

Groeimarkten voor Nederland

In opdracht van:

Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

Project:

2023.042

Publicatienummer:

2023.042-2332

Datum:

Utrecht, 5 december 2023

Auteurs Dialogic:

ir. ing. Reg Brennenraedts MBA

Timon de Boer Msc.

dr. Pim den Hertog

Kimberly Deppe Msc.

dr. ir. Matthijs Janssen

Adriaan Smeitink Msc.

Sophia Stone Msc.

Evie Tossaint Msc.

Auteurs SEO:

dr. Michiel Bijlsma

dr. Jeroen Content

dr. Adam Kuczynski

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
1 Introductie.....	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Afbakening en aanpak	9
1.3 Leeswijzer	10
2 Methodologie	13
2.1 WP1: Sterke sectoren van Nederland	13
2.2 WP2: Internationale trends	19
2.3 WP3: Groeimarkten	20
2.4 WP4: Beleidsoverwegingen	21
3 Sterke sectoren van Nederland	23
3.1 Conclusie: De sterke sectoren van Nederland	23
3.2 Economische structuur en export	25
3.3 Research & Development	28
3.4 Ondernemerschap.....	30
3.5 Arbeidsmarkt en productiviteit.....	32
3.6 Kennis.....	34
4 Internationale trends.....	37
4.1 Conclusie: de 49 internationale trends.....	37
4.2 Digitalisering	38
4.3 Duurzaamheid.....	46
4.4 Health en medtech.....	51
5 Groeimarkten voor Nederland	54
5.1 Conclusies: De twaalf groeimarkten voor Nederland	54
5.2 Groeimarkt 1: Innovatieve en hoogwaardige moleculen in de biotechsector	57
5.3 Groeimarkt 2: Innovatieve en hoogwaardige materialen in de procesindustrie .	62
5.4 Groeimarkt 3: Smart Farming	66
5.5 Groeimarkt 4: Halfgeleiders	69
5.6 Groeimarkt 5: Medtech.....	72
5.7 Groeimarkt 6: Fintech	76
5.8 Groeimarkt 7: Digitale transformatie	80
5.9 Groeimarkt 8: (Groene) waterstof.....	86
5.10 Groeimarkt 9: Klimaatadaptatie.....	89
5.11 Groeimarkt 10: Carbon Capture & Storage en Carbon Capture & Utilisation.....	92
5.12 Groeimarkt 11: Duurzame infrastructuur	95
5.13 Groeimarkt 12: Circulaire materialen.....	98
5.14 Marktomvang van de twaalf groeimarkten	99
6 Beleidsoverwegingen	103
6.1 Conclusie.....	103
6.2 Specifiek innovatiebeleid	104
6.3 Objecten van specifiek innovatiebeleid	105
6.4 Argumenten voor (en tegen) specifiek innovatiebeleid	107
6.5 Beleidsalternatieven voor gericht innovatiebeleid	112
6.6 Voor- en nadelen specifiek beleid.....	114

6.7	Slotoverwegingen	115
Verwijzingen	118
Bijlage 1. Confrontatiematrix	130
Bijlage 2. Overzicht interviewrespondenten eerste ronde	131
Bijlage 3. Overzicht interviewrespondenten tweede ronde	132

Managementsamenvatting

In discussies op bestuurlijk en ambtelijk niveau komt steeds vaker de behoefte naar voren om een inschatting te hebben in welke groeimarkten de kansen liggen om het Nederlandse verdienvermogen te versterken. Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft een consortium van Dialogic innovatie & interactie en SEO Economisch Onderzoek gevraagd om een onderzoek uit te voeren om de groeimarkten in kaart te brengen. Hierbij bedoelen wij met groeimarkt *een samenhangende set producten en diensten waarvan de toegevoegde waarde voor de economie naar verwachting sterk toeneemt, als gevolg van ontwikkelingen in (1) technologie, (2) vraag, (3) Nederlands beleid en (4) geopolitiek*. In dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd: (1) Wat zijn de (potentieel) sterke en zwakke segmenten van Nederlandse bedrijvigheid in vergelijking tot andere landen? (2) Welke internationale trends zullen zich de komende vijf tot twintig jaar naar verwachting voordoen? (3) Hoe koppelen de Nederlandse capaciteiten aan trends en tot welke groeimarkten leidt dit?

Hieronder worden de antwoorden op de drie vragen achtereenvolgende gepresenteerd. We sluiten af met beleidsaanbevelingen. In het rapport wordt in hoofdstuk 2 de gehanteerde methodologie gepresenteerd, maar hier gaan we in de managementsamenvatting niet op in.

Sterke segmenten van de Nederlandse economie

Uit onze analyse komen twintig sectoren naar voren waarin Nederland een sterke positie heeft.

- De (1) zuivelketen, (2) dier- en vleesketen, (3) groente- en fruitketen en (4) sier- teeltketen vormen samen een flink deel van de agrarische sector in Nederland. In deze ketens gaat het om de onderdelen: de leverancier van agrariër, de agrariër en de afnemer van agrarische producten. Een voorbeeld voor de zuivelketen is: producent van melkrobot, boer met melkkoeien en zuivelfabriek. Aan de kant van de leveranciers zien we grote bedrijven als Lely, Priva en ForFarmers, bij de agrariërs zijn er relatief veel kleinere bedrijven en bij de afnemers zien we grote bedrijven als FrieslandCampina, VION, RoyalCosun.
- Een andere sterke agrarische sector betreft (5) plantenveredeling en zaadtechnologie. Hierin zijn een aantal grote en kleinere bedrijven actief zoals Rijk Zwaan en Enza. Daarnaast heeft Nederland hier een sterke kennis- en onderzoekspositie met de Universiteit Wageningen als grote speler.
- Nederland heeft met de vijf industriecusters (Noord-Nederland, Noorseekanaalgebied, Rotterdam-Moerdijk, Zeeland-West-Brabant, Chemelot) een sterk ontwikkelde chemische sector. Die valt verder onder te verdelen in (6) organische chemie met veel bedrijvigheid op Chemelot en de Botlek, (7) meststoffen en stikstofverbindingen met grote bedrijven zoals Yara en OCI, en (8) anorganische chemie met grote bedrijven zoals Akzo Nobel en PPG.
- Door Tata Steel heeft Nederland relatief ten opzichte van andere Europese landen een sterk ontwikkelde (9) staal- en metaalindustrie, met Tata als bekendste voorbeeld. Daarnaast heeft Nederland met vestigingen van grote internationale bedrijven zoals Janssen, MSD, Pfizer, Roche en Novartis ook een relatief sterk ontwikkelde (10) farmaceutische industrie.
- Wat betreft de maakindustrie zijn er een aantal sectoren waar Nederland een sterke positie heeft. Dat is met name op gebied van (11) halfgeleiders met bedrijven zoals ASML, ASMI, Besi en NXP. Daarnaast zijn andere sterk ontwikkelde maakindustrieën in Nederland die van (12) medische apparatuur met bijvoorbeeld Philips, (13) sport-

en recreatievaartuigen waarin relatief veel middelgrote bedrijven opereren en de (14) vrachtwagen- en bussenindustrie met bijvoorbeeld VDL, DAF en Ebusco.

- Op gebied van (zakelijke) dienstverlening heeft Nederland een aantal specialisaties. Zo is Nederland bijvoorbeeld sterk ontwikkeld in sector (15) transport en opslag van goederen met Nederlandse bedrijven als Bakker logistiek en CEVA en vestigingen van DHL, DB Schenker en XPO. Ook de sector (16) technisch ontwerp en advies, met bedrijven als Arcadis, Fugro en RoyalHaskoningDHV, is in Nederland sterk ontwikkeld. De sterke sectoren (17) softwareontwikkeling (18) accountancy en belastingadvisering en (19) risicoanalyse en schadetaxatie bestaan in Nederland vooral uit veel vrij middelgrote bedrijven. Toch zijn er ook enkele grote bedrijven zoals KPMG, UNIT4 end Exact.
- Als laatst heeft Nederland een internationaal toonaangevende (20) muziekindustrie. In het bijzonder als het gaat om elektronische muziek en festivals. Deze sector is in de separate indicatoren lastiger te zien doordat ze buiten de top 10 vallen.

Internationale trends

Op basis van een uitvoerig literatuuronderzoek en interviews zijn we gekomen tot een lijst van bijna 50 internationale trends die een grote impact gaan hebben. Ze zijn op te splitsen in drie macro-trends: digitalisering, duurzaamheid en health & medtech.

- Onder digitalisering zien we allereerst uiteraard de opkomst van AI. Dit valt uiteen in Generative AI, Diagnostic AI en Simulation AI. Daarnaast zien we dat de ontwikkeling van nieuwe fundamentele technologieën op de lange termijn een flinke impact kunnen hebben. Concreet zien we grote kansen voor nanotechnologie, fotonica, quantum computing, EUV-lithografie en next-generation sensors. Er zitten ook negatieve kanten aan digitalisering en de mitigatie hiervan is een trend. Concrete voorbeelden zijn cybersecurity, digitale ethiek, gepersonaliseerde software en personalized data. Ook op het gebied van telecommunicatie zijn er relevante trends: satelliettechnologie, 6G, edge computing, cloud computing, IoE/IoT en SaaS. Verder zien we een sterke trend de toepassing van allerlei technologieën: semiconductors, 3D printen, robotica, drones, autonomous mobility, augmented en virtual Reality, digital twin, Fintech.
- Onder duurzaamheid is het opwekken van duurzame energie uiteraard een trend. Dit kan vorm krijgen middels zonne-energie, windenergie en kernenergie. Het opslaan van energie kan via groene waterstof of batterijtechnologie gebeuren. Om de uitdagingen van klimaatverandering tegen te gaan zijn twee trends relevant: klimaatadaptatie en Nature Based Solutions. Als we kijken naar duurzaamheid in de landbouw, dan zien we vijf trends: eiwittransitie (dierlijk, cellulaire landbouw), eiwittransitie (plantaardig), circulaire voedselproductie, klimaatadaptieve landbouw en regeneratieve landbouw. De relatie tussen duurzaamheid en materialen komt naar voren in de trends: Carbon Capture & Utilization, circulaire materialen en groene chemie. Tot slot spelen binnen mobiliteit elektrisch vervoer en duurzame infrastructuur een rol.
- Onder Health & medtech zien we vijf trends: biotechnologie, regeneratieve geneeskunde, genoom en DNA-toepassingen, non-invasieve diagnostisering en personalized medicine

De groeimarkten voor Nederland

In onze analyse hebben we de sterke sectoren van Nederland gekruist met internationale trends. Op de plekken waar deze elkaar raken ontstaan groeimarkten voor Nederland, zie ook bijlage 1. Hieronder worden deze groeimarkten nader beschreven. We willen de lezer de notie meegeven dat de toekomst voorspellen inherent lastig is. Over vijf jaar ziet de wereld er weer heel anders uit en zullen sommige groeimarkten zich hebben ontwikkeld richting volwassenheid en zijn andere groeimarkten niet tot wasdom gekomen. Bovendien richten wij ons primair op de sectoren waar Nederland op dit moment sterk in is. Zeker op de langere termijn zullen wellicht sectoren waar we nu geen sterke positie hebben (soms zelf omdat ze nu nog niet bestaan) een rol gaan spelen.

- **Groeimarkt 1: Innovatieve en hoogwaardige moleculen in de Biotechsector.** Plantenveredeling & zaadtechnologie en de farmaceutische industrie zijn sterke Nederlandse sectoren en hierop zal AI en quantum computing een impact gaan hebben. AI op korte termijn en quantum computing op de langere termijn. Beide kunnen leiden tot plantenzaden die sterker en veerkrachtiger zijn en bovendien sneller ontwikkeld kunnen worden. Geneesmiddelenontdekking kan nieuwe routes bewandelen en gebruik maken van versnelde testing.
- **Groeimarkt 2: Innovatieve en hoogwaardige nieuwe materialen in de procesindustrie.** Nederland heeft sterke positie in de procesindustrie, concreet in (1) organische chemie, (2) meststoffen en stikstofverbindingen, (3) anorganische chemie en (4) de staal- en metaalindustrie. Net als in de Biotechsector zal ook in de procesindustrie AI op de korte termijn en quantum computing op de langere termijn een impact hebben. Het kan leiden tot de ontwikkeling van nieuwe, betere chemicaliën en materialen, zoals gewasbeschermingsmiddelen, enzymen en katalysatoren.
- **Groeimarkt 3: Smart Farming.** Nederland heeft een sterke agrarische sector. Smart farming is een geavanceerde benadering van landbouw waarbij moderne technologieën worden gebruikt om landbouwactiviteiten (zoals irrigatie, bemesting, ongediertebestrijding) te optimaliseren en te verbeteren. De grootste (en meest schaalbare) groeimarkt ligt in de sector die toelevert aan agrarische bedrijven. Hoogwaardige en geautomatiseerde systemen voor agrariërs op het gebied van zuivel (zoals melkmachines), vlees (zoals individueel monitoren van dieren), groente en fruit (zoals plukrobots) en sierteelt (zoals automatische voeding en gewasbescherming).
- **Groeimarkt 4: Halfgeleiders.** In Nederland zijn er twee typen hoogwaardige bedrijven in de halfgeleiderindustrie: (1) bedrijven die voor de productie van halfgeleiders complexe machines ontwikkelen en produceren en (2) bedrijven die zich richten op het ontwikkelen en produceren van halfgeleiders met toepassingen in verschillende sectoren. Voor de eerste groep liggen kansen in toegenomen inzet van AI. Bedrijven in de tweede groep kunnen specifieke halfgeleiders voor specifieke doeleinden in specifieke sectoren gaan ontwikkelen. Ook op het raakvlak van fotonica en halfgeleiders zijn kansen voor beide groepen.
- **Groeimarkt 5: Medtech.** Medische apparatuur is één van de sterk ontwikkelde maakindustrieën in Nederland. Er liggen mogelijke groeimarkten bij de inzet van diagnostic AI in apparatuur, non-invasieve en minimaal-invasieve screening, bioprinting en personalized data. Op de lange termijn kunnen via fotonica, kwantum en nanotech interessante nieuwe producten ontwikkeld worden.
- **Groeimarkt 6: Fintech.** Fintech is een relevante groeimarkt in Nederland omdat de diepgaande digitalisering en voortdurende innovatie hebben geleid tot een gevarieerde en concurrerende financiële sector. Concrete groeimarkten liggen op het gebied van verdere integratie van biometrische gegevens voor identificatie en verbeterde fraudedetectie via machine learning.

- **Groeimarkt 7: Digitale transformatie.** Nederland is een van de meest gedigitaliseerde landen ter wereld. Nederlandse bedrijven zijn goed in het integreren van digitale technologie in processen, diensten en producten. De integratie van AI, telecom & cloud en verschillende toepassingen (drones, AR, VR, robotica, et cetera) zorgt voor groeimarkten in veel sectoren. De uitdaging ligt in de integratie van digitale mogelijkheden binnen het speelveld van techniek, businessmodellen, juridische kaders en bestaande contracten. Enkele voorbeelden zijn: de inzet van generative AI voor verbeteren van ontwerpen van vaartuigen, vrachtauto's, gebouwen en andere technische systemen. Het genereren van betere software door AI-code tools. De ontwikkeling van digitale accountants en fiscalisten. De inzet van diagnostic AI in de maakindustrie, bijvoorbeeld voor predictive en preventive maintenance. Diensteninnovaties in de financiële dienstverlening op het gebied van risico-inschattingen. Simulation AI voor (1) betere voorspellingen in watermanagement, (2) supply chain optimalisaties voor transport en opslag van goederen en (3) immersive impact voor de creatieve industrie. Op het gebied van cybersecurity zijn sterk geautomatiseerde (AI-driven) cybersecuritydiensten en quantum resiliënt diensten interessant. Op het gebied van personalized data zijn materiaalpaspoorten voor is het mogelijk maken van hoogwaardig hergebruik van materialen in de bouw een interessant voorbeeld. Voor digitale ethiek kan worden gekeken naar software die zorgt voor compliancy met Europese privacyregels.
- **Groeimarkt 8: (Groene) waterstof.** Waterstof is een relevante groeimarkt vanwege de toenemende mogelijkheden in de toekomst en de groeiende aandacht vanuit allerhande partijen binnen het innovatie-ecosysteem van waterstof. Concrete nieuwe producten zijn verbeterde elektrolyzers en brandstofcellen, vrachtauto's op waterstof en de productie van groene waterstof uit windenergie op de Noordzee.
- **Groeimarkt 9: Klimaatadaptatie.** Als gevolg van klimaatverandering groeit de mondiale vraag naar oplossingen die de negatieve impact ervan mitigeren. Een mogelijk groeimarkt zijn allerlei civieltechnische diensten rondom watermanagement waarin Nederlandse ingenieursbureaus een goede positie hebben. Zij zouden zich ook kunnen gaan richten op producten en diensten rondom stadslandbouw. Bovendien kunnen de Nederlandse zaadveredelaars zich richten op nieuwe gewassen die beter met veranderende weersomstandigheden kunnen omgaan.
- **Groeimarkt 10: Carbon Capture & Storage en Carbon Capture & Utilisation.** Om de klimaatdoelen te halen zal in Nederland meer nodig zijn dat het verduurzamen van de industriële sector, de energiesector en transport en moet CO₂ ook worden opgeslagen en hergebruikt. Mogelijke groeimarkten zijn de ondergrondse opslag van CO₂. De kennis en kunde die Nederland heeft bij het hergebruik van CO₂ kan ook in concrete producten worden omgezet.
- **Groeimarkt 11: Duurzame infrastructuur.** Duurzame infrastructuur is van belang om de klimaatdoelstellingen te verwezenlijken, aangezien het aanzienlijk kan bijdragen aan de vermindering van de totale CO₂-uitstoot. Concrete groeimarkten zijn 'laadoplossingen' voor elektrische voertuigen. Een hele andere mogelijke groeimarkt ligt op het gebied van asfalt, bijvoorbeeld door gebruik te maken van bitumen daken.
- **Groeimarkt 12: Circulaire materialen.** Duurzaamheid staat in het algemeen hoog op de prioriteitenlijst, en het efficiënte hergebruik van materialen vormt hier een belangrijk element in. Hier zijn verschillende groeimarkten mogelijk. De chemische industrie zou zich kunnen richten op versimpelde kunststofcomposieten waardoor chemische recycling eenvoudiger wordt. De aanwezigheid van zinkproductie in Nederland kan worden gebruikt voor de winning van gallium en germanium uit zinkerts. De agrarische kennis kan worden ingezet voor de extractie van eiwitten uit biomassa.

Beleidsoverwegingen

In de beleidsoverwegingen ten aanzien van groeimarktenbeleid zijn we ingegaan op de vraag wat de aangrijpingspunten of objecten zijn van specifiek innovatiebeleid (het *wat*) en vervolgens de argumenten of redenen die aanleiding kunnen zijn voor een dergelijk beleid (het *waarom*). Deze beide zijn samengevat in onderstaande tabel. De conclusie luidt dat specifiek innovatiebeleid aan kan grijpen bij diverse objecten en dat er een reeks van argumenten is om in specifieke gevallen te kiezen voor specifiek innovatiebeleid. Kijken we vervolgens naar de beschikbare beleidsopties dan luidt de conclusie dat voor specifiek innovatiebeleid uit een breed arsenaal aan beleidsopties gekozen kan worden, maar dat dat ook veelal maatwerk vereist.

Waarom (reden) →	Netwerkernelijkheden / schaalvoordelen	Positieve en negatieve externaliteiten	Coördinatie-/adoptie-externaliteiten (transities)	Complexiteit verhogen	Technologische soevereiniteit
Wat (object) ↓					
Technologieën	Sommige (sleutel-) technologiegebieden en sectoren zijn disproportioneel meer competitief naarmate er meer activiteit in plaatsvindt, waardoor er 'winner-takes-all'-situaties kunnen ontstaan voor de eerste grote aanbieder(s).	Sommige technologieën genereren relatief veel spillovers	Sommige technologieën of economische activiteiten kunnen alleen floreren als er simultaan veel (productie)factoren opgelijnd worden	Het gericht 'toevoegen' van een geavanceerde technologie of sector verhoogt economische complexiteit (wendbaarheid) en productiviteit	Een sterke positie in sommige technologiegebieden of sectoren (waardeketenschakels) helpt om economische en geopolitieke onafhankelijkheid en groeimogelijkheden te waarborgen.
Sectoren		Sommige sectoren genereren/benutten relatief veel spillovers			
Sleuteltechnologie		Sleuteltechnologieën genereren zelf spillovers en via de (on)vermoede innovatie die ze aanjagen		Het gericht aanmoedigen van doorsnijdende technologieën/activiteiten bespoedigt ongerichte diversificatie	
'Transformatieve activiteiten' (delen meerdere sectoren)		Het 'bottom-up' verkennen en benutten van economische kansen vraagt om het concentreren van diverse prikkels op dwarsdoorsnedes van bestaande sectoren			
Maatschappelijke vraagstukken		Het gericht bestrijden van (transitie-) vraagstukken kan maatschappelijke kosten voorkomen	Transities vergen vaak dat er veel systeem-factoren opgelijnd worden (e.g. infra, regels, educatie)		



MB432

SB04

1 Introductie

Dit eerste hoofdstuk is de introductie van het onderzoek naar Groeimarkten voor Nederland. Hierin komt de achtergrond van deze studie aan bod, gevolgd door de afbakening en aanpak. We sluiten af met een leeswijzer voor het rapport.

