zijn de universiteiten, SRON, KNMI, ASTRON en NOVA. De wetenschappelijke activiteiten worden gerealiseerd in lijn met de NWO ambities en programma's. Rondom astronomie zijn de strategische plannen van het Nationaal Comité voor Astronomie (NCA namens NOVA, SRON, ASTRON, NWO) richtinggevend. Voor planetair onderzoek, inclusief onze eigen aarde betreft het SRON, KNMI, TNO en universiteiten. De kennisinstututen TNO en NLR zijn ook actieve spelers.

Voorbeelden van ontwikkelingen van Publiek Private Samenwerkingen op het gebied van Ruimtevaart zijn de ontwikkeling van een optische testbank voor Laser Satelliet Communicatie, een project rond adaptieve optica in het ESA-programma en nanosatellieten (Spectrolite), en dat mede via de regionale fondsen wordt gefinancierd. Daarnaast zijn er onder de topsectoren A&F en T&U diverse PPS-projecten, zoals de projecten SIGMA, Beter Bodembeheer en Sentinel Radar Satellieten⁹⁸.

De participatie in ESA-programma's en het ruimtevaartdeel van Horizon 2020 zijn essentieel voor de Europese inbedding en aansluiting bij de internationale strategische agenda's. Verder zijn er MoUs afgesloten met internationale ruimtevaartagentschappen zoals NASA en JAXA. De ministeries van EZK en OCW ondersteunen het onderzoek via bijdragen aan de ESA-ruimtevaartprogramma's.

De regio's faciliteren o.a. het gebruik van geo-informatie via het Geomatica Business park in Flevoland. Noordwijk kent een zwaartepunt van de Nederlandse Ruimtevaart activiteiten, o.a. door de aanwezigheid van de grootste Europese site van ESA, ESTEC,⁹⁹ en de Space Campus Noordwijk.

Het NSO, LRNL en het TKI HTSM beheren de sleuteltechnologie ruimtevaart.

⁹⁶ <http://www.copernicus.eu/>

⁹⁷ <https://www.gsa.europa.eu/>

⁹⁸ Zie voor nader details:

SIGMA (<http://www.tki-agrifood.nl/projecten/projecten-rpp/af-eu-15035>), Beter Bodembeheer (<http://www.tki-agrifood.nl/projecten/projecten-rpp/16064>) en

Sentinel radar satellites (<http://www.tki-agrifood.nl/projecten/projecten-rpp/fndm130028>)

⁹⁹ http://www.esa.int/About_Us/ESTEC/

[ESTEC_European_Space_Research_and_Technology_Centre](http://www.esa.int/About_Us/ESTEC/ESTEC_European_Space_Research_and_Technology_Centre)

ST I. Meet- en Detectietechnologie

1. Relevantie

Onze maatschappij staat voor een aantal grote uitdagingen op het gebied van voedselzekerheid en –veiligheid voor mens en dier, op het gebied van milieu en duurzaamheid, van water, circulaire economie, mobiliteit en gezondheid. Deze uitdagingen zijn erkend in nationaal, Europees en internationaal verband (bijvoorbeeld WEF). Essentiële vragen die daarbij opkomen en die cruciaal zijn voor ons succes in het aangaan van deze uitdagingen zijn: Hoe bepaal ik de persoonlijke gezondheidsstatus van mens, dier of plant en de doelmatigheid van behandeling of voeding, Hoe weet ik of water veilig is als drinkwater, Hoe schoon is de lucht die ik inademen en wat is de aard van de verontreiniging, Hoe kan ik de eigenschappen van een materiaal optimaliseren, Hoe kan ik de combinatie van gewas, bodem en klimaat optimaliseren, Hoe weet ik of mijn fabriek optimaal draait en of het product dat ik maak de gewenste samenstelling heeft, etc etc. Bij het beantwoorden van dat soort vragen spelen meet- en detectietechnologie (of analytische wetenschap en technologie) een onmisbare rol. De ene keer is de technologie nodig om systeembegrip te verkrijgen, de andere keer om lokaal een meting te doen als kwaliteitscheck, of als in-line procesanalyse. Ook voor het uitlezen van een lab- of organ-on-a-chip is detectietechnologie nodig. Meet- en detectietechnologie is een Key Enabling Technology voor innovatie! Als zodanig is het economisch belang van deze KET dus onmetelijk. Het marktvolume van meet- en detectietechnologie en de daaraan verbonden diensten (zoals commerciële laboratorium-analyse) in Nederland bedraagt enige miljarden Euro's per jaar. Met de opkomst van het Internet of Things en Smart Industry zal het belang van meet- en detectietechnologie alleen maar verder toenemen.

