

Juli 2023

Verkenning sleuteltechnologieën voor LNV



Eindrapport



Juli 2023

Verkenning sleuteltechnologieën voor LNV

Eindrapport

Chiel Scholten, Ivette Oomens, Erika van der Linden, Jules van de Meulengraaf, Christian Erven en Geert van der Veen



Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	1
1 Introductie	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Opdracht	3
1.3 Sleuteltechnologieën	4
1.4 De (huidige) missies van LNV	9
1.5 Leeswijzer	12
2 Analyse van sleuteltechnologieën en missies	13
2.1 Relevante sleuteltechnologieën	13
2.1.1 Huidige ST-programma's	14
2.2 Stadium van ontwikkeling en gerichtheid op missies	16
2.2.1 Mate waarin de sleuteltechnologie gericht is op de missies	17
2.2.2 Gerichtheid op missies: innoveren in of innoveren met relevante sleuteltechnologieën	19
2.3 Bijdrage van sleuteltechnologieën aan missies	19
2.3.1 Missie A: Kringlooplandbouw	19
2.3.2 Missie B: Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie	20
2.3.3 Missie C: Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied	21
2.3.4 Missie D: Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel	22
2.3.5 Missie E: Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren	22
2.3.6 Overige missies van LNV	23
2.4 Relevante organisaties en initiatieven	24
2.5 Grootste kansen, barrières en randvoorwaarden voor bijdrage aan missies	26
2.5.1 Kansen van sleuteltechnologieën voor de missies van LNV	26
2.5.2 Barrières voor de inzet van sleuteltechnologieën voor de missies van LNV	28
2.5.3 Randvoorwaarden voor sleuteltechnologie-ontwikkeling binnen de missies van LNV	29
3 Conclusies en aanbevelingen	30
3.1 Conclusies	30
3.2 Aanbevelingen	31
Bijlage A Overzicht van veelgebruikte afkortingen	36
Bijlage B Verantwoording gebruikte methoden	37
B.1 Onderzoeksvragen	37
B.2 Aanpak	37
3.2.1 Aanpak database-onderzoek	38
B.3 Geïnterviewde personen	38



B.4	Deelnemers workshop	40
B.5	Leden begeleidingscommissie	40
B.6	Lijst met steekwoorden voor het database-onderzoek	40
Bijlage C	Herziene indeling van de missies van de KIA LWV en de sleuteltechnologieën van de KIA ST	45
C.1	Missies	45
C.2	Sleuteltechnologieën	46
Bijlage D	Input voor nieuwe missies KIA LWV vanuit workshop	49
D.1	Input voor nieuwe missies KIA LWV	49
D.1.1	Relevante sleuteltechnologieën voor de nieuwe missies	49
D.1.2	Onderzoek- en innovatie acties voor de nieuwe missies	49
D.1.3	Randvoorwaarden voor de nieuwe missies	50
D.2	Reflectie op sleuteltechnologieën voor de nieuwe missies	52

Managementsamenvatting

In deze verkenning heeft Technopolis in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) onderzocht in welke mate sleuteltechnologieën kunnen bijdragen aan de missies van LNV. Dat is gedaan aan de hand van de huidige missies van de Kennis en Innovatie Agenda Landbouw, Water en Voedsel (KIA LWV) – waarin de meeste van de missies van LNV zijn ondergebracht – en de huidige sleuteltechnologieën van de KIA Sleuteltechnologieën (ST).

Uit de verkenning blijkt dat *Digitale Technologieën*, *Life Science Technologies* en *Chemische Technologieën* de meest relevante sleuteltechnologieën voor de missies van LNV zijn. Ook *Engineering & Fabrication Technologies* is, in combinatie met *Digitale Technologieën*, relevant voor de missies van LNV.

Quantum Technologies en *Advanced Materials* bevinden zich qua toepassingen op het gebied van de missies van LNV nog op een laag TRL en zijn mede daarom minder relevant voor de KIA LWV. *Digitale Technologieën* kennen relevante toepassingen die doorgaans in een vrij hoog stadium van ontwikkeling (*Technology Readiness Levels* (TRL's)) zijn, dat geldt ook voor de licht- en PV-toepassingen van *Photonics & Light Technologies*. Deze toepassingen zijn echter maar beperkt impactvol voor de missies van LNV.

Niet alle sleuteltechnologieën zijn thematisch sterk gericht op de missies van LNV. Voor *Quantum Technologies*, *Nanotechnologie* en *Photonics and Light Technologies* is dat nog maar in beperkte mate het geval als je kijkt naar aantallen projecten en publicaties binnen het Nederlandse onderzoeksveld. Voor *Digitale Technologieën*, *Life Science Technologies*, *Engineering & Fabrication Technologies* en *Chemische Technologieën* is dat al wel sterker het geval.

Sleuteltechnologieën lijken het sterkst bij te kunnen dragen aan de missies A (Kringlooplandbouw), D (Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel) en B (Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie). Op de missies C (Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied) en E (Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren) liggen wel kansen voor sleuteltechnologieën, maar hiervoor zijn in deze verkenning minder relevante toepassingen geïdentificeerd. Voor de overige missies van LNV zijn de mogelijke bijdrages van sleuteltechnologieën (zeer) beperkt.

Binnen de huidige missies van de KIA LWV is er weinig aandacht voor sleuteltechnologieën en is er bij betrokkenen weinig kennis van sleuteltechnologieën. De aandacht gaat meer uit naar *nature-based solutions* (die overigens niet strijdig hoeven zijn met technologische oplossingen en elkaar kunnen versterken). Er wordt erkend dat een integrale aanpak, met o.a. technologie-gebaseerde en natuur-gebaseerde oplossingen, wenselijk is voor het bereiken van transities.

Er is binnen nagenoeg alle missies en onder beleidsmedewerkers breed behoefte aan meer data, sensoren en monitoring voor het beter en efficiënter meten van effecten van beleid, innovaties en werkwijzen of voor het verbeteren van processen in de sector. Dat maakt van met name *Digitale Technologieën* een belangrijke en doorkruisende sleuteltechnologie.

De ST-programma's van de KIA LWV staan vrij los van de missies. De interactie met Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIP's) is volgens missietrekkers zeer beperkt. De huidige ST-programma's richten zich voor een groot deel op sleuteltechnologieën die uit deze verkenning ook als het meest relevant voor de missies worden beoordeeld. Alleen *Chemische Technologieën* ontbreekt hierin.

Er zijn zowel kansen als bedreigingen voor LNV voor de inzet van sleuteltechnologieën. Deze zijn vrij divers. Kansen liggen o.a. op het gebied van betere data voor beleid, transities ondersteunen, efficiëntie in de sector en gebruik van grondstoffen, duurzaamheid (bijv. circulariteit). Bedreigingen liggen o.a. op het gebied van andere/nieuwe vaardigheden, betaalbaarheid voor gebruikers in de sector, dataveiligheid, -kwaliteit en -soevereiniteit. Randvoorwaarden liggen op het vlak van draagvlak/maatschappelijke acceptatie en veiligheid.

Op basis van de bevindingen van deze verkenning adviseert Technopolis:

- **Kies voor een combinatie van enkele sleuteltechnologieën die kunnen bijdragen aan de missies in plaats van enkele specifieke sleuteltechnologieën.** Daarvoor zien wij twee kansrijke clusters (1) een cluster van *Digitale Technologieën, Engineering & Fabrication Technologies* en onderdelen van *Photonics & Light Technologies* dat zich richt op digitalisering en slimme technologie en (2) een cluster van *Life Science Technologies, Chemische Technologieën* en onderdelen van *Nanotechnologie* die zich richten op biotechnologie en (bio)chemie.
- **Verbind sleuteltechnologieën directer met de missies via enkele concrete toepassingen:** werk binnen de missies aan toepassingen van sleuteltechnologieën die innovatief worden ingezet, verder worden ontwikkeld of getest.
- **Herzie de positie en rol van de brede ST-programma's binnen de KIA:** om de verbinding met de missies te versterken, zou er meer interactie met de MMIP's moeten zijn. Dat kan door concrete sleuteltechnologie-toepassingen onderdeel te laten zijn van zowel de MMIP's als het ST-programma. Door die verbondenheid kunnen de ST-programma's beter inspelen op de actuele vragen die leven binnen de missies en dus meer vraaggestuurd of missiegedreven werken.
- **Zet in op testen in de praktijk om onderzoeksresultaten sneller naar een toepassing te brengen.** Dat kan door middel van publiek-private samenwerking in bijv. proeftuinen of fieldlabs. Besteed bij het testen in de praktijk ook aandacht aan de sociale, ethische, juridische en economische aspecten van de technologie.
- **Borg coherentie met groeifondsprojecten:** investeer in technologie-missiecombinaties die nog niet of niet voldoende zijn opgepakt binnen groeifondsprojecten of grootschalige wetenschappelijke infrastructuren en waar ook vanuit de publieke of private sector behoefte aan is (zie voor voorbeelden pagina 32).
- **Besteed aandacht aan veiligheid, draagvlak en maatschappelijke acceptatie van sleuteltechnologie-toepassingen.** Deze aspecten zijn essentieel voor daadwerkelijke adoptie van een sleuteltechnologie-toepassing en daarmee impact op de missie.
- **Beleg skills en human capital voor m.n. digitalisering van de primaire sector beter in beleid.** Voor adoptie van deze sleuteltechnologieën zijn nieuwe kennis en vaardigheden vaak nodig. Opleiding van studenten, maar ook juist van professionals in de gehele keten, is daarvoor essentieel.

1 Introductie

Dit rapport bevat de resultaten en analyse van een verkenning naar de mate waarin diverse sleuteltechnologieën kunnen bijdragen aan de missies van LNV. Voor elke sleuteltechnologie is een fiche uitgewerkt die is opgenomen in een separaat achtergrondrapport. Over alle fiches heen is een analyse gemaakt die zich richt op onderzoeksvragen van deze verkenning en de mate waarin sleuteltechnologieën kunnen bijdragen aan de missies van LNV. Op basis daarvan zijn voorlopige conclusies en aanbevelingen geformuleerd ten aanzien van het sleuteltechnologiegerichte beleid van LNV. Deze analyse, conclusies en aanbevelingen staan centraal in dit rapport.

1.1 Aanleiding

In het missiegedreven topsectorenbeleid zijn de missies van het ministerie van LNV ondergebracht in de Kennis en Innovatie Agenda (KIA) Landbouw, Water en Voedsel (LWV). Daarnaast heeft het ministerie een aantal eigen missies gedefinieerd die niet binnen een KIA zijn ondergebracht. Een overzicht van al deze missies staat in paragraaf 1.4.

In de missies van de huidige KIA LWV wordt publiek-privaat samengewerkt aan onderzoek en innovatie die moet bijdragen aan het behalen van de missies. Naast programma's voor maatschappelijke missies, zijn er in deze KIA ook twee programma's voor sleuteltechnologieën opgenomen, namelijk 'Smart Technologies in Agri-Horti-Water-Food' (ST1) en 'Biotechnologie en veredeling' (ST2).

Binnen het missiegedreven topsectorenbeleid is er ook een speciale KIA op het gebied van sleuteltechnologieën (ST). Deze KIA ST valt onder het ministerie van EZK en zou doorkruisend moeten zijn aan de overige KIA's. Binnen deze KIA ST wordt er geïnvesteerd in onderzoek en innovatie naar generieke sleuteltechnologieën. De indeling van sleuteltechnologieën in de huidige KIA ST is gebruikt als kader voor deze verkenning.

De KIA's in het missiegedreven topsectorenbeleid worden periodiek herzien. Dat is ook dit jaar het geval. In het kader van deze herziening wil het ministerie van LNV graag analyseren in hoeverre de verschillende sleuteltechnologieën binnen de KIA ST kunnen bijdragen aan de missies binnen de huidige KIA LWV en de aanvullende LNV-missies. Daarmee wil het een betere aansluiting borgen tussen de KIA ST en de inhoudelijke missies, bezien of de huidige ST1- en ST2-programma's in de KIA LWV voldoen, en onderzoeken of er niet andere sleuteltechnologieën zijn die wellicht in de missies zelf geïntegreerd moeten worden om de interactie tussen ST en missie te versterken.

De herziening van de KIA LWV vormt daarmee de directe aanleiding voor het uitvoeren van deze opdracht. Ook andere KIA's zoals de KIA ST zullen worden herzien. In dat proces zullen ook de missies van de KIA LWV en de indeling van sleuteltechnologieën aangepast worden. Aangezien dit een proces is dat parallel loopt aan deze opdracht, hanteren we in deze verkenning de huidige missies en sleuteltechnologieën van beide KIA's. De uitkomsten van deze verkenning zullen uiteindelijk door de opdrachtgever vertaald moeten worden naar de nieuwe indelingen. De voorlopige nieuwe indelingen, en waar mogelijk de relatie met de huidige indelingen, zijn opgenomen in Bijlage C.

1.2 Opdracht

Het ministerie van LNV heeft Technopolis gevraagd om te verkennen en te analyseren welke van de sleuteltechnologieën binnen de KIA ST een bijdrage kunnen leveren aan de missies van

LNV. De verkenning is dus breed en gaat bewust verder dan de huidige ST-programma's binnen de KIA LWV.

In de verkenning is er aandacht voor:

- De missies waaraan sleuteltechnologieën kunnen bijdragen en voorbeelden van wat voor bijdrages dat kunnen zijn.
- Het stadium van ontwikkeling van de verschillende toepassingen van sleuteltechnologieën en welke verdere ontwikkeling nodig is voor de bijdrage aan de missies.
- De kansen en bedreigingen van sleuteltechnologieën voor de verschillende missies.
- Strategische acties die LNV kan nemen om kansen/bedreigingen van sleuteltechnologieën te benutten of beheersbaar te houden.

Een overzicht van de onderzoeksvragen is weergegeven in Bijlage B.1.

1.3 Sleuteltechnologieën

Sleuteltechnologieën zijn nieuwe technologieën die breed toepasbaar zijn. Door deze brede toepassing, maken ze nieuwe innovaties mogelijk in diverse sectoren. In Europees verband wordt er daarom ook wel gesproken van *key enabling technologies*. Sleuteltechnologieën hebben de potentie om via nieuwe goederen, diensten of processen de economie te versterken en oplossingen te bieden voor maatschappelijke uitdagingen. Door sleuteltechnologieën te richten op en in te zetten voor de missies van LNV, kunnen zij mogelijk een bijdrage leveren aan de missies van LNV.

Binnen de huidige KIA ST worden acht sleuteltechnologieën onderscheiden:

- **Advanced Materials:** de productie van nieuwe materialen of nieuwe toepassingen van bestaande materialen om zo producten met verbeterde eigenschappen te realiseren.
- **Chemische Technologieën:** diverse technologieën die betrekking hebben op het op gang brengen, in stand houden, verbeteren en analyseren van chemische processen om zo nieuwe stoffen en producten te produceren.
- **Digitale Technologieën:** diverse technologieën die betrekking hebben op het verzamelen, veilig opslaan en delen, analyseren en bewerken van data.
- **Engineering and Fabrication Technologies:** diverse technologieën die gebruikt worden voor het ontwerpen en produceren van producten.
- **Life Science Technologies:** diverse technologieën die gebruikt worden in de levenswetenschappen voor het onderzoeken, bewerken en produceren van biologische reacties, stoffen, weefsels, cellen en moleculen.
- **Nanotechnologie:** diverse technologieën en toepassingen op nanometerschaal (10^{-9} m, de schaal van atomen en moleculen) waarop materialen vaak andere fysische en chemische eigenschappen hebben.
- **Photonics and Light Technologies:** diverse technologieën die gebruik maken van het opwekken, transporteren, manipuleren en detecteren van licht/fotonen voor beeldvorming, elektronica of energieproductie.
- **Quantum Technologies:** diverse technologieën en toepassingen waarbij gebruikt wordt gemaakt van de principes uit de kwantummechanica.

Voor elk van deze sleuteltechnologieën zijn weer een aantal subtechnologieën gedefinieerd: een sleuteltechnologie is dus in feite een cluster van technologieën. Tabel 1 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 1 Overzicht Sleuteltechnologieën

#	Sleuteltechnologie	Toelichting
1	Advanced Materials (AM)	
1.1	Biomaterialen en zachte materialen	Kunstmatige zachte materialen zoals biologische weefsels.
1.2	Composieten en keramiek	Composieten zijn materialen die zijn opgebouwd uit meerdere componenten, zoals vezelversterkende kunststoffen. Keramische materialen zijn vaste stoffen die zowel niet geleidend als niet-biologisch zijn – voorbeelden zijn glas of sommige halfgeleiders in computerchips.
1.3	Designer- en metamaterialen	Innovatieve materialen ontworpen met specifieke eigenschappen en functies die niet voor komen in natuurlijke materialen.
1.4	Energieconversiematerialen	Materialen die energie kunnen omzetten van de ene vorm in de andere. Dat gebeurt bijvoorbeeld in zonnecellen of LED's.
1.5	Materialen voor energieopslag	Materialen waarin energie kan worden opgeslagen, denk aan batterijen en materialen waarin waterstof kan worden opgeslagen (geen tank, maar bijv. in het kristalrooster of de structuur van het materiaal).
1.6	Optische, elektronische en magnetische materialen	Materialen met deze specifieke (functionele) eigenschappen, bijvoorbeeld tweedimensionale materialen zoals grafeen, germaneen (laag germaniumatomen) en staneen (laag tinatomen), die voornamelijk interessant zijn vanwege hun halfgeleidende en/of supergeleidende eigenschappen.
1.7	Slimme, zelfhelende en zelforganiserende materialen	Materialen die zo ontworpen zijn dat ze zichzelf op de gewenste manier kunnen organiseren of repareren.
1.8	Structurele materialen	Materialen die structurele integriteit combineren met één of bij voorkeur meer extra functies, zoals kunststoffen versterkt met vezels (zgn. composieten) waardoor ze sterker zijn dan normale kunststoffen.
1.9	Coatings en dunne films	Materialen die in dunne lagen op oppervlaktes kunnen worden aangebracht en er een functionaliteit aan toevoegen.
2	Chemische Technologieën (CT)	
2.1	(Bio)processtechnologie	Optimaliseren van (bio)chemische processen voor de productie van (grond)stoffen of producten. Hierbij gaat het vaak om productie op grotere schaal waarbij chemicaliën of (onderdelen van) levende cellen worden gebruikt.
2.2	Analytische technologieën	Meten en analyseren van chemische processen, cellulaire structuren, moleculaire processen etc. en de ontwikkeling van methoden en apparaten daarvoor.
2.3	(Bio)katalyse	Methoden om (bio-)chemische reacties te versnellen, vertragen of op gang te brengen. Dit kan nodig zijn om chemische processen te optimaliseren of op te schalen.
2.4	Elektrochemische processen (o.a. Elektrificatie, waterstoftechnologie en power-to-gas)	Conversie van energiedragers (w.o. waterstof) naar elektriciteit en omgekeerd. Power to gas refereert naar het benutten van (op het net onbenutte) elektriciteit voor de productie van gassen, zoals waterstof. Deze processen dienen voor het opslaan in en opwekken van energie uit vaste, vloeibare of gasvormige energiedragers (w.o. batterijen).