1.1 Achtergrond

In discussies op bestuurlijk en ambtelijk niveau komt steeds vaker de behoefte naar voren om een inschatting te hebben in welke groeimarkten de kansen liggen om het Nederlandse verdienvermogen te versterken. Deze behoefte blijkt bijvoorbeeld uit (1) vragen die de Tweede Kamer stelt in de context van groene industriepolitiek, (2) het initiëren van en participeren in Important Project of Common European Interest door Nederland en (3) het opstellen van de Nationale Technologiestrategie (Ministerie van EZK, 2023) (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2021) (Bontenbal, 2022). Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) heeft een consortium van Dialogic innovatie & interactie (hierna: Dialogic) en SEO Economisch Onderzoek (hierna: SEO) gevraagd om een onderzoek uit te voeren om de groeimarkten in kaart te brengen.

Bedrijven, kennisinstellingen en beleidsmakers beschikken niet over een glazen bol waarmee zij de toekomstige groeimarkten exact kunnen voorspellen. Echter, landen en regio's kennen wel elk hun specifieke economische en kennisspecialisaties, kenmerkende O&I-ecosystemen en kunnen er voor kiezen anders te reageren op geopolitieke trends en maatschappelijke opgaven. Sommige Nederlandse bedrijfssectoren opereren op de *technological frontier* of kennen een geringe afstand daartoe. Echter, in andere sectoren zijn we als land minder goed gepositioneerd. Nieuwe technologieën en maatschappelijke uitdagingen zorgen ervoor dat we onze economische structuur voortdurend moeten aanpassen om het Nederlands verdienvermogen op peil te houden en tegelijkertijd zo goed mogelijk in staat zijn om de grote maatschappelijke vraagstukken van nu en de nabije toekomst te adresseren.

Daarbij is er altijd sprake van een zekere padafhankelijkheid. Het is dus lastig te specialiseren in sectoren waar tot dan toe geen tot zeer weinig economische activiteit plaatsvond. Daarnaast zijn er ook externe factoren die het toekomstig succes van een economische groeimarkt beïnvloeden, zoals geopolitieke invloeden of maatschappelijke vraag. Daarom heeft EZK de volgende vragen voorgelegd aan Dialogic en SEO:

1. Wat zijn de (potentieel) sterke en zwakke segmenten van Nederlandse bedrijvigheid in vergelijking tot andere landen?
2. Welke internationale trends zullen zich de komende vijf tot twintig jaar naar verwachting voordoen?
3. Hoe koppelen de Nederlandse capaciteiten aan trends en tot welke groeimarkten leidt dit?

1.2 Afbakening en aanpak

Voor we dieper duiken in de methodes die het consortium gebruikt heeft om deze vragen te beantwoorden en een aantal belangrijke overwegingen bespreken vinden we het belangrijk eerst conceptuele helderheid te verschaffen over wat in dit rapport verstaan onder een **groeimarkt**. Onze definitie van een groeimarkt is als volgt:

Een groeimarkt is een samenhangende set producten en diensten waarvan de toegevoegde waarde voor de economie naar verwachting sterk toeneemt, als gevolg

van ontwikkelingen in (1) technologie, (2) vraag, (3) Nederlands beleid en (4) geopolitiek.

Onder technologie verstaan we de technologische ontwikkelingen die nieuwe producten en diensten mogelijk maken. Vraag gaat over de mate waarin we een toekomstige maatschappelijke vraag naar de samenhangende set producten kunnen verwachten. Met Nederlands beleid doelen we op beleid dat een groeimarkt waardevoller kan maken, zoals beleid over maatschappelijke transitie en uitdagingen. Nederlands innovatiebeleid valt hier expliciet **niet** onder, omdat groeimarkten daarmee een selffulfilling prophecy worden. Als Nederlands innovatiebeleid zich specifiek richt op een bepaald product wordt dit product immers per definitie een groeimarkt omdat het door het innovatiebeleid waardevoller wordt gemaakt voor de Nederlandse economie. Geopolitiek gaat over strategische autonomie en industriebeleid van andere landen, wat mogelijk een invloed heeft op het belang en beschikbaarheid van bepaalde producten of diensten.

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden hebben we vier werkpakketten ingericht, die in Figuur 1 schematisch zijn weergegeven. In de matrices zijn ter illustratie enkele voorbeelden (zoals *halfgeleiders*, *elektrisch vervoer*) opgenomen.

WP1. Wat zijn de (potentieel) sterke en zwakke sectoren van Nederlandse bedrijvigheid in vergelijking tot andere landen?

Sterkste sectoren /clusters	R&D	Structuur en export	Arbeidsmarkt en productiviteit	Ondernemerschap	Kennis
Halfgeleiders	++	+++	++	0	++
Vaartuigen	+	++	-	+	+++
Sector 3	-	++	0	++	++
Sector 4	+	-	+	0	-

WP2. Welke internationale trends zullen de komende vijf tot twintig jaar een grote impact hebben?

Grootste trends	Technologie	Vraag	Beleid	Geopolitiek
Quantum computing	++	+	+	-
Elektrisch vervoer	-	--	++	+
Trend 3	++	0	+	+
Trend 4	0	+++	-	-



WP3. Welke groeimarkten voor zullen zich de komende vijf tot twintig jaar in Nederland naar verwachting ontwikkelen? Welke concrete producten passen hierbij?



Trends*Sectoren	Halfgeleiders	Vaartuigen	Sector 3	Sector 4
Quantum computing	++	--		
Elektrisch vervoer	--	++		
Trend 3				
Trend 4				



WP4. Wat zijn mogelijke beleidsopties?

Figuur 1. Schematisch overzicht van de onderzoeksaanpak

1.3 Leeswijzer

Dit onderzoek valt uiteen in vier werkpakketten (WP) die in de bovenstaande afbeelding getoond worden. In hoofdstuk 3 (WP1) analyseren we op basis van R&D, economische structuur, arbeidsmarkt, ondernemerschap en kennis in welke sectoren Nederland momenteel sterk is. In hoofdstuk 4 (WP2) analyseren we welke internationale trends de komende vijf tot twintig jaar naar verwachting een grote impact hebben. Deze trends zijn van toepassing op wereldeconomie. In hoofdstuk 4 (WP3) focussen we op groeimarkten specifiek voor de Nederlandse economie door te analyseren waar kruisingen zitten in Nederlands' sterke sectoren (WP1) en internationale trends (WP2). Hierbij zijn de voorwaarden uit onze definitie (technologie, vraag, beleid en geopolitiek) van groot belang. Het eindresultaat van WP3 is een selectie groeimarkten voor de Nederlandse economie. In hoofdstuk 6 (WP4) presenteren

we academische beschouwing van specifiek innovatiebeleid. Hierbij gaan we in op de mate waarin beleid noodzakelijk is, en wat soort beleidsopties EZK heeft.

Voordat we de resultaten van de vier werkpakketten doornemen, bespreken we in Hoofdstuk 2 in meer detail hoe we al die onderzoekslijnen hebben uitgevoerd. Dit doen we om, op verzoek van de opdrachtgever, een herhaalbaar kader te scheppen waarmee beleidsmakers en onderzoekers dit onderzoek kunnen repliceren en herhalen. Het laatste is wat ons betreft essentieel, omdat deze studie naar toekomstige groeimarkten **inherent onvoorspelbaar** is. We verwachten op korte termijn (vijf jaar) een vrij goed beeld te kunnen geven van groeimarkten. Hoe langer de termijn wordt, hoe onzekerder de 'voorspelling'. In onze optiek zou een dergelijk onderzoek regelmatig herhaald of geüpdatet moeten worden. Onze methodologie biedt daartoe de mogelijkheid.



2 Methodologie

In dit tweede hoofdstuk beschrijven we de methodologie die we gehanteerd hebben bij het uitvoeren van dit onderzoek. Voor elk werkpakket wordt de methodologie in detail beschreven. De lezer die alleen geïnteresseerd is in de uitkomsten van dit onderzoek, kan dit hoofdstuk uiteraard overslaan.

2.1 WP1: Sterke sectoren van Nederland

In werkpakket 1 brachten met we met behulp van een kwantitatieve analyse de sterktes en zwaktes van sectoren binnen de Nederlandse economie in kaart. Het resultaat van WP1 is een lijst van twintig sterke sectoren in Nederland. De in deze sectie beschreven data-analyse is de invulling van onderzoeksvraag 1 (*Wat zijn de (potentieel) sterke en zwakke segmenten van Nederlandse bedrijvigheid in vergelijking tot andere landen?*).

Om inzicht te krijgen in (potentieel) sterke en zwakke segmenten van Nederlandse bedrijvigheid en de economie is het noodzakelijk om inzicht te krijgen in vijf deelonderwerpen: economische structuur & export, research & development, ondernemerschap¹, arbeidsmarkt en productiviteit en kennis. Gezamenlijk geven deze thema's een compleet beeld hoe de Nederlandse economie ervoor staat, waar de sterktes en zwaktes liggen, maar ook waar eventuele kansen en risico's liggen. Op elk van deze vijf onderwerpen maakten we op basis van twee á drie indicatoren een vergelijking met andere Europese landen.

De relatieve score van Nederland ten opzichte van de score van andere landen bepaalt of er sprake is van een sterkte of zwakte. Onderstaande tabel geeft voor elk van de vijf onderwerpen weer welke indicatoren en bijbehorende databron we gebruikten om Nederlandse sectoren te vergelijken met sectoren in het buitenland.

¹ Er is geen gebruik gemaakt van gegevens van bijvoorbeeld het Entrepreneurial Ecosystem Observatory omdat deze zich richt op regio's en niet op sectoren, welke het uitgangspunt van dit rapport is. Ook is er alleen data voor Nederland waardoor een relatieve ranking ten opzichte van andere Europese landen niet mogelijk is.

Tabel 1. Onderwerpen, indicatoren en databronnen uit WP1

Onderwerp	Indicator	Databron
Economische structuur en export	Bedrijfstakspecialisatie	Orbis bedrijfsinformatie (Bureau van Dijk)
	Competitief exportvoordeel	BACI
	Complexiteit	Atlas of Economic Complexity
Research & development	R&D uitgaven	Eurostat
	Internationale R&D samenwerking op basis toegekende H2020 project	CORDIS Europese Commissie
Ondernemerschap	Tech startups	Dealroom
	Nieuwe ondernemingen	Eurostat
Arbeidsmarkt en productiviteit	Arbeidsproductiviteit	Eurostat
	Arbeidsmarktkrapte	Eurostat
Kennis	Wetenschappelijke publicaties	SciVal
	Patentaanvragen	OECD REGPAT

Om de relatieve scores te bepalen maken we vaak gebruik van het concept *Revealed Comparative Advantage* (RCA). De RCA geeft aan in welke mate een sector over- of ondervertegenwoordigd in een bepaald land is. We kunnen de RCA bepalen aan de hand verschillende eigenschappen van sectoren gebruiken, zoals werknemers, exportvolumes, et cetera. Stel we willen voor sector S in land L bepalen wat de RCA is en we gebruiken hiervoor het aantal werknemers. Hiervoor hebben we nodig:

- Het totaal aantal werknemers in sector S in land L (W_{LS})
- Het totaal aantal werknemers in land L (W_L)
- Het totaal aantal werknemers (in alle landen samen) in sector S (W_S)
- Het totaal aantal werknemers (in alle landen) (W)

De RCA wordt dan als volgt bepaald:

$$RCA_{LS} = \frac{W_{LS}/W_L}{W_S/W}$$

Een RCA-waarde groter dan 1 wil zeggen dan het aandeel van een specifieke sector in de Nederlandse economie groter is dan het aandeel van de desbetreffende sector in de rest van de landen in de vergelijking. Een waarde lager dan 1 toont aan dat de sector in Nederland ondervertegenwoordigd is.

2.1.1 Economische structuur en export

Dit onderwerp geeft inzicht in welke sectoren Nederland relatief veel economische activiteit heeft. Dat gebeurt via de indicatoren bedrijfstakspecialisaties, competitief exportvoordeel en complexiteit. Er worden drie verschillende databronnen gebruikt. Op deze manier verkregen we een breed en betrouwbaar beeld van de onderliggende structuur van de Nederlandse economie.

Bedrijfstakspecialisaties

Deze indicator geeft inzicht in welke bedrijfstakken Nederland is gespecialiseerd ten opzichte van andere landen. Een economie die veel bedrijfstakspecialisaties heeft, is beter in staat nieuwe kennis en technologieën te ontwikkelen of aan te trekken en als gevolg beter in staat te diversifiëren in nieuwe kansrijke sectoren. Maar nog los daarvan draagt het bij aan ons inzicht in welke sectoren Nederland relatief veel economische activiteit heeft.

Met behulp van bedrijfsmicrodata van Bureau van Dijk werd berekend in welke bedrijfstakken Nederland, relatief ten opzichte van andere landen, is gespecialiseerd. Dit geeft een beeld over welke sectoren in Nederland sterk zijn ontwikkeld. Het laat ook zien in welke sectoren Nederland juist niet (minder) gespecialiseerd is, en dus welke sectoren relatief onderontwikkeld zijn. Om te bepalen of Nederland gespecialiseerd is in een bedrijfstak berekenen we de RCA per bedrijfstak op basis van het aantal werknemers. Vervolgens namen we bedrijfstakken met een RCA-waarde groter dan 1 als de bedrijfstakken waarin Nederland is gespecialiseerd.

Competitief exportvoordeel

Net als voor bedrijfstakspecialisaties geeft deze indicator inzicht in welke sectoren Nederland is gespecialiseerd relatief ten opzichte van andere landen. Echter werd de berekening voor deze indicator gedaan op basis van BACI-handelsdata². Het geeft daarmee inzicht in welke producten Nederland exporteert met een competitief voordeel. Net als met bedrijfstakspecialisaties is het idee dat een economie die in veel producten een competitief exportvoordeel heeft, beter in staat is nieuwe kennis en technologieën te ontwikkelen of aan te trekken en als gevolg beter in staat te diversifiëren in nieuwe kansrijke sectoren.

Om te bepalen of Nederland een competitief exportvoordeel heeft in een product berekenen we de RCA per product op basis van exportvolumes. Vervolgens namen we producten met een RCA-waarde groter dan 1 als de producten waarin Nederland een competitief exportvoordeel heeft.

Complexiteit

Economische complexiteit is de mate waarin een land in staat is om een grote variëteit aan geavanceerd producten te vervaardigen en diensten te leveren. Het wordt gemeten aan de hand van de kennis en vaardigheden die nodig zijn bij de vervaardiging van die goederen en diensten. De economische complexiteitsindex kan gebaseerd worden op de exportproducten die een land met een competitief voordeel exporteert of de bedrijfstakken waarin het is gespecialiseerd. Geavanceerde goederen en diensten leveren over het algemeen meer toevoegde waarde op en zorgen daarmee voor een hogere welvaart. Daarnaast duidt een hoge complexiteit op een hoge mate van kennis en vaardigheden, wat innovatie en verdere economische ontwikkeling in de hand werkt. Met deze indicator is inzicht verkregen in de complexiteit van Nederlandse exportproducten. De data zijn afkomstig van de Atlas of Complexity.³

² BACI bevat gegevens over totale bilaterale handelsstromen (inclusief wederuitvoer) voor 200 landen op productniveau (5000 producten) volgens de nomenclatuur van het "Geharmoniseerd Systeem" (6-cijferige code). Zie [cepii.fr]

³ De Atlas bevat handelsgegevens voor 250 landen en gebieden, ingedeeld in 20 categorieën goederen en 5 categorieën diensten. Samen resulteert dit in een dekking van meer dan 6000 producten wereldwijd. Zie (Growth Lab, 2023)

2.1.2 Research & development

Dit onderwerp geeft inzicht in welke sectoren Nederland relatief veel activiteit heeft op gebied van onderzoek en ontwikkeling. Dat gebeurt via de indicatoren R&D-uitgaven en verkregen subsidies op internationale R&D-projecten. Hiervoor maakten we gebruik van data afkomstig van Eurostat en Cordis.⁴

R&D uitgaven

Investeringen in R&D dragen positief bij aan de ontwikkeling van nieuwe kennis, technologieën of producten. Dit stimuleert in de regel innovatie en productiviteit van een economie. Met behulp van Eurostat data over R&D-uitgaven kunnen de totale en relatieve (naar omvang van de economie) R&D-uitgaven van Nederland worden vergeleken andere landen. Door een uitsplitsing te maken van R&D-uitgaven per bedrijfstak wordt inzicht verkregen welke sectoren in meer of mindere mate bijdragen aan het innovatievermogen van de Nederlandse economie.

Subsidies internationale R&D samenwerking

Het EU Horizon 2020 (H2020) onderzoeks- en innovatieprogramma had als doel innovatie en technologische vooruitgang in Europa te stimuleren. Het programma heeft veel financiering beschikbaar gesteld aan projecten op uiteenlopende gebieden. Over alle gefinancierde projecten is data beschikbaar over bijvoorbeeld hoeveel subsidie er is verleend, op welk kennisdomein en welke partijen deelnamen aan het project. Deze indicator geeft inzicht in de mate waarin Nederlandse organisaties een rol hebben gehad in gefinancierde projecten. Daarmee wordt een beeld verkregen over de mate waarin Nederlandse bedrijven en onderzoekers zich hebben kunnen organiseren in internationale R&D-projecten. H2020-projecten laten zien in welke mate en waarin een economie voor deze R&D kennelijk de beste voorwaarden heeft te bieden. De indicator stelt ons in staat om vast te stellen hoe succesvol Nederland daarin is gebleken ten opzichte van andere landen in Europa. De indicator over R&D uitgaven laat zien in welke sectoren relatief veel R&D uitgaven zijn geweest, terwijl deze indicator laat zien in welke kennisdomeinen Nederland succesvol is gebleken in internationale samenwerking wat R&D betreft.

2.1.3 Ondernemerschap

Dit onderwerp geeft inzicht in de sterktes en zwaktes van de Nederlandse bedrijvigheid. Ondernemerschap is een cruciale factor voor de introductie van nieuwe innovaties en technologieën en zorgt daarin voor veel werkgelegenheid. We keken specifiek naar de indicatoren aantal tech-startups, investeringen in tech-startups en het aantal nieuwe ondernemingen per bedrijfstak. Hiervoor maakten we gebruik van data van Techleap⁵ en het CBS.

Tech startups

Startups, en dan met name technologie startups, zijn een belangrijke motor van een economie. Ze zorgen voor de introductie van nieuwe innovaties en hebben op die manier vaak een grote impact op andere bedrijven. Met behulp van de data van Techleap is het mogelijk om Nederland te vergelijken met andere landen op gebied van de hoeveelheid tech-startups en

⁴ CORDIS bevat data van de Europese Commissie over de resultaten van de projecten die worden gefinancierd door de EU-kaderprogramma's voor onderzoek en innovatie. Zie (Publications Office of the European Union, 2023)

⁵ Zie <https://finder.techleap.nl/dashboard>. Techleap gebruikt hiervoor data van Dealroom. Zie (Techleap, 2023)

de hoeveelheid investeringen in die startups. Er zijn twee voorwaarden om een startup als tech-startup te kwalificeren: 1) het moet een snel kunnen groeien/schaalbaar zijn, 2) het heeft een innovatief productontwerp en/of businessmodel dat door technologie is mogelijk gemaakt. De indicatoren geven ons inzicht in hoeveel innovatieve ondernemersactiviteiten er in Nederland binnen welke sectoren plaatsvinden en hoeveel investeringen startups in welke sectoren aan weten te trekken.