Hoewel de beschikbaarheid van meet- en detectietechnologie vaak als gegeven wordt beschouwd is de huidige stand van die techniek niet voldoende om de maatschappelijke uitdagingen op dit cruciale punt aan te gaan. Technisch gezien moet de meet- en detectietechnologie significant verbeteren op (1) het vermogen om tijdsopgelost, plaatsopgelost en chemisch [atomair/moleculair] detailinformatie te verkrijgen (2) non-destructief te meten en (3) daar te meten waar en wanneer het nodig is [miniaturisering dus]. Het goede nieuws is dat Nederland gemeten naar het aantal citaties per publicatie in de vakliteratuur op het gebied van de analytische wetenschap en technologie koploper is. In Nederland zijn de wetenschappelijke partijen, bedrijven en gebruikers van meet- en detectietechnologie ook goed georganiseerd. Binnen de HTSM roadmap advanced instrumentation wordt, sturing gegeven aan deze ontwikkelingen binnen de wetenschap en eerste applicatie's van nieuwe meet en detectieve technieken. Nederlandse wetenschappers in dit vakgebied beschikken daarnaast over een uitgebreid internationaal netwerk. Nederlandse wetenschappers in dit vakgebied beschikken daarnaast over een uitgebreid internationaal netwerk.

2. Programma

Verbinding met overheidsstrategieën, NWA-routes en topsectoragenda's

> Ministeries/Departementen /SKIA's

- Ministerie I&W: recyclaatanalyse; meting van lucht en waterkwaliteit; gezonde en veilige leefomgeving;
- Ministerie J&V: sensoren en detectie
- Ministerie VWS: slimme persoonlijke technologie; sensoren
- Ministerie OCW: Investerings in Big Science faciliteiten hebben een speerpunt in de richting van High Value taken, waarbij meestal geïnvesteerd wordt in meten of detecteren.
- Defensie: geavanceerde sensorsystemen, CBNR, fitness van de strijdkrachten
- Nederland Circulair in 2050: karakterisering van variabele feedstock, process monitoring, meettechnologie voor preciselandbouw; recyclaatanalyse; structuur-eigenschapsrelaties, inspectiegereedschap voor preventief onderhoud;
- Rijkswaterstaat: geautomatiseerde inspectie tbv preventief onderhoud/tijdige vervanging; monitoring van waterkwaliteit; monitoring tbv thema gezondheid
- Sport: monitoring van sporters op allerlei niveaus; meer dan de hartslagmeter en de stappenteller. Sensoriek ten behoeve van SportInnovatorCentra en SportInnovatorProjecten
- Voedselagenda: voedselveiligheid en fyto-sanitair in de keten (Q en K organismen); optimalisering van houdbaarheidsdata; verduurzaming van de voedselproductie (hulpstoffenefficiëntie, sensoriek ten behoeve van monitoring en plaats specifieke behandeling); fenotypering voor versnelling van veredeling.

> NWA-routes

De route Meten en Detecteren in de NWA Portfolio blijkt (hoofdzakelijk als enabler; in sommige gevallen ook als co-developer) van belang voor 21 van de 24 andere routes in de NWA Portfolio. Enige voorbeelden zijn: 03 Circulaire Economie en Grondstoffenefficiëntie, 04 Duurzame productie van gezond en veilig voedsel, 15 Oorsprong van leven, 17 Personalized medicine, 19 Regeneratieve geneeskunde, 20 Smart industry, 21 Smart Livable Cities.

> Topsector roadmaps/initiatieven

Chemie:

- Evidence based sensing (als kernactiviteit) [ook HTSM, A&F en LSH]
- Roadmap Chemical Nanotechnology and devices (als kernactiviteit)
- Andere roadmaps [Advanced Materials, Life, Chemical Conversion&Process Technology&Synthesis, Biobased Economy] (als enabler)

HTSM:

- Advanced Instrumentation (als kernactiviteit)
- Andere roadmaps (als enabler)

LSH:

- Fundamental Life Sciences research: non-invasieve/non-destructieve instrumentatie ten behoeve van het verkrijgen van systeembegrip.
- Applied and Practice-Based Health and Functioning Science Research: sensoriek om individuen in hun dagelijks leven te kunnen monitoren; sensoriek voor monitoring en indicatie voor dosering ion extramurale behandeling.