#	Sleuteltechnologie	Toelichting
2.5	Microreactoren	Kleine systemen voor het plaatsvinden van chemische reacties die qua grootte in een luciferdoosje passen. Microreactoren zijn vooral geschikt voor kleinschalige chemische processen die onder fluctuerende condities werken.
2.6	Scheidingstechnologie	Technologie voor het scheiden van (nuttige of juist ongewenste) stoffen, bijvoorbeeld d.m.v. destillatie, extractie, kristallisatie, filtratie of sorptiematerialen en membranen, zoals ion-scheidingsmembranen
3	Digitale Technologieën (DT)	
3.1	Kunstmatige Intelligentie (AI)	AI maakt gebruik van algoritmes en machines om menselijke aspecten van cognitieve functies zoals leren, begrijpen, redeneren en interactie kunstmatig uit te voeren of na te bootsen. Voorbeelden van cognitie en begrip zijn spraakherkenning en natuurlijke taalverwerking; voorbeelden van interactie zijn slimme/autonome besturing (op basis van data en sensoren) en signaaldetectie. Onderzoek binnen AI richt zich op optimale hardware en software combinaties, systemen voor <i>deep learning</i> (algoritmes en de toepassing daarvan) en samenwerking tussen mens en machine.
3.2	Big data en data analytics	Beschikbaarheid van gegevens neemt toe en er is een groeiende vraag naar technologieën die deze gegevens kunnen verzamelen, opslaan, beheren, analyseren en presenteren. Onderzoek en innovatie op dit gebied richt zich op het combineren en verwerken van heterogene, steeds complexere databronnen om daaruit (nieuwe) inzichten te verkrijgen.
3.3	Blockchain	Het digitale, gedistribueerd opslaan van transacties in een 'grootboek' dat voor meerdere deelnemers toegankelijk is in een <i>peer-to-peer</i> netwerk. Het bijhouden van deze informatie kan veilig gebeuren doordat nieuwe transacties met behulp van een digitale handtekening worden toegevoegd, en doordat gegevens gedecentraliseerd worden beheerd.
3.4	Encryptietechnologie	Computersystemen en netwerkinfrastructuur worden steeds belangrijker, en hebben dan ook de juiste beveiliging nodig. Encryptietechnologieën waarborgen een veilige overdracht van informatie.
3.5	High performance, grid en cloud computing	Toepassingen die gegevensopslag virtueel of in de <i>cloud</i> mogelijk maken, maar ook om toepassingen die grote rekenkracht (<i>supercomputing</i>) online of genetwerkt beschikbaar stellen voor berekeningen of toepassingen die op een gewone computer niet uit te voeren zijn.
4	Engineering and Fabrication Technologies (EFT)	
4.1	(Opto-)mechatronica	Integraal ontwerpen van een mechanisch systeem en het bijbehorende (elektronische) regelsysteem, zoals robotgestuurde producten en machines. Optomechatronica is het toepassen van optische technologieën in mechatronica.
4.2	Additive manufacturing	Maken van producten door het laag-voor-laag computergestuurd aanbrengen van materialen zoals kunststoffen, metalen of beton. Het bekendste voorbeeld van additive manufacturing is 3D-printen. Additive manufacturing wordt vaak gebruikt in de context van het snel printen van complexe mechanische onderdelen.
4.3	Cyberfysische systemen	Systemen die informatieprocessen en fysieke processen integreren. Hieronder vallen ook <i>embedded systems</i> : systemen waarbij (slimme) elektronica is geïntegreerd in een apparaat,

#	Sleuteltechnologie	Toelichting
		machine of gebruiksvoorwerp. Communicatie in cyberfysiske systemen loopt via het internet. Voorbeelden van cyberfysiske systemen zijn apparaten binnen het internet-der-dingen (IoT, onderling verbonden en communicerende slimme apparaten/machines) en slimme/autonome robots – robots die op basis van data en sensoren handelingen uitvoeren (geen direct voorgeprogrammeerde instructies).
4.4	Hoge frequentie en mixed signal technologieën	Communiceren op basis van een mix van (<i>high-frequency</i>) technologieën zoals radio, radar, 5G, wifi en GPS. Hierbij gaat het om methoden voor het produceren en verwerken van signalen.
4.5	Beeldvormende technologieën	Technologieën om beelden te maken, te bewaren, te verwerken, te verbeteren, te analyseren of te dupliceren
4.6	Robotica	Hier komen elementen van (opto-)mechatronica, elektronica en computersystemen samen in robots: machines die menselijke acties kunnen overnemen. Dit kunnen voorgeprogrammeerde robots zijn of autonome robots, zoals cyberfysiske systemen. Robots kunnen verschillende vormen en toepassingen hebben, voorbeelden zijn robotarmen voor fabricage en autonome voertuigen voor distributie.
4.7	Sensoren en actuatoren	Sensoren meten bepaalde grootheden, zoals temperatuur en druk. De informatie uit sensoren wordt doorgaans elektronisch verwerkt en gebruikt om acties uit te voeren. Dat laatste doen actuatoren die een beweging uitvoeren op basis van een elektrisch signaal. Een actuator is dus in feite het tegenovergestelde van een sensor. Robots maken gebruik van sensoren en actuatoren om acties uit te voeren.
5	Life Science Technologies (LST)	
5.1	Biokatalyse	Draait om het laten verlopen of versnellen van (bio)chemische reacties d.m.v. organische katalysatoren in levende organismen. Vaak gebeurt dit met behulp van enzymen.
5.2	Biochips en biosensoren	Miniatuurlaboratoria op een chip die gebruik maken van receptoren of andere biologische moleculen voor de detectie van cellen of moleculen.
5.3	Biofabricatie	Produceren van complexe biologische producten op basis van biomaterialen zoals levende cellen, weefsels en moleculen.
5.4	Gene editing/ Precise Genetic Engineering	Het (met hoge precisie) modificeren van genen (bijv. CRISPR-CAS) voor de ontwikkeling van medicijnen of de veredeling van gewassen.
5.5	Genomics	Het analyseren van genomen (het geheel van genen van een organisme); Proteomics: het complex van eiwitten; Metabolomics; metabolisme (stofwisseling) Glycomics: glycomes (koolhydraten in cellen) X-omics: noemer waaronder verschillende -omics disciplines worden gevangen
5.6	Industriële biotechnologie	Biochemisch produceren van producten als aminozuren, antibiotica, biochemische bouwstenen, bioplastics, vitaminen etc.
5.7	Nanomedicijnen	Het gebruiken van nanotechnologie om zowel medicijnen te creëren als om deze op de juiste plaats te krijgen.
5.8	Organ-on-a-chip	Chips die functies van levende menselijke cellen of organen kunnen simuleren.

#	Sleuteltechnologie	Toelichting
5.9	Stamceltechnologie	Stamcellen zijn cellen die zich kunnen ontwikkelen tot andere typen cellen. Deze technologie is erop gericht om stamcellen verder te laten ontwikkelen tot cellen die defecte cellen, weefsels of organen kunnen vervangen.
5.10	Synthetische celtechnologie	Maken van kunstmatige cellen, opgebouwd vanuit de verschillende onderdelen van een cel, voor beter begrip van de werking van de cel en voor het produceren van bruikbare stoffen
6	Nanotechnologie (NT)	
6.1	Bionanotechnologie	Biotechnologie op nanoschaal, bijvoorbeeld voor het ontwerpen van nanomedicijnen. Onderzoek richt zich bijvoorbeeld op hoe (functionele) nanosystemen het gedrag van tumoren kunnen beïnvloeden, door de micro-omgeving van tumoren te herprogrammeren.
6.2	Micro- en nanofluidica	Gedrag van vloeistoffen op micro- en nanoschaal is anders dan we gewend zijn. Door hiervan gebruik te maken in kleine vloeistofkanalen op (glazen) chips, kunnen bijvoorbeeld specifieke moleculen gescheiden of geanalyseerd worden. Dat maakt het mogelijk om uiteindelijk een lab op een chip te maken waarin bijv. biomoleculen, zoals DNA, kunnen worden getest. Ook kunnen chips zoals transistoren op basis van ionen worden gemaakt of instelbare lenzen.
6.3	Nanomanufacturing	Produceren op nanoschaal. Een bekend voorbeeld hiervan zijn chips en het etsen van kanalen op de chip met behulp van lithografie- of lasertechnologie ¹ . Dit biedt mogelijkheden om op atoomniveau de juiste compositie en structuur van materialen te realiseren, zodat je bijvoorbeeld snellere processoren kunt maken of meer opslagcapaciteit op een geheugenchip kunt realiseren.
6.4	Nanomaterialen	Nanomaterialen hebben één of meer dimensies (1D, 2D, 3D) met een bereik van 1 nm tot 100 nm, waardoor de materialen een relatief hoge oppervlakte-tot-volume verhouding hebben. Dat kunnen dus nanodraden zijn (1D), nanolaagjes of nanofilms (2D), of nanodeeltjes (3D) zijn. Dat heeft als gevolg dat de materialen fysische of chemische eigenschappen hebben die de materialen in grotere afmetingen niet zouden hebben. Daarvan wordt gebruik gemaakt voor enzymen, verf/coatings, filters, zonnebrandcrème of sensoren.
6.5	Nanodevices	Het gebruik maken van nanomaterialen of -technieken in apparaten. Hierbij worden de eigenschappen van nanomaterialen benut. Chips voor elektronica, displays (bijv. LED's) en zonnecellen maken veelal gebruik van halfgeleiders (semiconductors). Hiervoor wordt steeds meer nanotechnologie toegepast om de chips te structureren of op te bouwen uit dunne laagjes materiaal.
6.6	Halfgeleiderapparaten (semiconductor)	
7	Photonics and Light Technologies (PLT)	
7.1	Imaging technologie	Verbeteren van de beeldkwaliteit en betaalbaarheid van beeldvormingstechnieken en het ontwikkelen van betere medische apparatuur voor minimale invasieve behandelingen.

¹ TNO. (2018). *De potentiële bijdrage van technologie aan maatschappelijke uitdagingen*.

#	Sleuteltechnologie	Toelichting
7.2	Geïntegreerde fotonica	Optimaliseren van datatransport via lichtdeeltjes (fotonen), de verdere ontwikkeling van optische sensoren en fotonische circuits voor computers en andere apparatuur.
7.3	Fotogeneratie- en detectietechnologie	Technologie voor het genereren, geleiden en detecteren van fotonen voor gebruik in o.a. kwantumcommunicatie.
7.4	Photonic/electronic co-integration	Het combineren en uitwisselen van informatie tussen elektronica en fotonica in chips en geïntegreerde circuits.
7.5	Photovoltaïcs	Ontwikkelen van nieuwe soorten en verbeterde zonnecellen met een hoger rendement.
8	Quantum Technologies (QT)	
8.1	Kwantumcomputer	Deze technologie is gebaseerd op kwantumbits (een eenheid van digitale informatie). In tegenstelling tot bits in onze huidige computer (die 1 of 0 kunnen zijn), zijn kwantumbits verstrengeld en kunnen dus tegelijkertijd 0 en 1 zijn (en allerlei toestanden daar tussenin). Dat betekent dat een kwantumcomputer parallel duizenden berekeningen kan uitvoeren: dat maakt de kwantumcomputer vele malen sneller dan huidige computers. Er zijn twee verschillende kwantumcomputers: er is de <i>dedicated</i> kwantumcomputer, die 50 tot 2000 kwantumbits heeft en is gemaakt om één specifiek optimalisatievraagstuk op te lossen. Dit soort kwantumcomputers bestaat al. Daarnaast is er de algemene kwantumcomputer, die miljoenen kwantumbits heeft en allerlei typen vraagstukken kan oplossen – min of meer zoals een gewone computer. Dit type computer zal waarschijnlijk over 20 tot 30 jaar op de markt verschijnen.
8.2	Kwantumcommunicatie en -encryptie	Toepassen van het kwantumprincipe verstrengeling op communicatie. Hierdoor kunnen individuele fotonen op verschillende plaatsen in een netwerk met elkaar verstrengeld worden en kan kwantum informatie worden verstuurd. Wat deze technologie zo aantrekkelijk maakt, is dat af luisteren automatisch wordt ontdekt (vanwege de verstrengeling), waardoor deze communicatie extreem veilig is.
8.3	Kwantumsensoren en -metrologie	Hierbij wordt gebruik gemaakt van kwantumeigenschappen op sensoren en metrologie (studie van meetmethoden). Hierbij wordt kwantummechanica benut als raamwerk om meeteenheden te definiëren, waardoor heel nauwkeurig gemeten kan worden.

Gebaseerd op Technopolis Group (2021). *Fiches Relevante sleuteltechnologieën voor IenW*, het overzicht van sleuteltechnologieën van NWO² en Bijlage A van de KIA Sleuteltechnologieën. We hanteren de naamgeving van sleuteltechnologieën volgens het overzicht van NWO.

1.4 De (huidige) missies van LNV

De missies van LNV zijn grotendeels ondergebracht in de KIA LWV. Deze KIA kent zes missies (A t/m F), waarvan missie F niet op het terrein van het ministerie van LNV ligt. Deze laatste missie laten we in het kader van deze studie dan ook buiten beschouwing. De vijf missies van LNV binnen de KIA LWV richten zich eigenlijk allemaal op een soort systeemtransitie:

- **Missie A – Kringlooplandbouw:** deze missie richt zich op kennis en innovatie om de transitie naar kringlooplandbouw te realiseren. In deze missie heeft men als doel om in 2030 substantieel minder grond- en hulpstoffen te gebruiken in de land- en tuinbouwsector. De

² Zie: <https://www.nwo.nl/sleuteltechnologieen>

waarde uit reststromen wordt zo veel mogelijk benut en de uitstoot van vervuilende of vermestende stoffen is verminderd. Er wordt gebruik gemaakt van robuuste rassen en teeltsystemen, ecologische processen en er is een groter aanbod van niet-dierlijke eiwitten.

- **Missie B – Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie:** deze missie richt zich op kennis en innovatie om de transitie naar klimaatneutrale landbouw en voedselproductie mogelijk te maken. In deze missie heeft men als doel om in 2050 klimaatneutraal te zijn in de land- en tuinbouwsector. De uitstoot van broeikasgassen is flink verlaagd en gecompenseerd door extra CO₂-vastlegging in de bodem en de natuur. De sector zelf levert duurzame energie en maakt geen gebruik meer van fossiele grondstoffen.
- **Missie C – Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied:** deze missie richt zich op kennis en innovatie om het landelijk en stedelijk gebied klimaatbestendiger te maken. In deze missie heeft men als doel om in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust ingerichte gebieden te realiseren. Land- en tuinbouwsystemen kunnen dan beter omgaan met klimaatverandering en het beheer van grond- en oppervlaktewater draagt bij aan de klimaatbestendigheid van de sector zonder schade toe te brengen aan de natuur.
- **Missie D – Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel:** deze missie richt zich op kennis en innovatie rondom voedsel. In deze missie heeft men als doel om in 2030 gezond, veilig en duurzaam voedsel te produceren. Daarbij werkt men aan een robuust voedselproductiesysteem en meer duurzame producten die goed zijn voor de omgeving. Hierdoor waarderen consumenten de sector en zijn zij bereid een eerlijke prijs te betalen.
- **Missie E – Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren:** deze missie richt zich op kennis en innovatie rondom het duurzaam en veilig gebruik van zeeën, oceanen en wateren. In deze missie heeft men als doel om in 2030 de ecologische draagkracht en economische activiteiten op de Nederlandse wateren in balans te hebben. Dat betekent dat de winning van duurzame energie, voedsel, visserij ect. de ecologie, waterveiligheid en -kwaliteit, en de zoetwatervoorziening niet in gevaar mag brengen.

Onder elke missie vallen specifieke doelen die vormgegeven zijn in de vorm van Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's). LNV heeft ook een aantal eigen MMIP's met doelen die niet onder een van de huidige missies van KIA LWV vallen.³ Een overzicht van deze doelen (d.w.z. MMIP's) is per missie weergegeven in Tabel 2. In deze tabel is ook de prioriteit van elk van de MMIP's weergegeven voor deze verkenning. Deze prioritering is in overleg met de opdrachtgever tot stand gekomen. MMIP's met een lage prioriteit zijn niet expliciet verkend in onze analyse.

Tabel 2 De missies van LNV en bijbehorende doelen per MMIP's

MMIP	Doel	Prioriteit
Missie A: Kringlooplandbouw		
A1	Verminderen fossiele nutriënten en emissies naar bodem, water en lucht	Hoog
A2	Ontwikkeling van robuuste teeltsystemen op een gezonde bodem en substraat op basis van agro-ecologische principes	Hoog
A3	Optimalisering van het hergebruik van zij- en reststromen	Hoog
A4	Ontwikkeling van nieuwe plantaardige eiwitbronnen binnen Europa voor voedsel en diervoeders	Hoog

³ Dit zijn de MMIP's LNV1 t/m LNV4 in Tabel 2.

A5	Inzicht in hoe biodiversiteit kan worden hersteld en benut in de kringlooplandbouw	Hoog
Missie B: Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie		
B1	Reductie van de uitstoot van methaan in de veehouderij	Hoog
B2	Vermindering van de uitstoot van lachgas bij de bemesting van landbouwbodems en bij de vollegrondsteelt	Hoog
B3	Vermindering van oxidatie in de veenweidegebieden	Hoog
B4	Verhoging vastlegging van koolstof in landbouwbodems, bij vollegrondsteelt, in bos en natuur	Hoog
B5	Vermindering van energieverbruik in glastuinbouw	Hoog
B6	Toename productie en gebruik van biomassa (biograndstoffen)	Hoog
Missie C: Klimaatbestendig landelijk (en stedelijk) gebied		
C1	Voorkomen van wateroverlast en watertekort in landelijk (en stedelijk) gebied	Hoog
C2	Ontwikkeling van klimaatbestendige land- en tuinbouwproductiesystemen	Hoog
C3	Inrichting van een klimaatbestendige gebouwde omgeving	Laag
C4	Verbeteren van de waterkwaliteit	Hoog
Missie D: Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel		
D1	Versterken maatschappelijke waardencreatie en adequaat verdienvermogen voor de primaire producten in Nederland	Laag
D2	Stimuleren van het produceren en consumeren van gezond en duurzaam voedsel	Hoog
D3	Ontwikkelen van veilige, duurzame productiesystemen zonder risico's voor de omgeving	Hoog
D4	Ontwikkelen van een substantieel duurzamer en veiliger voedselketen	Hoog
Missie E: Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren		
E1	Balans tussen economische activiteiten op zee, zoals de opwekking van hernieuwbare energie en de productie van voedsel en de ruimtelijke en ecologische draagkracht van de Noordzee	Hoog
E2	In balans brengen van visserij, landbouw, toerisme en waterbeheer met de natuur in de Nederlandse Cariben	Laag
E3	Evenwichtig, optimaal en gebiedsgericht beheer en gebruik van rivieren, meren en intergetijdengebieden in Nederland	Laag
E4	In stand houden en duurzaam gebruik maken van oceanen, zeeën en mariene hulpbronnen voor duurzame ontwikkeling	Laag
E5	Ontwikkeling van een duurzame kust- en zeevisserij op de Noordzee	Hoog
Overige missies van LNV		
LNV1	Een einde aan honger en ondervoeding en toegang tot voldoende en gezond voedsel voor iedereen (internationaal)	Laag
LNV2	Verhogen Brede Maatschappelijke Welvaart in het landelijk gebied	Hoog
LNV3	Doelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn in Nederland zijn bereikt en de Nederlandse ecologische voetafdruk is gehalveerd	Hoog

LNV4	Gezelschapsdieren en dieren voor vermaak zijn fysiek en mentaal gezond	Hoog
Sleuteltechnologieprogramma's van LNV		
ST1	Slimme technologie toepasbaar maken voor de KIA-Landbouw, Water, Voedsel	Medium
ST2	Sleuteltechnologie voor snelle, efficiënte en nauwkeurige veredeling van plant en dier en modificatie van (micro-)organismen	Medium

NB: De prioritering voor deze verkenning is aangegeven door de opdrachtgever.

1.5 Leeswijzer

Na deze introductie vervolgt het rapport met een overkoepelende analyse over alle sleuteltechnologieën heen (hoofdstuk 2). We kijken hier vanuit de missies naar de sleuteltechnologieën en kijken eveneens naar kansen, bedreigingen en acties voor LNV. Op basis van deze analyse hebben we in hoofdstuk 3 conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

In de bijlagen van dit rapport staat nadere informatie over de onderzoeksvragen en gehanteerde aanpak, de herziene indeling van de missies en sleuteltechnologieën onder de nieuwe/voorzienige KIA LWV en KIA ST en een overzicht van veelgebruikte afkortingen.

Voor verdieping of achtergrond bij de analyse in deze rapportage, verwijzen wij naar het separate achtergrondrapport van deze verkenning. Daarin zijn per sleuteltechnologie fiches opgenomen met meer gedetailleerde informatie over relevante toepassingen per missie en bijdragen per MMIP.

2 Analyse van sleuteltechnologieën en missies

2.1 Relevante sleuteltechnologieën

Alle sleuteltechnologieën kunnen in enige mate een bijdrage leveren aan oplossingen voor de missies van LNV. Er zit echter wel verschil in de mate waarin elke sleuteltechnologie bij kan dragen aan de missies van LNV. Op basis van de fiches per sleuteltechnologie in het achtergrondrapport hebben we een beoordeling gemaakt van de relevantie van sleuteltechnologieën voor de missies van LNV (zie Tabel 3).⁴ Dat hebben we gedaan op basis van deskstudie en interviews met experts. Met relevantie bedoelen we de mate waarin een sleuteltechnologie (door middel van specifieke toepassingen) kan bijdragen aan de opgaves van LNV.

Het valt op dat sleuteltechnologieën naar onze beoordeling de sterkste bijdrage kunnen leveren aan de missies A, B en D. Op de overige missies van LNV en de missies C en E zijn er wel toepassingen van sleuteltechnologieën, maar verwachten we dat die bijdrage beperkt zal zijn.