Nieuwe ondernemingen

Naast tech start-ups keken we ook breder naar de hoeveelheid nieuw opgerichte ondernemingen. Specifiek gebruikten we de indicator bedrijfsoprichtingspercentage (*firm entry rate*). Dit geeft ons een idee over mate van bedrijvigheid en ondernemerschap in verschillende sectoren.⁶ Hiervoor maakten we gebruik van CBS-data. Naast het percentage bedrijfsoprichtingen kan ook gekeken worden naar bijvoorbeeld stoppers. Echter omdat we met name benieuwd zijn naar in welke sectoren mogelijke groei kan ontstaan focussen we op het bedrijfsoprichtingspercentage.

2.1.4 Arbeidsmarkt en productiviteit

Dit onderwerp geeft inzicht in welke sectoren de Nederlandse economie een hoge productiviteit heeft en in welke sectoren er een arbeidsmarktcrachte bestaat. De data die hiervoor wordt gebruikt is afkomstig van Eurostat.

Arbeidsmarktproductiviteit per sector

De toegevoegde waarde gedeeld door het aantal werkenden (de arbeidsproductiviteit) geeft een indicatie van de efficiëntie van productie en internationale concurrentiepositie van een economie. Via Eurostat is op sectorniveau data beschikbaar om deze indicator samen te stellen. De toegevoegde waarde van een economie is afhankelijk van de verdeling van werkenden over sectoren en de productiviteit binnen een sector. In sommige sectoren (bijvoorbeeld financiële dienstverlening) ligt de productiviteit nu eenmaal hoger dan in andere (horeca). Deze indicator geeft inzicht in de arbeidsproductiviteit per sector binnen Nederland en hoe Nederlandse sectoren zich verhouden ten opzichte van andere landen.

Arbeidsmarktcrachte

Krapte op de arbeidsmarkt van bepaalde sectoren zou een belemmering kunnen vormen voor groei in die sectoren. Aan de hand van data aangeboden door Eurostat is het mogelijk om te meten hoeveel vacatures er in een sector open staan. Het aantal vacatures in verhouding tot totaal aantal werknemers in een sector geeft een indicatie over hoe krap een arbeidsmarkt is. Overigens zou een krappe arbeidsmarkt bedrijven ook kunnen dwingen juist meer te investeren in technologie en innovatie om op termijn minder arbeidsintensief te kunnen produceren.

2.1.5 Kennis

Dit onderwerp geeft inzicht in de kennispositie van Nederland ten opzichte van andere Europese landen. Naast economische activiteit is kennis een belangrijke factor in innovatie en

⁶ Een kanttekening hierbij is dat de duiding van het aantal nieuw opgerichte ondernemingen vertekend kan zijn door de opkomst van ZZP'ers.

verdienpotentieel. Met behulp van data afkomstig van SciVal⁷ en Regpat⁸ creëerden we een inzicht in welke sectoren en kennisvelden Nederland een relatief sterke positie heeft. Dat deden we met indicatoren over het aantal en kwaliteit van wetenschappelijke publicaties en het aantal patentaanvragen. Kennisdomeinen komen niet één op één overheen met economische sectoren zoals bij andere indicatoren. Doormiddel van een kwalitatief proces is bij benadering een koppeling gemaakt. Daarin kunnen kennisdomeinen in sommige gevallen relevant zijn voor meerdere economische sectoren. Daarnaast speelt nog het feit dat veel kennis wordt gebruikt via bedrijfsgeheimen, anders dan doormiddel van interviews, kan hier niet voor worden gecontroleerd met de data. De data geven echter wel een goed startpunt en indicatie.

Wetenschappelijke publicaties

Door wetenschappelijke publicaties te analyseren wordt een beeld verkregen in welke kennisdomeinen Nederland een sterke of zwakke positie heeft. Wetenschappelijke publicaties vormen een belangrijke basis voor innovatie en kunnen nieuwe producten, diensten en technologieën stimuleren. Het geeft daarmee een goede indicatie op welke gebieden Nederland nu en in de toekomst een rol zou kunnen spelen. Door middel van SciVal-data wordt inzichtelijk gemaakt in welke kennisdomeinen Nederland relatief ten opzichte van andere landen veel publiceert en geciteerd wordt. Daarnaast wordt gekeken naar de mate waarin Nederland veel publiceert in top-journals en hoe groot het aandeel van publicaties is dat veel impact heeft. Gezamenlijk zullen deze indicatoren een weergave geven in welke kennisdomeinen Nederland een meer of minder sterke positie heeft.

Patentaanvragen

In het algemeen kan het aantal patentaanvragen een indicatie geven over het vermogen van een economie om te innoveren, wat positieve gevolgen kan hebben voor het concurrentievermogen van de economie en werkgelegenheid. Door gebruik te maken van de OECD REGPAT database kan worden achterhaald op welke kennisdomeinen en in welke technologieën in Nederland relatief veel patentaanvragen worden gedaan. Daarnaast zal gekeken worden naar het aantal patentaanvragen per hoofd van de bevolking, wat een idee kan geven van hoe succesvol R&D-projecten van een land zijn of meer in het algemeen hoe innovatief een land is.

2.1.6 Aggregatie van de data

Op basis van de analyses per onderwerp is een matrix opgesteld met op de rijen de verschillende economische sectoren en de kolommen de verschillende indicatoren. Per indicator kan zodoende worden bekeken welke sectoren daar sterk in zijn. Zo kan het bijvoorbeeld dat de Nederlandse halfgeleiderindustrie naar voren komt als een sterk exportproduct, maar ook dat er in Nederland veel patenten worden toegekend binnen de halfgeleiderindustrie.

De bedrijfsindelingen zoals de Harmonised System (HS) en Standaard Bedrijfsindeling (SBI) zijn met elkaar vergeleken en in een aantal gevallen samengevoegd tot ketens. Sommige

⁷ SciVal bevat een analyse van onderzoek prestaties van meer dan 20.000 onderzoeksinstituten en hun geassocieerde onderzoekers uit 230 landen op basis van data over citaties van wetenschappelijke publicaties. Zie (Elsevier, 2023)

⁸ De REGPAT-database van de OESO bevat octrooigegevens die zijn gekoppeld aan regio's op basis van de adressen van de aanvragers en uitvinders en bevat meer dan 2000 regio's in de OESO-landen. Zie (OECD, 2023)

sterke sectoren (zoals uitzendbranche) zijn niet meegenomen in de analyse omdat ze geen inhoudelijk profiel kennen maar een reflectie zijn van de arbeidsmarkt in Nederland.

Op basis van de scores van de individuele indicatoren is er voor elke indicator een ranking opgesteld. De sterkste sectoren zijn geselecteerd op basis van de overlap van die individuele ranking: hoe meer indicatoren dezelfde kant op wijzen, hoe sterker de aanwijzingen dat een sector tot de set van twintig sterke sectoren behoort. De uiteindelijk selectie heeft plaats gevonden door op de resulterende lijst een *sanity-check* te laten doen door verschillende experts uit het team.

2.2 WP2: Internationale trends

In dit werkpakket brachten met we met behulp van literatuurstudie, een interne workshop en interviews de internationale trends in kaart. Dit heeft geleid tot een lijst van **49 internationale trends** die naar verwachting belangrijk(er) worden in de komende vijf tot twintig jaar.

2.2.1 Literatuurstudie

Het doel van de literatuurstudie was om een longlist te maken van de verschillende internationale trends. Hierbij definieerden we een trend als *'een internationale ontwikkeling die naar verwachting belangrijker wordt door veranderingen in technologie, maatschappelijke vraag of geopolitiek'*. Een verandering in technologie kan gaan over de mogelijke (door)ontwikkeling van technologie, maar ook over een bestaande technologie die naar verwachting belangrijker wordt. Dit omvat dus vooral de aanbodkant van een ontwikkeling. Hieronder ligt de aanname dat technologische ontwikkeling -zeker op de lange termijn- de groeiemarkten in de economie beïnvloedt. Dit perspectief kunnen we technologisch determinisme noemen. Maatschappelijke vraag gaat over de vraagkant. Consumenten, burgers en maatschappijen hebben evoluerende behoeftes, die ook invloed hebben op de ontwikkeling van groeiemarkten. Dit is een sociaal deterministisch perspectief. Ten slotte richtten we ons op geopolitieke ontwikkelingen, die ervoor kunnen zorgen dat een ontwikkeling van een trend ontstaat. Let wel: deze geopolitieke ontwikkelingen beschouwen we vanuit wereldwijd perspectief, niet per sé vanuit Nederlands perspectief.

De longlist is gebaseerd op verschillende soorten literatuurbronnen, namelijk wetenschappelijke literatuur, onderzoeks- en adviesrapporten en groeifondsvoorstellen. In principe zijn nagenoeg alle trends op de longlist terechtgekomen. De lijst gehanteerde bronnen in dit werkpakket is te vinden op de laatste pagina's van dit rapport. Bij de analyse hebben we rekening gehouden met Amara's law: *"We tend to overestimate the effect of a technology in the short run and underestimate the effect in the long run"*. Met andere woorden, we zijn ons er van bewust dat technologieën op de korte termijn vaak een hype zijn, waarbij hun impact wordt overschat. Om die reden zijn bepaalde technologieën (zoals blockchain, NFTs, en crypto's) niet opgenomen.

2.2.2 Interne workshop

Aan het eind van de literatuurstudie bestond de longlist uit 181 trends. Daarna hebben we twee interne workshops van twee uur gehouden om trends op de longlist te aggregeren tot een shortlist. Bij het clusteren van de longlist naar een shortlist hanteerden we de volgende uitgangspunten:

- Trends moeten duidelijk verschillen van sectoren.
- Overlappende trends worden samengevoegd.
- Gelijksoortige trends worden geclusterd.

- We maken onderscheid tussen drie niveaus van trends.

Aan het eind van deze stap hadden we een shortlist van 49 internationale trends.

2.2.3 Interviews

In dit werkpakket hebben we ook negen interviews gehouden. De respondenten zijn te vinden in Bijlage 3. Het doel van de interviews was meerledig en gaf ook input voor WP1 en WP4. De belangrijkste input voor dit WP was het vragen naar relevante trends en ontwikkelingen die de respondent observeert. Daarnaast vroegen we de respondent ook naar geschikt bronmateriaal, wat we gebruikten bij het maken van de longlist met internationale trends.

2.3 WP3: Groeimarkten

In WP3 hebben we met de twintig sterkste sectoren (WP1) en de 49 internationale trends (WP2) een matrix gemaakt. Hierin vormden de trends de rijen en de sectoren de kolommen. In WP3 analyseerden we in hoeverre de trends mogelijk tot nieuwe product- en dienstinnovaties kunnen leiden in de sectoren. In totaal hadden we 980 cellen te analyseren. In sommige cellen was er geen 'hit'. Dat wil zeggen dat de trend in deze sector waarschijnlijk niet tot nieuwe product- en dienstinnovaties kan leiden. Op basis van de patronen die er uit de matrix kwamen hebben we het eindresultaat van deze stap gecreëerd, namelijk een lijst van **twaalf groeimarkten voor de Nederlandse economie**. Zoals in de introductie beschreven, definiëren we groeimarkten als: *een samenhangende set producten en diensten waarvan de toegevoegde waarde voor de wereldeconomie naar verwachting sterk toeneemt, als gevolg van ontwikkelingen in (1) technologie, (2) vraag, (3) Nederlands beleid en (4) geopolitiek*.

Hiervoor maakten we gebruik van deskstudie en interviews. Deze stappen leggen we hieronder uit.

2.3.1 Deskstudie

Ook hier gebruiken we bestaande literatuur om te onderzoeken in welke sectoren een trend tot mogelijke nieuwe productinnovaties kan leiden. De bronnen die we in deze stap hebben gebruikt staan in Bijlage 2. We maken o.a. gebruik van wetenschappelijke literatuur en onderzoeksrapporten. Hierbij bouwen we voort op de al geïdentificeerde literatuur in de vorige stappen en zoeken we nieuwe literatuur aan de hand van relevante zoektermen.

2.3.2 Verdiepende interviews

In dit werkpakket hebben we 36 interviews gehouden met experts binnen sterke Nederlandse sectoren. De lijst met gesproken personen in deze stap staan in Bijlage 4. Het doel van deze interviewstap was om relevante cellen uit de matrix te bespreken met deze experts. In de interviews vroegen we welke trends er in de sector mogelijk in de toekomst belangrijk worden, of wat voor concrete productinnovaties deze experts verwachtten. Daarnaast hebben we mogelijke groeimarkten uit onze analyse ter validatie voorgelegd aan de experts. Ook hebben we de door de respondenten voorgestelde groeimarkten vergeleken met de groeimarkten die we eerder hebben geïdentificeerd in de matrix in WP3.

2.3.3 Beperkingen van methode

In de methode die we gekozen hebben zit de expliciete aanname dat de groeimarkten te voorspellen zijn door te kijken naar de sectoren waar we als Nederland goed in zijn en de internationale trends die er spelen. Dat is op zichzelf een logische redenering en het zal voor

een deel in staat zijn om de groeimarkten in kaart te brengen. Aan de andere kant, heeft deze methode ook zijn beperkingen.

- **Relatief kleine sectoren, of specifieke niches binnen grote sectoren, met veel groeipotentie worden niet geïdentificeerd.** De focus ligt immers op de twintig sterkste sectoren van Nederland. Toch is het best mogelijk dat er juist een paar sectoren zijn die buiten deze lijst vallen flink gaan groeien de komende jaren. Andersom, is het ook best mogelijk dat verschillende sterke sectoren over twintig jaar nauwelijks meer een rol van betekenis spelen. De Nederlandse economie heeft de afgelopen decennia verschillende transformaties doorgemaakt en hierbij zijn verschillende sectoren (denk aan textielproductie, scheepsbouw, mijnbouw, internationaal bankieren) sterk teruggeslagen. In onze analyse zitten verder ook geen sectoren die nu nog niet bestaan. Dat klinkt triviaal, maar voor voorspellingen op de langere termijn is het onvermijdelijk dat er sectoren gaan ontstaan die er nu nog niet zijn. Voorbeeld: Voor de jaren 70 was er simpelweg geen halfgeleidersector van enige omvang, dus deze sector zou ook nooit geïdentificeerd worden als we deze studie voor 1970 zouden uitvoeren.
- **Bij het bepalen van de trends kunnen we alleen de trends meenemen waarvan we weten dat ze een impact gaan hebben.** We kunnen tot een bepaalde hoogte zelfs een beeld proberen te krijgen van de onzekerheid waarmee te omgeven zijn. Alleen zijn er ook altijd inherent onvoorspelbare elementen bij het voorspellen van de toekomst. (Met andere woorden: Er zijn *known knowns*, *known unknowns* en *unknown unknowns*). Op de korte termijn kunnen we vrij goed een voorspelling maken door huidige trends te extrapoleren, op de lange termijn gaat dit veel minder goed. Een aardig voorbeeld zijn de voorspellingen

2.4 WP4: Beleidsoverwegingen

Ook hier baseren we ons op bestaande literatuur, in dit geval om iets te zeggen over overwegingen t.a.v. beleid waarin groeimarkten centraal staan. Uitgangspunt is de vraag welke redenen er zijn om, bij het nastreven van meer economische welvaart (economische groei), innovatie-/industriebeleid te richten op dergelijke specifieke domeinen. Die vraag beantwoorden we door gebruik te maken van literatuur uit verschillende stromingen van de economische wetenschap. De geraadpleegde bronnen zijn als voetnoten vermeld in de tekst.



3 Sterke sectoren van Nederland

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van WP1 gepresenteerd. We beginnen met de conclusies en presenteren de twintig sterkste sectoren van Nederland. In de paragrafen daarna volgt de onderbouwing hoe we gekomen zijn tot deze conclusies. Hiervoor behandelen we vijf verschillende onderwerpen:

- *Economische structuur en export (paragraaf 3.2);*
- *R&D (paragraaf 3.3);*
- *Ondernemerschap (paragraaf 3.4);*
- *Arbeidsmarkt en productiviteit (paragraaf 3.5);*
- *Kennis (paragraaf 3.6).*

3.1 Conclusie: De sterke sectoren van Nederland

Op basis van de analyses per onderwerp uit de data-analyse van WP2 is een matrix opgesteld. In de matrix zijn de rijen de verschillende economische sectoren en de kolommen zijn de verschillende indicatoren. Per indicator kan zodoende worden bekeken welke sectoren daar sterk in zijn. Zo kan het bijvoorbeeld dat de Nederlandse halfgeleiderindustrie naar voren komt als een sterk exportproduct, maar ook dat er in Nederland veel patenten worden toegekend binnen de halfgeleiderindustrie.

De bedrijfsindelingen zoals de Harmonised System (HS) en Standaard Bedrijfsindeling (SBI) zijn met elkaar vergeleken en in een aantal gevallen samengevoegd tot ketens. Sommige sterke sectoren (zoals uitzendbranche) zijn niet meegenomen in de analyse omdat ze geen inhoudelijk profiel kennen maar een reflectie zijn van de arbeidsmarkt in Nederland

Op basis van de scores van de individuele indicatoren is er voor elke indicator een ranking opgesteld. De sterkste sectoren zijn geselecteerd op basis van de overlap van die individuele ranking: hoe meer indicatoren dezelfde kant op wijzen, hoe sterker de aanwijzingen dat een sector tot de set van twintig sterke sectoren behoort. De uiteindelijk selectie is gemaakt op basis van een expert opinion, daar is een grote verscheidenheid aan onderzoekers en de opdrachtgever zelf bij betrokken geweest. Er is geen wiskundige formule gebruikt die tot de twintig sterktes leidt.

De onderstaande tabel toont sterke sectoren en tot welk cluster zij behoren.

Tabel 1: De twintig sterke sectoren van Nederland en de bijpassende clusters

Cluster	Sector	
1	Landbouw/voedingsmiddelen	Zuivelketen
2	Landbouw/voedingsmiddelen	Dier- en vleesketen
3	Landbouw/voedingsmiddelen	Groente- en fruitketen
4	Landbouw/voedingsmiddelen	Sier-teeltketen
5	Landbouw/voedingsmiddelen	Plantenveredeling en zaadtechnologie
6	Chemie	Organische chemie (o.a. petrochemie)
7	Chemie	Meststoffen en stikstofverbindingen
8	Chemie	Anorganische chemie
9	Industrie	Staal- en metaalindustrie
10	Industrie	Farmaceutische industrie
11	Maakindustrie	Halfgeleiderindustrie
12	Maakindustrie	Medische apparatuur
13	Maakindustrie	Sport- en recreatievaartuigen
14	Maakindustrie	Vrachtwagenindustrie
15	Dienstverlening	Transport en opslag van goederen
16	Dienstverlening	Technisch ontwerp en advies
17	Dienstverlening	Softwareontwikkeling
18	Financiële dienstverlening	Accountancy en belastingadvisering
19	Financiële dienstverlening	Risicoanalyse en schadetaxatie
20	Creatieve industrie/dienstverlening	Muziekindustrie

De sterke sectoren behoeven wellicht een toelichting:

- De (1) zuivelketen, (2) dier- en vleesketen, (3) groente- en fruitketen en (4) sier-teeltketen vormen samen een flink deel van de agrarische sector in Nederland. In deze ketens gaat het om de onderdelen: (a) leverancier van agrariër, (b) agrariër en (c) afnemer van agrarische producten. Een voorbeeld voor de zuivelketen is: (a) producent van melkrobot, (b) boer met melkkoeien en (c) zuivelfabriek. Aan de kant van de leveranciers zien we grote bedrijven als Lely en ForFarmers, bij de agrariërs zijn er relatief veel kleinere bedrijven en bij de afnemers zien we grote bedrijven als FrieslandCampina, VION, RoyalCosun.
- De vijfde sterke sector betreft de plantenveredeling en zaadtechnologie. Hierin zijn een aantal grote en kleinere bedrijven actief zoals bijvoorbeeld Rijk Zwaan en Enza. Daarnaast heeft Nederland hier een sterke kennis- en onderzoekspositie met de Universiteit Wageningen als grote speler.
- Nederland heeft met de vijf industrieclusters (Noord-Nederland, Noorzeekanaalgebied, Rotterdam-Moerdijk, Zeeland-West-Brabant, Chemelot) een sterk ontwikkelde chemische sector. Die valt verder onder te verdelen in (6) organische chemie met veel bedrijvigheid op Chemelot en de Botlek, (7) meststoffen en stikstofverbindingen met grote bedrijven zoals Yara en OCI, en (8) anorganische chemie met grote bedrijven zoals Akzo Nobel en PPG.
- Door Tata Steel heeft Nederland relatief ten opzichte van andere Europese landen een sterk ontwikkelde (9) staal- en metaalindustrie, met Tata als bekendste voorbeeld. Daarnaast heeft Nederland met vestigingen van grote internationale bedrijven

zoals Janssen, MSD, Pfizer, Roche en Novartis ook een relatief sterk ontwikkelde (10) farmaceutische industrie.