Logistiek:

- Trade compliance and border management: sensoriek voor fytosanitaire producten; moleculaire and microstructurele fingerprinting voor productidentificatie

AgriFood:

- Smart Agri&Food, Voedselveiligheid, Robuuste plantaardige productie (precisielandbouw): sensors en systeembegrip

Water & Maritiem:

- Waternotechnologie: sensoren voor Smart Water Services. (upstream meten van waterkwaliteit/verontreinigingen)

Energie:

- Energie en industrie: procesanalyse tbv intensificatie en optimalisatie en tbv electrificatie

Tuinbouw en Uitgangsmaterialen:

- Fenotypering voor snelle selectie in veredeling, Robuuste plantaardige productie (precisielandbouw, robotisering),
- Fytosanitair robuuste ketens, Smart logistics: (Non-destructieve) detectiemethoden en systeembegrip
- High Tech to Feed the World [ook HTSM/ICT en A&F]

Beheer en communicatie (inclusief contactpersonen)

In de totstandkoming van het Innovatiecontract 2018-19 wordt de Key Enabling Technology 'Meet- en Detectietechnologie' vertegenwoordigd door het boegbeeld van de topsector Chemie, Emmo Meijer. Het boegbeeld wordt daarin ondersteund vanuit het TKI Chemie en de TKI HTSM (roadmap Advanced Instrumentation).

ST J. Elektrochemische Conversie en Materialen

Motivatie

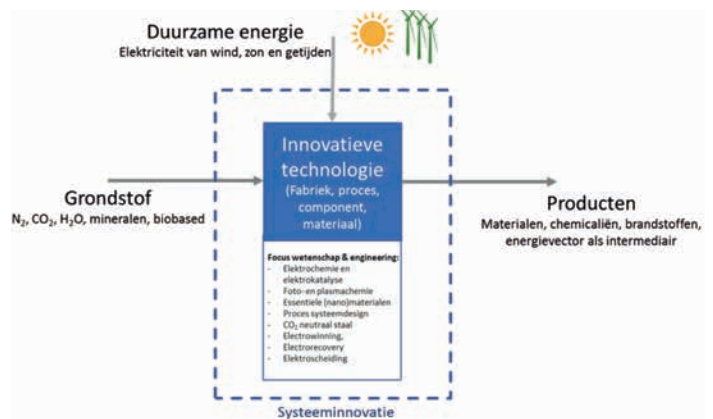
Het is evident dat in ons toekomstig energiesysteem hernieuwbare elektriciteit en elektrificatie een hoofdrol spelen in de transitie naar een CO₂-arme energievoorziening. Deze transitie wordt gefaciliteerd door de CO₂ doelstellingen van nationale overheden, waaronder de Nederlandse overheid (CO₂-neutraal in 2050). In het toekomstige energiesysteem zal nog steeds behoefte bestaan aan brandstoffen (luchtvaart, scheepvaart, zwaar wegtransport), chemische producten en materialen. Productieprocessen die nu verantwoordelijk zijn voor ruim 35% van de wereldwijde CO₂ uitstoot¹⁰⁰. Deze producten via elektriciteit, biomassa en/of CO₂ te maken is de uitdaging.

Daarnaast zijn er oplossingen nodig om het probleem van onbalans tussen productie en afname van elektriciteit aan te pakken, ook wel intermittency (zowel over- als onderaanbod). Directe energieopslag is daarvoor een van de opties, naast het verbinden van netwerken en productiecapaciteit (interconnectie) en het organiseren van een optimale balans van vraag en aanbod door flexibele productie en afname. Opslag van elektriciteit in batterijen of vergelijkbare systemen is een optie, omzetting naar chemicaliën als energiedrager met behulp van elektrochemie is een andere.

Sleuteltechnologie

De combinatie van technologieën om dit toekomstige energiesysteem te verwezenlijken zijn de materiaaltechnologie, reactor engineering, katalyse, warmte- en transportleer, computational sciences en benodigde high- en lowtech engineering voor toepassing in de infrastructuur. Deze essentiële combinatie van technologieën komt samen in de verbindende sleuteltechnologie voor Nederland, Elektrochemische conversie & Materialen. Elektrochemische Conversie & Materialen is de sleuteltechnologie om de elektrificatie van processen mogelijk te maken.