Tabel 3 Relevantie van sleuteltechnologieën per missies

Sleuteltechnologie	A: Kringloop- landbouw	B: Klimaat- neutrale landbouw en voedsel- productie	C: Klimaat- bestendig landelijk en stedelijk gebied	D: Gewaar- deerd, gezond en veilig voedsel	E: Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren	Overige missies LNV
Digitale Technologieën	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green
Life Science Technologies	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green
Engineering en Fabricatie Technologieën	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green
Chemische Technologieën	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green
Photonics and Light Technologies	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green
Advanced Materials	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green
Nanotechnologie	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green
Quantum Technologies	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Light Green	Light Green

Beoordeling Technopolis Group. Legenda: hoe donkerder de groene kleur, hoe hoger de relevantie/bijdrage aan de opgave van LNV (d.w.z. de meest lichtgroene kleur betekent zeer lage relevantie/bijdrage aan de opgave van LNV). Wit betekent (nagenoeg) geen relevantie/bijdrage aan de opgave van LNV.⁴

De meest relevante sleuteltechnologieën voor LNV zijn:

- **Digitale Technologieën (DT)** kent toepassingen voor alle missies. Het is vooral relevant voor missie A t/m D. Het gebruik van (big) data, sensoren, AI en digitale analysetools is voor veel missies nuttig om meer op basis van data-effecten te monitoren en strategieën te ontwikkelen om doelen te kunnen bereiken en. Deze sleuteltechnologie achten we het meest relevant voor LNV en kent veel toepassingen.

⁴ Voor deze beoordeling hebben we gekeken naar het beeld dat ontstaat uit de literatuur en interviews en naar het aantal geïdentificeerde toepassingen van de sleuteltechnologie per missie en in hoeverre die toepassingen naar onze beoordeling effect kunnen bereiken op de missie (is het spot-on, is het omvangrijk etc.). We hebben de feedback van experts tijdens de interviews meegewogen in onze beoordeling. De kleuren (licht-donker) zijn afgeleid uit de schaal die gebruikt is in de tabellen "Mate waarin de sleuteltechnologie een bijdrage kan leveren aan opgaven van LNV" van elk fiche in het achtergrondrapport.

- **Life Science Technologies (LST)** is met name relevant voor de missies A en D. Het omvat o.a. toepassingen van genetische veredelingstechnieken, (precisie)fermentatie, eiwitproductie, biopesticiden en biosensoren waarvan de toepassingen sterk gericht zijn op de uitdagingen van LNV. Deze sleuteltechnologie ligt van nature sterk op het domein van LNV en is relevant voor de missies.
- **Chemische Technologieën (CT)** zijn met name relevant voor missies A en B en op veel andere missies een stuk minder. De sterke relevantie met missie A ligt met name in scheidingstechnologie (filtratie, membranen) en bioprocestechnologie (chemisch recyclen, fermentatie, elektrolyse van mest, eiwitextractie o.a. voor alternatieve eiwitbronnen). Deze chemische technologieën komt momenteel niet aan bod in de ST-programma's van de huidige KIA LWV en ook niet/amper onder de missies A en B.

Daarnaast is er een aantal sleuteltechnologieën die wat betreft relevantie minder sterk naar voren komen, maar wel interessante toepassingen kennen op enkele missies. Bekeken vanuit de toepassing hangen sommige van deze sleuteltechnologieën nauw samen met bovenstaande sleuteltechnologieën.

- **Engineering & Fabrication Technologies (EFT)** hangt nauw samen met Digitale Technologieën in diverse toepassingen o.a. op het gebied van sensoren en robotica. Hierin wordt veel gebruik gemaakt van data in combinatie met fysieke systemen. Toepassingen daarvan zijn met name relevant voor de missies A, B (o.a. *precision farming*, sensoren en automatisering in de glastuinbouw) en D (m.n. automatisering van productiesystemen). Vanuit de missies en de toepassing bekeken, ligt het voor de hand om EFT en DT als één technologiecluster te beschouwen omdat ze vooral in samenhang relevant zijn.
- **Photonics & Light Technologies (PLT)** kent in den brede veel toepassingen op het gebied van (optische) sensoren die relevant kunnen zijn voor verschillende missies, waaronder A, B en D. Licht is ook belangrijk in de glastuinbouw en ook fotonische materialen zijn relevant voor duurzaamheid. De focus op sensoren en data genereren uit beeldvorming, maakt dat PLT in de toepassing dicht bij EFT en DT kan liggen.
- **Nanotechnologie (NT)** is een breed begrip dat op het gebied van bio-nanotechnologie nauw verweven is met LST en ook links kent met CT en AM op het gebied van materialen. Qua relevantie is het profiel van NT vergelijkbaar met PLT. Het kan met name bijdragen aan de missies A, B en D door de inzet van bijv. nanosensoren, nanofilters en -membranen, coatings en nanopesticiden.

Sleuteltechnologieën die het minst relevant zijn voor LNV:

- **Quantum Technologies (QT)** is nog vrij fundamenteel. Onderzoek en innovatie op het gebied van QT is nog weinig gericht op de missies van LNV. Toepassingen zijn nog verder weg en zullen pas op termijn relevant worden voor LNV. Op dit moment zijn het vooral enkele kwantumsensoren die in ontwikkeling zijn die relevant kunnen zijn voor enkele missies, met name A en B.
- **Advanced Materials (AM)** kent ook maar beperkt toepassingen die echt impact zullen hebben op de missies. De meest relevante toepassingen zijn op het gebied van coatings (o.a. voor in de glastuinbouw), *bio-based* en bio-afbreekbare producten, en metaal-organische structuren (o.a. voor bioraffinage). Advanced Materials schuurt aan tegen het meer relevantere Chemische Technologieën en Nanotechnologie.

2.1.1 Huidige ST-programma's

De huidige ST-programma's richten zich op slimme technologie in agri-horti-water en food (ST1) en op biotechnologie en veredeling (ST2). ST1 linkt aan Digitale Technologieën en Engineering

and Fabrication Technologies. ST2 linkt aan Life Science Technologies. In deze verkenning is bewust breder gekeken naar sleuteltechnologieën (volgens het kader van de KIA ST) om te zien of er ook kansen liggen op het gebied van andere sleuteltechnologieën.

Binnen de ST-programma's worden veel projecten uitgevoerd die relevant zijn voor verschillende missies.⁵ Wel lijkt er binnen beide ST-programma's een nadruk te liggen op MMIP A2 (Gezonde, weerbare bodem en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie) in missie A. Zeker bij ST2 zijn er veel projecten op het gebied van MMIP A2. Daarnaast zijn er binnen dit ST2-programma ook enkele projecten op missie D rondom voedsel (voornamelijk MMIP D1 (waardencreatie en verdienvermogen) en MMIP D2 (de consument, duurzame en gezonde voeding in een groene leefomgeving)). Bij ST1⁶ wordt naast MMIP A2 ook vooral bijgedragen aan missie D (voornamelijk MMIP D3 (veilige en duurzame primaire productie) en MMIP D4 (duurzame en veilige verwerking)), en in mindere mate aan MMIP B1 (emissiereductie methaan en veehouderij) en MMIP C2 (klimaatadaptieve land- en tuinbouwsystemen).

Bij ST1 zijn er ook projecten op het gebied van het meten van waterkwaliteit (MMIP C1 en C4) en rondom geautomatiseerde landbouw (missie A en B). Binnen ST1 wordt er daarnaast bijgedragen aan transparantie en bewustwording rondom voedsel(productie) (MMIP D2) en het verduurzamen van landbouw, glastuinbouw en veehouderij (missie B) door het autonoom aansturen van systemen en uitvoeren van nauwkeurige metingen op individu-niveau (plant, dier, mens, product). Ten slotte draagt ST1 in beperkte mate bij aan MMIP E5 (visserij) op het gebied van real-time vangstanalyses aan boord van vissersschepen.

Uit onze analyse volgt dat de sleuteltechnologieën die aan de ST-programma's gelinkt zijn, relevant zijn voor diverse overige missies. Met name Digitale Technologieën kent een breed toepassingsbereik en heeft de interesse van veel missietrekkers. Het lijkt daarom mogelijk om in de toekomst bredere impact op de missies te bereiken. Door het betrekken van Chemische Technologieën naast Life Science Technologies kan de relevantie verder worden vergroot. Directere verbondenheid met de missieprogramma's kan de kruisbestuiving tussen technologie en missie vergroten. Uit de interviews blijkt dat er nu toch een afstand wordt ervaren met de ST-programma's en dat missietrekkers niet zo goed weten hoe deze programma's bijdragen aan hun missie. Dat komt wellicht ook door het meer fundamentele karakter van de onderzoeken binnen deze programma's.

Binnen de ST-programma's zijn diverse projecten uitgezet op met name de wat middelhoge TRL's (toegepast onderzoek, TRL 3-6)⁷, vaak met een duidelijke *use-case*. Er wordt o.a. gewerkt aan methoden, modellen, prototypes, *demonstrators* en aan praktijktests in een gecontroleerde omgeving. In het gros van deze projecten is de WUR betrokken en wordt kennis gegenereerd die bedrijven kunnen oppakken. De vraag hierbij is wel in hoeverre deze kennis daadwerkelijk verder gevaloriseerd en geadopteerd wordt door bedrijven en geïntegreerd wordt binnen de missies: dit is uit gedeelde jaarrapportages niet goed op te maken. Wel wordt gesteld dat op het gebied van veredeling kennis vaak snel door veredelaars in hun veredelingsprogramma's wordt opgenomen.

⁵ Op basis van de gedeelde jaarrapportages, activiteitenverslagen en -plannen van de ST-programma's.

⁶ Op basis van gedeelde jaarrapportages en samenvattingen van het ST1-programma.

⁷ De ST-programma's zijn opgezet om voort te gaan waar het fundamentele onderzoek dat bij NWO wordt gefinancierd ophoudt.

2.2 Stadium van ontwikkeling en gerichtheid op missies

Sleuteltechnologieën zijn brede technologieën waarbinnen diverse toepassingen in ontwikkeling zijn. Het stadium van ontwikkeling (TRL) van deze toepassingen kan verschillen. De ene sleuteltechnologie kent meer toepassingen die in een verder stadium van ontwikkeling zijn dan de andere sleuteltechnologie. Op basis daarvan kunnen we iets zeggen over de mate waarin een sleuteltechnologie als geheel zich meer op fundamenteel of toegepast onderzoek bevindt.

Quantum Technologies bevindt zich nog in een vrij fundamentele fase, waarin veel vragen aan bod komen die nog vrij weinig op toepassingen gericht zijn. Het ligt daarom minder voor de hand om vanuit LNV en vanuit missies daarin nu te investeren. Ook bij Advanced Materials bevinden veel door ons in de fiches geïdentificeerde toepassingen zich op een laag TRL-niveau. Het aantal toepassingen is beperkt en linkt sterk aan andere sleuteltechnologieën, zoals Nanotechnologie en Chemische Technologieën.

Nanotechnologie en Chemische Technologieën kennen toepassingen die al wat verder ontwikkeld zijn, en meer direct gericht op missies van LNV. Van de geïdentificeerde toepassingen zit een deel nog in lage TRL's (bijv. nanosensoren voor luchtkwaliteit, eiwitextractie uit wieren en bonen) en een deel in middelhoge TRL's (bijv. nanomembranen, elektrolyse van mest). Chemische Technologieën is breder en kent meer toepassingen op middelhoge TRL's dan Nanotechnologie.

Engineering & Fabrication Technologies is qua opzet al wat meer op toepassing gericht. De meeste geïdentificeerde toepassingen die relevant zijn voor de missies van LNV bevinden zich op middelhoge TRL's (bijv. autonome gewas- en bodemmonitoring, verpakkingssensoren). Engineering & Fabrication Technologies heeft overlap en sterke raakvlakken met Digitale Technologieën, omdat het veel gebruik maakt van data uit sensoren en de directe analyse en verwerking daarvan (bijv. door AI voor autonome systemen of robots).

Digitale Technologieën en Photonics & Light Technologies kennen toepassingen die zich op middelhoge tot hoge TRL's bevinden (bijv. precisielandbouw, modellen voor kassimulaties, agrovoltac plots (waarop zowel zonne-energie opgewekt kan worden als het landbouwproces geoptimaliseerd kan worden door de plaatsing van zonnecellen). Bij Photonics & Light Technologies hebben de hogere TRL's met name betrekking op lichttoepassingen (bijv. optische sensoren en LiDAR), aangezien fotonica nog wat meer fundamenteelere vraagstukken kent. Digitale Technologieën zijn veel op de toepassing gericht. Hierbij liggen kansen voor verdere ontwikkeling richting de missies van LNV.

Life Science Technologies kennen toepassingen die vrij breed zijn in hun mate van ontwikkeling. Geïdentificeerde toepassingen variëren sterk van lager TRL's (bijv. gene editing voor betere fotosynthese, veredeling van klimaatbestendige gewassen) tot hoge TRL's (industriële biotech voor gezonde inhoudsstoffen, biosensoren voor monitoren waterkwaliteit). De lage TRL voor Life Science Technologies komt deels voort uit beperkende wetgeving: nieuwe genomische technieken (veredeling door middel van genetische modificatie zoals bij CRISPR-Cas) zijn voornamelijk niet of zeer beperkt toegestaan onder Europese wetgeving.

Een overzicht van het globale stadium van ontwikkeling per sleuteltechnologie staat in Tabel 4. Deze tabel is opgesteld aan de hand van de TRL-inschattingen per toepassing die in de fiches zijn geïdentificeerd.

Tabel 4 Globaal stadium van ontwikkeling van sleuteltechnologieën

Sleuteltechnologie	Globaal TRL-stadium van toepassingen relevant voor LNV			
	Indeling	laag	middel	hoog
Quantum Technologies	TRL vooral laag			
Advanced Materials	TRL vooral laag			
Nanotechnologie	TRL vooral laag tot middel			
Chemische Technologieën	TRL vooral laag tot middel			
Engineering & Fabrication Technologies	TRL vooral middel			
Digitale Technologieën	TRL vooral middel tot hoog			
Photonics & Light Technologies	TRL vooral middel tot hoog			
Life Science Technologies	TRL vrij breed: van laag tot hoog			

Op basis van een analyse van het ingeschatte TRL-niveau van geïdentificeerde toepassingen per sleuteltechnologie in het achtergrondrapport.

2.2.1 Mate waarin de sleuteltechnologie gericht is op de missies

Tijdens dit onderzoek zijn diverse databases geraadpleegd om te achterhalen in welke mate sleuteltechnologieën al gericht zijn op de missies van LNV. Dat is geautomatiseerd gedaan aan de hand van steekwoordcombinaties die zijn opgesteld op basis van de missies en de sleuteltechnologie (zie Bijlage A). Dat geeft een indicatie van welke publicaties en projecten er reeds zijn uitgevoerd op verschillende technologie-missie combinaties. Het resultaat van deze analyse staat in Tabel 5.

Uit deze analyse blijkt dat Quantum Technologies, Nanotechnologie en Photonics & Light Technologies nog maar beperkt gericht zijn op de missies van LNV. Er zijn maar weinig projecten en publicaties gevonden voor deze sleuteltechnologieën die refereren aan de missies van LNV. Op dit moment richten zich dus nog weinig onderzoekers in deze velden zich op deze missies. Dat beeld komt overeen met het beeld uit de interviews en de deskstudie.

Digitale Technologieën, Engineering & Fabrication Technologies en Chemische Technologieën zijn wel behoorlijk gericht op de missies van LNV. Er zijn relatief veel publicaties en projecten met deze technologie-missie combinaties gevonden. DT richt zich op veel verschillende missies, en EFT ook, maar in mindere mate. CT is sterk gericht op een beperkt aantal missies, met name missies B en C en in mindere mate A. Dit is in lijn met de bevindingen uit de interviews en deskstudie.

Life Science Technologies is ook breed gericht op vrijwel alle missies van LNV. Qua aantallen publicaties lijkt dat beperkt. Vanuit de deskstudie en de interviews verwachten we in de praktijk een sterkere gerichtheid van Life Science Technologies op de missies van LNV.

Opvallend is dat Advanced Materials ook best breed gericht lijkt op de missies van LNV op basis van deze analyse. De relevantie van deze technologie voor de missies komt echter niet zo sterk naar voren uit de deskstudie en de interviews in deze verkenning.⁸

⁸ Het is moeilijk vast te stellen waardoor dit verschil komt, maar de verklaring ligt waarschijnlijk in methodologische beperkingen/verschillen. Mogelijk tonen de gebruikte steekwoorden (en combinaties daarvan) ook projecten en publicaties op het gebied van AM die slechts een zeer beperkte impact of nuttige toepassing op de missies van de KIA LWV kennen, waardoor deze in deskstudie en interviews niet naar voren zijn gekomen. Daarnaast zegt deze

Tabel 5 Indicatie voor gerichtheid van sleuteltechnologieën op LNV-missies op basis van hits in enkele project- en publicatiedatabases

Sleutel-technologie	A: Kringloop-landbouw			B: Klimaat-neutrale landbouw en voedsel-productie			C: Klimaat-bestendig landelijk en stedelijk gebied			D: Gewaar-deerd, gezond en veilig voedsel			E: Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren			Overige missies LNV		
	C	R	S	C	R	S	C	R	S	C	R	S	C	R	S	C	R	S
Digitale Tech.	102	7	158	13	1	59	3	0	62	154	1	64	13	5	15	14	1	1
Life Science Tech.	30	3	35	11	12	28	5	2	13	19	1	7	43	4	12	0	0	0
Engineering & Fabricatie Tech.	78	16	42	6	1	16	11	7	32	38	7	12	22	6	9	6	0	4
Chemische Tech.	18	0	69	22	9	113	17	1	87	3	0	10	5	1	28	1	0	4
Photonics and Light Tech.	13	0	67	6	0	40	0	1	51	7	0	6	3	0	13	1	0	0
Advanced Materials	23	8	64	28	16	35	5	12	81	24	7	10	2	7	13	1	0	0
Nanotech.	9	1	16	7	2	4	0	2	15	0	2	0	5	0	4	0	0	0
Quantum Tech.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Gebaseerd op database-analyse. Legenda: aantal hits in Scopus-, RVO- en CORDIS-databases op basis van aan missies en sleuteltechnologieën gerelateerde steekwoorden. Hoe hoger het aantal hits, hoe donkergroener de kleur. C = Cordis, R = RVO, S = Scopus.

In 2023 heeft RVO de analyse 'Missiegedreven beleid en sleuteltechnologieën – Verkenning samenhang tussen MMIPs en sleuteltechnologieën' uitgevoerd. Hierin analyseert RVO alle projecten uit de periode 2013-2021 onder de MIT-, PPS-, en SBIR-subsidies⁹ met als doel te onderzoeken in hoeverre er projecten zijn die zowel refereren aan een sleuteltechnologie als aan een MMIP. Een relatief klein percentage (7%) van de projecten voldoet aan dit criterium en ongeveer 25% kan gekoppeld worden aan de KIA-LWV.

Enkele van de resultaten van onze database-analyse en de RVO-analyse komen overeen. Zo valt op dat in beide analyses Engineering and Fabrication Technologies, Digitale Technologieën, Life Science Technologies en Chemische Technologieën naar voren komen als relevant. Ditzelfde geldt voor Advanced Materials, die ook in de database-analyse naar voren komt, maar in mindere mate uit de deskstudie en de interviews in deze verkenning. Het gros van de Advanced Materials-projecten is echter wel gelieerd aan de Kennis en Innovatie Agenda Circulaire Economie (KIA CE) en niet aan de KIA LWV. Ditzelfde geldt voor een aantal projecten op het gebied van Chemische Technologieën. Wat betreft Quantum Technologies is duidelijk dat het nog maar beperkt gericht is op de KIA LWV. Opvallend is dat uit de RVO-analyse zowel Nanotechnologie als Photonics and Light Technologies beperkt naar voren komen, terwijl die in de andere onderdelen van deze verkenning duidelijker naar voren komen als relevant.

analyse wat over de huidige en vroegere gerichtheid van een technologie op de missies (in database kijk je altijd terug), terwijl we in de deskstudie en interviews vooral ook gekeken hebben naar de potentie/relevantie van die bestaande gerichtheid voor de toekomst.

⁹ Verschillende innovatiestimulerings- en subsidieregelingen gericht op MKB, namelijk de Mkb-Innovatiestimulering Regio en Topsectoren (MIT), de PPS-toeslageregeling en de Small Business Innovation Research (SBIR).