- Wat betreft de maakindustrie zijn er een aantal sectoren waar Nederland een sterke positie heeft. Dat is met name op gebied van (11) halfgeleiders met bedrijven zoals ASML, ASMI, BESI en NXP. Daarnaast zijn andere sterk ontwikkelde maakindustrieën in Nederland die van (12) medische apparatuur met bijvoorbeeld Philips, (13) sport- en recreatievaartuigen waarin relatief veel middelgrote bedrijven opereren en de (14) vrachtwagen- en bussenindustrie met bijvoorbeeld VDL, DAF en Ebusco.
- Op gebied van (zakelijke) dienstverlening heeft Nederland een aantal specialisaties. Zo is Nederland bijvoorbeeld sterk ontwikkeld in sector (15) transport en opslag van goederen met Nederlandse bedrijven als Bakker logistiek en CEVA en vestigingen van DHL, DB Schenker en XPO. Ook de sector (16) technisch ontwerp en advies, met bedrijven als Arcadis, Fugro en RoyalHaskoningDHV, is in Nederland sterk ontwikkeld. De sterke sectoren (17) softwareontwikkeling (18) accountancy en belastingadvisering en (19) risicoanalyse en schadetaxatie bestaan in Nederland vooral uit veel vrij middelgrote bedrijven. Toch zijn er ook enkele grote bedrijven zoals KPMG, UNIT4 end Exact.

Als laatst heeft Nederland een internationaal toonaangevende (20) muziekindustrie. In het bijzonder als het gaat om elektronische muziek en festivals. Deze sector is in de separate indicatoren lastiger te zien doordat ze buiten de top 10 vallen.

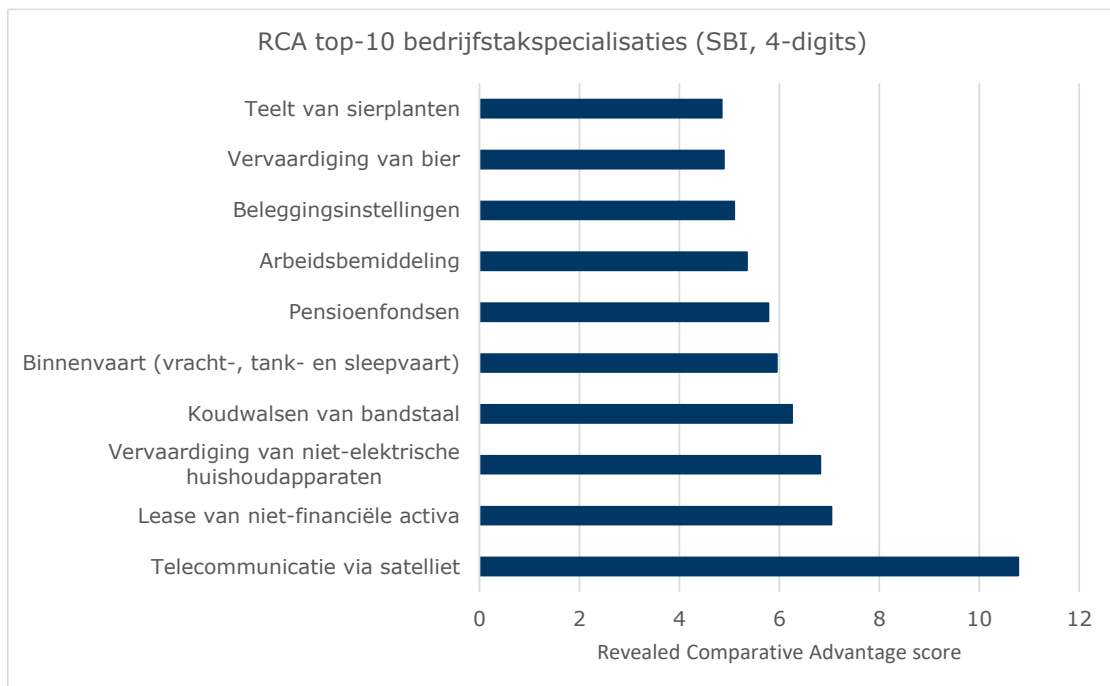
3.2 Economische structuur en export

Dit onderwerp geeft inzicht in welke sectoren Nederland relatief veel economische activiteit heeft. Dat gebeurt via de indicatoren bedrijfstakspecialisaties, exportproducten en complexiteit van exportproducten.

Figuur 1 toont top-10 bedrijfstakken waar Nederland relatief ten opzichte van andere Europese landen sterk in is gespecialiseerd. Op basis van data over het aantal werknemers in 4-digit sectoren is het relatieve aandeel van werknemers in iedere sector berekend. Dit aandeel is afgezet tegen het gemiddelde aandeel werknemers in die sector in andere landen. Het resultaat is een revealed comparative advantage (RCA) van bedrijfstakken in Nederland. Een waarde boven 1 betekent dat Nederland een groter dan gemiddeld aandeel werknemers heeft in die sector. We zeggen dan dat Nederland relatief gespecialiseerd is die sector.

Los van de vervaardiging van niet-elektrische huishoudapparaten, koudwalsen van bandstaal, de vervaardiging van bier en de sierteelt bestaat de top-10 van meest gespecialiseerd sectoren met name uit dienstverlenende activiteiten.

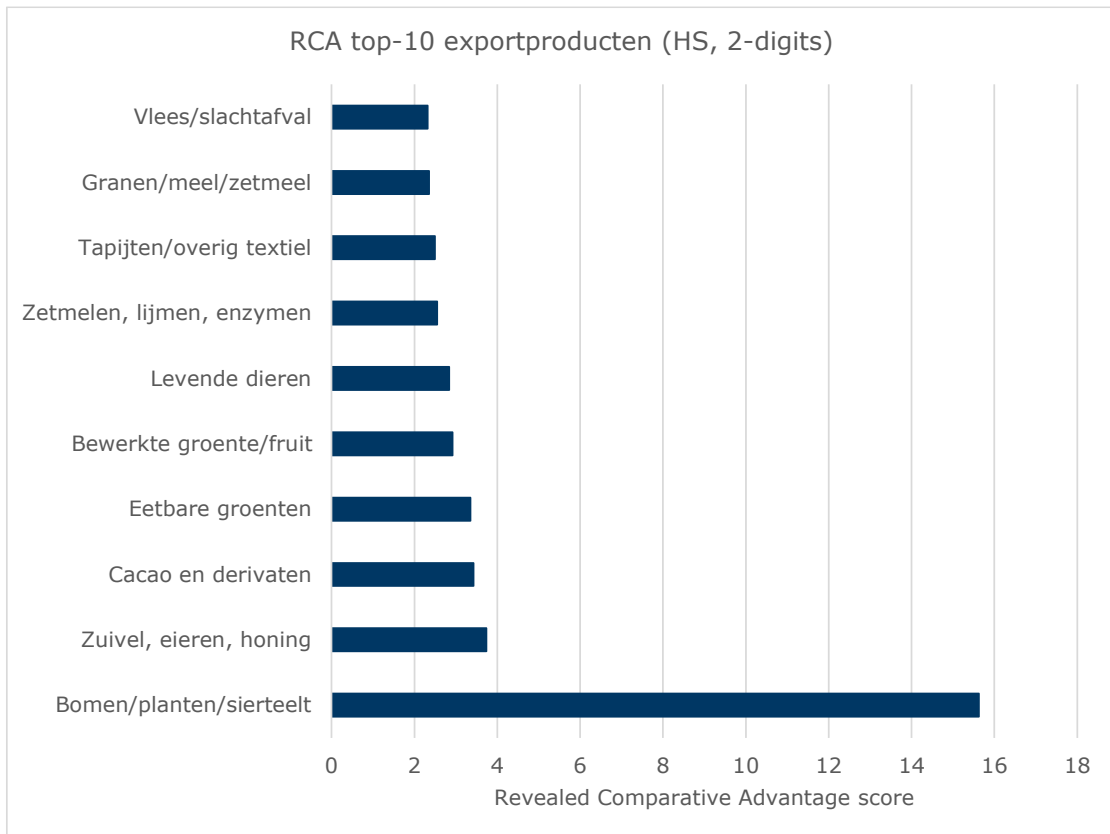
Figuur 1: RCA top-10 bedrijfstakspecialisaties (SBI, 4-digits)



In plaats van het gebruik van data over het aantal werknemers in sectoren, kan ook gekeken worden naar het exportvolume om een idee te krijgen in welke sectoren Nederland relatief sterk is ontwikkeld. Figuur 2, toont op basis van het exportvolume welke producten Nederland, relatief ten opzichte van andere Europese landen, veel exporteert. We berekenen een RCA op basis van exportvolume. Een waarde boven 1 betekent dat Nederland een groter dan gemiddeld exportvolume heeft in een product. We zeggen dan dat Nederland relatief gespecialiseerd is in de export van dat product.

Met name opvallend is het enorme comparatieve voordeel waarmee Nederland bomen, planten en sierteelt exporteert. Met uitzondering van de productgroep tapijten (die met name hoog in lijst komt als gevolg van de export van linoleum) is Nederland sterk gespecialiseerd in de export van agrarische producten zoals groenten, dieren, granen en vlees.

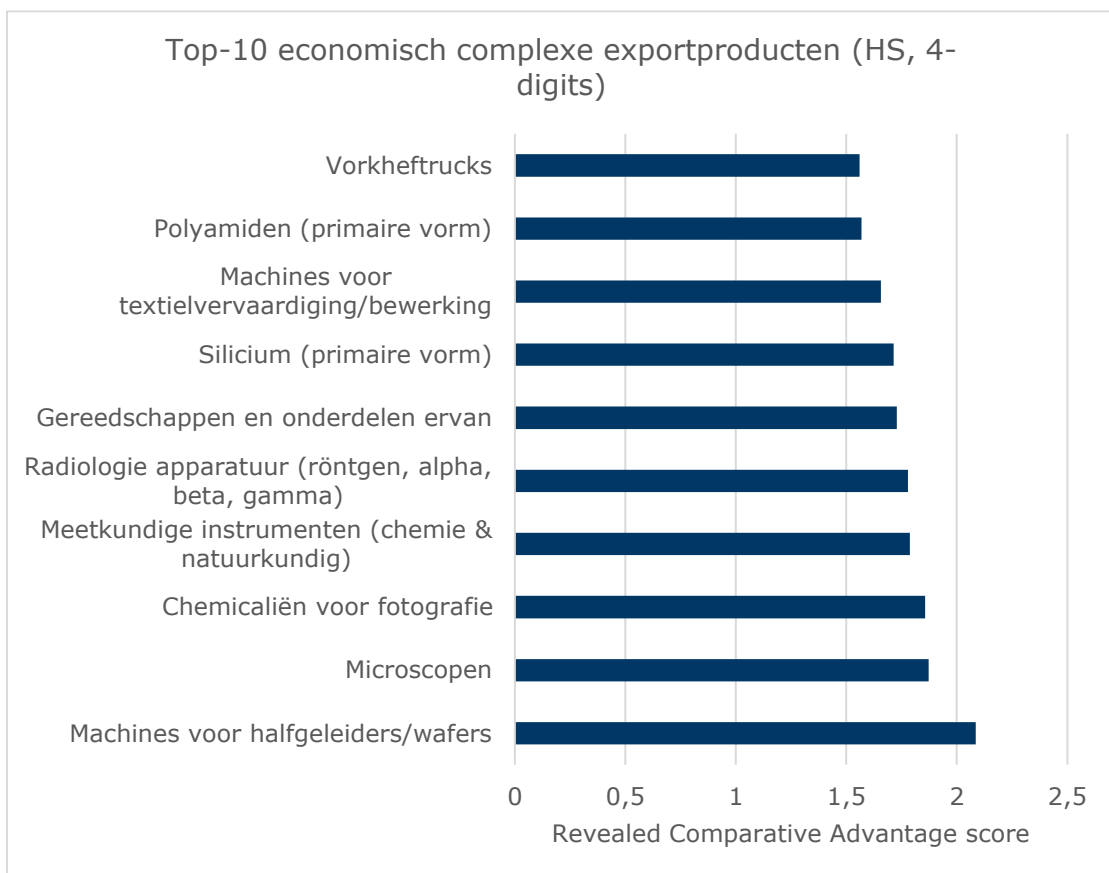
Figuur 2: RCA top-10 exportproducten (HS, 2-digits)



Het exportvolume van producten vertelt echter niet het gehele verhaal. Het is daarnaast ook relevant om te kijken naar de economische complexiteit van geëxporteerde producten. Economisch complexere producten leveren over het algemeen meer toevoegde waarde op. Daarnaast duidt een hoge complexiteit op een hoge mate van kennis en vaardigheden, wat verdere economische ontwikkeling en diversificatie kan faciliteren. Figuur 3 toont de top-10 meest complexe producten die Nederland export met een competitief voordeel (RCA groter dan 1).

Het meeste economisch complexe product dat Nederland exporteert met een comparatief voordeel zijn machines voor vervaardiging van halfgeleiders of wafers (HS-8486). Van alle producten die voorkomen in de HS-4 classificatie is dit het op 2 na meest economisch complexe product.

Figuur 3: Top-10 economisch complexe exportproducten (HS, 4-digits)



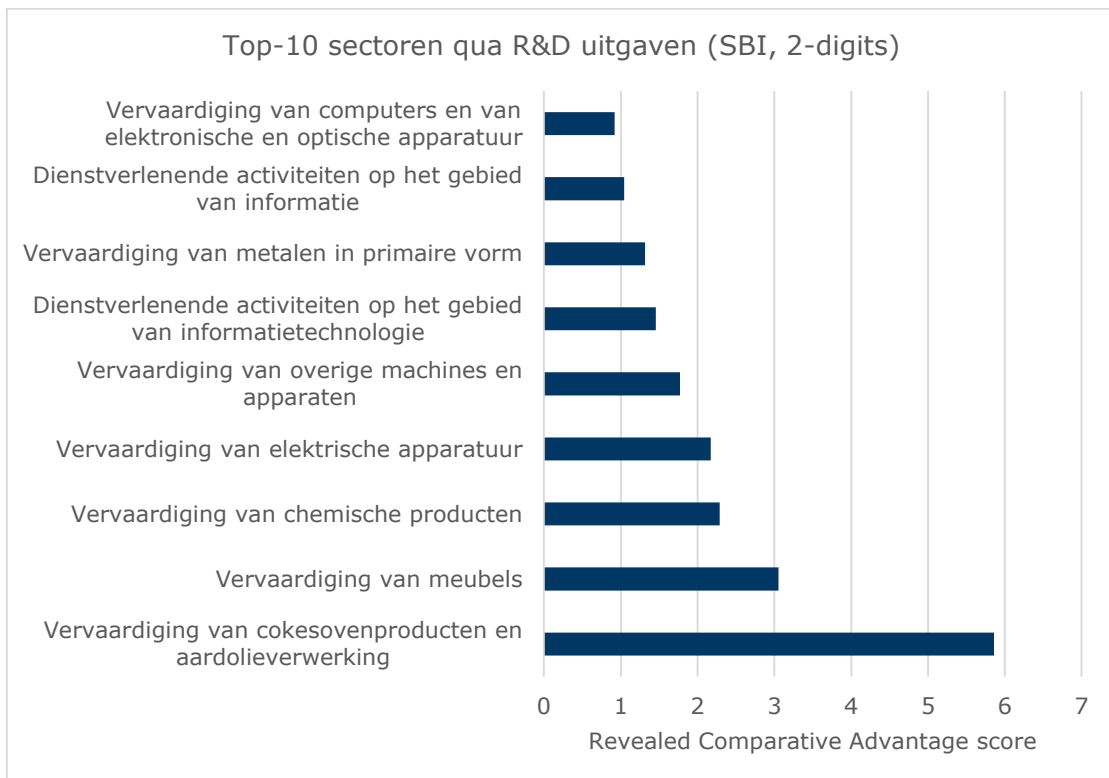
3.3 Research & Development

Dit onderwerp geeft inzicht in welke sectoren Nederland relatief veel activiteit heeft op gebied van onderzoek en ontwikkeling. De indicatoren R&D-uitgaven en verkregen subsidies op internationale R&D-projecten worden getoond in figuren 4 en 5.

Op basis van Eurostat-data is de RCA berekend per sector van R&D-uitgaven. Figuur 4 toont de top-10 sectoren waar in Nederland relatief de hoogste R&D uitgaven worden gedaan. Een waarde boven 1 betekent dat Nederland een groter dan gemiddeld aandeel aan R&D uitgave heeft in die sector. Nederland heeft dus relatief hoge R&D-uitgave in de sector vervaardiging van cokesovenproducten en aardolieverwerking. Met name industriële sectoren hebben in

relatief hoge R&D-uitgaven. Daarnaast zien we nog relatief hoge R&D-uitgaven in de sectoren dienstverlening in informatie en informatietechnologie.

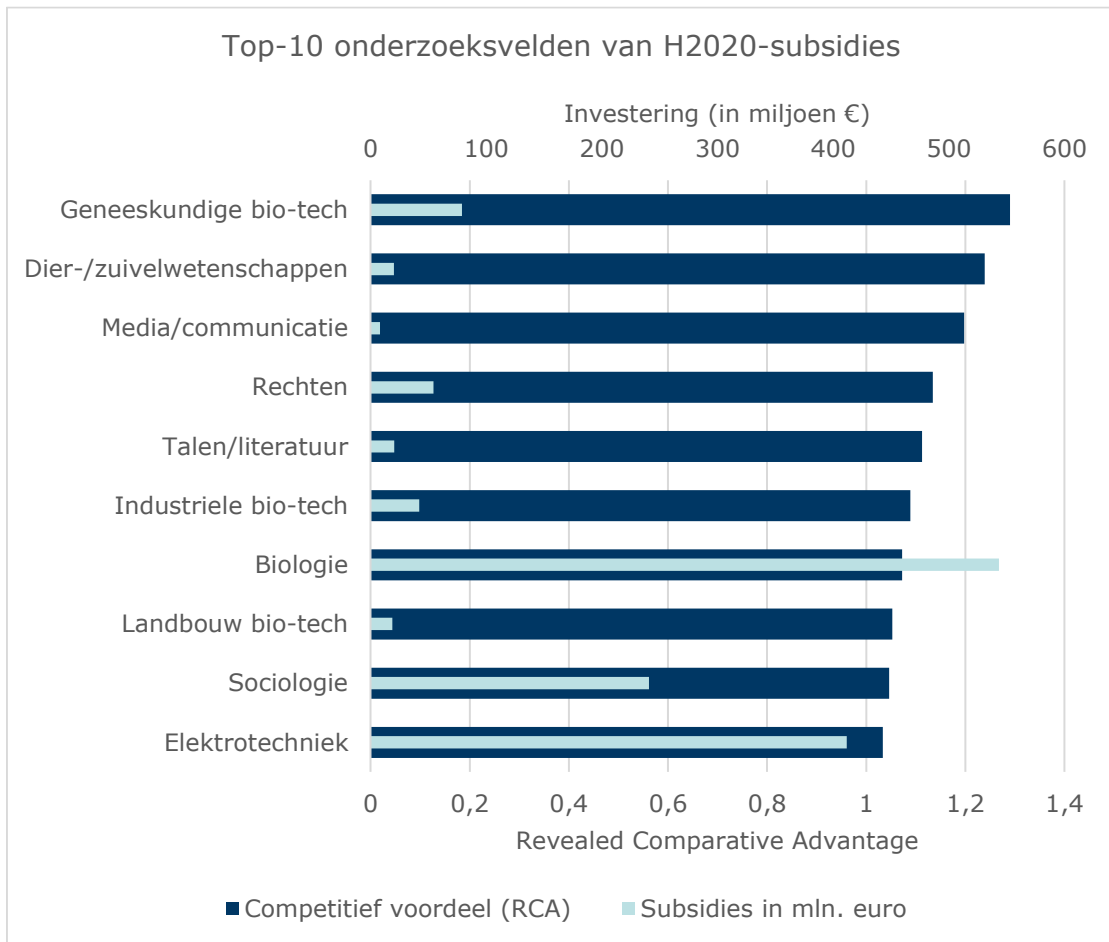
Figuur 4: RCA top-10 R&D-uitgaven sectoren (SBI, 2-digits)



Hoewel veel R&D-uitgaven worden gedaan door private sector, wordt er ook een aanzienlijk deel gedaan door de publieke sector. Die publieke R&D-uitgaven uiten zich bijvoorbeeld in de vorm van R&D-subsidies vanuit de Europese Commissie. Daar komt vaak de voorwaarde bij kijken, dat de ontvangende partijen een vorm van (private/publieke) samenwerking aan moeten gaan. Figuur 5 toont in welke sectoren Nederland in staat is geweest zich te organiseren in internationale consortia en daarvoor subsidie heeft ontvangen. De figuur toont de absolute hoeveelheid aan totale subsidies in Nederland per onderzoeksveld heeft ontvangen en in vergelijking met andere Europese landen de relatieve hoeveelheid.