Uit het voorgaande moge blijken dat de ontwikkeling van deze sleuteltechnologie, gegeven de toekomstige ontwikkelingen voor Nederland, een cruciale investering is. Nederland heeft een uiterst sterke positie op het gebied van de chemie (de petrochemische industrie in het bijzonder), energie (de gaswinning en exploitatie) en de (high- en lowtech) maakindustrie. In de verbinding van expertises en sectoren waarin Nederland een ijzersterke kennis- en marktpositie heeft, ligt een potentieel aan nieuwe technologie en applicaties.



Figuur: Afbakening sleuteltechnologie Elektrochemische Conversie & Materialen (ECCM). ECCM gaat uit van twee inkomende stromen: duurzame opgewekte energie en grondstoffen. ECCM is gericht op de technologie en systeemintegratie om de inkomende stromen om te zetten in producten of energiedragers voor energieopslag.

Sleuteltechnologie Elektrochemische Conversie & Materialen kan een belangrijke bijdrage leveren aan de elektrificatie van industriële processen. Enkele voorbeelden van de bijdrage van sleuteltechnologie Elektrochemische Conversie & Materialen aan de maatschappelijke uitdagingen:

- **Energie en CO₂:** Een stabiel elektriciteitsnet gebaseerd op hernieuwbare energie, waarvoor bij overschot de elektriciteit kan worden geconverteerd naar andere energiedragers, om tijdens tekorten weer elektriciteit te genereren. Door gebruik van het grote duurzame elektriciteitsproductiepotentieel in de energietransitie en de productie van elektriciteit te koppelen aan de productie van moleculen ontstaat bovendien een nieuwe outlet (markt).
- **Klimaat & circulaire economie:** CO₂ reductie door verhoogde efficiëntie van industriële processen en door het elektrochemisch recycleren van CO₂.
- **Water & maritiem:** Elektrochemische energieopwekking en dialyse.
- **Mobiliteit en transport:** CO₂ neutrale transportbrandstoffen voor zwaar vervoer (scheepvaart, luchtvaart) en opbouw van een H₂-gebaseerde economie.

Prioriteiten

Nederland behoort in technologisch, maatschappelijk en economisch opzicht tot de mondiale kopgroep op het gebied van innovatie in energietransitie en CO₂-reductie. De kennisbasis van Nederland specifiek op het gebied van elektrochemie is de afgelopen decennia geërodeerd en een intensivering van de innovatie-inspanningen is noodzakelijk om op langere termijn (2050) de doelstellingen op het gebied van energie en klimaat te

¹⁰⁰ United States Environmental Protection Agency (EPA)

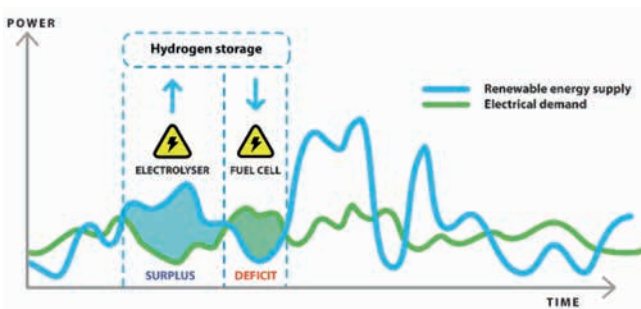
kunnen realiseren. Deze intensivering vraagt om focus en grotere investeringen en samenwerking met het buitenland.

De inhoudelijke prioriteiten binnen deze sleuteltechnologie bouwen voort op de succesvolle programmalijnen uit de innovatie-agenda's van de topsector Energie, HTSM en Chemie en sluiten aan bij de vier transitiepaden uit de Energie agenda.

De sleuteltechnologie Elektrochemische Conversie & Materialen adresseert de volgende prioriteiten om de stip op de horizon te bereiken:

- Systeemintegratie van H₂ geproduceerd door middel van elektrolyse
- Nieuwe elektrochemische conversie processen en materialen
- Opleiding en kennisuitwisseling

Showcase Hydron Energy



Hydron Energy is een start-up die innovatieve water elektrolyse (en brandstofcel) technologie ontwikkelt en implementeert op basis van Polymeer Elektrolyt Membranen. Samen met gespecialiseerde strategische partners produceert Hydron Energy hernieuwbare energie-installaties op basis van waterstoftechnologie. De technologie van Hydron Energy is flexibel en modulair.