2.2.2 Gerichtheid op missies: innoveren in of innoveren met relevante sleuteltechnologieën

Voor LNV en de KIA LWV zijn de missies leidend voor de investeringen in onderzoek en ontwikkeling. Sleuteltechnologieën kunnen een bijdrage leveren aan deze missies. Dat kan op twee manieren: door te innoveren in de technologie of door te innoveren met de technologie.

- **Innoveren IN de technologie:** hierbij gaat het om het ontwikkelen van een nieuwe technologie. Dat kan met het oog op een specifieke toepassing, maar de technologie die daarvoor nodig is bestaat nog niet of moet eerst verder ontwikkeld worden voordat de toepassing in beeld komt. Dat betekent doorgaans dat het gaat om lagere TRL-niveaus.
- **Innoveren MET de technologie:** hierbij gaat het om het inzetten of aanpassen van een nieuwe technologie om verandering te bereiken op een missie. Dat kan vernieuwend zijn voor de sector: het kan gaan om een nieuwe toepassing van de technologie waarvoor ontwikkeling nodig is en/of onderzoek naar de effectiviteit ervan voor het beoogde doel. Hierbij gaat het doorgaans om hogere TRL-niveaus.

Voor het bereiken van de missies van de KIA LWV zal het voornamelijk gaan om innoveren MET de technologie. De technologie wordt gebruikt voor specifieke missie-doeleinden en daarvoor aangepast of verder ontwikkeld. Daarnaast kan er binnen de bredere ST-programma's ook gewerkt worden aan innovatie IN de technologie. Daarbij wordt op lager TRL-niveau gewerkt aan relevante sleuteltechnologieën om uiteindelijk doorgeleiding te vinden naar toepassingen voor de missies. Ook kan in de ST-programma's de technologie zodanig worden aangepast dat deze in één of meer missies kan worden toegepast of getest. Binnen de missies (of specifieke MMIP's) kan de technologie dan verder worden aangepast en aan praktijk-onderzoek worden ontworpen voor verdere valorisatie. Het gaat dan om het testen in een nieuwe context, met voor verdere ontwikkeling of expertise interactie tussen missie en ST-programma.

2.3 Bijdrage van sleuteltechnologieën aan missies

In deze paragraaf bekijken we welke sleuteltechnologieën bijdragen aan elk van de missies op basis van de gedetailleerde fiches per sleuteltechnologie in het achtergrondrapport. Per sleuteltechnologie hebben we enkele veelgenoemde (in interviews en deskstudie) of sprekende voorbeelden van toepassingen opgenomen.

2.3.1 Missie A: Kringlooplandbouw

Missie A heeft als doel om de agrarische sector in Nederland substantieel te verduurzamen door het reduceren van het gebruik van hulp- en grondstoffen en het verminderen van uitstoot. Onderwerpen zoals circulariteit, het ontwikkelen van plantaardige eiwitbronnen en de biodiversiteit herstellen en benutten zijn hier eveneens relevant.

- Sleuteltechnologieën die bij kunnen dragen aan **dataverzameling en monitoring** zijn voor deze missie zeer relevant en worden in gesprekken met missietrekkers dan ook veel genoemd. Digitale technologieën maken het mogelijk om (op een verantwoorde wijze) meer data te verzamelen en deze (automatisch) te verwerken door meer geavanceerde modellen. Met behulp van deze modellen kunnen bijvoorbeeld hoeveelheden water, licht, gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest preciezer worden bepaald (precisie-landbouw) en kunnen ook meer circulaire managementsystemen ingezet worden.
- **Scheidingstechnologieën, membraantechnologie** en **sensoren** sluiten hier ook bij aan, omdat deze het mogelijk maken om emissies te filteren en *real-time* te monitoren. Ook kunnen ze worden gebruikt om de juiste nutriënten op het juiste moment toe te dienen en bieden deze technologieën mogelijkheden voor gezondere landbouwbodems. Chemische technologieën, Nanotechnologie, Photonics and Light Technologies en

Engineering and Fabrication Technologies maken dit mogelijk. Gezamenlijk zorgen ze dat er nauwkeurig gemeten kan worden op specifieke parameters en dat er gericht ingegrepen kan worden, of het nu gaat om gewassen, grond of emissies. Een voorbeeld van een toepassing van scheidingstechnologieën zijn de stikstofstrippers zoals onderzocht in het PPS programma Next Level Mestverwaarden: deze strippen scheiden de stikstof (in de vorm van ammoniak) uit mest en binden het tot ammoniumsulfaat zodat het niet wordt uitgestoten met de mest.

- Chemische technologieën, Engineering and Fabrication Technologies en Life Science Technologies bieden ook kansen voor de **eiwittransitie**. Zo kan de voedselketen transparanter gemaakt worden en zijn er innovaties mogelijk op het gebied van kweekvlees, eiwitextractie en het 3D-printen van plantaardig voedsel.
- Ten slotte kunnen sleuteltechnologieën gebruikt worden voor **gewasbescherming** en het weerbaarder maken van gewassen. Nanotechnologie en Life Science Technologies kunnen zorgen voor nieuwe, robuuste gewassen die beter tegen (a)biotische stress kunnen en dezelfde productie blijven leveren met veranderende omstandigheden. Van de genoemde toepassingen voor deze missie is deze nog het laagst in TRL.

De sleuteltechnologieën geavanceerde materialen en kwantumtechnologie zijn momenteel nog minder relevant voor deze missie. Bij laatstgenoemde komt dit met name door het lage TRL-niveau. Wanneer onderzoek naar deze technologieën verder ontwikkeld is, zijn er mogelijk meer toepassingen binnen deze missie mogelijk.

2.3.2 Missie B: Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie

Missie B beoogt om de land- en tuinbouwsector helemaal klimaatneutraal te laten werken in 2050, door de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en CO₂-vastlegging in de bodem te verhogen. Daarnaast is het doel dat de sector in 2050 geheel onafhankelijk is van fossiele grondstoffen. Onderwerpen zoals het verminderen en compenseren van uitstoot en het gebruik en de levering van duurzame energie zijn hier relevant. Ook biograndstoffen passen bij deze missie. Net als voor Missie A, zijn er veel mogelijkheden om sleuteltechnologieën toe te passen voor deze missie.

- Sleuteltechnologieën die bij kunnen dragen aan **energieopslag** en **besparing** zijn voor deze missie zeer relevant. Er is vooral veel mogelijk binnen de glastuinbouw, bijvoorbeeld door *digital twins* (digitale technologieën) te ontwikkelen (waarvoor ook meten en monitoren met sensoren essentieel is) en met LED's (fotonica) te werken voor energiebesparing. PLT en nanotechnologie kunnen ook ingezet worden voor de ontwikkeling van zonnecellen, zoals transparante zonnecellen voor in de glastuinbouw. De akkerbouw is nog minder ver op dit gebied, maar ook daar zijn o.a. digitale technologieën relevant omdat met behulp van data-analysetechnieken productie efficiënter gemaakt kan worden en energieverbruik verminderd. Ook in de voedselverwerkende industrie kunnen sensoren bijdragen aan energiebesparing.
- Voor deze missie is **meten** en **monitoren** ook relevant. Digitale technologieën, Engineering and Fabrication Technologies, Photonics and Light Technologies en biosensoren (Nanotechnologie en Life Science Technologies) kunnen daarin een rol spelen, bijvoorbeeld door het mogelijk maken van preciselandbouw. Data uit sensoren, data-analyse modellen en geautomatiseerde robots kunnen gebruikt worden om per plant, dier of per vierkante meter bodem precies te bepalen wat er nodig is voor een optimale oogst of output. Daarnaast zijn sensoren die goedkoper zijn, gedetailleerder kunnen meten en minder energie verbruiken altijd welkom.

- Andere specifieke toepassingen in de **glastuinbouw** zijn coatings die de verspreiding van licht en lichtintensiteit reguleren (Geavanceerde Materialen) en stikstofreductie door middel van bijvoorbeeld een *Plasma Activated Water Reactor* (Chemische Technologieën). De coatings voor het reguleren van de lichtintensiteit worden reeds gebruikt. Het project rondom de PAW-reactor loopt nog tot eind 2023. De verwachting is dat de reactor in December 2023 klaar is om de markt op te kunnen.
- Bij de **akkerbouw** en **bos** zijn juist *remote sensing*, drones en LiDAR-technologie mogelijk aanvullende relevante toepassingen (of instrumenten) waarmee vanuit de lucht gemonitord kan worden. Ook interessant zijn (water)infiltratietechnieken voor bodems, koolstofvastlegging en precisiebemesting. Een combinatie van Digitale Technologieën, Engineering en Fabrication Technologies, PLT en Chemische Technologieën zijn hiervoor relevant. Met Life Science Technologies kan ook de potentie van innovatieve biograndstoffen worden onderzocht: zo kan met *genomics* bijvoorbeeld de potentie van algen in kaart gebracht worden, en met gene editing de output van algen geoptimaliseerd worden. Zo kunnen nieuwe biograndstoffen ingezet worden om hoge volumes biomassa te produceren met meer output per hectare.
- Bij de **veehouderij** is er noodzaak aan technologieën die bijdragen aan emissiereductie, bijvoorbeeld in stalsystemen en bij mestbewerking en -verwerking. Daarvoor is eerdergenoemde monitoring belangrijk, omdat het inzichtelijk maken van emissies handelingsperspectief geeft aan de boer. Betaalbaarheid, gebruiksvriendelijkheid en privacy zijn daarbij belangrijk. Daarnaast zijn er verschillende technologieën binnen de Life Science Technologies die hieraan kunnen bijdragen, bijvoorbeeld innovatieve veevoeradditieven die de methaanproductie van melkkoeien verminderen. Hier is ook al veel onderzoek en ontwikkeling naar gedaan en is men op zoek naar nieuwe perspectieven.

2.3.3 Missie C: Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied

Deze missie is erop gericht om in 2050 een klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied gerealiseerd te hebben in Nederland. Beheer van grond- en oppervlaktewater en het klimaatbestendig maken van land- en tuinbouwsystemen, en ook de gebouwde omgeving, zijn hier belangrijk. Ten slotte is de kwaliteit van het water ook onderdeel van deze missie. Bij dit laatste trekt LNV samen op met lenW en focust LNV met name op het beperken van emissies die waterkwaliteit beïnvloeden. Er is ook overlap met Missie A en de LNV-missie Natuur.

- Er zijn verschillende sleuteltechnologieën die kunnen bijdragen aan het **voorkomen van wateroverlast en watertekort**. Denk aan weersvoorspellingssystemen (digitale technologie, maar ook LiDAR en op lange termijn kwantumtechnologie), waterbeheer (platformen en modellen), het meten van waterkwaliteit (nanosensoren) en het bevochtigen van grond (precisie-bewatering). Daarnaast zijn verschillende technologieën (Chemische Technologieën, Advanced Materials, Life Science Technologies) in te zetten voor waterzuivering. Denk bijvoorbeeld aan natuurlijke zuiveringssystemen met behulp van biotechnologie. Hierbij is ook een link met Missie E.
- Ook bieden sleuteltechnologieën mogelijkheden om **klimaatbestendige land- en tuinproductiesystemen** te ontwikkelen. Het ontwikkelen van gewassen die droogteresistent zijn en tegen verzilting kunnen, wordt steeds belangrijker, zodat gewassen kunnen meebewegen met de klimatologische omstandigheden (bijv. met behulp van nanotechnologie en LST). Ook is het gebruik van biologische bestrijdingsmiddelen (Life Science Technologies) en het in kaart brengen van bodemverzilting (Digitale Technologieën) relevant.

- Ten slotte is er wederom veel vraag naar **monitoring**, van ecosystemen, water(kwaliteit) en biodiversiteit. Veiligheid van data is daarbij ook van belang. Life Science Technologies (biosensoren) of optische sensoren (PLT) kunnen ook ingezet worden om de waterkwaliteit te meten.

Voor deze missie zijn er al verschillende technologische mogelijkheden op hoog TRL-niveau. Geïnterviewden geven aan dat de opgave dan ook vooral zit in het samenbrengen van ontwikkelingen om ze toepasbaar te maken.

2.3.4 Missie D: Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel

Missie D heeft als doel om in 2030 gezond, veilig en duurzaam voedsel te produceren en te consumeren. Het gaat daarbij om producten en productiesystemen, evenals de voedselketen.

- Gerelateerd aan deze missie is **dierenwelzijn**. Technologieën die gebruikt kunnen worden voor toezicht of om ziekte bij vee te monitoren zijn daarom relevant voor deze missie. Dit is ook relevant voor de LNV-missie gezelschapsdieren en dieren voor vermaak (bijv. bij fokkerijen). Er vinden op dit gebied ook al pilots plaats en er zijn verschillende sensoren beschikbaar. Helaas hebben die vaak een hele specifieke use-case. Technologie die meer gestandaardiseerd is en meerder toepassingen heeft (bijv. varkens én koeien), is wenselijk.
- Wat **duurzame voedselproductie** betreft, speelt ook **monitoring** een rol. Digitale Technologieën, in combinatie met Photonics and Light Technologies en Engineering and Fabrication Technologies maken dit mogelijk. Biosensoren (Life Science Technologies) zouden ook ingezet kunnen worden voor de vroegtijdige signalering van ziekten en stoffen in het milieu en in voedsel. Voor de monitoring van bijvoorbeeld **emissies**, zal er mogelijk ook controle plaatsvinden door autoriteiten. Kwalitatief goede data zijn daarvoor essentieel. Daarbij is het belangrijk om afspraken te maken over van wie de verzamelde data is en hoe data veilig uitgewisseld kan worden. Ook encryptie van data in de voedselketen is belangrijk.
- Ten slotte kunnen sleuteltechnologieën bijdragen aan het efficiënter (in water- en energie-verbruik) maken van **productieprocessen**. Chemische Technologie (bioprocestechnologie) en Nanotechnologie (energiebesparing) kunnen hieraan bijdragen. Biokatalyse (Life Science Technologies) kan de kosten van het productieproces ook omlaag brengen. Digitale Technologieën, zoals machine learning, maken *anticipatory shipping* (logistiek) en het tegengaan van voedselverspilling mogelijk. Ook kan automatisering bijdragen aan de efficiëntere inzet van arbeid in productieprocessen.
- Ook **circulariteit** van voedsel is relevant. Omdat veel reststromen terugkomen in diervoeding moet dit ook veilig zijn wat betreft diergeneesmiddelen en antibiotica. Transparantie over productie is dan ook belangrijk. Digitale Technologieën (met name in het kader van monitoring en transparantie), Nanotechnologie en Life Science Technologies (bijv. voor het meer circulair maken van het productieproces) kunnen hieraan bijdragen.
- Op de lange termijn zouden kwantumtechnologieën goede toepassingen kunnen hebben binnen het Nederlandse voedselproductiesysteem. Vooral met het oog op het monitoren van de voedselkwaliteit en -veiligheid zijn er potentiële toepassingen te vinden.

2.3.5 Missie E: Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren

Missie E focust op twee MMIP's die zich richten op de balans tussen ecologische draagkracht en economische activiteiten op zee (combinatie van opwekken energie, produceren voedsel en ecologische draagkracht) en op duurzame kust- en zeevisserij.

- Belangrijk bij deze missie is om meer te **meten en te weten**, zodat duidelijker wordt hoe het ecosysteem er momenteel uitziet en wat de gevolgen zijn van verschillende activiteiten in

de zeeën en wateren voor het ecosysteem. Naast digitale technologieën kunnen ook chemische technologieën een rol spelen bij het verbeteren van het ecosysteem, bijvoorbeeld om verzilting tegen te gaan en grondstoffen terug te winnen uit water.

- Op sommige plekken is het lastiger om onderzoek te doen, bijvoorbeeld bij **windmolenparken** waar de traditionele manier van monitoring – duiken - niet toegestaan is. Engineering and Fabrication Technologies (onderwaterdrones), digitale technologie en Photonics and Light Technologies kunnen hier mogelijk voor doorbraken zorgen. Het Nationale Groeifondsvoorstel over digitalisering in de Noordzee gaat hier mogelijk aan bijdragen. Ook zien missietrekkers hier wel interesse vanuit de industrie.
- **Verduurzaming van de visserij** is eveneens een aandachtspunt. Volgens geïnterviewden zijn reacties op calls waarin gevraagd wordt om technologische oplossingen te ontwikkelen echter beperkt. Missietrekkers verwachten dat er nog veel onderzoek nodig is voordat de markt zelf investeringen gaat doen. Er zijn wel al verschillende initiatieven geweest om de **consument** meer informatie mee te geven over de vis die ze kopen. Ook zijn er al acties op het gebied van datagedreven visserij, onder meer op EU-niveau zoals de Copernicus Marine Service. Ten slotte is de ontwikkeling van *floating solar farms* ook relevant voor deze missie. Photonics and Light Technologies en Nanotechnologie maken dit mogelijk.

2.3.6 Overige missies van LNV

Voor de overige missies van LNV zijn beperkt toepassingen van sleuteltechnologieën gevonden. Het gaat om de volgende missies:

- **Gezelschapsdieren en dieren voor vermaak:** Bij deze missie is het mandaat van LNV beperkt en liggen er ook veel verantwoordelijkheden bij VWS. De belangrijkste opgave is dierenwelzijn (fysieke en mentale gezondheid van dieren). Daarbij hoort de controle van fokkerijen, het afstemmen met dierenartsen omtrent kwaliteitsborging, maar ook het bijhouden van een lijst met welke dieren geschikt zijn om als huisdier te houden. Daarnaast is het informeren van de consument hier belangrijk. LNV trekt samen op met VWS wat betreft zoönosen en ook antibioticaresistentie bij gezelschapsdieren is een gezamenlijk punt van aandacht. Bij deze missie staan met name *Digitale Technologieën* op de radar, omdat deze monitoring en registratie mogelijk maken, maar deze zou ook veel meerwaarde kunnen bieden bij betere communicatie naar diereigenaren (denk aan dierenwelzijn, maar ook het voorkomen van zoönosen). Ten slotte zou het voor dierenartsen heel zinvol zijn als er met sleuteltechnologieën goede non-invasieve meetmethoden (deze worden met behulp van Photonics and Light Technologies al ontwikkeld voor mensen) ontwikkeld kunnen worden.
- **Vogel- en habitatrichtlijn (natuurmonitoring):** LNV houdt zich met name bezig met natuurmonitoring. Er wordt al gebruik gemaakt van Digitale Technologieën voor monitoringsdoeleinden (bijv. cameravallen). Daarbij wordt veel data verzameld en kan het uitdagend zijn om hier ook alle relevante informatie uit te halen. Omdat data verzameld wordt op provincieniveau, zitten er ook veel verschillen tussen. Wat betreft de sleuteltechnologieën, zijn met name imaging technologieën en sensoren gecombineerd met machine learning interessant (bijv. om dieren te kunnen herkennen en tellen). Life Science Technologies kunnen hier mogelijk ook een bijdrage leveren door het toepassen van moleculaire methoden (*environmental DNA*) om biodiversiteit in kaart te brengen.
- **Brede Maatschappelijke Welvaart in landelijk gebied:** Deze laatste missie is moeilijk om te koppelen aan sleuteltechnologieën. Sleuteltechnologieën zullen met name indirect de brede maatschappelijke welvaart in het landelijk gebied veranderen. Over het algemeen wordt er voor de missies omtrent natuur ook gekeken naar *nature-based* oplossingen, zoals het beter inrichten van het ecosysteem. Technologieën kunnen hieraan ondersteunend

zijn, bijvoorbeeld door het koppelen van modellen en het uitvoeren van analyses of het creëren van een digital twin (digitale technologieën).

2.4 Relevante organisaties en initiatieven

In Nederland spelen veel organisaties een belangrijke rol in onderzoek en innovatie op het gebied van de sleuteltechnologieën en op de missies van LNV. In het achtergrondrapport wordt in de fiches over de individuele sleuteltechnologieën ingegaan op relevante en veelvoorkomende organisaties en initiatieven in projecten en publicaties. Er zijn tegelijkertijd ook veel organisaties en initiatieven die voor meerdere missies en sleuteltechnologieën belangrijk zijn.

Een kwantitatieve analyse van de RVO-, CORDIS- en Scopus-database geeft inzicht in veel voorkomende organisatie en initiatieven in projecten en publicaties op het raakvlak van sleuteltechnologieën en de missies van de KIA-LWV. Diverse Nederlandse kennisinstellingen zijn hierbij betrokken. Uiteraard komt *Wageningen University & Research* veelvuldig naar voren als actieve speler op het gebied van onderzoek en ontwikkeling op de missies van de KIA LWV. Maar ook andere kennisinstellingen komen meermaals naar voren, met name als het gaat om onderzoeksactiviteiten op het gebied van sleuteltechnologieën.