In absolute zin heeft Nederland een grote hoeveelheid aan R&D-subsidies gekregen. Ook vertoont Nederland op veel gebieden een RCA hoger dan 1, hetgeen aangeeft dat Nederland bovengemiddeld veel subsidies in het gebied heeft ontvangen. In het algemeen ligt de RCA niet ver boven de 1, hetgeen aangeeft dat er maar een beperkt comparatief voordeel is ten opzichte van andere Europese landen, en er geen specifieke R&D gebieden uit springen waar Nederland overduidelijk buitenproportioneel subsidies in ontvangt. Wanneer we kijken naar de omvang van de bijbehorende subsidies zien we dat er met name veel investeringen plaatsvinden in Biologie en in Elektrotechniek.

Figuur 5: Top-10 onderzoeksvelden H2020-subsidies



3.4 Ondernemerschap

Dit onderwerp geeft inzicht in ondernemerschapsactiviteit in Nederland. We kijken specifiek naar de indicatoren aantal tech start-ups, investeringen in tech start-ups en het aantal nieuwe ondernemingen per bedrijfstak. Hiervoor maken we gebruik van data van Techleap en Eurostat.

Het oprichtingspercentage van nieuwe bedrijven wordt berekend door het aantal nieuwe bedrijven dat in de periode van een jaar wordt opgericht te delen door het totaal aantal bedrijven binnen een sector. Het geeft daarmee een indicatie over de mate van ondernemerschapsactiviteit in die sector. Voor iedere sector is vervolgens de mate waarin het Nederlandse oprichtingspercentage per sector afwijkt van het Europees gemiddelde oprichtingspercentage per sector berekend.

Figuur 6 geeft een beeld van de top-10 sectoren waarin Nederland een relatief hoog oprichtingspercentage van nieuwe bedrijven kent. In Nederland heeft bijvoorbeeld de sector beveiliging en opsporing, ongeveer een 7 procentpunt hoger oprichtingspercentage van nieuwe bedrijven dan gemiddeld in andere Europese landen. Naast de vervaardiging van leer en lederwaren, wordt de top-10 met name gevormd door dienstverlenende sectoren.

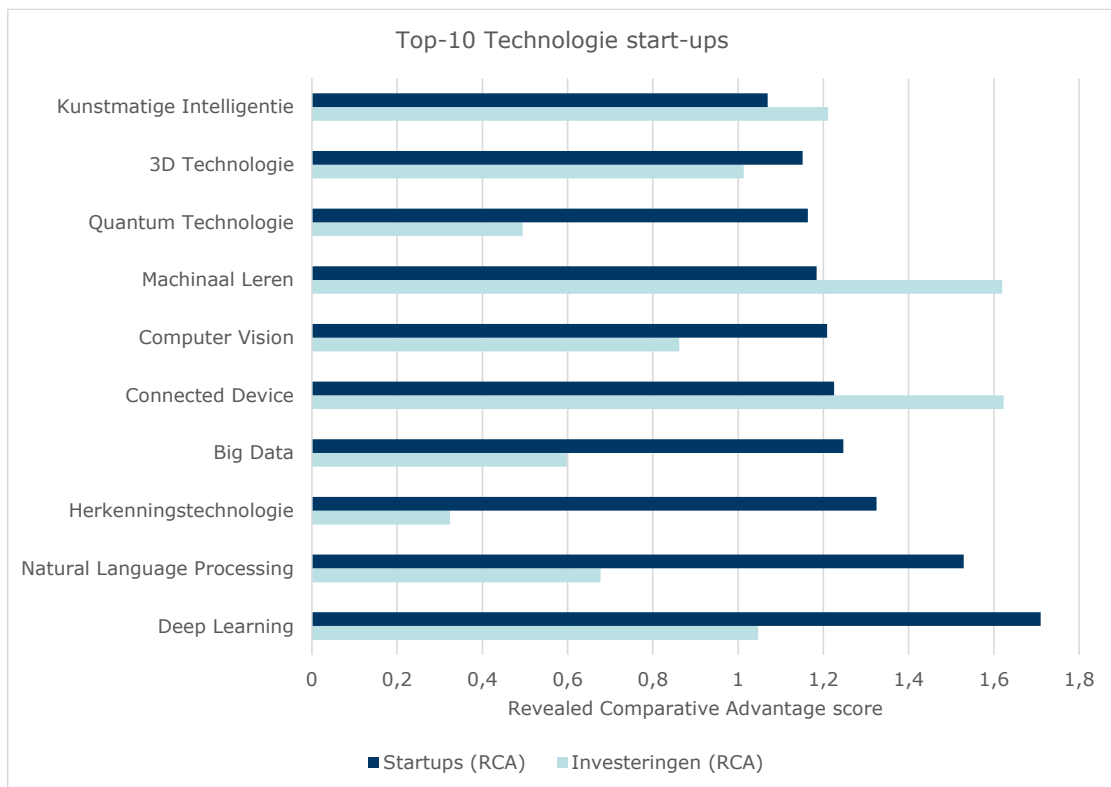
Figuur 6: Top-10 afwijking van Europees gemiddelde oprichtingspercentage (SBI, 2-digits)



Wat ondernemerschapactiviteit betreft is enkel het in kaart brengen van het oprichtingspercentage niet voldoende om een goed beeld te verkrijgen. Slechts een deel van de bedrijven die worden opgericht zijn innovatief en dragen uiteindelijk bij innovatie en economische ontwikkeling. Met name tech start-ups zijn een belangrijke motor van een economie. Ze zorgen voor de introductie van nieuwe innovaties en hebben op die manier vaak een grote impact op andere bedrijven. Met behulp van Techleapdata vergelijken we Nederland met andere Europese landen.

Voor elke technologie berekenen we een RCA voor zowel de hoeveelheid tech start-ups en de hoeveelheid investeringen in die start-ups. Een waarde boven 1 betekent dat Nederland een groter dan gemiddelde hoeveelheid startups heeft in een technologie. We zeggen dan dat Nederland relatief gespecialiseerd is in de export van dat product. Figuur 7 toont de top-10 technologieën met de meeste start-ups. Waardes boven de 1 betekenen dat Nederland in een bepaalde technologie relatief ten opzichte van andere Europese landen veel start-ups of investeringen in start-ups heeft. Hoewel met name in deep learning and natural language processing Nederland relatief veel start-ups heeft, houdt de hoeveelheid investeringen in die technologieën geen gelijke tred. In de sectoren connected devices en machine learning daarentegen zien een tegenovergesteld patroon met juist relatief hoge investeringen, zowel ten opzichte van andere landen, als ten opzichte van de hoeveelheid start-ups.

Figuur 7: Top-10 Technologie start-ups



3.5 Arbeidsmarkt en productiviteit

Dit onderwerp geeft inzicht in welke sectoren de Nederlandse economie een hoge productiviteit heeft en in welke sectoren er een arbeidsmarktkrapte bestaat. De data die hiervoor wordt gebruikt is afkomstig van Eurostat.

De toegevoegde waarde gedeeld door het aantal gewerkte uren (de arbeidsproductiviteit) geeft een indicatie van de efficiëntie van productie en internationale concurrentiepositie van een economie. Figuur 8 toont de top-10 meest productieve sectoren in Nederland en het verschil ten opzichte van de gemiddelde arbeidsproductiviteit per gewerkt uur in andere Europese landen. Hoe groter een lichtblauwe balk is in deze figuur, hoe productiever de sector is in Nederland. Hoe groter de donkerblauwe balk is, hoe groter het verschil in productiviteit is tussen Nederland en de rest van Europa. De donkerblauwe balk toont dan de sectoren waar Nederland in het bijzonder buitengewoon productief is. De financiële sector kent de hoogste arbeidsproductiviteit. In vergelijking met het Europees gemiddelde is de financiële sector in Nederland bovengemiddeld productief. We kunnen niet op bedrijfsniveau analyses uitvoeren, maar we vermoeden dat de hoge score op *reisbemiddeling enzovoort* deels wordt veroorzaakt door de vestiging van Booking.com in Amsterdam.

Verder valt op te merken dat er relatief veel maakindustrie sectoren in de top-10 staan. Hoewel deze sectoren niet behoren tot de meeste productieve sectoren van Nederland, is een deel van de Nederlandse maakindustrie aanzienlijk productiever in vergelijking met andere Europese landen.

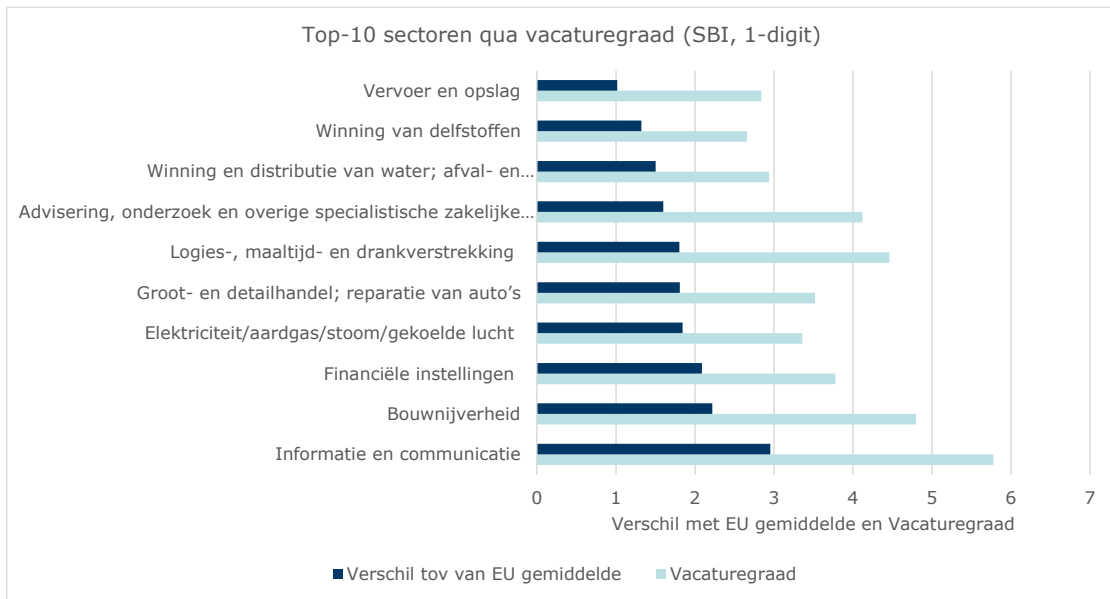
Figuur 8: Top-10 Arbeidsproductiviteit (2-digits)



Naast de productiviteit van sectoren, analyseren we potentiële arbeidsmarktkrapte in sectoren. Krapte op een arbeidsmarkt zou een belemmering kunnen vormen voor toekomstige groei in die sectoren, maar geeft tegelijk aan in welke sectoren er een grote behoefte aan werknemers is. Hoe groter de krapte, hoe lastiger het is voor de sector om te groeien, maar hoe groter de groeipotentie ook is. Aan de hand van het aantal openstaande vacatures in verhouding tot het totaal aantal werknemers in een sector is een indicatie te geven over hoe krap een arbeidsmarkt is. De vacaturegraad is uitgedrukt als een percentage van de totale hoeveelheid beschikbaar werk. Een vacaturegraad van bijvoorbeeld 10 procent geeft bijvoorbeeld aan dat er 1 vacature is voor elke 9 werkenden (want $1 / (1+9) = 10$ procent). Figuur 9 toont de top-10 sectoren met de hoogste vacaturegraad, oftewel de sectoren met de hoogste arbeidsmarktkrapte in Nederland relatief ten opzichte van andere Europese landen. Hoewel de figuur de top-10 laat zien van de in totaal 19 sectoren op 1-digitniveau, zijn er geen sectoren in Nederland met een lagere arbeidsmarktkrapte dan gemiddeld in andere Europese landen.

De krapte op de arbeidsmarkt in Nederland concentreert zich niet in één of enkele sectoren, maar is breed aanwezig. Toch is de krapte het hoogst in de ICT-sector, de bouwsector en de financiële sector.

Figuur 9: Top-10 Vacaturegraad (1-digit)



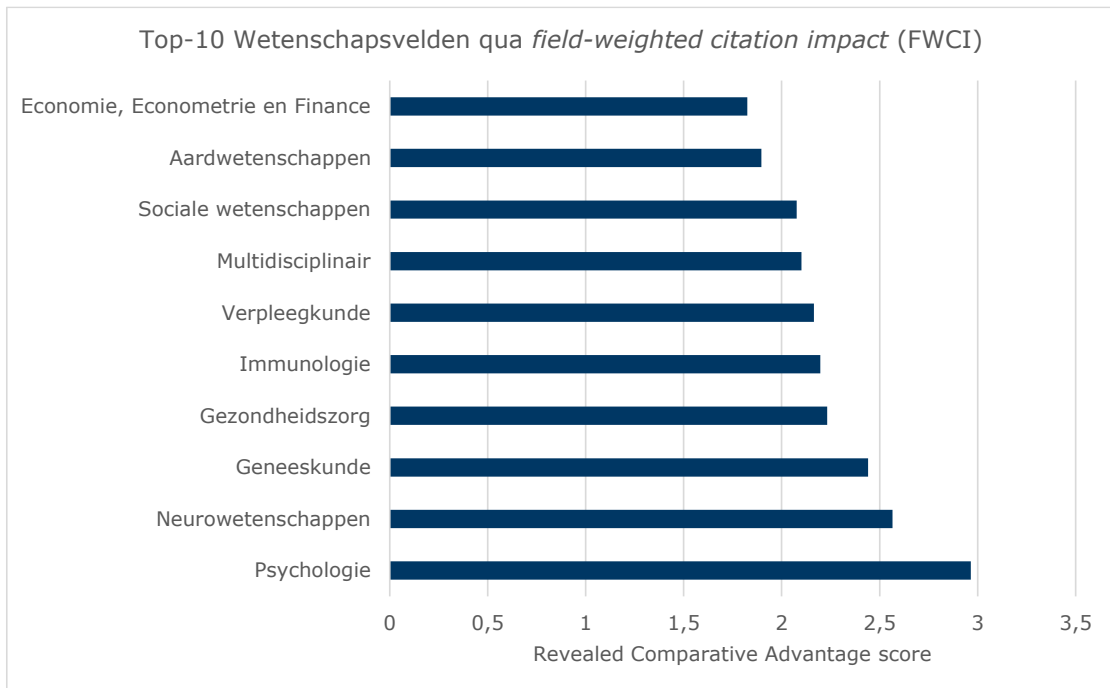
3.6 Kennis

Dit onderwerp geeft inzicht in de kennispositie van Nederland ten opzichte van andere Europese landen. Met behulp van data afkomstig van twee openbare databronnen, SciVal en REGPAT, creëren we een inzicht in welke sectoren en kennisvelden Nederland een relatief sterke positie heeft. Dat doen we met indicatoren over het aantal wetenschappelijke publicaties en het aantal patentaanvragen.

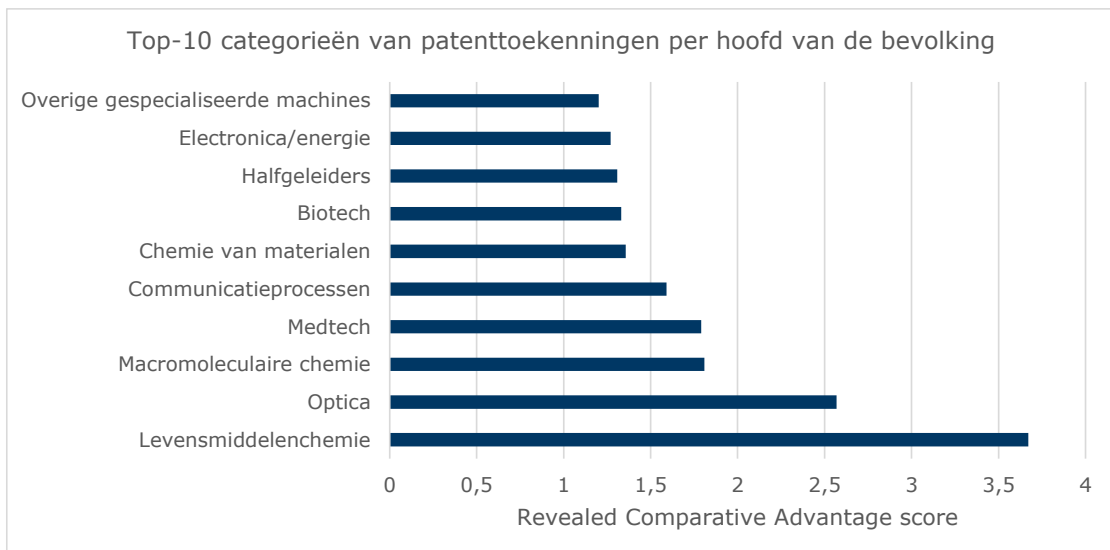
Wetenschappelijke publicaties vormen een belangrijke basis voor innovatie en kunnen nieuwe producten, diensten en technologieën stimuleren. Het geeft daarmee een goede indicatie op welke gebieden Nederland nu en in de toekomst een rol zou kunnen spelen. Door middel van SciVal data wordt inzichtelijk gemaakt in welke kennisdomeinen Nederland relatief ten opzichte van andere landen veel publiceert en geciteerd wordt. Specifiek gebruiken we de field weighted citation impact (FWCI). Dit geeft aan hoe het aantal citaties ontvangen door een publicatie van een onderzoeker zich verhoudt tot het gemiddelde aantal citaties ontvangen door alle andere vergelijkbare publicaties.

Figuur 10 toont een top-10 van wetenschapsvelden waarin Nederland relatief ten opzichte van andere Europese landen hoog scoort. Een waarde van boven de 1 geeft aan dat de publicaties in dat wetenschapsveld meer zijn geciteerd dan zou worden verwacht op basis van het Europees gemiddelde. Met name op het gebied van psychologie, neurowetenschappen en geneesmiddelen heeft Nederland een hoge FWCI.

Figuur 10: Top-10 Wetenschapsvelden op basis van field weighted citation impact (FWCI)



Figuur 11: Top-10 categorieën van patenttoekenningen per hoofd van de bevolking (RCA)



Naast wetenschappelijke kennis kijken we ook naar patenten. In het algemeen geven patenten een indicatie over het vermogen van een economie om te innoveren en kennis te concretiseren. Door gebruik te maken van de OECD REGPAT database kan worden achterhaald op welke kennisdomeinen en in welke technologieën in Nederland relatief veel patenten worden toegekend. Specifiek berekenen we voor elke patentcategorie de RCA van het aantal patenttoekenningen per hoofd van de bevolking. Een waarde boven 1 betekent dat Nederland relatief ten opzichte van andere Europese landen een hoger aantal patenttoekenningen per hoofd van de bevolking heeft in die sector. We zeggen dan dat Nederland relatief gespecialiseerd is die sector. Figuur 11 toont de top-10 categorieën waarin Nederland relatief ten opzichte van andere Europese landen veel patentaanvragen worden gedaan. Met name op get beid van levensmiddelenchemie en optica scoort Nederland relatief hoog.



4 Internationale trends

In dit hoofdstuk presenteren we de uitkomsten van WP2: De internationale trends. In paragraaf 2.2 is uitgelegd hoe we drie verschillende onderzoeksmethoden hebben toegepast om tot een lijst van **49 internationale trends** te komen. We hebben hierin aangegeven dat de trends te vatten zijn in een hiërarchie en dat is ook de wijze waarop dit hoofdstuk is gestructureerd. De 49 trends zijn te clusteren in 16 onderwerpen en deze onderwerpen zijn te clusteren in drie macrotrends. De paragrafen zijn volgens deze opbouw vormgegeven.

4.1 Conclusie: de 49 internationale trends

De onderstaande tabel toont de uitkomsten van het onderzoek naar de internationale trends. In de volgende paragrafen gaan we in detail in op de onderbouwing hiervan.