Samenhang met Topsectoren, beleidsagenda's en internationale ontwikkeling

De energietransitie en de reductie van broeikasgassen is een forse en ook brede maatschappelijke uitdaging voor burgers, bedrijven en overheden. Deze innovatieagenda beperkt zich dan ook niet alleen tot het energiedomein en de Topsector energie, maar is door de betrokken Topsectoren in gezamenlijkheid opgesteld. Daarnaast is er een sterke samenhang met maatschappelijke uitdagingen (zie boven) en internationale ontwikkelingen en programma's zoals Horizon2020, de Europese Structuurfondsen, Mission Innovation en de Clean Energy Ministerial. Deze innovatieagenda is verder afgestemd met de Nationale Wetenschapsagenda en het rijksbrede programma Circulaire Economie.

Internationalisering

Nederland is geen kenniseiland. Om maximaal te profiteren van kennis die in andere landen wordt gegenereerd, is het van belang:

- te onderkennen aan welke kennis Nederland behoefte heeft;
- waar die kennis internationaal beschikbaar is;
- wat de beste wijze is om met andere landen en buitenlandse instituten samen te werken;
- te snappen welke kennis Nederland kan inzetten om internationaal samen te werken (waar elders behoefte aan is).

De samenwerking die rond deze sleuteltechnologie tussen de topsector energie, HTSM, chemie en water & maritiem tot stand is gekomen moet waar mogelijk ook verder worden geïntensiveerd naar andere topsectoren. Onderstaande samenhang is niet uitputtend.

NWA-routes

- **Energietransitie**, onderwerpen: vervoermiddelen als energiebuffer, van stroom naar brandstof en warmte, omgaan met variaties, meten-begrijpen-aanpassen, naar een CO₂ neutrale maatschappij, transitie in mondiale context.
- **Circulaire Economie**, onderwerpen: productie, conversie en scheiding, governance en transitie, consument en maatschappij.
- **Materialen**: thema's Klimaat en Duurzaamheid, onderwerpen Materialen voor duurzame energie, High-tech systemen en slimme materialen, Duurzame materialenkringlopen.

Topsector roadmaps/agenda's

- Roadmaps (Innovatieagenda's) **Energie**: Energie & Industrie (Warmte, Systeemintegratie- Elektrificatie en flexibilisering, Circulariteit), Gas (Waterstof, CCUS)
- Roadmaps **HTSM**: Nanotechnology, High Tech Materials, Solar, Automotive
- Roadmaps **Chemie**: Roadmaps Chemical Conversion, Process Technology & Synthesis,
- Chemistry of Advanced Materials, Chemical Nanotechnology & Devices
- Roadmaps Topsector **Water & Maritiem**: Deltatechnologie (Water & Energie), Watertechnologie (Resource efficiency)
- Roadmap Topsector **Tuinbouw & Uitgangsmaterialen**: Kas als Energiebron, Smart Logistics (controlled freight).

Rijk zonder CO₂: Naar een duurzame energievoorziening in 2050

- Enabling technologie voor CO₂-reductie langs vier transitiepaden.

Energieagenda

- Kracht en licht: Opslag, Waterstof in de GO
- Hoge temperatuurwarmte: CCUS, elektrificeren proceswarmte, conversie biomassa.
- Lage temperatuur warmte: ZonPV
- Mobiliteit: elektrisch vervoer, biofuels, windfuels, synthetische fuels
- Dwarsdoorsnijdende programmalijnen: smart grids, energieopslag, CCUS, groen gas, elektrochemische conversie en duurzame H₂.

Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050: Maakindustrie.

Implementatie

De implementatie van deze sleuteltechnologie vereist een nationale governance om opties te prioriteren en convergeren, passende wet- en regelgeving, onderwijs voor verdere versterking van de kennisbasis, nationale programmering voor onderzoek en ontwikkeling en samenwerking met technologisch vooruitstrevende landen.

Contact

De sleuteltechnologie Elektrochemische Conversie wordt vooralsnog beheerd door een nationale commissie Elektrochemische Conversie & Materialen, ingesteld door de topsectoren HTSM, Energie en Chemie in samenwerking met de topsector Water & maritiem. Aanspreekpunt is commissievoorzitter prof. Richard van de Sanden. Een boegbeeld voor deze sleuteltechnologie wordt z.s.m. benaderd.

Colofon

december 2017 | 107606