Een andere belangrijke groep actoren zijn clusters van kennisinstellingen, private bedrijven en maatschappelijke organisaties. Deze clusters kunnen een focus hebben op een sector (e.g. Topsector Agri & Food en Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen), een ecosysteem (e.g. PhotonicsNL of Dutch Digital Delta) of een bepaalde toepassing (e.g. Proeftuin voor Precisielandbouw, Kas van de Toekomst of OnePlanet Research). Doordat verschillende partijen samenwerken in deze clusters, vindt er makkelijker kennisdeling plaats en wordt onderzoek en innovatie met betrekking tot relevante onderwerpen aangemoedigd.

In de komende jaren zal het Nationale Groeifonds (NGF) een steeds belangrijkere rol gaan spelen in het ondersteunen van innovatieve projecten, ook op de missies van LNV. NGF-projecten dienen te zorgen voor structurele en duurzame economische groei. Verschillende thema's binnen het focusterrein *Onderzoek, ontwikkeling en innovatie* zijn relevant voor de KIA-LWV. Dit kan betrekking hebben op een relevante toepassing (e.g. CROP-XR) of op een sleuteltechnologie (e.g. PhotonDelta). Tabel 6 geeft een overzicht van de voor de KIA-LWV relevante NGF-projecten en -voorstellen.

Tabel 6 Overzicht relevante NGF-projecten en -voorstellen en hun links met sleuteltechnologieën

NGF-project	Korte toelichting	Links met ST's, KIA en missies	Status en totale omvang
CROP-XR	10-jarig programma voor de ontwikkeling van extra-weerbare (klimaatbestendige) gewassen.	<ul style="list-style-type: none"> • Life Science Technologies • Digitale Technologieën • ST2-programma • Missies A (m.n. MMIP A2) en C (m.n. MMIP C2) en mogelijk LNV1 	Gehonoreerd: 90M€
NXTGEN HIGHTECH	Programma voor de ontwikkeling van hightech equipment voor diverse maatschappelijke uitdagingen in verschillende sectoren, waaronder Agrifood. Binnen 'handsfree' Agrifood richt men zich vooral op	<ul style="list-style-type: none"> • Engineering & Fabrication Technologies • Digitale Technologieën • Photonics and Light Technologies • ST1-programma • Voornamelijk missies B en D 	Gehonoreerd: 1.000M€

NGF-project	Korte toelichting	Links met ST's, KIA en missies	Status en totale omvang
	robotica, data, sensoren en digital twins.		
Cellulaire Agricultuur	Programma gericht op onderzoek, onderwijs en opschaling van cellulaire agricultuur voor de duurzame cellulaire productie van eiwitten.	<ul style="list-style-type: none"> • Life Science Technologies • Chemische Technologieën • ST2-programma • Missie A (m.n. MMIP A4) en D (m.n. MMIP D2) en mogelijk LNV1 	Gehonoreerd: 85M€
PhotonDelta	Samenwerkingsverband tussen organisaties in fotonische chiptechnologie. PhotonDelta heeft als doel een ecosysteem voor een <i>end-to-end value chain</i> voor fotonische chips te ondersteunen.	<ul style="list-style-type: none"> • Photonics and Light Technologies • Engineering & Fabrication Technologies • Digital Technologieën • Voornamelijk Missie A, B en D 	Gehonoreerd: 471M€
Quantum Delta NL	Samenwerkingsverband van Nederlandse universiteiten, bedrijven en maatschappelijk organisaties dat zich richt op de ontwikkeling van kwantumtechnologieën en het stimuleren van de Nederlandse kwantumindustrie.	<ul style="list-style-type: none"> • Quantum Technologies 	Gehonoreerd: 615M€
NL2120, het groene verdienvermogen van Nederland	Kennis- en innovatieprogramma dat investeert in <i>nature-based solutions</i> met als doel onderzoek naar duurzaam en klimaatbestendig gebruik van land- en watersystemen te ondersteunen	<ul style="list-style-type: none"> • Alle missies 	Gehonoreerd: 110M€
AiNed	Investeringsprogramma dat bedrijven en publieke instellingen ondersteunt bij het ontwikkelen en toepassen van AI om zo de goede Nederlandse concurrentiepositie op het gebied van AI te behouden.	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale technologieën • Engineering- en fabricage technologieën • Photonics & light technologieën • ST1- programma • ST2-programma (Bio-informatica & big data) 	Gehonoreerd: 204.5M€
EPPIC	Programma gericht op het realiseren van economisch rendabele teelt en verwerking van alternatieve eiwitten in Nederland	<ul style="list-style-type: none"> • Life Science Technologies • ST2-programma • Missie A (m.n. MMIP A4) en D (m.n. MMIP D2) 	Voorstel: 110M€
RE-GEN-L	Programma gericht op de transitie naar een regeneratief landbouwsysteem waarbij voedselproductie wordt	<ul style="list-style-type: none"> • ST's onduidelijk, vermoedelijk in ieder geval Chemische Technologieën • Missies A, B, C en D 	Voorstel: 200M€

NGF-project	Korte toelichting	Links met ST's, KIA en missies	Status en totale omvang
	gecombineerd met groenblauwe diensten		
CPBT	Programma gericht op proefdiervrije biomedische translatie.	<ul style="list-style-type: none"> • Life Science Technologies • Overige missies t.a.v. dierenwelzijn 	Voorstel: 225M€
T3NL, Tech Teelt voor de Toekomst	Programma voor het uitrollen van hightech verticale landbouwsystemen in m.n. grote steden	<ul style="list-style-type: none"> • ST niet direct duidelijk, mogelijk Engineering & Fabrication Technologies of Photonics & Light Technologies • Missie niet duidelijk 	Voorstel: 120M€
Holomicrobioom	Programma om het integrale holomicrobioom van ons voedselsysteem in kaart te brengen d.m.v. AI en digital twins	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale technologieën • Life Science Technologies • Missie A 	Voorstel: 450M€

Bron: Informatie over NGF-projecten en -voorstellen aangeleverd door LNV

Ten slotte is het belangrijk om rekening te houden met de grootschalige infrastructuren die gefinancierd worden middels de nationale roadmap grootschalige infrastructuur (2021). Deze beslaat een verscheidenheid aan relevante infrastructuren, onder meer op het gebied van:

- **Technische & Natuurwetenschappen:**

- **Materialen:** Bijvoorbeeld NanoLabNL dat zich richt op nanotechnologie en nanomaterialen, maar ook kwantumtechnologie, biotechnologie en fotonica.
- **Technology:** EnergyLabNL en Solliance worden gefinancierd, gericht op groene energievoorziening, bijvoorbeeld door onderzoek te doen naar dunne-film zonnecellen, maar ook energieconversie en energietransport.
- **Geosciences:** Betreft verschillende infrastructuren die met name relevante zijn voor Missie E, waaronder de North Sea Observatory for Atmospheric and Environmental Research (NSAO), National Marine research Facilities (NMF) en DANUBIUS-NL, dat zich richt op rivier-zee systemen.

- **Levens & Medische Wetenschappen:**

- **Green Life Sciences:** Hieronder valt onder meer infrastructuur voor ecosysteem- en biodiversiteitsanalyse, het Naturalis Biodiversity Center, AIRISE en LifeWatch (e-infrastructuur voor biodiversiteit en ecosysteem onderzoek, geclusterd onder LTER-LIFE). Ook verschillende biotechnologie-infrastructuren, zoals SMART-FABRIC en NPEC bij de WUR, zijn hier onderdeel van.
- **Life Sciences & Enabling Technology:** Bevat *omics*, *imaging* en verschillende tools en modellen. Voorbeelden zijn de Genomics Core Facility (GCF) en NL-Bioimaging AM.

2.5 Grootste kansen, barrières en randvoorwaarden voor bijdrage aan missies

2.5.1 Kansen van sleuteltechnologieën voor de missies van LNV

- **Betere data voor beleidsinterventies voor diverse missies.** Veel sleuteltechnologieën kunnen een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van nieuwe sensoren en Digitale Technologieën dragen bij aan methoden om data van deze sensoren te analyseren. Dit kan bijdragen aan het beter monitoren van bijvoorbeeld (stal)emissies, koolstofvastlegging,

nutriënten, waterkwaliteit, dierenwelzijn, biodiversiteit en natuurkwaliteit. Dat is belangrijk voor de optimalisatie van bedrijfsprocessen in de sector. Daarnaast kunnen met deze data de effecten van beleidsinterventies beter gemonitord worden en is er data om beleid beter in te richten.

- **Sleuteltechnologieën kunnen ondersteunend zijn aan de transities in de missies.** Technologie zal niet dé oplossing zijn voor de missie-uitdagingen, maar kan wel oplossingen bieden die bijdragen aan de missies. In die zin is technologie ondersteunend, terwijl een verdere transitie op veel gebieden (anders werken, anders denken, *nature-based solutions*, etc.) noodzakelijk is. Uit de interviews blijkt dat er binnen de missies nu weinig aandacht is voor en zicht is op (sleutel)technologieën. Ook op MMIP-niveau is technologie met name ondersteunend. Denk bijvoorbeeld aan het ontwikkelen van nieuwe gewassen en teelt als onderdeel van hergebruik van zij- en reststromen (A3) of nieuwe gewassen voor eiwitvoorziening (A4). Ook zijn er verschillende MMIP's waar monitoring belangrijk is voor het behalen van de doelen (bijv. A2, C4), maar niet de enige, bepalende factor zal zijn.
- **Sleuteltechnologieën kunnen bijdragen aan efficiëntie.** Technologie kan doorgaans productiviteit en efficiëntie verhogen. Robotica bij EFT's kan bijvoorbeeld bijdragen aan efficiënt oogsten, waarbij er minder afhankelijkheid is van een krappe arbeidsmarkt. Oplossingen van EFT's voor precisielandbouw kunnen bijdragen aan minder gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en bemesting. Ook andere technologieën zoals Nanotechnologie en Chemische Technologieën kunnen bijdragen aan efficiëntere (en effectievere) processen, bijvoorbeeld op het gebied van scheidingstechnologie, gebruik van reststromen en bemesting. Dat kan bijdragen aan minder/efficiënter gebruik van water, gewasbeschermingsmiddelen, nutriënten etc. Ook kunnen technologieën bijdragen aan betere werkomstandigheden.
- **Technologie voor scheiding, filtering en gebruik reststromen/biomassa.** De huidige ST-programma's richten zich niet of nauwelijks op scheidingstechnologie en technologie voor duurzaam hergebruik van reststromen, ook in de MMIP's wordt er weinig met technologie gedaan op deze onderwerpen. Ook het produceren van plantaardige eiwitten of kweekvlees komt niet aan bod binnen deze ST-programma's. Chemische Technologieën, Life Science Technologies, Nanotechnologie en Engineering and Fabrication Technologies hebben wel diverse toepassingen die hieraan kunnen bijdragen, denk aan fermentatie, bioraffinage/biopolymeren, membranen, nanomaterialen om te kunnen filteren of eiwitten te selecteren. Dit biedt kansen voor missies rondom voedsel, water, kringlooplandbouw, biomassa, eiwittransitie, emissies en bodem.
- **Testen van sleuteltechnologie in de praktijk o.a. voor adoptie en effectiviteit.** Breed fundamenteel onderzoek naar sleuteltechnologieën levert hooguit op de lange termijn een bijdrage aan missies. Binnen de missies is het juist kansrijk om in te zetten op valorisatie van sleuteltechnologieën op toepassingen die direct relevant zijn voor de missie. Vaak zijn die toepassingen nog niet marktrijp en moeten bevindingen uit onderzoek of prototypes verder getest worden in de praktijk. Juist die stap is belangrijk voor verdere opschaling, adoptie en missie-impact en daar lenen zich publiek-private samenwerkingen voor, bijvoorbeeld in de vorm van proeftuinen of demonstratieprojecten. Hierbij kan ook getest worden of technologische oplossingen effectief zijn in de praktijk en daardoor juridisch houdbaar zijn voor het inzetten van bepaalde beleidsdoelen (bijv. reductie van de stikstofuitstoot).
- **Bijdragen aan duurzaamheid in alle missies.** Veel toepassingen van sleuteltechnologieën zijn gericht op duurzaamheid en kunnen daarin breder ondersteunend zijn bij missies. Die toepassingen zijn vaak missie-overstijgend, bijvoorbeeld in nagenoeg alle missies komen

aspecten van circulariteit (missie A), klimaatmitigatie (missie B), klimaatadaptatie (missie C) en duurzaamheid (missie E) aan de orde.

- **Technologie als onderdeel van een meer integrale aanpak.** Het inzetten van sleuteltechnologieën binnen de missies biedt kansen voor een meer integrale aanpak van uitdagingen. Technologie zou onderdeel kunnen uitmaken van een bredere aanpak, in plaats van dat het separaat ontwikkeld wordt. Het leggen van nauwere (personele) verbindingen tussen de missies en ST-programma's kan een meer integrale aanpak bevorderen doordat er meer onderlinge kruisbestuiving en kennisuitwisseling is. Uit interviews ontstaat het beeld dat er een afstand is tot de ST-programma's en de (beleids)betrokkenen bij de missies die een integrale aanpak niet bevordert.
- **Coherentie met groeifondsprojecten.** In projecten die gefinancierd worden uit het Nationale Groeifonds (NGF) komen ook verschillende sleuteltechnologieën aan bod die worden toepast op vraagstukken die ook relevant zijn voor de missies van LNV. Hierbij gaat het vooral om Digitale Technologieën, Life Science Technologies en Engineering & Fabrication Technologies. Door de raakvlakken met missies te identificeren en te kijken welke sleuteltechnologieën hiermee al afgedekt worden (voor welke missies), kan de KIA juist inzetten op sleuteltechnologieën die in deze grote programma's onderbelicht zijn. De NGF-projecten hebben al zo'n grote financiële omvang, dat het logisch lijkt de beperktere middelen van de KIA niet op dezelfde thema's in te zetten. Dit vereist goed inzicht in wat er binnen NGF-projecten wordt gedaan; een goed overzicht hiervan lijkt te ontbreken.

2.5.2 *Barrières voor de inzet van sleuteltechnologieën voor de missies van LNV*

- **Technologische oplossingen vragen soms om andere vaardigheden.** Nieuwe technologie kan complex zijn en van bedrijven en gebruikers die met de technologie werken andere vaardigheden vragen dan zij nu bezitten. Meer gebruik van sensoren en data vraagt bijvoorbeeld dat de gebruikers voldoende digitaal vaardig zijn om van de data gebruik te kunnen maken en op basis van de data kunnen handelen. Als die vaardigheden ontbreken, kan de afhankelijkheid van toeleveranciers verder toenemen. Dergelijke vaardigheden zijn belangrijk om ervoor te zorgen dat gebruikers de technologie op de juiste wijze gebruiken om veiligheid en effectiviteit te borgen. Dat vraagt om training bij het gebruik van nieuwe technologie en introduceert soms ook nieuwe beroepen (denk aan dronepiloot) en bedrijven in de sector.
- **Betaalbaarheid en business case.** In de primaire sector (maar ook elders in de agrifoodsector) zijn marges doorgaans klein en is er vaak sprake van MKB-bedrijven. Adoptie van nieuwe technologie vraagt vaak om investeringen. De kostprijs van nieuwe technologie kan een barrière zijn voor adoptie en kan ook bedrijven op een concurrentiële achterstand brengen ten opzichte van bedrijven die wel in technologie kunnen investeren. Daarnaast landen de kosten en baten van een technologie die bijdraagt aan een missie niet altijd bij dezelfde partij. Een beter klimaat, betere natuur en minder vervuiling zijn goed voor ons allemaal, maar brengen niet voor ons allemaal kosten met zich mee. Bedrijven in de agrifoodsector moeten soms deze kosten dragen, maar plukken er niet de volledige baten van. Dat maakt de business case voor hen niet altijd interessant. Ook voor bedrijven die technologie ontwikkelen kan de business case in sommige sectoren niet interessant zijn: complexe plukrobots voor kleine sectoren (weinig afnemers) zijn doorgaans niet interessant om te ontwikkelen, ondanks dat er wel behoefte aan kan zijn binnen de sector en er kansen voor missies liggen.
- **Dataveiligheid en datasoevereiniteit.** Meer gebruik en afhankelijkheid van data brengt ook vraagstukken met zich mee rond dataveiligheid en -soevereiniteit. Veiligheid gaat met name om ervoor te zorgen dat (privacygevoelige, strategische of bedrijfsgevoelige) data

op een veilige manier worden gedeeld, verwerkt en opgeslagen. Soevereiniteit gaat om de vraag van wie de data is: is het open data, is de data van de gebruiker of is de data van een dienstverlener (bijv. leverancier)? Wordt de data gedeeld met anderen (bijv. de overheid, investeerders, leveranciers, toezichhouders, etc.)? Kan men afgerekend worden op de data? Databezit bepaalt ook afhankelijkheid en gebruik voor andere doeleinden. Deze aspecten komen ook aan bod in het Actieprogramma Digitalisering van LNV.

- **Veiligheid en nieuwe uitdagingen.** Het toepassen van nieuwe technologie kan weer nieuwe, mogelijk onvoorziene uitdagingen met zich meebrengen. Zo kunnen er risico's voor milieu en gezondheid kleven aan het gebruik van nanodeeltjes, kunnen membranen en materialen in de bodem ook de samenstelling van de bodem beïnvloeden, kunnen digitale technologieën ook het energieverbruik doen toenemen, etc. Vooraf is vaak nog weinig bekend over risico's en maatschappelijk kosten en baten van technologische toepassingen. Tijdens het innovatieproces zou daarom eigenlijk al een integrale en expliciete afweging van verwachte voor- en nadelen van toepassingen gemaakt moeten worden om tijdig te kunnen bijsturen – dat is proactief handelen vanuit het voorzorgsprincipe.¹⁰ Daarom is het belangrijk om goede tests in de praktijk uit te voeren, tijdige risk assessments te doen en werkwijzen als *safe-by-design* of *circular-by-design* te bevorderen.

2.5.3 Randvoorwaarden voor sleuteltechnologie-ontwikkeling binnen de missies van LNV

Dragvlak en maatschappelijke acceptatie van sleuteltechnologieën waarin innovatie plaatsvindt binnen de KIA LWV is een essentiële randvoorwaarde voor impact. Technologie kan soms weerstand en vervreemding oproepen, zeker als het gaat om het omgaan met dieren, voedsel en natuur. Binnen de biologische sector en agro-ecologie is er scepsis ten aanzien van verdere industrialisering met nieuwe technologieën. Ook zijn er soms ethische bezwaren bij het gebruik van nieuwe genomische technieken (LST). Daarnaast kunnen sommige technologieën leiden tot een verandering van het dagelijks werk van ondernemers en werknemers in de agrifoodsector. Wanneer de sector of consumenten producten of werkwijzen niet accepteren, heeft dat direct effect op de adoptie in de sector en daarmee de impact op de missie. Daarom is het belangrijk dat bij de technologieontwikkeling verschillende doelgroepen en belanghebbenden betrokken worden, dat er sprake is van transparantie en dat technologie op een verantwoorde manier ontwikkeld wordt. Dat kan door middel van co-creatie: geef de uiteindelijke gebruikers en consumenten een stem bij de ontwikkeling van de technologie door ze in het innovatieproces te betrekken. Betrek daartoe niet alleen de bètawetenschappen, maar ook de gammawetenschappen.

¹⁰ Zie ook de inzichten van het Rathenau Instituut hierover n.a.v. het vierjarige Europese RECIPES-project op <https://www.rathenau.nl/nl/kennis-voor-transities/zet-voorzorg-niet-achteraf-pas>.

3 Conclusies en aanbevelingen

De conclusies en aanbevelingen in deze achtergrondrapportage zijn gebaseerd op de analyse in het vorige hoofdstuk. Deze conclusies en aanbevelingen zijn in een validatieworkshop gevalideerd en op basis daarvan aangescherpt.