Tabel 2. Overzicht van de internationale trends

Macrotrend	Onderwerp	Trend
Digitalisering	AI	Generative AI
Digitalisering	AI	Diagnostic AI
Digitalisering	AI	Simulation AI
Digitalisering	Fundamentele technologie	Nanotechnologie
Digitalisering	Fundamentele technologie	Fotonica
Digitalisering	Fundamentele technologie	Quantum Computing
Digitalisering	Fundamentele technologie	EUV-lithografie
Digitalisering	Fundamentele technologie	Next-generation sensors
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Cybersecurity
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Digitale Ethiek
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Gepersonaliseerde software
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Personalized Data
Digitalisering	Telecom en cloud	Satelliettechnologie en toepassingen van satellietdata
Digitalisering	Telecom en cloud	Next-generation Telecommunication (6G)
Digitalisering	Telecom en cloud	Edge Computing
Digitalisering	Telecom en cloud	Cloud Computing
Digitalisering	Telecom en cloud	IoE/IoT
Digitalisering	Telecom en cloud	SaaS
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Semiconductors
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	3D printen
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Robotica
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Drones
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Autonomous Mobility
Digitalisering	Toepassingen (soft- en hardware)	Augmented en Virtual Reality
Digitalisering	Toepassingen (software)	Digital Twin
Digitalisering	Toepassingen (software)	Fintech
Duurzaamheid	Duurzame energie (opwek)	Zonne-energie
Duurzaamheid	Duurzame energie (opwek)	Windenergie
Duurzaamheid	Duurzame energie (opwek)	Kernenergie

Macrotrend	Onderwerp	Trend
Duurzaamheid	Duurzame energie (opslag)	Groene waterstof
Duurzaamheid	Duurzame energie (opslag)	Batterijtechnologie
Duurzaamheid	Klimaatbuffer	Klimaatadaptatie
Duurzaamheid	Klimaatbuffer	Nature Based Solutions
Duurzaamheid	Landbouw	Eiwittransitie (dierlijk, cellulaire agricultuur)
Duurzaamheid	Landbouw	Eiwittransitie (plantaardig)
Duurzaamheid	Landbouw	Circulaire voedselproductie
Duurzaamheid	Landbouw	Klimaatadaptieve agricultuur
Duurzaamheid	Landbouw	Regeneratieve Landbouw
Duurzaamheid	Materialen	Carbon Capture & Utilization
Duurzaamheid	Materialen	Circulaire materialen
Duurzaamheid	Materialen	Groene chemie
Duurzaamheid	Materialen	Biobased producten
Duurzaamheid	Mobiliteit	Elektrisch vervoer
Duurzaamheid	Mobiliteit	Duurzame infrastructuur
Health en medtech	Bio-engineering	Biotechnologie
Health en medtech	Bio-engineering	Regeneratieve Geneeskunde
Health en medtech	Bio-engineering	Genoom en DNA-toepassingen
Health en medtech	Diagnostisering	Non-invasieve diagnostisering
Health en medtech	Personalisering	Personalized Medicine

4.2 Digitalisering

Onder digitalisering vallen soorten trends. AI draait om het creëren van intelligentie in digitale systemen, typisch door de toepassing van heel veel data. Bij fundamentele technologie draait het om nieuwe doorbraken die op de lange termijn een grote impact kunnen hebben. Dit raakt op twee kanten aan digitalisering: digitale systemen zijn nodig bij de ontwikkeling van de fundamentele technologieën en de nieuwe fundamentele technologieën zullen op zichzelf een impact hebben op digitalisering (en mogelijk ook andere domeinen). Bij de mitigatie van de negatieve kanten draait het om digitale systemen die maatschappelijke problemen die het gevolg zijn van digitalisering proberen op te lossen. Als we kijken naar telecom en cloud dan gaat het om de digitale overdracht van data. Tot slot worden toepassingen in soft- en hardware genoemd. Hier draait het om de toepassing van digitale technologieën in verschillende contexten. Van de meeste systemen is ook een analoge variant⁹, maar de digitale variant is vele malen beter.

⁹ Een ouderwetse analoge cruise control in een auto is een tegenhanger van Autonomous Mobility. De oude Grieken hadden een op stoom vliegende duif: de analoge variant van een drone. Analoge rekenmachines werden gebruikt in de financiële sector en zijn analoge Fintech.

4.2.1 AI

Generative AI

Generative AI is een specifieke variant van kunstmatige intelligentie die in staat is om nieuwe content te creëren, zoals afbeeldingen, video's, audio en tekst. Een voorbeeld van dit concept is de Chatbot ChatGPT. (Gartner, 2022) Deze generative AI heeft het vermogen om originele output te genereren door te reageren op aanwijzingen van gebruikers, waarbij het grote hoeveelheden bestaande data analyseert. In het geval van ChatGPT is een prompt de input die je aan de Chatbot geeft. Andere vormen van generative AI zijn in staat om specifieke afbeeldingen te genereren op verzoek. Hiernaast een afbeelding van MidJourney op basis van de prompt: *A powerful portrait of an elderly person, capturing the wrinkles, texture of the skin, and expressive eyes that tell a story of a lifetime, in high resolution and natural lighting.*



Figuur 2. Afbeelding van Midjourney (Arnautu, 2023)

Door zijn gebruik van geavanceerde algoritmes kan generative AI nieuwe en unieke content produceren die vergelijkbaar is met wat het tijdens zijn trainingsfase heeft geleerd. Dit stelt generative AI in staat om een breed scala aan creatieve taken uit te voeren, zoals het genereren van menselijk ogende gezichten of het schrijven van tekst op basis van de input van een gebruiker.

Diagnostic AI

Diagnostische AI verwijst naar kunstmatige intelligentie-systemen die zijn ontworpen om automatisch problemen, storingen, ziekten of afwijkingen te detecteren en te diagnosticeren in verschillende domeinen, zoals geneeskunde, industrie en techniek. (Forum, 2021) Deze systemen gebruiken geavanceerde algoritmen en machine learning om patronen te leren van grote hoeveelheden gegevens, zoals medische beelden, sensorgegevens of andere relevante informatie. Diagnostische AI kan helpen bij nauwkeurige medische diagnoses, vroegtijdige detectie van apparatuur storingen, optimalisatie van industriële processen en meer. De gezondheidszorg zal steeds meer onder druk staan, waardoor diagnostic AI mogelijke oplossingen biedt om deze druk te verlichten.

Simulation AI

Simulatie-AI betreft kunstmatige intelligentie die virtuele scenario's creëert en analyseert om complexe problemen te begrijpen en besluitvorming te ondersteunen. Het maakt gebruik van geavanceerde modellen om situaties na te bootsen, wat nuttig is voor voorspellingen en tests in domeinen zoals wetenschap, techniek en stadsplanning. Het vermogen om variabelen aan te passen en scenario's te verkennen zonder fysieke experimenten kan besluitvorming informeren en optimalisatie vergemakkelijken. Ook hier biedt simulation AI een competitief voordeel wanneer organisaties AI implanteren en meer waarde kunnen creëren. Om deze redenen behoort simulation AI tot een belangrijke trend in de wereldeconomie.

4.2.2 Fundamentele technologie

Nanotechnologie

Nanotechnologie is het vakgebied dat zich richt op het manipuleren en controleren van materialen op nanoschaal, wat één miljardste van een meter is. Het draait om begrip, ontwerp en toepassing van deze materialen. (Birch, 2021) Met behulp van wetenschap en techniek kunnen nieuwe eigenschappen van materialen onthuld worden op nanoschaal. Dit heeft

geleid tot diverse toepassingen, zoals in elektronica, geneeskunde, energieopslag en textiel. Nanotechnologie heeft innovaties mogelijk gemaakt zoals snellere computerchips, nauwkeurigere medische tests en efficiëntere zonnecellen. Echter, er zijn ook ethische en veiligheidskwesties die aandacht vereisen, vooral bij materialen die in contact kunnen komen met biologische systemen gezien de onbekende mogelijke giftigheid van de nieuwe producten. In essentie heeft nanotechnologie een brede toepasbaarheid, unieke manipulatiemogelijkheden op nanoschaal en het potentieel om bestaande technologieën te versterken en nieuwe te creëren, waardoor het een diepgaande en veelzijdige impact kan hebben op de wereldeconomie.

Fotonica

Fotonica is een veelzijdige technologie die zich richt op het detecteren, opwekken, transporteren en bewerken van licht. (Birch, 2021) Vergelijkbaar met elektronica, maar met een cruciaal verschil: in plaats van elektronen, worden fotonen ingezet om informatie te verwerken. Dit leidt tot zowel energiezuinige als snelle oplossingen. Fotonica vindt toepassing in diverse gebieden, zoals beeldschermen, verlichting, lasers, zonnecellen, sensoren en glasvezelnetwerken. Daarnaast maakt de energiezuinige aard van fotonische microchips ze ideaal om het groeiende energieverbruik van datacenters te beheersen. Deze chips bieden niet alleen een oplossing voor deze uitdaging, maar kunnen ook nauwkeurig werk leveren in veeleisende toepassingen zoals precisielandbouw. Samengevat biedt fotonica unieke voordelen zoals de snelheid van gegevensoverdracht, energie-efficiëntie, parallelle verwerking en integratie op nanoschaal, wat het een krachtige technologie maakt voor specifieke toepassingsgebieden zoals supersnelle communicatie, kwantumtechnologie en energiezuinige informatieverwerking.

Quantum Computing

Kwantumcomputers gebruiken qubits die door superpositie zowel 0 als 1 tegelijk kunnen zijn, waardoor ze veel informatie tegelijk kunnen verwerken in vergelijking tot gewone computers, die met 0 of 1 bits opereren. (Deloitte, 2023) Bovendien kunnen qubits verstrengeld raken, wat betekent dat hun toestanden met elkaar verbonden zijn, zelfs als ze ver uit elkaar zijn. Dit stelt kwantumcomputers in staat om sommige complexe problemen sneller op te lossen dan gewone computers, zoals het kraken van bepaalde codes en het simuleren van complexe systemen. Quantum computing kan oplossingen bieden voor complexe problemen zoals moleculaire simulaties, optimalisatieproblemen en cyberbeveiliging door gebruik te maken van de unieke mogelijkheden van qubits en kwantummechanica.

EUV-lithografie

EUV-lithografie staat voor Extreme Ultraviolet Lithography en is een geavanceerde technologie die wordt gebruikt om microscopisch kleine patronen op halfgeleiderchips te creëren. In tegenstelling tot traditionele optische lithografie, die licht met een golflengte van 193 nm gebruikt, maakt EUV-lithografie gebruik van extreem ultraviolette straling met een golflengte van 13,5 nm. Deze kortere golflengte maakt het mogelijk om veel kleinere en complexere patronen te projecteren, waardoor chips met een hogere dichtheid van transistors en componenten kunnen worden geproduceerd. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van krachtigere en energiezuinigere elektronische apparaten. Experts hebben in interviews aangegeven dat EUV-lithografie een grote invloed op de wereldeconomie zal hebben door de prestaties van halfgeleiderchips te verbeteren, innovatie en concurrentievermogen te stimuleren en de basis te leggen voor verdere technologische vooruitgang en economische groei.

Next-generation sensors

Next-generation sensoren zijn geavanceerde apparaten die innovatieve technologieën benutten om nauwkeurige en veelzijdige gegevensverzameling mogelijk te maken. (Dialogic, 2020) Ze spelen een cruciale rol in uiteenlopende sectoren, waaronder gezondheidszorg, industriële automatisering, transport, milieumonitoring en meer. Enkele voorbeelden zijn biosensoren, omgevingssensoren en flexibele en draagbare sensoren. Door betere monitoring, slimmere besluitvorming, verbeterde productieprocessen en innovatie te bevorderen, hebben deze sensoren een veelzijdige invloed op de wereldeconomie.

4.2.3 Mitigatie en negatieve kanten

Cybersecurity

Cybersecurity verwijst naar de praktijken, maatregelen en technologieën die worden ingezet om computersystemen, netwerken, software en gegevens te beschermen tegen cyberdreigingen, zoals cyberaanvallen, hacking, datalekken en andere vormen van kwaadwillende activiteiten die gericht zijn op het verstoren, beschadigen of ongeoorloofd verkrijgen van informatie. (IPOL, 2022) Het doel van cybersecurity is om de vertrouwelijkheid, integriteit en beschikbaarheid van digitale systemen en gegevens te waarborgen. Hierbij worden verschillende lagen van beveiliging toegepast om kwetsbaarheden te minimaliseren en te reageren op potentiële risico's. Enkele belangrijke aspecten van cybersecurity zijn identificatie en authenticatie, netwerkbeveiliging, gegevensversleuteling en cloud beveiliging. Met de voortdurende groei van cyberdreigingen en de toenemende complexiteit ervan, krijgt cybersecurity een steeds grotere betekenis voor zowel bedrijven als individuen. Het is van essentieel belang om zich te verdedigen tegen deze aanvallen en de veiligheid van gegevens te waarborgen.

Digitale ethiek

Digitale ethiek verwijst naar de studie en toepassing van morele principes en waarden in relatie tot digitale technologieën, informatietechnologie en het gebruik van digitale systemen. Het omvat het onderzoeken van de morele implicaties en gevolgen van technologische ontwikkelingen, het nadenken over ethische dilemma's die kunnen ontstaan in de digitale wereld, en het ontwikkelen van richtlijnen en normen om verantwoordelijk en ethisch gedrag in digitale omgevingen te bevorderen. (Gartner, 2022) Digitale ethiek behandelt een breed scala aan onderwerpen, waaronder privacy, beveiliging, hacking, AI en de verantwoordelijkheid van technologiebedrijven. De ontwikkeling van digitale ethiek is van belang voor de wereldeconomie, aangezien het vertrouwen en reputatie van bedrijven versterkt, naleving van regelgeving bevordert, innovatie en concurrentievermogen stimuleert, klantloyaliteit vergroot, internationale handel vergemakkelijkt, investeerdersvertrouwen opbouwt en bijdraagt aan robuuste cybersecurity, waardoor een gunstig klimaat wordt gecreëerd voor duurzame economische groei en samenwerking in de moderne digitale wereld.

Gepersonaliseerde software

Gepersonaliseerde software is maatwerktechnologie die is afgestemd op de specifieke behoeften, voorkeuren en kenmerken van individuele gebruikers. Het verschilt van de traditionele uniforme aanpak door aanpassingen te bieden, variërend van visuele lay-out en functionaliteit tot aanbevelingen en gebruikersinstellingen. Voorbeelden zijn onder andere streamingdiensten die inhoud suggereren op basis van gebruikersgedrag, online winkels die specifieke aanbiedingen tonen en gebruikersinterfaces die visueel worden aangepast. Hoewel gepersonaliseerde software de gebruikerservaring kan verbeteren, moeten zorgen over privacy en gegevensbeveiliging worden aangepakt vanwege het verzamelen en analyseren van

gebruikersgegevens. Het belang van gepersonaliseerde software in de economie wordt versterkt door de groeiende nadruk op individuele behoeften en voorkeuren. Naarmate gebruikers meer gewend raken aan op maat gemaakte ervaringen in hun dagelijks leven, verwachten ze ook dat digitale interacties aansluiten bij hun persoonlijke voorkeuren. Dit creëert een vraag naar gepersonaliseerde softwareoplossingen in verschillende sectoren, zoals e-commerce, gezondheidszorg, entertainment en marketing. Experts hebben in interviews aangegeven dat de mogelijkheid om gebruikersgerichte diensten aan te bieden bedrijven een concurrentievoordeel kan opleveren en nieuwe kansen voor groei en differentiatie kan creëren.

Personalised data

Het concept gepersonaliseerde data verwijst naar informatie en gegevens die specifiek zijn afgestemd op individuele gebruikers of groepen gebruikers, met als doel een meer relevante en aangepaste gebruikerservaring te bieden. (Rijksoverheid, 2021) Gepersonaliseerde data worden verzameld door het analyseren van gebruikersgedrag, interacties en voorkeuren over tijd. Dit kan worden bereikt met behulp van geavanceerde algoritmen, kunstmatige intelligentie en machine learning-technieken. Deze gegevens worden verzameld en verwerkt om inhoud, aanbiedingen, functionaliteit en andere aspecten van interactie met digitale platforms en diensten op maat te maken voor de behoeften, voorkeuren en gedragingen van individuen. Enkele voorbeelden van gepersonaliseerde data zijn productaanbiedingen, nieuws en artikelen, gebruikersinstellingen en voorkeuren. Hoewel gepersonaliseerde data de gebruikerservaring kunnen verbeteren door relevantie en efficiëntie te vergroten, is er ook aandacht voor privacy en beveiliging nodig om ervoor te zorgen dat persoonlijke gegevens op verantwoorde wijze worden gebruikt en beschermd. Individuele behoeften zullen een toenemende rol blijven spelen bij het creëren van een goede gebruikerservaring, waardoor deze ontwikkeling van gepersonaliseerde gegevens een aanzienlijke invloed zal hebben op de wereldeconomie.

4.2.4 Telecom en cloud

Satelliettechnologie en toepassingen van satellietdata

Satelliettechnologie verwijst naar de technologie die wordt gebruikt om satellieten te ontwerpen, lanceren en bedienen. (McKinsey, 2020) Satellieten zijn kunstmatige objecten die in een baan om de aarde of andere hemellichamen worden geplaatst en verschillende functies en doeleinden dienen. Ze kunnen variëren van communicatiesatellieten die telecommunicatiediensten mogelijk maken tot observatiesatellieten die gegevens over de aarde verzamelen en verzenden. Toepassingen van satellietdata zijn communicatie, navigatie, aardobservatie, milieumonitoring en landbouw- en voedselzekerheid. Samengevat blijft satelliettechnologie groeien vanwege de steeds grotere afhankelijkheid van wereldwijde communicatie, de behoefte aan nauwkeurige navigatie, gegevensverzameling en observatie vanuit de ruimte, evenals de opkomst van nieuwe markten en technologische innovaties in deze sector.

Next-generation Telecommunication (6G)

Next-generation telecommunicatie, ook wel aangeduid als 6G, verwijst naar de toekomstige zesde generatie mobiele communicatietechnologie. Terwijl 5G nog in de uitrolfase zit, wordt er al onderzoek gedaan naar wat 6G zou kunnen brengen. 6G wordt verwacht de opvolger te zijn van 5G en nog geavanceerdere mogelijkheden en verbeteringen te bieden op het gebied van draadloze communicatie. (Gartner, 2022) Hierdoor is het een trend om mee te nemen voor de toekomst, met grote effecten op de wereldeconomie. Enkele kenmerken en verwachte eigenschappen van 6G zijn hogere datasnelheden, lagere latentie, meer

betrouwbare connectiviteit, uitgebreidere dekking, integratie van AI, duurzaamheid en energie-efficiëntie.

Edge computing

Edge computing is een gedistribueerde computertechnologie die gericht is op het verwerken en analyseren van gegevens dicht bij de bron, waar gegevens worden gegenereerd, in plaats van ze naar externe datacenters of de cloud te verzenden voor verwerking. Deze aanpak vermindert vertragingen (latency) en verhoogt de reactiesnelheid, wat vooral belangrijk is voor realtime toepassingen en Internet of Things (IoT) apparaten. (Gartner, 2022) In edge computing wordt de verwerkingscapaciteit naar de "rand" van het netwerk gebracht, dicht bij de gebruikers of apparaten. Hierdoor kunnen gegevens snel worden verwerkt, waardoor de noodzaak om alle gegevens naar een centrale locatie te verzenden, wordt verminderd. Dit heeft verschillende voordelen, zoals efficiëntere gegevensverwerking, onafhankelijkheid van internetconnectiviteit en kostenbesparing. Edge computing wordt gebruikt in een breed scala aan toepassingen, waaronder slimme steden, industriële automatisering, gezondheidszorg, logistiek en landbouw. Het maakt deel uit van de evolutie van computertechnologie om te voldoen aan de behoeften van moderne datagestuurde en gedistribueerde omgevingen.

Cloud computing

Cloud computing is een model voor het leveren van computertechnologie via het internet, waarbij diensten zoals rekenkracht, opslag en software beschikbaar worden gesteld door externe cloud serviceproviders in plaats van lokale hardware. (Berger, 2020) Het omvat verschillende modellen, waaronder Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) en Software as a Service (SaaS), en kan worden ingedeeld in public, private, hybride en community clouds. Cloud computing biedt voordelen zoals schaalbaarheid, flexibiliteit en kostenbesparing, en heeft de traditionele aanpak van IT-infrastructuur en -diensten getransformeerd, waardoor organisaties gemakkelijker toegang hebben tot geavanceerde technologieën en resources. Kortom, cloud computing verandert de manier waarop organisaties IT-resources benaderen en gebruiken.

Internet of Everything (IoE) / Internet of Things (IoT)

Het "Internet of Everything" (IoE) en het "Internet of Things" (IoT) zijn concepten die verwijzen naar de toenemende connectiviteit van alledaagse objecten en apparaten via het internet, waardoor ze in staat zijn om gegevens te verzamelen, te communiceren en samen te werken met andere apparaten en systemen. Hoewel de termen vaak door elkaar worden gebruikt, hebben ze enigszins verschillende betekenissen. (Birch, 2021)

1. Internet of Things (IoT): IoT verwijst naar het netwerk van fysieke objecten of "dingen" die zijn uitgerust met sensoren, software en connectiviteit om gegevens te verzamelen en te delen. Deze objecten kunnen variëren van huishoudelijke apparaten, voertuigen en industriële machines tot wearables en smart city-infrastructuur. Het doel van IoT is om deze objecten te laten communiceren en samenwerken om efficiëntie te verbeteren, gegevensgestuurde beslissingen te ondersteunen en nieuwe diensten te creëren.

2. Internet of Everything (IoE): IoE is een uitbreiding van het concept van IoT, waarbij naast fysieke "dingen" ook mensen, processen en gegevens worden opgenomen. Het omvat niet alleen apparaten die gegevens verzamelen en communiceren, maar ook de mensen die deze apparaten gebruiken, de processen die worden aangestuurd door deze gegevens, en de onderliggende technologieën die dit mogelijk maken. IoE benadrukt de bredere invloed van connectiviteit op alle aspecten van het dagelijks leven en zakelijke activiteiten.

Beide concepten, IoT en IoE, hebben geleid tot tal van toepassingen in diverse sectoren, waaronder slimme woningen, gezondheidszorg, landbouw, transport, productie,

energiebeheer en stedelijke planning. Door objecten en apparaten te verbinden met het internet, kunnen ze gegevens genereren, analyseren en gebruiken om processen te optimaliseren, besluitvorming te verbeteren en nieuwe diensten en ervaringen te creëren, wat maakt dat deze technologieën in nu en in de toekomst zullen groeien.

Software as a Service (SaaS)

SaaS (Software as a Service) vormt een specifiek model binnen cloud computing, waarbij softwaretoepassingen via het internet worden aangeboden en beheerd door externe serviceproviders. Hierbij hebben gebruikers de mogelijkheid om de software via een webbrowser te gebruiken, zonder lokale installaties uit te voeren. Deze aanpak valt binnen de bredere context van cloud computing. De serviceprovider neemt verantwoordelijkheid voor updates, beveiliging en infrastructuur, terwijl gebruikers abonnementskosten betalen voor de dienst. SaaS brengt voordelen met zich mee, waaronder gemakkelijke toegang, schaalbaarheid, kostenefficiëntie en automatische updates. Dit model wordt ingezet voor diverse toepassingen, zoals e-mail, Customer Relationship Management (CRM), samenwerking en projectmanagement.

SaaS heeft de manier waarop software wordt aangeboden en gebruikt, getransformeerd. Organisaties kunnen nu snel en flexibel softwaretoepassingen implementeren zonder grote initiële investeringen in hardware en infrastructuur. Dit heeft de toegang tot geavanceerde technologie vergroot, vooral voor kleine en middelgrote bedrijven. SaaS heeft ook gezorgd voor grotere concurrentiekracht en innovatie doordat bedrijven zich kunnen richten op hun kernactiviteiten in plaats van zich bezig te houden met softwareontwikkeling en onderhoud. Bovendien heeft het wereldwijde samenwerking en remote werk vergemakkelijkt, wat cruciaal is geworden in een steeds meer gedigitaliseerde wereld. Uit interviews met experts is gebleken dat de adoptie van SaaS de wereldeconomie wendbaarder en efficiënter gemaakt, en nieuwe zakelijke modellen en groeimogelijkheden mogelijk gemaakt.

4.2.5 Toepassingen (hardware)

Semiconductors

Halfgeleiders zijn materialen die elektrische geleidbaarheid vertonen die tussen die van geleiders (zoals metalen) en isolatoren (zoals niet-metalen) ligt. Ze vormen een specifieke categorie van materialen met unieke elektrische eigenschappen door hun atomaire structuur. Bij halfgeleiders is het gedrag van elektronen cruciaal. De buitenste elektronen, bekend als valentie-elektronen, hebben relatief lage energieniveaus en zijn stevig gebonden aan atomen. Door echter energie toe te passen (warmte, licht of een elektrisch veld), kunnen deze elektronen "gepromoveerd" worden naar hogere energieniveaus, waardoor ze vrijer door het materiaal kunnen bewegen en bijdragen aan elektrische geleidbaarheid. Halfgeleiders zijn fundamenteel voor de elektronica en worden uitgebreid gebruikt in verschillende toepassingen, waaronder transistoren, diodes, microchips, sensoren en microprocessoren. (Directorate-General for External Policies, 2021) Halfgeleiders hebben een transformerende rol gespeeld in technologie en hebben de ontwikkeling van moderne elektronica en informatietechnologie mogelijk gemaakt, waardoor ze met zekerheid een belangrijke trend vormen in de wereldeconomie. Ze hebben communicatie, berekening en gegevensopslag gerevolutioneerd en hebben vormgegeven aan de manier waarop we interactie hebben met en technologie benutten in ons dagelijks leven.

3D-Printen

3D-printen, ook bekend als additieve productie, is een productietechnologie waarbij driedimensionale objecten worden gemaakt door laag voor laag materiaal toe te voegen volgens een digitaal 3D-model. (ESPAS, 2019) Dit staat in contrast met traditionele methoden waarbij materiaal wordt verwijderd. Het proces omvat het maken van een 3D-model, het opdelen

in lagen, het bouwen van het object laag voor laag met behulp van materialen zoals plastic of metaal, en eventuele afwerking. Voordelen zijn onder andere complexe ontwerp mogelijkheden, snelle prototyping, materiaalbesparing en lokale productie. 3D-printen wordt gebruikt in diverse industrieën en heeft de manier waarop objecten worden ontworpen en gemaakt ingrijpend veranderd. Samengevat biedt 3D-printen een combinatie van efficiëntere productie, maatwerk, snelle innovatie, verminderde voorraadkosten, duurzaamheid en bredere economische diversificatie. Al deze aspecten dragen bij aan de positieve impact van 3D-printen op de wereldeconomie.

Drones

Drones, ook wel onbemande luchtvaartuigen genoemd, zijn vliegende apparaten die zonder menselijke piloot opereren. Ze kunnen op afstand worden bestuurd of autonoom vliegen met behulp van elektrische motoren, propellers en sensoren. Drones hebben diverse toepassingen, waaronder luchtfotografie, inspectie, landbouw, milieuonderzoek, bezorging, reddingsoperaties, wetenschappelijk onderzoek en recreatie. Ze zijn uitgerust met sensoren en hebben voordelen zoals toegang tot moeilijk bereikbare plaatsen en snelle gegevensverzameling, maar brengen ook uitdagingen met zich mee, zoals regelgevingsvraagstukken en privacy kwesties. (McKinsey, 2022) Door de brede toepassingsmogelijkheden is dit een trend die invloed heeft op verschillende sectoren.

Autonomous mobility

Autonome mobiliteit, ook bekend als autonoom transport of zelfrijdende mobiliteit, verwijst naar het vermogen van voertuigen om te opereren en te navigeren zonder directe menselijke tussenkomst. Deze voertuigen zijn uitgerust met geavanceerde technologieën zoals sensoren, camera's, lidar, radar en kunstmatige intelligentie (AI)-systemen die hen in staat stellen hun omgeving waar te nemen, *realtime* beslissingen te nemen en veilig te navigeren door verschillende omgevingen. (Directorate-General for External Policies, 2020) Autonome mobiliteit omvat een scala aan transportmodi, waaronder auto's, vrachtwagens, openbaar vervoer, drones, schepen en treinen. Echter, de ontwikkeling en implementatie van autonome voertuigen brengen ook technische, ethische, regelgevende en juridische uitdagingen met zich mee. Het waarborgen van de veiligheid van passagiers, voetgangers en andere weggebruikers blijft een cruciale overweging bij de vooruitgang van technologieën voor autonome mobiliteit. Autonome mobiliteit heeft het potentieel om transport te transformeren door de veiligheid te verbeteren, verkeerscongestie te verminderen, de energie-efficiëntie te verbeteren en meer toegankelijkheid te bieden voor mensen die niet kunnen rijden.

4.2.6 Toepassingen (software en hardware)

Augmented en Virtual Reality

Augmented Reality (AR) is een technologie waarbij digitale informatie, zoals afbeeldingen, tekst of virtuele objecten, wordt toegevoegd aan de echte wereld om een gecombineerde realiteit te creëren. Dit gebeurt meestal via een smartphone, tablet of AR-bril. Met AR kunnen gebruikers hun fysieke omgeving zien terwijl ze extra digitale elementen ervaren die in die omgeving zijn geplaatst. Dit kan variëren van eenvoudige overlays, zoals weersinformatie op een smartphone, tot complexere toepassingen zoals het projecteren van bouwplannen op een fysieke bouwplaats voor architecten. AR biedt interactieve en informatieve ervaringen door de grenzen tussen de digitale en echte wereld te vervagen. (Birch, 2021)

Virtual Reality (VR) is een technologie die gebruikers onderdompelt in een volledig virtuele omgeving die afzonderlijk bestaat van de echte wereld. Dit wordt meestal bereikt met behulp van een VR-headset die het gezichtsveld van de gebruiker bedekt en hen een geheel nieuwe omgeving laat ervaren. In een VR-omgeving kunnen gebruikers driedimensionale beelden,

geluiden en interactieve elementen ervaren, waardoor ze het gevoel hebben dat ze zich echt op een andere locatie bevinden. VR wordt gebruikt in entertainment, gaming, training, educatie en simulaties, waarbij gebruikers volledig worden ondergedompeld in een gecreëerde realiteit die kan variëren van realistisch tot fantasierijk.

Kort samengevat: Augmented Reality voegt digitale elementen toe aan de echte wereld, terwijl Virtual Reality gebruikers onderdompelt in een volledig virtuele omgeving. Beide technologieën hebben hun eigen unieke toepassingen en mogelijkheden met een maatschappelijk nut.

4.2.7 Toepassingen (software)

Digital Twin

Een digital twin, in het Nederlands vertaald als "digitale tweeling," verwijst naar een digitale representatie van een fysiek object, proces, systeem of entiteit. Het is een virtuele replica die nauwkeurig de eigenschappen, kenmerken en gedragingen van het echte object of de echte entiteit nabootst. (TNO, 2022) Een digital twin wordt continu bijgewerkt met realtime gegevens van het echte object, waardoor het mogelijk is om zijn status en prestaties te volgen en te analyseren. Door de brede toepassingsmogelijkheden van digital twins in verschillende sectoren, zoals de industrie, bouw en infrastructuur, gezondheidszorg, stedelijke planning en de lucht- en ruimtevaart, is dit een trend in de wereldeconomie.

Fintech

Fintech, een afkorting van "financiële technologie," verwijst naar technologische innovaties en toepassingen die gebruikt worden om financiële diensten te verbeteren, te vereenvoudigen en te vernieuwen. Fintech omvat een breed scala aan technologieën en zakelijke benaderingen die de manier waarop financiële diensten worden aangeboden en gebruikt ingrijpend veranderen. Het omvat gebieden zoals betalingen, leningen, digitale bankieren, investeringen, verzekeringen en meer. Uit interviews met experts is gebleken dat Fintech de potentie heeft om financiële diensten efficiënter en toegankelijker te maken, maar brengt ook uitdagingen met zich mee, zoals regelgeving en beveiliging.

4.3 Duurzaamheid

4.3.1 Duurzame energie (opwekken)

Zonne-energie

Zonne-energie is een vorm van hernieuwbare energie die wordt geproduceerd door de straling van de zon te benutten. Deze vorm van energieopwekking maakt gebruik van technologieën zoals zonnepanelen of fotonvoltaïsche cellen om zonlicht direct om te zetten in elektriciteit of zonneboilers om zonnewarmte te verzamelen voor warmwaterproductie of ruimteverwarming. (TNO, 2023) Zonne-energie is een duurzame en milieuvriendelijke bron van elektriciteit en warmte, omdat het geen broeikasgassen of schadelijke emissies produceert tijdens de energieopwekking. Het wordt beschouwd als een essentieel onderdeel van de wereldwijde inspanningen om de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen en de overgang naar schone en duurzame energiebronnen te bevorderen en is daarom een belangrijke trend in de wereldwijde economie.

Windenergie

Windenergie is een vorm van hernieuwbare energie die wordt opgewekt door de kracht van de wind te benutten. Deze energieopwekking vindt meestal plaats door middel van

windturbines of windmolens die in windrijke gebieden worden geplaatst. De beweging van de wind zorgt ervoor dat de wieken van de windturbines draaien, waardoor kinetische energie wordt gegenereerd. Deze kinetische energie wordt vervolgens omgezet in elektriciteit door middel van een generator in de turbine. Windenergie heeft het potentieel om een aanzienlijk deel van de wereldwijde energiebehoefte te voorzien en speelt een essentiële rol in het streven naar een meer duurzame energievoorziening en is daarom een belangrijke internationale trend. (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022)

Kernenergie

Kernenergie is een vorm van energieopwekking die voortkomt uit het proces van kernsplijting of kernfusie. In het geval van kernsplijting wordt de energie geproduceerd door het splitsen van atoomkernen van zware elementen, zoals uranium-235 of plutonium-239, in een nucleaire reactor. (European Commission, 2022) Hierbij komen grote hoeveelheden warmte vrij, die vervolgens worden gebruikt om water te verwarmen en stoom te genereren. Deze stoom drijft turbines aan, die op hun beurt elektriciteit opwekken door middel van generatoren. Aangezien het essentieel wordt beschouwd om over te gaan naar duurzame en CO₂-arme energieproductie en kernenergie een 'schone' manier is om energie op te wekken, is dit een wereldwijde trend van belang. Daarnaast levert kernenergie ook een efficiënte manier om grote hoeveelheden energie op te wekken.

4.3.2 Duurzame energie (opslag)

Groene waterstof

Groene waterstof, ook wel duurzame waterstof genoemd, is een vorm van waterstofgas (H₂) die wordt geproduceerd via een milieuvriendelijk en koolstofvrij proces. Het wordt als "groen" beschouwd omdat het wordt geproduceerd met behulp van hernieuwbare energiebronnen, zoals wind-, zonne- of waterkracht, om water (H₂O) te splitsen in waterstof en zuurstof en er geen CO₂ vrijkomt tijdens de productie. Het gebruik van groene waterstof als energiebron heeft veel potentiële voordelen. Het kan dienen als een opslagmedium voor hernieuwbare energie, omdat overtollige elektriciteit kan worden gebruikt om waterstof te produceren wanneer de vraag laag is, en de waterstof kan vervolgens worden omgezet in elektriciteit wanneer de vraag hoog is. Bovendien kan groene waterstof worden gebruikt als een schone brandstof voor verschillende toepassingen, zoals brandstofcellen voor voertuigen, industriële processen en energieopslag. Interviews met experts hebben uitgewezen dat het wordt beschouwd als een essentieel onderdeel van de wereldwijde inspanningen om de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen en de overgang naar schone en duurzame energiebronnen te bevorderen, waarvan groene waterstof een onderdeel kan zijn, en het is daarom een belangrijke trend in de wereldwijde economie.

Batterijtechnologie

Batterijtechnologie verwijst naar het vakgebied dat zich bezighoudt met de studie, ontwikkeling, fabricage en verbetering van batterijen. Een batterij is een elektronisch apparaat dat chemische energie opslaat en deze omzet in elektrische energie wanneer dat nodig is. Het bestaat uit één of meerdere elektrochemische cellen, die chemische reacties gebruiken om elektrische ladingen te genereren. De ontwikkeling van batterijtechnologie is gericht op het verbeteren van de prestaties en eigenschappen van batterijen, zoals energiedichtheid, oplaadtijd, levensduur, veiligheid en kostenefficiëntie. Experts hebben in interviews aangegeven dat batterijontwikkeling van essentieel belang is om de overgang naar duurzame energie en mobiliteit te ondersteunen, nieuwe economische kansen te creëren, de milieu-impact te verminderen en de wereldwijde economische groei te stimuleren.

4.3.3 Klimaatbuffer

Klimaatadaptatie

Klimaatadaptatie verwijst naar het proces waarbij samenlevingen en ecosystemen zich aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering om de negatieve impact ervan te verminderen en zich beter voor te bereiden op toekomstige veranderingen die teweeg worden gebracht door klimaatverandering. (TNO, 2022) Klimaatadaptatie omvat strategieën, maatregelen en beleidsmaatregelen die gericht zijn op het verminderen van kwetsbaarheden en het vergroten van de veerkracht van gemeenschappen, economieën en ecosystemen. Enkele voorbeelden van klimaatadaptatie-initiatieven zijn waterbeheer, landbouw- en voedselzekerheid bevorderen en het aanpassen van infrastructuur. Innovaties op deze aspecten dragen bij aan een klimaatbestendige samenleving en zijn daarom van groot belang.

Nature Based Solutions

Nature Based Solutions verwijzen naar benaderingen en strategieën die natuurlijke ecosystemen en processen gebruiken om maatschappelijke uitdagingen aan te pakken, met name die gerelateerd zijn aan klimaatverandering, milieuvervuiling, natuurrampen, en duurzaamheid. (WUR, 2023) In plaats van volledig afhankelijk te zijn van technologische oplossingen, maken Nature Based Solutions gebruik van de kracht en veerkracht van de natuur om problemen aan te pakken en positieve resultaten te behalen. Enkele voorbeelden zijn het bevorderen van groene ruimte infrastructuur, kustbescherming en herstel van ecosystemen. De opkomende dreiging van klimaatverandering, afname van biodiversiteit en de daaruit voortvloeiende beperkende invloed op de economische ruimte vormen een groeiend gevaar voor het welzijn en de welvaart van zowel huidige als komende generaties in Nederland. Om zowel de bestaande als toekomstige inkomsten te behouden en te versterken, en om ook op lange termijn een veilige en gezonde leef- en werkomgeving te waarborgen, zijn ingrijpende aanpassingen nodig in onze benadering van landgebruik en het beheer van bodem en water. Om deze redenen is Nature Based Solutions een trend in de wereldeconomie.

4.3.4 Landbouw

Eiwittransitie (dierlijk, cellulaire agricultuur)

De eiwittransitie verwijst naar een verschuiving in de voedselproductie en -consumptie van traditionele dierlijke eiwitten naar duurzamere en milieuvriendelijkere eiwitbronnen. Het doel van de eiwittransitie is om de negatieve impact van de veehouderij op het milieu, klimaatverandering en dierenwelzijn te verminderen, terwijl tegelijkertijd wordt voldaan aan de toenemende wereldwijde vraag naar eiwitten als gevolg van de groeiende bevolking en veranderende eetgewoonten. Experts hebben in interviews aangegeven dat de overgang naar duurzame eiwitbronnen nieuwe economische kansen creëert, export en handel bevordert, kosten vermindert, hulpbronefficiëntie verbetert, risicospreiding biedt en investeringen aantrekt. Dit draagt bij aan economische groei, innovatie en stabiliteit, en creëert een balans tussen duurzaamheid en economische belangen, en is daarom een trend in de wereldeconomie.

Eiwittransitie (plantaardig)

De eiwittransitie met betrekking tot plantaardige eiwitten verwijst naar de verschuiving in de voedselproductie en -consumptie van dierlijke eiwitten naar plantaardige eiwitten als een duurzamere en milieuvriendelijkere eiwitbron. Het doel is om de impact van de veehouderij op het milieu, klimaatverandering en dierenwelzijn te verminderen, terwijl er wordt voldaan aan de groeiende vraag naar eiwitten als gevolg van de toenemende wereldbevolking en veranderende eetgewoonten. Experts hebben aangegeven dat door meer plantaardige

eiwitten te consumeren en traditioneel dierlijk eiwit gedeeltelijk te vervangen, individuen en de maatschappij als geheel kunnen profiteren van een aantal voordelen, waaronder verminderde broeikasgasemissies, minder land- en watergebruik, bescherming van de biodiversiteit en een verbetering van de algemene gezondheid.

Circulaire voedselproductie

Circulaire voedselproductie is een benadering van voedselproductie en -consumptie die is ontworpen om zo min mogelijk afval te genereren, natuurlijke hulpbronnen efficiënt te gebruiken en ecosystemen te beschermen. Het is een duurzame benadering die streeft naar een gesloten kringloop waarin de afvalstoffen van het ene proces dienen als grondstoffen voor een ander proces. (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2019) Enkele voorbeelden hiervan zijn kringlooplandbouw, lokaal geproduceerd voedsel en het minimaliseren van voedselverspilling. Deze benadering is niet alleen milieugericht, maar heeft ook economische relevantie. Het speelt in op de vraag naar duurzaam voedsel en stimuleert innovatie, wat nieuwe markten, bedrijfskansen en werkgelegenheid genereert. Daarnaast vermindert het de afhankelijkheid van schaarse hulpbronnen en vergroot het de veerkracht van de voedselvoorzieningsketen, wat bijdraagt aan economische stabiliteit.