3.1 Conclusies

- De meest relevante sleuteltechnologieën voor LNV zijn Digitale Technologieën, Life Science Technologies en Chemische Technologieën. In combinatie met Digitale Technologieën is Engineering & Fabrication Technologies ook relevant.
- Andere sleuteltechnologieën bieden eveneens relevante toepassingen voor meerdere missies, bijvoorbeeld op het gebied van specifieke sensoren, maar verwachten we de impact minder groot door lagere TRL's, door minder gerichtheid op de missies of door ogenschijnlijk minder impactvolle toepassingen.
- Quantum Technologies en Advanced Materials bevinden zich qua toepassingen op het gebied van de missies van LNV nog op een laag TRL en zijn mede daarom minder relevant voor de KIA LWV. Digitale Technologieën kent relevante toepassingen die doorgaans op vrij hoge TRL's zijn, dat geldt ook voor de licht- en PV-toepassingen van Photonics & Light Technologies.
- Niet alle sleuteltechnologieën zijn thematisch sterk gericht op de missies van LNV. Voor Quantum Technologies, Nanotechnologie en Photonics and Light Technologies is dat nog maar in beperkte mate het geval als je kijkt naar aantallen projecten en publicaties binnen het Nederlandse onderzoeksveld. Voor Digitale Technologieën, Life Science Technologies, Engineering & Fabrication Technologies en Chemische Technologieën is dat al wel sterker het geval.
- Sleuteltechnologieën lijken het sterkst bij te kunnen dragen aan de missies A (Kringlooplandbouw), D (Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel) en B (Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie). Op de missies C (Klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied) en E (Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren) liggen wel kansen voor sleuteltechnologieën, maar hiervoor zijn in deze verkenning minder relevante toepassingen geïdentificeerd. Voor de overige missies van LNV zijn de bijdrages van sleuteltechnologieën (zeer) beperkt.
- Binnen de missies is er weinig aandacht voor sleuteltechnologieën en is er bij betrokkenen weinig kennis van sleuteltechnologieën. Er is meer aandacht voor *nature-based solutions* (die overigens niet tegenover technologische oplossingen staan). Een integrale aanpak, met o.a. technologie-gebaseerde en natuur-gebaseerde oplossingen, is wenselijk voor het bereiken van transities.
- Er is binnen nagenoeg alle missies en onder beleidsmedewerkers breed behoefte aan meer data, sensoren en monitoring, wat met name Digitale Technologieën een belangrijke en doorkruisende sleuteltechnologie maakt.
- De ST-programma's van de KIA LWV staan vrij los van de missies. De interactie met MMIP's is volgens missietrekkers zeer beperkt.
- De huidige ST-programma's richten zich voor een groot deel op sleuteltechnologieën die uit deze verkenning ook als het meest relevant voor de missies worden beoordeeld (zie eerste punt). Alleen Chemische Technologieën ontbreekt hierin.
- Er zijn zowel kansen als bedreigingen voor LNV voor de inzet van sleuteltechnologieën. Deze zijn vrij divers. Kansen liggen o.a. op het gebied van betere data voor beleid, transities

ondersteunen, efficiëntie in de sector en gebruik van grondstoffen, duurzaamheid (bijv. circulariteit). Bedreigingen liggen o.a. op het gebied van andere/nieuwe vaardigheden, betaalbaarheid voor gebruikers in de sector, dataveiligheid en -soevereiniteit. Randvoorwaarden liggen op het vlak van draagvlak/maatschappelijke acceptatie en veiligheid.

3.2 Aanbevelingen

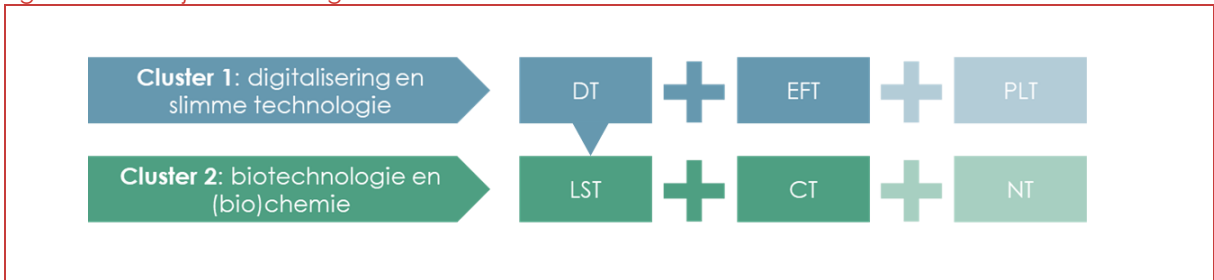
De herziening van de KIA LWV biedt een aanknopingspunt voor LNV om meer te doen met sleuteltechnologieën die kunnen bijdragen aan de missies van LNV. Acties om kansen te benutten en bedreigingen te mitigeren kunnen wellicht binnen de KIA LWV opgepakt worden. Anderzijds is er veel in beweging rondom sleuteltechnologieën: de KIA ST (incl. de lijst met sleuteltechnologieën) wordt eveneens herzien, EZK is bezig met de ontwikkeling van een Technologiestrategie en vanuit het Nationale Groeifonds worden diverse initiatieven (mogelijk) ondersteunt die sleuteltechnologieën linken aan de missies van LNV. Idealiter sluiten de acties van LNV daarop aan, hoewel door al deze ontwikkelingen het nu nog niet volkomen helder is hoe die aansluiting het beste gerealiseerd kan worden.

Wij bevelen LNV de volgende acties aan om de kansen van sleuteltechnologieën te benutten en bedreigingen te mitigeren:

- **Kies voor een combinatie van enkele sleuteltechnologieën in plaats van enkele specifieke sleuteltechnologieën.** De sleuteltechnologieën zoals die nu binnen de KIA ST zijn gedefinieerd, vertonen een zekere mate van overlap, zeker als je kijkt naar toepassingen die relevant zijn voor de missies van LNV. Daarom is het handig om te kiezen voor enkele combinaties van sleuteltechnologieën die veel raakvlakken hebben en die relevante toepassingen kennen op de missies en die ook niet meer zo fundamenteel van aard zijn. Wij zien daarvoor twee kansrijke clusters.
 - **Een eerste cluster van DT, EFT en onderdelen van PLT dat zich richt op digitalisering en slimme technologie** met daarin aandacht voor o.a. (big) data, data-analyses (modellen, AI, Machine Learning), sensoren (hardware) en robotica (data + hardware) gericht op toepassingen binnen de missies. We stellen dit cluster voor omdat deze technologieën sterke raakvlakken met elkaar hebben, met name op delen die betrekking hebben op het verzamelen en gebruiken van data. Daarnaast zijn deze ST's voor veel missies relevant. Hierin komen ook veel van de onderwerpen binnen ST1 terug, wellicht aangevuld met een meer basale behoefte aan data, sensoren en het testen daarvan in de praktijk. Hierbij moet wel gericht worden op onderzoek en innovatie dat nog niet grootschalig in groeifondsprojecten of in grootschalige wetenschappelijke infrastructuur worden opgepakt (zie volgende aanbeveling).
 - **Een tweede cluster van LST, CT en onderdelen van NT dat zich richt op biotechnologie en (bio)chemie** met daarin aandacht voor o.a. veredeling (o.a. nieuwe genomische technieken, klimaat-bestendige gewassen), bio-informatica (o.a. overlap met DT, automatische fenotypering), (precisie)fermentatie (o.a. voor nuttig hergebruik reststromen), scheidingstechnologie (o.a. membranen, filters), biosensoren en plantaardige eiwitproductie gericht op toepassingen binnen de missies. We stellen dit cluster voor omdat deze technologieën sterke raakvlakken met elkaar hebben op het gebied van bio(nano)technologie en (bio)chemie. Daarnaast zijn deze ST's voor vrij veel missies relevant, hoewel Nanotechnologie wat minder. Hiermee wordt het ST2-programma verbreed richting de (bio)chemie om aan meer missies bij te kunnen dragen. Hierbij moet m.n. op het gebied van LST gericht worden op onderzoek en innovatie dat nog niet grootschalig in groeifondsprojecten of in grootschalige wetenschappelijke infrastructuur worden opgepakt (zie volgende aanbeveling).

Figuur 1 toont beide kansrijke technologieclusters. Daartussen is een link met DT, aangezien het gebruik van DT steeds relevanter wordt in LST, o.a. op het gebied van bio-informatica en precisieveredeling m.b.v. kunstmatige intelligentie. In die zin kan DT ook meer als overkoepelende sleuteltechnologie worden beschouwd, omdat data en de analyse ervan – maar ook de innovatie daarin – belangrijk zijn voor ontwikkelingen op het gebied van veel andere sleuteltechnologieën. Hier liggen kansen voor gezamenlijke projecten tussen beide clusters.

Figuur 1 Kansrijke technologieclusters



Technopolis B.V., 2023

- **Borg coherentie met groeifondsprojecten.** Er zijn diverse groeifondsprojecten die zich richten op de missies van LNV en werken aan de ontwikkeling van sleuteltechnologieën. Die projecten hebben grote budgetten en daarom lijkt het niet efficiënt om in de KIA in te zetten op dezelfde technologie-missie combinaties. Er is in de Groeifondsvoorstellen overlap met de ST1- en ST2-programma's en de clusters die we hierboven beschreven.
 - CROP-XR en Cellulaire Agricultuur overlappen sterk met het ST2-programma en het tweede cluster LST, CT en NT. Die overlap zit met name in de productie van plantaardige eiwitten en veredeling van (klimaatbestendige) gewassen. Binnen de KIA kan daarom wellicht meer aandacht zijn voor de CT-toepassingen.
 - NXTGEN HIGHTECH overlapt sterk met het ST1-programma en het eerste cluster DT, EFT en PT. Die overlap zit met name in de robotica, *digital twins* en sensoren voor de voedselproductie (procesoptimalisatie, veiligheid, kwaliteit, etc.). Binnen de KIA kan daarom wellicht meer aandacht zijn voor sensoren en data gericht op bodem, emissie, water en natuur.
 - Voor Groeifondsvoorstellen die in de huidige ronde van het NGF zijn ingediend, is het nog niet goed in te schatten welke overlap er zal zijn, omdat dit sterk afhangt van honorering.

Naast het NGF is het ook belangrijk om rekening te houden met investeringen die er al gedaan worden in grootschalige wetenschappelijke infrastructuur door NWO. Enerzijds kan deze infrastructuur gebruikt worden voor onderzoek en innovatie binnen de KIA LWV, anderzijds is het ook belangrijk om met de KIA investeringen niet te dupliceren.

- **Verbind sleuteltechnologieën directer met de missies via enkele concrete toepassingen.** Uit de interviews blijkt dat sleuteltechnologieën nog ver weg staan van de MMIP's, terwijl er wel behoefte is aan technologische oplossingen in combinatie met of naast *nature-based solutions*. De missies lenen zich om concreet aan toepassingen te werken met publieke en private partijen, dus op hogere TRL-niveaus (TRL 4/5+) innoveren. Op dat niveau kunnen ook hogescholen van meerwaarde zijn – zij lijken in de ST-programma's niet of nauwelijks aangehaakt. De verbinding tussen technologie en missies kan gemaakt worden door per missie enkele relevante technologische toepassingen/innovaties te kiezen om verder te ontwikkelen of in de praktijk te testen. Let wel op dat hogere TRL-niveaus consequenties

kunnen hebben over de subsidiepercentages voor bedrijven: bij experimentele ontwikkeling is slechts 25% van de kosten van grote ondernemingen subsidiabel, voor kleine bedrijven kan dit oplopen tot 55%. Dat kan een reden zijn om niet te veel toepassingen hiervoor te selecteren.

- **Zet in op testen in de praktijk.** De stap van onderzoeksuitkomsten naar een oplossing in de praktijk is vaak groot. De praktijk (in de sector) blijkt weerbarstiger dan gecontroleerde onderzoeksomgevingen. Testen in de praktijk kan bijdragen aan het sneller ontwikkelen en opschalen van een technologische toepassing. Diverse geïnterviewden geven aan dat die behoefte aan valorisatie er ook is en technologie dichterbij de missies kan brengen. Testen in de praktijk (vanuit de opgave/missie) zou gepaard moeten gaan met aandacht voor de sociale (o.a. draagvlak, gebruikersgemak), ethische (o.a. privacy en acceptatie), juridische (o.a. beleid en wetgeving) en economische (o.a. business case) aspecten van de technologie. Idealiter gaat het testen niet om één toepassing, maar meerdere samenhangende toepassingen om recht te doen aan de complexe systeemverandering of transitie waarmee men in de missies veelal te maken heeft. Dat vraagt om het betrekken van meerdere actoren (ook gebruikers en consumenten) en meerdere disciplines.¹¹

Inzetten op testen/ontwikkelen in de praktijk betekent kijken naar publiek-private samenwerkingen (PPS) in de vorm van regionale proeftuinen, proefboerderijen, field labs, demonstratieprojecten etc. Betrek daarbij niet alleen het grootbedrijf maar juist ook het MKB, om ook praktische barrières voor adoptie door het MKB te tackelen. De technologie komt daarmee dichterbij de gebruiker. Ook liggen hier kansen om het HBO meer bij de KIA te betrekken – praktijkgericht onderzoek is het werkveld van lectoraten in het HBO. Er zijn momenteel al enkele fieldlabs op de terreinen van LNV, zoals het Fieldlab Smart Farming.

Het KIA-instrument leent zich goed voor innovatie in PPS-verband en kan juist aanvullend zijn op de meer fundamentele onderzoeksfinanciering vanuit NWO en de Europese Commissie op de terreinen van LNV. Het instrumentarium van de KIA is echter beperkend in de mogelijkheden om testen in de praktijk te financieren. Proeftuinen en fieldlabs bevinden zich doorgaans in TRL-6, waarbij een hoog percentage private investering vereist is (variërend van 45-75%). Daardoor is het lastiger om dergelijke projecten te realiseren. Het is dus raadzaam om over aanvullende instrumenten te beschikken om testen in de praktijk breder uit te kunnen rollen. Momenteel is er een regeling voor fieldlabs in ontwikkeling die hierin mogelijk kan bijdragen. Ook subsidieregelingen als SPRONG of SABE¹² kunnen kansen bieden voor testen in de praktijk.

- **Herzie de positie en rol van de brede ST-programma's binnen de KIA.** Om de verbinding met de missies te versterken, zou er meer interactie met de MMIP's moeten zijn. Dat kan door concrete sleuteltechnologietoepassingen onderdeel te laten zijn van zowel de MMIP's als het ST-programma. Het ST-programma is dan meer doorkruisend (matrix-structuur, zie Figuur 2). Door die verbondenheid kunnen de ST-programma's beter inspelen op de actuele vragen die leven binnen de missies en dus meer vraaggestuurd of missiegedreven werken. Daarnaast kan er op specifieke onderwerpen, die elders (zoals binnen het NGF)

¹¹ Zie ook het pleidooi van het Rathenau Instituut voor opgavegericht innoveren:

<https://www.rathenau.nl/nl/werking-van-het-wetenschapssysteem/maatschappelijke-opgaven-vragen-om-een-nieuw-soort>

¹² SPRONG is een subsidie van Regieorgaan SIA voor samenwerking tussen hogescholen, bedrijven en publieke organisaties op het gebied van praktijkgericht onderzoek binnen een van de KIA's van het Missiegedreven Topsectorenbeleid. De KIA LWV valt hier uiteraard ook onder. SABE is een subsidieregeling van RVO om te leren over duurzame landbouw. Het bevat o.a. een onderdeel dat zich richt op het delen van kennis over duurzame landbouw in demonstratiebedrijven.

niet voldoende opgepikt worden, binnen de ST-programma's op lagere TRL's gewerkt worden om ook voor meerdere missies echt fundamenteel onderzoek verder naar toegepast onderzoek te brengen. Daarmee zou je kunnen bijdragen aan nieuwe toepassingen voor de missies op de langere termijn. Een sterke (personele) verbinding tussen missie en ST-programma is daarbij essentieel: in de huidige KIA heeft de doorwerking naar de missies namelijk onvoldoende gewerkt doordat er weinig echte verbinding was.

Figuur 2 Visualisatie van een matrixstructuur voor de KIA met meer integratie tussen missies en ST-programma's en onderscheid in innovatie en onderzoek



Technopolis B.V., 2023

- **Besteed aandacht aan veiligheid, draagvlak en maatschappelijke acceptatie.** Uiteindelijk wordt er alleen effect bereikt op de missies als er sprake is van adoptie van technologische toepassingen. Het is daarom belangrijk om al tijdens de technologieontwikkeling expliciet aandacht te hebben voor verantwoord onderzoek en ontwikkeling (RRI), veiligheidsonderzoek (safe-by-design), draagvlak binnen de sector (zorgen bij gebruikers) en maatschappelijke acceptatie (zorgen bij de consument en burger). Bij testen in de praktijk kunnen bijvoorbeeld gebruikers en burgers betrokken worden om ook deze aspecten van technologie integraal in het onderzoek mee te nemen. Ook tijdige dialoog en voorlichting kan hierbij helpen. Daarnaast kunnen binnen dit kader ook vraagstukken en concepten rondom dataveiligheid en -soevereniteit worden onderzocht en ontwikkeld.
- **Beleg skills en human capital voor m.n. digitalisering van de agrifood sector beter in beleid.** Met name op het gebied van digitalisering is er in veel sectoren aandacht voor human capital en skills, ook binnen de topsectoren. Dit lijkt echter niet zo sterk te zitten in de human capital agenda van de topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen.¹³ Voor adoptie van deze technologieën in de agrifood sector, en de behoefte om meer te kunnen

¹³ De Human Capital agenda van deze topsectoren is ondergebracht in de 'Ontwikkelagenda groen onderwijs', waarin digitalisering en nieuwe technologische vaardigheden niet zo duidelijk naar voren komt, zeker niet voor huidige werkenden in de agrifoodsector (welke belangrijk zijn voor adoptie). In het Groenpact versnellingsprogramma Digitalisering en Technologisering is die aandacht er wel.



meten met sensoren en data, zijn digitale vaardigheden – zowel bij studenten als huidige werkenden in de sector – belangrijk en kunnen een knelpunt vormen. De verantwoordelijkheid ligt hierin wellicht bij de sector en het onderwijs, maar LNV kan hierin beleidsmatig wel een aanjagende rol hebben.

Bijlage A Overzicht van veelgebruikte afkortingen

Afkorting	Betekenis
AI	Artificial Intelligence (kunstmatige intelligentie)
AM	Advanced Materials
CORDIS	Community Research and Development Information Service
CT	Chemische Technologieën
DT	Digitale Technologieën
EFT	Engineering & Fabrication Technologies
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
ICT	Informatie- en Communicatietechnologie
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
IoT	Internet of Things
KIA	Kennis en Innovatie Agenda
LNV	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
LST	Life Science Technologies
LWV	Landbouw, Water en Voedsel
MMIP	Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma
NGF	Nationaal Groeifonds
NT	Nanotechnologie
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
PLT	Photonics & Light Technologies
PV	Photovoltaics (toepassingen voor energieconversie uit licht, zonnecellen)
QT	Quantum Technologies
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
ST	Sleuteltechnologie
TRL	Technology Readiness Level
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Bijlage B Verantwoording gebruikte methoden

B.1 Onderzoeksvragen

#	Vraag	Sectie
1A	Wat zijn per beleidsdoel van LNV en MMIP-doel van de KIA-LWV de belangrijkste opgaven?	H1, H2
1B	Bij welke van deze opgaven van LNV kunnen sleuteltechnologieën bijdragen aan een oplossing of doorbraak?	H2, fiches
2	Welke bijdrage(s) kan een sleuteltechnologie, of combinatie daarvan, leveren aan de verschillende beleidsdoelen van LNV en de MMIP-doelen van de KIA-LWV?	H2, fiches
2A	In welk stadium van ontwikkeling bevinden zich deze sleuteltechnologieën?	H2, fiches
2B	Welke verdere ontwikkeling of toepassing van relevante sleuteltechnologieën is nodig om een bijdrage te leveren aan de verschillende beleidsdoelen van LNV en de MMIP-doelen van de KIA-LWV?	H2, H3, fiches
3	Welke initiatieven, organisaties en kennisinstellingen in Nederland werken aan relevante toepassingen van deze sleuteltechnologieën voor de beleidsdoelen van LNV en de MMIP-doelen van de KIA-LWV?	H2, fiches
4A	Welke kansen kunnen sleuteltechnologieën bieden voor (de doelen van) LNV?	H2, fiches
4B	Welke bedreigingen kunnen de sleuteltechnologieën vormen voor (de doelen van) LNV?	H2, fiches
5A	Welke strategische acties adviseren wij LNV om de kansen van relevante sleuteltechnologieën te benutten?	H3
5B	Welke strategische acties adviseren wij LNV om de risico's van relevante sleuteltechnologieën te vermijden of beheersbaar te houden?	H3

De fiches zijn te vinden in het separate achtergrondrapport van deze verkenning.

B.2 Aanpak

De aanpak voor dit project bestaat uit drie fasen. Het project is op 17 oktober gestart (fase 1) met een startbijeenkomst waarin nadere afspraken gemaakt zijn over de aanpak, afbakening en planning. Deze werkafspraken zijn vastgelegd in een inceptienotitie. Ook is er een begeleidingscommissie voor deze opdracht aangesteld, die op 18 januari voor het eerst bijeengekomen is.

De tweede fase van het project bestond uit een verkenning van relevante beleidsdocumenten van LNV en publiek beschikbare literatuur over sleuteltechnologieën. Dit is samengevat in fiches van 10-15 pagina's per sleuteltechnologie. Op basis van deze conceptfiches zijn er semigestructureerde interviews met technologie-experts en beleidsmedewerkers (betrokken bij de missies) uitgevoerd om de inhoud van de fiches te valideren en aanvullende informatie op te halen. Ten slotte is er een inventarisatie van initiatieven en organisaties gedaan op basis van deskstudie en een database-onderzoek, die ook zijn toegevoegd aan de fiches. De eerste resultaten van deze tweede fase staan in dit achtergrondrapport.

In de laatste fase van het onderzoek vond er verdere analyse plaats (overkoepelend, over alle sleuteltechnologieën heen) en werden conclusies en aanbevelingen opgesteld. De belangrijkste bevindingen (analyse), voorlopige conclusies en aanbevelingen valideerden we in een workshop met een selectie van beleidsmedewerkers en technologie-experts. De workshop werd ook gebruikt om input op te halen voor verdere (aanscherping van)

aanbevelingen. De resultaten van fase 2 en fase 3 zijn uiteindelijk samengevat in een eindrapport met de belangrijkste bevindingen.

3.2.1 Aanpak database-onderzoek

Voor het database-onderzoek hebben we in drie databases gezocht op basis van steekwoorden (zie bijlage A.5). Deze drie databases zijn de projectdatabase van RVO, de Europese projectdatabase CORDIS en de publicatiedatabase Scopus. De projectdatabase van RVO beschrijft welke innovatie-gerichte projecten er zijn gefinancierd door RVO. CORDIS beschrijft de projecten die door de Europese Commissie gefinancierd zijn binnen de Horizon 2020 en Horizon Europe programma's. Scopus is een database met wetenschappelijke publicaties, de auteurs daarvan en de organisaties waaraan deze auteurs geaffilieerd zijn.

De cijfers gepresenteerd in de analyses van het database-onderzoek zijn gebaseerd op de frequentie dat organisaties terugkomen in de databases. Bij het zoeken naar relevante projecten en wetenschappelijke publicaties hebben we telkens op zo'n manier gezocht dat een hit zowel op een missie-gerelateerd steekwoord én op een technologie-gerelateerd steekwoord wordt gevonden. Projecten en publicaties die wel op een technologie-gerelateerd steekwoord werden gevonden (bijv. quantum computer) maar niet op een missie-gerelateerd steekwoord (bijv. voedselveiligheid) zijn dus niet meegenomen in de analyse. In RVO hebben we gezocht op Nederlandse steekwoorden en hun Engelse vertaling, in CORDIS en Scopus alleen op de Engelse vertalingen, aangezien deze databases in het Engels zijn.

Een limitering aan deze zoekstrategie is dat de resultaten sterk afhankelijk zijn van de kwaliteit van de steekwoorden. De steekwoorden zijn opgesteld op basis van de documentatie van de KIA LWV, de KIA ST en de sleuteltechnologieën die in deze verkenning zijn opgesteld. We hebben de steekwoordenlijst daarnaast intern en extern (bij de klant) gevalideerd.

B.3 Geïnterviewde personen

#	Naam	Affiliatie
1	Albert de Vries	Ministerie van LNV
2	Aldrik Velders	Wageningen University & Research
3	Annet Zweep	Ministerie van LNV
4	Berend van Meer	Demcon biovitronix
5	Eelco Riemens	Ministerie van LNV
6	Egon Janssen	TNO
7	Emil Kuijs	Ministerie van LNV
8	Esmee van Eerden	Ministerie van LNV
9	Fleur Knaap	Ministerie van LNV
10	Francoise Divanach	Ministerie van LNV
11	Gabriël van der Kruijk	Koppert
12	Geert Hermans	Pixelfarming Robotics
13	Geert Kits Nieuwenkamp	Ministerie van LNV
14	Gemma Verijdt	Ministerie van LNV
15	Gerrit Polder	Wageningen University & Research

#	Naam	Affiliatie
16	Harm Smit	Ministerie van LNV
17	Harry Buhman	Universiteit van Amsterdam; Centrum voor Wiskunde & Informatica (CWI)
18	Henriëke Paul	Ministerie van LNV
19	Jan de Wilt	Ministerie van LNV
20	Jasper Lok	Ministerie van LNV
21	Jeroen Vis	Ministerie van LNV
22	Jolanda Mourits	Ministerie van LNV
23	José Vogelezang	Ministerie van LNV
24	Jurgen Vangeeyte	Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO) Vlaanderen
25	Karin Schroën	Wageningen University & Research
26	Lars Benesch	Photonics Supply and Services
27	Maarten van der Zee	Wageningen University & Research
28	Marjan van Creijl	Ministerie van LNV
29	Marjolijn van Valkenhoef	Ministerie van LNV
30	Mark van Loosdrecht	Technische Universiteit Delft
31	Nico van Meeteren	Topsector LSH; Erasmus MC
32	Olga Scholten	Wageningen University & Research
33	Paul Sinnige	Ministerie van LNV
34	Pauline Buffing	Ministerie van LNV
35	Peter Heslenfeld	Ministerie van LNV
36	Remko Boom	Wageningen University & Research
37	Renze Brouwer	Ministerie van LNV
38	Richard Visser	Wageningen University & Research
39	Roos Haasnoot	Ministerie van LNV
40	Sabine Pronk	Ministerie van LNV
41	Sander Janssen	Wageningen University & Research
42	Saskia Ligthart	Ministerie van LNV
43	Siep Groen	Ministerie van LNV
44	Simone Eijnsink	Ministerie van LNV
45	Steven van den Berg	Haagse Hogeschool
46	Susanne van Waelen	Ministerie van LNV
47	Tjeerd Snoeren	Ministerie van LNV
48	Willem Jan Knibbe	Wageningen University & Research

#	Naam	Affiliatie
49	Wim Soetaert	Universiteit Gent
50	Zev Starmans	Ministerie van LNV

B.4 Deelnemers workshop

#	Naam	Affiliatie
1	Annemarie Breukers	TKI Agri & Food
2	Daphne Roodhuyzen	Stichting Toekomst der Techniek (STT)
3	Doede Binnema	Hanzehogeschool Groningen
4	Elaine van Ommen Kloeke	Naturalis
5	Fokie Flapper	Ministerie van LNV
6	José Vogelezang	TKI Tuinbouw & Uitgangsmaterialen
7	Marcel van Haren	ZLTO (voorheen FME)
8	Marcel Ottens	TU Delft
9	Marika Bontebal	Ministerie van LNV
10	Mark de Bode	Ministerie van LNV
11	Olga Scholten	WUR
12	Remco Suer	OnePlanet Research Center
13	Rosanne Metaal	Ministerie van LNV

B.5 Leden begeleidingscommissie

#	Naam	Affiliatie
1	Bas Steendam	Ministerie van EZK
2	Kees de Gooijer	TKI Agri & Food
3	Leo Warmerdam	Holland High Tech
4	Lisanne van Oosterhoud	Brainport Development (voorheen FME)
5	Peter Paul Mertens	Ministerie van LNV
6	Petra Verhoef	Voedingscentrum (voorheen Rathenau Instituut)

B.6 Lijst met steekwoorden voor het database-onderzoek

Navolgende lijst met steekwoorden zijn in combinatie gebruikt voor het database-onderzoek. Ook de vertalingen van deze steekwoorden naar het Engels zijn gebruikt voor bij het doorzoeken van de databases. Deze vertalingen zijn niet in navolgende lijst opgenomen.

Missie	Steekwoorden	Sleuteltechnologie	Steekwoorden
A	autonome gewasmonitoring kringlooplandbouw autonome bodemonitoring	Advanced Materials	geavanceerde materialen metaal-organische structuren anorganische halfgeleiders

Missie	Steekwoorden	Sleuteltechnologie	Steekwoorden
	biodiversiteit biograndstoffen bodem eiwithoudende gewassen horticultuur kunstmest kweekvlees landbouw landbouwareaal meststof nutriënten plantaardige eiwit precisiefermentatie precisielandbouw robuuste gewassen teelt tuinbouw veevoer		antimicrobiële eigenschappen antireflectiecoating biologisch afbreekbaar biomaterialen biopolymeren biovezels coatings composieten energieconversiematerialen energieopslag keramiek metamaterialen structurele materialen zelfhelende materialen zelforganiserende materialen biologisch afbreekbare polymeren chitosan composiet grafeen polymeren zonnepanelen dunne film
B	bodemdaling duurzame glastuinbouw energiebesparing landbouw energiezuinige landbouw koolstofvastlegging mestscheiding stalemissie veenoxidatie koolstof opslag organische koolstof pyrolyse bodem koolstof	Chemische Technologieën	analytische technologieën biokatalyse chemische conservatie chemische reacties chemische technologieën covalent organic frameworks eiwitextractie metal-organic frameworks microbiële fermentatie waterfiltratie membranen ammoniumsulfaat bio-chemicaliën bio-ethanol bioprocestechnologie chemisch recyclen chemische detectiemethoden chemische sensoren elektrochemisch fermentatieprocessen gasfermentatie kunstmest scheiden kunstmestproductie membraanscheiding membraantechnologie microreactoren plasma processing scheidingstechnologie

Missie	Steekwoorden	Sleuteltechnologie	Steekwoorden
			stikstoffixatie stikstofgas covalent organisch gas scheiding waterstof productie ionische vloeistoffen metaal-organische kaders poreuze materialen
C	regenwater oppervlaktewater afvalwater grondwater wateroverlast watertekort waterkwaliteit waterrobuust klimaatadaptieve rassen klimaatadaptieve gewassen klimaatadaptieve teelt klimaatadaptieve dierhouderij natuurlijke zuivering zuiveringsconcept end-of-pipe emissie nullozing	Digitale Technologieën	blockchain cloud netwerk encryptie algoritme data analyse weed robot Internet of things in silico farming datamining diep leren digitaal codering kunstmatige intelligentie machine learning computational model neuraal netwerk big data
D	duurzame voeding milde processing veilige voedselproductie voedselveiligheid duurzame voedselsystemen voedselindustrie voedselverwerking voedselproductie voedselkwaliteit voedselvoorraad voedsel systeem voedsel verspilling biologisch voedsel	Engineering and Fabrication Technologies	hoge frequentie en mixed signal optomechanica actuatoren additive manufacturing ammoniaksensoren autonome robots besturingstechniek bodemvochtsensoren cyberfysieke systemen hoge-frequentie toepassingen mechatronica methaansensoren precisiebemesting real-time data remote monitoring robotica sensor stalsystemen stikstofsensoren strooikaart verpakkingssensoren 5g 3d printen controlesystemen

Missie	Steekwoorden	Sleuteltechnologie	Steekwoorden
			detector mechanische eigenschappen detectie-element weefsel engineering
E	algen aquacultuur visbestanden visserij visvangst oceaan vervuiling maritieme biodiversiteit maritiem ecosysteem mariene hulpbronnen Noordzee oceaanverzuring oceaan-ecosysteem overbevissing plastic soep zeewier	Life Science Technologies	biochip biofabricatie biogeneeskunde biosensor biotech DNA sequentie gene editing genexpressie genomische gegevens genomics glycomics life science technologie metabolomics organ-on-chip proteomisch proteomics stamceltechnologie synthetische celtechnologie x-omics
overig	landbouwtransitie vogel- en habitatrichtlijn brede welvaart platteland ecologische voetafdruk ecosysteem kwaliteit habitatrichtlijn landelijk gebied landelijke bodemkwaliteit landelijke waterkwaliteit	Nanomaterialen technologieën	Covalent Organic Framework bio-nanotechnologie bioactieve nanostof koolstofnanomaterialen koolstofnanobuis insideables metaaloxide-nanostructuur micro-fluidic devices nano-fluidic devices nano-silicum nanozeoliet nano-encapsulatie nanoencapsulatie nanofertilizer nanofiltratie nanohydrogel nanomanufacturing nanomateriaal nanomedicijn nanomembranen nanodeeltje nanopesticide nanosensor nanosponzen nanostructuren fotoconversie

Missie	Steekwoorden	Sleuteltechnologie	Steekwoorden
			quantum dots
		Photonics en Licht Technologieën	beeldvormingstechnologie geïntegreerde fotonica Li-Fi LiDAR Near Infrared Sensor fotovoltaic earth observation system floating solar fluoroscopy spectral imaging hyperspectraal infrarood thermografie geïntegreerde fotonische sensoren lab-on-a-chip laser-based multispectrale LiDAR multispectraal niet-invasieve beeldvorming perovskite solar fotogenerator fotonische biosensoren fotonische circuits fotonische sensoren point-of-care zonnecel spectrometrie spectroscopie
		Quantum Technologies	quantum gravity gradient gasbeeldvorming moleculaire simulatie quantum camera quantumcommunicatie quantum computer quantum computing quantumencryptie quantumsensoren quantumsimulatie qubit terahertz quantumsensor terahertz sensor

Bijlage C Herziene indeling van de missies van de KIA LWV en de sleuteltechnologieën van de KIA ST

Tijdens deze verkenning werden de missies van de KIA LWV en de sleuteltechnologieën van de KIA ST herzien. Deze herziening is ten tijde van schrijven nog niet volledig afgerond. In deze bijlage hebben we de herziening van de missies en de sleuteltechnologieën opgenomen en naast de huidige versies geplaatst. Hieruit valt het volgende op:

- De missies zijn aangepast op basis van recente beleidsontwikkelingen. Ook valt op dat onderwerpen van de zogenaamde LNV-MMIP's een plek hebben gekregen in de nieuwe missies. Dat heeft ertoe geleid dat er een nieuwe missie is ontstaan gericht op natuur. Bovendien zijn de huidige missies A en B gecombineerd tot één missie. Ook in de missie over voedsel hebben verschuivingen plaatsgevonden. De missies hebben allemaal een andere naam gekregen en zijn soms verbreed.
- De nieuwe sleuteltechnologieën van de KIA ST lijken in grote lijnen overeen te komen met de huidige indeling, zeker op hoofdniveau. Wel is de naamgeving gewijzigd en zijn op subniveau enkele bestaande specifieke sleuteltechnologieën samengevoegd en enkele specifieke sleuteltechnologieën toegevoegd. De definities van elke sleuteltechnologie zijn ook herzien. Hierdoor zijn sommige sleuteltechnologieën breder geformuleerd.

C.1 Missies

De nieuwe missies van de KIA LWV zijn grondig herzien. Het is daardoor niet mogelijk om een rechtstreekse link te leggen tussen de huidige missies en de nieuwe missies. In Box 1 hebben we een toelichting van het Ministerie van LNV opgenomen over de nieuwe missies waaruit de veranderingen blijken.

Box 1 Toelichting van het Ministerie van LNV op de nieuwe missies

Toelichting op de nieuwe missies

De belangrijkste aanpassingen t.o.v. de missies van de huidige periode 2020-2023 zijn:

- A. De nieuwe missie **'Veerkrachtige natuur en vitale bodem'** geeft uitdrukking aan het grote belang van herstel en bescherming van natuur en biodiversiteit en het behoud van ecosysteemdiensten boven- en ondergronds.
- B. Om invulling te geven aan de noodzaak van een samenhangende aanpak op het gebied van water, bodem, klimaat, stikstof en dierwaardigheid is ervoor gekozen om deze opgaven onder te brengen in een overkoepelende missie **'Duurzame land- en tuinbouw'** ter vervanging van de eerdere twee missies 'kringlooplandbouw' en 'klimaatneutrale productie'. Ook de benodigde aanpassingen in de land- en tuinbouw aan klimaatverandering krijgen hierin een plek.
- C. De oorspronkelijke missie 'klimaatbestendig landelijk en stedelijk gebied' is verbreed zodat deze nu de gehele transitie van het landelijk gebied omvat. In deze missie, met als titel **'Vitaal landelijk gebied in een klimaatbestendig van Nederland'** wordt gezocht naar passende, integrale oplossingen die van gebied tot gebied zullen verschillen en is er aandacht voor de institutionele en gedragskant van de benodigde systeemveranderingen vanuit het perspectief van brede welvaart.
- D. De missie over voedsel (**'Duurzaam en gewaardeerd voedsel dat gezond, toegankelijk en veilig is'**) zet de verduurzamingsopgaven in de keten (van producent tot supermarkt) en de plaats van de consument als actor in die keten meer centraal. Hierin worden de gezondheidsaspecten meegenomen als onderdeel van duurzame ketens.
- E. In de missie aan **'Duurzame en veilige Noordzee en andere grote wateren'** blijft de focus op de duurzame doorontwikkeling van economische activiteiten, waaronder visserij, binnen de ecologische draagkracht van watersystemen.
- F. In de missie aan de **'Veilige en weerbare delta'** gaat het naast hoogwaterveiligheid, met een nadruk op maatregelen met een kleinere ecologische voetafdruk, over veilige scheepvaart, en inzet op vermindering van de winning van bouwstoffen uit grote wateren.

Overgenomen van het Ministerie van LNV (2023)

Om toch enig inzicht te bieden in hoe de nieuwe missies zich verhouden tot elementen van de oude missies hebben we Tabel 7 opgesteld. Deze tabel kan niet gezien worden als een rechtstreekse relatie tussen de oude en de nieuwe missies. Het geeft alleen aan dat er in de nieuwe missies elementen uit enkele oude missies zijn opgenomen. Dat geeft een globaal beeld van hoe de missie-indeling in dit rapport zich verhoudt tot de nieuwe missie-indeling. Het doet geen recht aan de gedetailleerde veranderingen en toevoegingen aan de nieuwe missies.

Tabel 7 Globale relatie tussen de huidige en voorlopige nieuwe missies KIA LWV

Nieuwe missies	Bevat elementen van de volgende huidige missies
Missie A: Veerkrachtige natuur en vitale bodem	LNv3: Doelen van de Vogel- en Habitatrichtlijn in Nederland zijn bereikt en de Nederlandse ecologische voetafdruk is gehalveerd
Missie B: Duurzame land- en tuinbouw	Missie A: Kringlooplandbouw
	Missie B: Klimaatneutrale landbouw en voedselproductie
	Missie D: Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel
Missie C: Vitaal landelijk gebied in een klimaatbestendig Nederland	LNv4: Gezelschapsdieren en dieren voor vermaak zijn fysiek en mentaal gezond
	Missie C: Klimaatbestendig landelijk (en stedelijk) gebied
Missie D: Duurzaam en gewaardeerd voedsel, dat gezond, toegankelijk en veilig is	LNv2: Verhogen Brede Maatschappelijke Welvaart in het landelijk gebied
	Missie D: Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel
Missie E: Duurzaam en veilig gebruik van de Noordzee en andere grote wateren	LNv1: Een einde aan honger en ondervoeding en toegang tot voldoende en gezond voedsel voor iedereen (internationaal)
	Missie E: Duurzame en veilige Noordzee en andere wateren
Missie F: Veilige en weerbare delta	Missie F: Nederland is en blijft de best beschermde en leefbare delta

Gebaseerd op KIA LWV (2022). Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's Landbouw, Water en Voedsel. Impacts & Outcomes; en LNv (2023). Missies thema Landbouw, Water en Voedsel, interne notitie versie 19 april 2023.

C.2 Sleuteltechnologieën

De nieuwe sleuteltechnologieën (ST) onder de KIA ST kunnen wel min of meer gelinkt worden aan de huidige sleuteltechnologieën. TNO heeft dit zelf ook gedaan in hun *Herijking sleuteltechnologieën 2022*, zij het met nog enkele toelichtingen. Wij hebben de link tussen de huidige ST's (zoals in dit rapport gebruikt) en de nieuwe ST's weergegeven in Tabel 8. Ook deze tabel moet voorzichtig gelezen worden: definities tussen de huidige en nieuwe ST's kunnen soms verschillen, waardoor het verschil soms verder gaat dan verschillen in naamgeving en clustering.

Tabel 8 Huidige en voorlopige nieuwe sleuteltechnologieën KIA ST

Nieuwe sleuteltechnologieën	Huidige sleuteltechnologieën
AM - Advanced Materials	AM - Advanced Materials
Energy materials	Energieconversiematerialen Materialen voor energieopslag
Optical, electronic, magnetic and nanomechanical materials	Optische, elektronische en magnetische materialen
Meta materials	Designer- en metamaterialen
Soft/bio materials	Biomaterialen en zachte materialen
Thin films and coatings	Coatings en dunne films
Construction and structural materials	Structurele materialen
	Composieten en keramiek
Smart materials	Slimme, zelfhelende en zelforganiserende materialen
POT - Photonics and optical technologies	PLT - Photonics and Light Technologies
Photovoltaics	Photovoltaïcs
Optical systems and integrated photonics	Geïntegreerde fotonica
	Photonic/electronic co-integration
Photonic/optical detection and processing	Imaging technologie
Photon generation technologies	Fotongeneratie- en detectietechnologie
QT - Quantum Technologies	QT - Quantum Technologies
Quantum computing	Kwantumcomputer
Quantum communication	Kwantumcommunicatie en -encryptie
Quantum sensing	Kwantumsensoren en -metrologie
DIT - Digital and information technologies	DT - Digitale Technologieën
Artificial intelligence (AI)	Kunstmatige Intelligentie (AI)
Data science, data analytics and data spaces	Big data en data analytics
Cyber security technologies	Encryptietechnologie
Software technologies and computing	Blockchain
	High performance, grid en cloud computing
Digital connectivity technologies	
Digital Twinning and Immersive technologies	
Neuromorphic technologies	
CT - Chemical technologies	CT - Chemische Technologieën
(Bio)Process technology, including process intensification	(Bio)procestechnologie
Advanced) Reactor engineering	Microreactoren

Nieuwe sleuteltechnologieën	Huidige sleuteltechnologieën
Separation technology	Scheidingstechnologie
Catalysis	(Bio)katalyse
Analytical technologies	Analytische technologieën
Electricity-driven chemical reaction technologies	Elektrochemische processen (o.a. Elektrificatie, waterstoftechnologie en power-to-gas)
NT - Nanotechnology	NT - Nanotechnologie
Nanomanufacturing	Nanomanufacturing
Nanomaterials	Nanomaterialen
Functional devices and structures (on nanoscale)	Nanodevices
	Halfgeleiderapparaten (semiconductor)
Micro- and nanofluidics	Micro- en nanofluidica
Nanobiotechnology / Bionanotechnology	Bionanotechnologie
LSB - Life science and biotechnologies	LST - Life Science Technologies
Biomolecular and cell technologies	Genomics
	Gene editing/ Precise Genetic Engineering
	Synthetische celtechnologie
	Stamceltechnologie
Biosystems and organoids	Biochips en biosensoren
	Organ-on-a-chip
	Nanomedicijnen
Biomanufacturing and bioprocessing	Biofabricatie
	Industriële biotechnologie
	Biokatalyse
Bio-informatics	
EFT - Engineering and fabrication technologies	EFT - Engineering and Fabrication Technologies
Sensor and actuator technologies	Sensoren en actuatoren
Imaging technologies	Beeldvormende technologieën
Mechatronics and Opto-mechatronics	(Opto-)mechatronica
Additive manufacturing	Additive manufacturing
Robotics	Robotica
Digital manufacturing technologies	Cyberfysiske systemen
Micro electronics	Hoge frequentie en mixed signal technologieën
Systems engineering	

Gebaseerd op Technopolis Group (2021). *Fiches Relevante sleuteltechnologieën voor IenW*; het overzicht van sleuteltechnologieën van NWO; Bijlage A van de KIA Sleuteltechnologieën; en TNO (2023). *Herijking Sleuteltechnologieën 2022*.

Bijlage D Input voor nieuwe missies KIA LWV vanuit workshop

Tijdens de verkenning heeft er een workshop plaatsgevonden. Deze had naast validatie, ook het doel om strategische input te leveren aan LNV voor de verdere uitwerking van de nieuwe missies voor de KIA LWV. Tijdens de workshop kregen de deelnemers de vraag om op basis van de bevindingen van de verkenning (langs de huidige missies van de KIA LWV) input te leveren op sleuteltechnologieën en de nieuwe missies van de KIA LWV. In kleine groepen bespraken zij elk een of meerdere nieuwe missies en keken daarbij naar relevante sleuteltechnologieën per missie, onderzoeks- en innovatie-acties (O&I-acties) benodigd voor impact op deze missie en naar overige acties en randvoorwaarden voor deze missies.

D.1 Input voor nieuwe missies KIA LWV

D.1.1 Relevante sleuteltechnologieën voor de nieuwe missies

Met name **Chemische Technologieën, Digitale Technologieën, Photonics and Light Technologies** en **Life Science Technologies** worden vaak genoemd als relevante sleuteltechnologieën voor de nieuwe missies. Deelnemers voorzien voor zowel digitale technologieën als fotonica en licht technologieën vooral toepassingen op het gebied van meten en monitoren van bijvoorbeeld gewassen en bodems. Deze toepassingen zijn met name interessant voor missie A en B. Daarnaast kunnen digitale technologieën toegepast worden voor het opslaan, verwerken en delen van data(bases). Op het gebied van Life Science Technologieën was er vanuit de deelnemers vooral aandacht voor het toepassen van eDNA voor de monitoring en het beheer van landbouwbodems en wateren (Missie A, B en E). Chemische technologieën zijn juist weer belangrijker wanneer het gaat om efficiëntie en optimalisatie van verschillende processen. Zo kan door middel van chemische scheidingstechnologieën het (her)gebruik van zij- en reststromen geoptimaliseerd worden. Daarnaast kunnen chemische technologieën ingezet worden voor processen rondom waterbeheer- en zuivering en kunnen teelt en productieprocessen door middel van biokatalyse efficiënter worden. Een concreet voorbeeld hiervan is het gebruik van Mycorrhiza schimmels zodat planten beter mineralen op kunnen nemen. Zodoende hebben chemische technologieën mogelijk relevante toepassingen voor alle nieuwe missies.

D.1.2 Onderzoek- en innovatie acties voor de nieuwe missies

Ook op het gebied van onderzoek en innovatie zijn er overeenkomsten tussen de nieuwe missies. De deelnemers zijn van mening dat de nadruk voor onderzoek en innovatie binnen die nieuwe missies vooral moet komen te liggen op het **gericht doorontwikkelen van bestaande toepassingen**. Daarnaast moet het accent komen te liggen op **opgavegerichte onderzoek en innovatie**. Dit wil zeggen dat technologieën (door)ontwikkeld worden om bestaande problemen (opgaves) op te lossen.

Binnen alle missies is er veel behoefte aan een integrale aanpak op het gebied van onderzoek en innovatie en de implementatie ervan. Er dient volgens deelnemers meer aandacht uit te gaan naar **kennisvalorisatie** door in te zetten op testen in de praktijk. Hierbij is het ook belangrijk om met name hogescholen te betrekken en structurele communicatielijnen op te zetten tussen onderwijs- en kennisinstellingen, bedrijven en de overheid. Verder dient er volgens deelnemers meer aandacht te komen voor het doorontwikkelen en verbinden van bestaande initiatieven zoals NWO Grootschalige Infrastructuur en het Nationaal Groeifonds.

Uit de verschillende discussies is verder ook gebleken dat er binnen de missies aandacht dient te zijn voor digitalisering (met name blockchain en AI). Het gaat hierbij niet zo zeer om digitale toepassingen die een bijdrage kunnen leveren aan de missies, maar meer over het inzetten

van **blockchain en AI** voor het verspreiden van informatie en creëren van bewustwording. Denk bijvoorbeeld aan transparantie over prijzen en productieprocessen naar consumenten of training en opleiding over het interpreteren van en omgaan met digitale systemen en data.

D.1.3 Randvoorwaarden voor de nieuwe missies

De belangrijkste randvoorwaarden volgens deelnemers zijn het creëren van maatschappelijk draagvlak en sociale aspecten. Op het gebied van bijvoorbeeld robotica en genbewerking is er momenteel al veel mogelijk maar door onder andere **maatschappelijke weerstand** worden deze technologieën nog niet altijd toegepast. Daarnaast is het volgens deelnemers belangrijk om meer aandacht te besteden aan **sociale wetenschappen** in plaats van een puur technologische focus.

Deelnemers uiten een behoefte aan duidelijke **communicatie** rondom ontwikkelingen en initiatieven. Het moet duidelijk zijn welke technologieën ontwikkeld worden en aan welke missie of uitdaging deze een bijdrage kunnen leveren. Een agenda die richting geeft aan kennisinstellingen zou hierbij helpen. Ook **digitalisering** werd over de verschillende missies een aantal keer als cruciaal genoemd. Bij digitalisering gaat het ook over randvoorwaarden voor deze transitie, zoals dataveiligheid, data-integriteit en databeschikbaarheid. Een andere randvoorwaarde die voor alle missies naar voren komt is het stellen van **juridische kaders** voor nieuwe ontwikkelingen op bijvoorbeeld het gebied van AI.

Samengevat, geven deelnemers aan dat er bij alle missies meer aandacht moet komen voor een sociale benadering, in plaats van een puur technologische, waarin consument en maatschappij centraal staan.

Daarnaast is er een missie-brede roep voor een integrale aanpak en meer structurele samenwerking tussen onderwijs- en kennisinstellingen, bedrijven en de overheid. Tot slot vraagt men aandacht voor bewustwording en trainen op het gebied van digitalisering.

Tabel 9 Overzicht input op nieuwe missies vanuit de workshop

Nieuwe missie	Meest relevante ST's	O&I-acties voor impact op missie	Overige acties/randvoorwaarden
Missie A: Veerkrachtige natuur en vitale bodem	<ul style="list-style-type: none"> • Chemische Technologieën; • Life Science Technologies (Genomics: eDNA voor monitoring en beheer); • Digitale Technologieën: "Sensing" AI voor digitale monitoring, AI voor een natuur-inclusieve samenleving (door in te zetten op gedragsverandering) en Integratie door big data technologieën (FAIR, open data, HPC). 	<ul style="list-style-type: none"> • Doorontwikkelen van bestaande initiatieven (NWO grootschalige infrastructuren); • Verbinden van bestaande initiatieven (integrale aanpak); • Ontwikkelingen op het gebied van O&I koppelen aan de identificatie en aanpak van bottlenecks. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maatschappelijke reflectie; • Veilig en toegankelijk data (management), data integraliteit en voldoende computing capaciteit; • "More than human" perspectief (geef natuur een stem); • Belangrijk om sociale wetenschappen en de praktijk (MKB) betrekken
Missie B: Duurzame land- en tuinbouw	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale Technologieën: stress- en gedragsmonitoring bij planten en dieren met behulp van AI; • Chemische Technologieën (reststromen, scheidingstechnologie); • Life Science Technologies: veredeling en fokken: "meer met minder", bioconversie; 	<ul style="list-style-type: none"> • Digitalisering van processen: door middel van blockchain informatie voor transparantie en ecosysteemdiensten genereren en verspreiden; • Doorzetten van bestaande 	<ul style="list-style-type: none"> • Transparantie richting de maatschappij door communicatie en dialoog; • Multidisciplinaire domein- en technologische expertise voor transitie van een sector naar de andere: denk aan

Nieuwe missie	Meest relevante ST's	O&I-acties voor impact op missie	Overige acties/randvoorwaarden
	<ul style="list-style-type: none"> • Photonics and Light Technologies (lucht & water) om te meten en verbruik te minimaliseren; • Engineering and Fabrication Technologies: Hergebruik (door bijvoorbeeld mechanische scheidingstechnologieën), nieuwe sensorontwikkeling voor monitoring emissies. 	<p>technologische toepassingen en kijken waar nieuwe technologie kan aanvullen;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kijken naar R&I binnen andere sectoren en vertalen naar LNV; • Training & skills om data goed te gebruiken en te interpreteren; • Verbinden van technologieën met ondernemerschap; 	<p>vaardigheden voor het omgaan met technologie in de keten;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ondersteunende wet- en regelgeving (bv. rol robot vs. boer); • Faciliterend beleid: dit kan richting aan de ontwikkeling van technologische toepassingen voor bedrijven en kennisinstellingen, dit kan ook duidelijkheid rondom investeringen geven (bv. landbouwakkoord); • <i>ELSA labs</i> voor landbouw (ethiek), voorkom afstand; • Instrumenten die doelen steunen (bijvoorbeeld voor implementatie in praktijk); • (open) standaarden voor data-uitwisseling; • Inventariseer wat er al is: Identificeer witte vlekken en handel hiernaar;
<p>Missie C: Vitaal landelijk gebied in een klimaatbestendig Nederland</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale Technologieën: digitalisatie, AI, <i>big data</i>, <i>social (digital) twins</i>; • Chemische Technologieën: Waternet (o.a. zuivering en efficiëntie); • Life Science Technologies (voor <i>nature-based solutions</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • Testen in de praktijk; • Sociale platformen: veel communicatie & feedback uit de praktijk; • Versterken van bestaande initiatieven: groeifonds en meer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sociaaleconomische aspecten in acht nemen; • Domeinen verbinden binnen deze missie (bv. Landbouw met natuur en <i>urban planning</i> bij elkaar brengen); • Duidelijk overzicht van de status van technologische ontwikkelingen (O&I) in de context van deze missie; • Nieuwe technologieën beleidstechnisch bijhouden
<p>Missie D: Duurzaam en gewaardeerd voedsel, dat gezond, toegankelijk en veilig is</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Life Science Technologies; • Digitale technologieën: blockchain en AI voor ketenarrangementen t.b.v. waardencreatie, eerlijk gedrag, (prijs)transparantie; • Photonics and Light Technologies (meten); • Chemische Technologieën: voor meten en analyse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Categoriëring van sleutel-technologieën voor een betere toepasbaarheid in de praktijk; • Meer ketenprojecten; • Interacties integreren (communicatie en integrale aanpak); 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Digital twins</i> in de keten; • <i>Explainable AI</i>. • Maatschappij betrekken (participerend onderzoek); • Maatschappelijke acceptatie GMO op nationaal en Europees niveau;

Nieuwe missie	Meest relevante ST's	O&I-acties voor impact op missie	Overige acties/randvoorwaarden
		<ul style="list-style-type: none"> • Cross-over met KIA-energie voor verduurzaming; 	<ul style="list-style-type: none"> • Inzichten in NGF creëren door middel van het opzetten van (structurele) communicatie tussen LNV, EZK en NGF-teams; • Maatschappij "opleiden", maar ook acceptatie van pluriformiteit; • Eigenaarschap (machtsverhouding);
<p>Missie E: Duurzaam en veilig gebruik van de Noordzee en andere grote wateren</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale Technologieën: <i>Real-time data</i> (echo-locatie); • Engineering and Fabrication Technologies: (Sorteertechnieken in de visserij); • Chemische Technologieën (gewassen in combinatie met schimmels, terugwinnen van grondstoffen uit wateren); • Advanced Materials; • Life Science Technologies: eDNA (monitoren van soorten en exoten). 	<ul style="list-style-type: none"> • Aandacht besteden aan en voortbouwen op huidige acties, zoals: <ul style="list-style-type: none"> – Hoe omgaan met lozingen in water; – Hard-substraat onderwater voor mosselen/oesters; – Verzilting (interactie tussen land, water en andere gewassen en teelttechnieken). 	<ul style="list-style-type: none"> • Huidige juridische kaders (KRW/KRM) zijn nog ruim, hier zijn technologieën nodig om kaders te halen en aan te scherpen; • Maatschappelijke acceptatie (Social Readiness Level (SRL)) is belangrijk bij het mogelijk introduceren van technologieën (bv. windmolenparken)

Technopolis o.b.v. inbreng deelnemers tijdens de workshop

D.2 Reflectie op sleuteltechnologieën voor de nieuwe missies

De focus van de nieuwe **missie A** ligt meer op natuurherstel. Het agrifood/tuinbouw-aspect verschuift meer naar de achtergrond in deze missie. Tijdens de discussie over de nieuwe Missie A kwamen drie onderwerpen duidelijk naar voren: de rol van Digitale technologieën, Life Science Technologies en Chemische Technologieën, de rol van de samenleving en het creëren van synergiën met bestaande initiatieven. Ten eerste, om verschillende aspecten van Missie A goed te kunnen monitoren is het belangrijk dat er zowel meer inzicht komt in (biodiversiteits-) indicatoren, dat het datamanagement goed in orde is en dat natuurlijke processen goed gemeten kunnen worden. De eerdergenoemde sleuteltechnologieën spelen hierin een centrale rol. Verder is de samenleving essentieel voor de transitie naar een veerkrachtige natuur en vitale bodem. Het sociale aspect, de praktijk en zowel stedelijk gebied als platteland moet meegenomen worden in het programma. Duidelijkheid en transparantie kunnen hier een faciliterende rol spelen. Ten slotte zijn bestaande initiatieven (e.g. NWO grootschalige onderzoeksinfrastructuren, ESFRI's en groeifondsen) al actief op relevante belangrijke onderwerpen. Het is belangrijk om hierop in te spelen door de synergiën tussen deze initiatieven en de KIA LWV te zoeken en deze door te ontwikkelen.

In de nieuwe **Missie B** staande thema's bodem, klimaat, stikstof en dierwaardigheid centraal. Men ziet de relevantie van een groot deel van de sleuteltechnologieën (m.u.v. Advanced Materials, Nanotechnologie en Quantum Technologies) voor deze missie en legt nadruk op scheidingstechnologieën. Een aantal andere acties zoals monitoren van dieren in de primaire productie en het veredelen voor weerbare planten vallen hier ook onder. Genoemde randvoorwaarden zijn onder andere het ontwikkelen van digitale skills, open data

standaarden, het creëren van duidelijkheid (voor investeringen) door transparantie en dialoog.

Missie C is in de nieuwe vorm breder opgezet. De missie richt zich op de transitie in het landelijk gebied. In de discussies stond het zoeken naar integrale oplossingen centraal. Hierbij ging het vooral over harmonisatie en integratie van verschillende technologieën en tools. Verder wordt het sociale aspect als cruciaal gezien voor deze nieuwe missie. Voorbeelden hiervan zijn het testen van technologieën in de praktijk en het meenemen van feedback uit de samenleving, het waarborgen van transparantie door over resultaten te communiceren en het sociaaleconomisch aspect meenemen. Ten slotte is het belangrijk voor deze missie dat verschillende domeinen verbonden worden (bv. natuur, landbouw, water en *urban planning*).

In **Missie D** ligt de nadruk op het verduurzamen van de gehele keten. Digitale technologieën kunnen veel voordelen met zich meebrengen, tegelijkertijd moeten ze wel voor iedereen begrijpelijk blijven. Naast het (*real-time*) monitoren van allerlei processen (bijv. dierenwelzijn of productieprocessen) komt naar voren dat transparantie in de keten erg belangrijk is. Sleuteltechnologieën die informatie kunnen meten en opslaan kunnen daarbij samenwerken (bv. *digital twins* en blockchain die gevoed worden door PLT of CT). Tijdens de discussie kwam naar voren dat grote ketenprojecten moeilijk zijn om op te zetten doordat er veel stakeholders betrokken zijn. Daarom werd als alternatief een 'modulair' ketenproject geopperd. Hierdoor kan een project integraal opgezet worden, maar is er meer eigenaarschap bij alle deelnemers en is er minder sprake van scheve machtsverhoudingen binnen een project. Digitale technologieën kunnen veel voordelen met zich meebrengen, tegelijkertijd moeten ze wel voor iedereen begrijpelijk blijven.

Bij de discussie over **Missie E** werd de rol van digitale technologieën in combinatie met LST benadrukt (bijv. *genomics*- en *taxonomie*-processen die geautomatiseerd en sneller gedaan kunnen worden). Dit kan inzichten geven in de staat van en veranderingen in de Noordzee-, rivieren-, meren- of intergetijde-ecosystemen in het algemeen en als gevolg van nieuwe economische activiteiten. Tegelijkertijd kan vooruitgang op dit vlak helpen bij het verduidelijken van de juridische kaders KRW/KRM¹⁴. Verder kwamen Chemische Technologieën duidelijk naar voren als belangrijk voor deze missie. Het omvat manieren om met verzilting om te gaan (bijv. schimmels die gewassen helpen) en om grondstoffen terug te winnen uit water (scheiding). Andere acties die benoemd werden, waren het omgaan met lozingen, manieren om de groei van schelpdieren te ondersteunen en de maatschappelijke acceptatie van economische activiteiten op het water.

¹⁴ Kaderrichtlijn Water/Kaderrichtlijn Marien. De KRW heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. De KRM heeft als doel om in Europese zeeën en oceanen de goede toestand van het mariene milieu te beschermen, en waar nodig te herstellen.



technopolis
group 

www.technopolis-group.com