Klimaatadaptieve agricultuur

Klimaatadaptieve landbouw verwijst naar landbouwpraktijken en -systemen die zijn aangepast aan de gevolgen van klimaatverandering. Het omvat strategieën die boeren en landbouwbedrijven helpen om zich aan te passen aan de veranderende klimaatomstandigheden, zoals toenemende temperaturen, veranderende neerslagpatronen, droogte, overstromingen en extreme weersomstandigheden. Enkele kenmerken van klimaatadaptieve landbouw zijn diversificatie van gewassen, waterbeheer en het benutten van weersvoorspellingen en klimaatinformatie. (WUR, 2022) Ook hier spelen de toenemende wereldbevolking, klimaatverandering en geopolitieke aspecten een grote rol in deze trend.

Regeneratieve landbouw

Regeneratieve landbouw is een landbouwbenadering die gericht is op het herstellen en verbeteren van de gezondheid van de bodem, de biodiversiteit, en de veerkracht van landbouwsystemen. Het doel van regeneratieve landbouw is om niet alleen duurzaam te zijn, maar ook actief bij te dragen aan het herstel van de natuurlijke ecosystemen en het verminderen van de negatieve impact op het milieu. (TNO, 2023) Het belangrijkste verschil tussen regeneratieve landbouw en traditionele landbouw is de focus op het herstellen en versterken van natuurlijke processen en het creëren van een harmonieus ecosysteem waarin de landbouwactiviteiten samengaan met het behoud van biodiversiteit en ecologische balans. In het kort draagt regeneratieve landbouw bij aan verbeterde landbouwproductiviteit, kostenverlagingen, nieuwe economische kansen en duurzame ontwikkeling. Het heeft positieve effecten op meerdere economische aspecten, van voedselproductie tot werkgelegenheid en lokale gemeenschappen.

4.3.5 Materialen

Carbon Capture & Utilization

'Carbon Capture & Utilization' (CCU) verwijst naar een reeks technologieën en processen die zijn ontworpen om koolstofdioxide (CO₂) uit de atmosfeer of industriële emissies op te vangen en nuttig te gebruiken in verschillende toepassingen. Het doel van CCU is om CO₂-emissies te verminderen en tegelijkertijd waarde te creëren door het gebruik van CO₂ als grondstof voor andere producten en processen, waardoor het broeikasgas in de atmosfeer wordt verminderd en er een circulaire koolstofeconomie wordt bevorderd. Uit interviews met

experts blijkt dat CCU een trend vertegenwoordigt vanwege zijn cruciale rol in het aanpakken van klimaatverandering, de voortdurende behoefte aan innovatie en onderzoek, en de economische en technologische kansen die het biedt.

Circulaire materialen

Circulaire materialen zijn materialen die zijn ontworpen, geproduceerd en gebruikt met het oog op hergebruik, recycling en verlengde levenscycli. In een circulaire economie worden materialen niet als afval beschouwd, maar eerder als waardevolle grondstoffen die continu kunnen worden gerecycled en hergebruikt in nieuwe producten, zonder dat er waardevolle hulpbronnen verloren gaan. (RIVM, 2020) Voorbeelden van circulaire materialen zijn gerecyclede kunststoffen, biologisch afbreekbare bioplastics, gerecyclede metalen, hergebruikte vezels voor textiel, en hernieuwbare materialen zoals bamboe en hennep. Het investeren in circulaire materialen is een trend omdat het bijdraagt aan de doelstellingen van de Nederlandse overheid op het gebied van duurzaamheid.

Groene chemie

Groene chemie is een benadering van chemie die gericht is op het ontwerpen, ontwikkelen en produceren van chemische producten en processen die de impact op het milieu minimaliseren en duurzaam zijn. Het doel van groene chemie is om chemische technologieën te ontwikkelen die veiliger zijn voor mens en milieu, minder afval genereren en minder gebruik maken van schadelijke chemicaliën en oplosmiddelen. Dit maakt groene chemie een trend die bijdraagt aan de klimaatdoelstellingen van de overheid en de EU. (World Economic Forum, 2021)

Biobased producten

Biobased producten zijn goederen die volledig of gedeeltelijk vervaardigd zijn uit hernieuwbare biologische materialen van natuurlijke herkomst. Deze materialen worden vaak verkregen uit biomassa, zoals planten, algen, dieren of micro-organismen. Het gebruik van biobased materialen heeft als doel om de afhankelijkheid van niet-hernieuwbare fossiele brandstoffen en materialen te verminderen. Dit vormt een opkomende trend die bijdraagt aan de klimaatdoelstellingen van de Europese Unie om de impact op het klimaat te minimaliseren. (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022)

4.3.6 Mobiliteit

Elektrisch vervoer

Elektrisch vervoer verwijst naar voertuigen die worden aangedreven door elektrische motoren in plaats van conventionele verbrandingsmotoren die op benzine of diesel werken. Deze elektrische voertuigen (EV's) gebruiken elektriciteit als primaire energiebron om te rijden, wat hen milieuvriendelijker maakt omdat ze geen directe uitstoot van schadelijke broeikasgassen veroorzaken tijdens het rijden. (McKinsey, 2020) Hoewel elektrisch vervoer veel voordelen heeft, zijn er nog steeds uitdagingen, zoals de beperkte actieradius van batterijen, de infrastructuur voor het opladen van voertuigen en de productie en recycling van batterijen. In het kort draagt elektrisch vervoer bij aan een duurzame economische ontwikkeling door het verminderen van olieafhankelijkheid, stimuleren van technologische innovatie, creëren van nieuwe zakelijke kansen en bevorderen van milieuvriendelijke groei. Het draagt bij aan een toekomstbestendige economie die in lijn is met duurzaamheidsdoelstellingen.

Duurzame infrastructuur

Duurzame infrastructuur verwijst naar het ontwerp, de bouw en het beheer van fysieke structuren en systemen met een focus op milieuvriendelijkheid, sociale rechtvaardigheid,

economische levensvatbaarheid en veerkracht op de lange termijn. Het doel van duurzame infrastructuur is om een positieve impact te hebben op het milieu, de samenleving en de economie, terwijl tegelijkertijd de behoeften van de huidige generatie worden vervuld zonder de mogelijkheid voor toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien in gevaar te brengen. Uit interviews met experts blijkt daarom dat duurzame infrastructuur een trend in de wereldeconomie. Voorbeelden van duurzame infrastructuur kunnen zijn: groene gebouwen met energiezuinige systemen, duurzame water- en afvalbeheerinstallaties, milieuvriendelijke transportnetwerken, slimme en veerkrachtige stadsplanning, en infrastructuur voor hernieuwbare energieopwekking.

4.4 Health en medtech

4.4.1 Bio-engineering

Biotechnologie

Biotechnologie is een multidisciplinair vakgebied dat levende organismen, cellen en moleculen gebruikt om technologische oplossingen te ontwikkelen voor diverse sectoren, zoals geneeskunde, landbouw, voedselproductie, milieu en industrie. Het maakt gebruik van biologische systemen en processen om nieuwe producten te maken, bestaande te verbeteren en wetenschappelijk onderzoek te ondersteunen. Deze trend stimuleert innovatie en onderzoek, heeft positieve effecten op gezondheidszorg, landbouw en milieubescherming, en bevordert duurzame oplossingen. (CBS, 2015) De groeiende vraag naar gepersonaliseerde geneeskunde, betere landbouwpraktijken, milieubescherming en duurzame industriële processen draagt bij aan de groeipotentie van de biotechnologiemarkt. Technologische vooruitgang en veranderende consumentenvoorkeuren spelen een rol bij het stimuleren van investeringen, start-ups en economische activiteit binnen dit vakgebied.

Regeneratieve geneeskunde

Regeneratieve geneeskunde is een interdisciplinair vakgebied dat zich richt op het herstellen, vervangen of regenereren van beschadigde, zieke of verloren gegane weefsels en organen in het menselijk lichaam. Het doel is om het natuurlijke vermogen van het lichaam om zichzelf te genezen te verbeteren en om nieuwe behandelingen te ontwikkelen voor aandoeningen en verwondingen die moeilijk te genezen zijn met traditionele medische interventies. Enkele belangrijke aspecten van regeneratieve geneeskunde zijn celtherapie, weefseltechniek en genetische manipulatie. Experts geven aan dat regeneratieve geneeskunde een trend is vanwege de medische behoefte, vergrijzende bevolking, technologische vooruitgang, investeringen in onderzoek en innovatie, en de mogelijkheid om gepersonaliseerde behandelingen te bieden. Het heeft aanzienlijke economische, medische en maatschappelijke implicaties.

Genoom en DNA-toepassingen (genetische engineering)

Genoom- en DNA-toepassingen omvatten technologieën die gebruikmaken van genetisch materiaal (DNA) en genomische informatie voor verschillende doeleinden. Dit omvat genetische diagnostiek, genetische screening voor aandoeningen, gentherapie, genetisch gemodificeerde organismen (GGO's) in de landbouw, forensische DNA-analyse, fylogenie en evolutieonderzoek, personalized medicine en biotechnologie. (World Economic Forum, 2021) Deze toepassingen hebben een breed scala aan impact, van het verbeteren van de gezondheidszorg en landbouw tot het bevorderen van wetenschappelijk onderzoek en industriële processen, behoort daarom tot de lijst met geïdentificeerde trends.

4.4.2 Diagnostisering

Non-invasieve diagnostisering

Non-invasieve diagnostiek verwijst naar medische procedures en technieken die geen directe penetratie of schade aan het lichaam vereisen. Het zijn diagnostische methoden die informatie verzamelen over de gezondheidstoestand van een persoon zonder dat er invasieve instrumenten of chirurgische ingrepen nodig zijn. (TNO, 2023) In plaats daarvan maken non-invasieve diagnostische methoden gebruik van externe technologieën en beeldvormingstechnieken om gegevens te verkrijgen. Non-invasieve diagnostiek is een trend vanwege de toenemende vraag naar patiëntvriendelijke en veilige diagnostische methoden, de voordelen op het gebied van vroege detectie en preventie, technologische vooruitgang en kostenefficiëntie. Het speelt een cruciale rol in het verbeteren van de gezondheidszorg en het bevorderen van een meer patiëntgerichte benadering van diagnostiek en behandeling.

4.4.3 Personalisering

Personalized medicine

Personalized medicine is een medische benadering waarbij de preventie, diagnose, behandeling en opvolging van ziekten worden afgestemd op de individuele genetische kenmerken, levensstijl, omgevingsfactoren en gezondheidsstatus van elke patiënt. Personalized medicine maakt gebruik van geavanceerde technologieën, zoals DNA-sequencing, genomische analyse en bioinformatica, om een dieper inzicht te krijgen in de genetische basis van ziekten en individuele variatie. (Rijksoverheid, 2021) Het doel is om de juiste behandeling aan de juiste persoon op het juiste moment toe te passen, met als uiteindelijk resultaat betere gezondheidsresultaten, minder bijwerkingen en een verbeterde kwaliteit van leven voor patiënten. Personalized medicine draagt bij aan effectievere zorg voor patiënten en het verbeteren van de algehele gezondheidssector.



5 Groeimarkten voor Nederland

5.1 Conclusies: De twaalf groeimarkten voor Nederland

In onze analyse hebben we de sterke sectoren van Nederland gekruist met internationale trends. Op de plekken waar deze elkaar raken ontstaan groeimarkten voor Nederland, zie ook bijlage 1. Hieronder worden deze groeimarkten nader beschreven. We willen de lezer de notie meegeven dat de toekomst voorspellen inherent lastig is. Over vijf jaar ziet de wereld er weer heel anders uit en zullen sommige groeimarkten zich hebben ontwikkeld richting volwassenheid en zijn andere groeimarkten niet tot wasdom gekomen.

- **Groeimarkt 1: Innovatieve en hoogwaardige moleculen in de biotechsector.** Plantenveredeling & zaadtechnologie en de farmaceutische industrie zijn sterke Nederlandse sectoren en hierop zal AI en quantum computing een impact gaan hebben. AI op korte termijn en quantum computing op de langere termijn. Beide kunnen leiden tot plantenzaden die sterker en veerkrachtiger zijn en bovendien sneller ontwikkeld kunnen worden. Geneesmiddelenontdekking kan nieuwe routes bewandelen en gebruik maken van versnelde testing.
- **Groeimarkt 2: Innovatieve en hoogwaardige nieuwe materialen in de procesindustrie.** Nederland heeft sterke positie in de procesindustrie, concreet in (1) organische chemie, (2) meststoffen en stikstofverbindingen, (3) anorganische chemie en (4) de staal- en metaalindustrie. Net als in de Biotechsector zal ook in de procesindustrie AI op de korte termijn en quantum computing op de langere termijn een impact hebben. Het kan leiden tot de ontwikkeling van nieuwe, betere chemicaliën en materialen, zoals gewasbeschermingsmiddelen, enzymen en katalysatoren.
- **Groeimarkt 3: Smart Farming.** Nederland heeft een sterke agrarische sector. Smart farming is een geavanceerde benadering van landbouw waarbij moderne technologieën worden gebruikt om landbouwactiviteiten (zoals irrigatie, bemesting, ongediertebestrijding) te optimaliseren en te verbeteren. De grootste (en meest schaalbare) groeimarkt ligt in sector die toelevert aan agrarische bedrijven. Hoogwaardige en geautomatiseerde systemen voor agrariërs op het gebied van zuivel (zoals melkmachines), vlees (zoals individueel monitoren van dieren), groente en fruit (zoals plukrobots) en sierteelt (zoals automatische voeding en gewasbescherming).
- **Groeimarkt 4: Halfgeleiders.** In Nederland zijn er twee typen hoogwaardige bedrijven in de halfgeleiderindustrie: (1) bedrijven die voor de productie van halfgeleiders complexe machines ontwikkelen en produceren en (2) bedrijven die zich richten op het ontwikkelen en produceren van halfgeleiders met toepassingen in verschillende sectoren. Voor de eerste groep liggen kansen in toegenomen inzet van AI. Bedrijven in de tweede groep kunnen specifieke halfgeleiders voor specifieke doeleinden in specifieke sectoren gaan ontwikkelen. Ook op het raakvlak van fotonica en halfgeleiders zijn kansen voor beide groepen.
- **Groeimarkt 5: Medtech.** Medische apparatuur is één van de sterk ontwikkelde maakindustrieën in Nederland. Er liggen mogelijke groeimarkten bij de inzet van diagnostic AI in apparatuur, non-invasieve en minimaal-invasieve screening, bioprinting en personalized data. Op de lange termijn kunnen via fotonica, quantum en nanotech interessante nieuwe producten ontwikkeld worden.
- **Groeimarkt 6: Fintech.** Fintech is een relevante groeimarkt in Nederland omdat de diepgaande digitalisering en voortdurende innovatie hebben geleid tot een gevarieerde en concurrerende financiële sector. Concrete groeimarkten liggen op het gebied van verdere integratie van biometrische gegevens voor identificatie en verbeterde fraudedetectie via machine learning.

- **Groeimarkt 7: Digitale transformatie.** Nederland is een van de meest gedigitaliseerde landen ter wereld. Nederlandse bedrijven zijn goed in het integreren van digitale technologie in processen, diensten en producten. De integratie van AI, telecom & cloud en verschillende toepassingen (drones, AR, VR, robotica, et cetera) zorgt voor groeimarkten in veel sectoren. De uitdaging ligt in de integratie van digitale mogelijkheden binnen het speelveld van techniek, businessmodellen, juridische kaders en bestaande contracten. Enkele voorbeelden zijn: de inzet van generative AI voor verbeteren van ontwerpen van vaartuigen, vrachtauto's, gebouwen en andere technische systemen. Het genereren van betere software door AI-code tools. De ontwikkeling van digitale accountants en fiscalisten. De inzet van diagnostic AI in de maakindustrie, bijvoorbeeld voor predictive en preventive maintenance. Diensteninnovaties in de financiële dienstverlening op het gebied van risico-inschattingen. Simulation AI voor (1) betere voorspellingen in watermanagement, (2) supply chain optimalisaties voor transport en opslag van goederen en (3) immersive impact voor de creatieve industrie. Op het gebied van cybersecurity zijn sterk geautomatiseerde (AI-driven) cybersecuritydiensten en quantum resiliënt diensten interessant. Op het gebied van personalized data zijn materiaalpaspoorten voor is het mogelijk maken van hoogwaardig hergebruik van materialen in de bouw een interessant voorbeeld. Voor digitale ethiek kan worden gekeken naar software die zorgt voor compliancy met Europese privacyregels.
- **Groeimarkt 8: (Groene) waterstof.** Waterstof is een relevante groeimarkt vanwege de toenemende mogelijkheden in de toekomst en de groeiende aandacht vanuit allerhande partijen binnen het innovatie-ecosysteem van waterstof. Concrete nieuwe producten zijn verbeterde elektrolyzers en brandstofcellen, vrachtauto's op waterstof en de productie van groene waterstof uit windenergie op de Noordzee.
- **Groeimarkt 9: Klimaatadaptatie.** Als gevolg van klimaatverandering groeit de mondiale vraag naar oplossingen die de negatieve impact ervan mitigeren. Een mogelijk groeimarkt zijn allerlei civieltechnische diensten rondom watermanagement waarin Nederlandse ingenieursbureaus een goede positie hebben. Zij zouden zich ook kunnen gaan richten op producten en diensten rondom stadslandbouw. Bovendien kunnen de Nederlandse zaadveredelaars zich richten op nieuwe gewassen die beter met veranderende weersomstandigheden kunnen omgaan.
- **Groeimarkt 10: Carbon Capture & Storage en Carbon Capture & Utilisation.** Om de klimaatdoelen te halen zal in Nederland meer nodig zijn dat het verduurzamen van de industriële sector, de energiesector en transport en moet CO₂ ook worden opgeslagen en hergebruikt. Mogelijke groeimarkten zijn de ondergrondse opslag van CO₂. De kennis en kunde die Nederland heeft bij het hergebruik van CO₂ kan ook in concrete producten worden omgezet.
- **Groeimarkt 11: Duurzame infrastructuur.** Duurzame infrastructuur is van belang om de klimaatdoelstellingen te verwezenlijken, aangezien het aanzienlijk kan bijdragen aan de vermindering van de totale CO₂-uitstoot. Concrete groeimarkten zijn 'laadoplossingen' voor elektrische voertuigen. Een hele andere mogelijke groeimarkt ligt op het gebied van asfalt, bijvoorbeeld door gebruik te maken van bitumen daken.
- **Groeimarkt 12: Circulaire materialen.** Duurzaamheid staat in het algemeen hoog op de prioriteitenlijst, en het efficiënte hergebruik van materialen vormt hier een belangrijk element in. Hier zijn verschillende groeimarkten mogelijk. De chemische industrie zou zich kunnen richten op versimpelde kunststofcomposieten waardoor chemische recycling eenvoudiger wordt. De aanwezigheid van zinkproductie in Nederland kan worden gebruikt voor de winning van gallium en germanium uit zinkerts. De agrarische kennis kan worden ingezet voor de extractie van eiwitten uit biomassa.

**Innovatieve en hoogwaardige
moleculen in de biotechsector**



5.2 Groeimarkt 1: Innovatieve en hoogwaardige moleculen in de biotechsector

Biotechnologie omvat diverse wetenschappelijke en technologische benaderingen die biologische processen, organismen en systemen benutten om innovatieve toepassingen te ontwikkelen en te verbeteren. Binnen de biotechnologie hebben we twee specifieke markten gevonden die groeipotentieel hebben, namelijk (1) planten & zaden en (2) farmaceutische producten.

5.2.1 Wat is het?

Uit het tweede hoofdstuk is duidelijk geworden dat Nederland een sterke positie heeft in **Plantenveredeling en zaadtechnologie** en in de **Farmaceutische industrie**. Beide sectoren maken deel uit van de biotechsector. In het vorige hoofdstuk kwamen als technologische trends AI en quantum computing naar voren. De combinatie van deze sterke sectoren en technologische trends zorgen voor een interessante groeimarkt voor Nederland. In essentie kunnen deze twee technologieën er voor zorgen dat er sneller en betere nieuwe moleculen kunnen worden ontwikkeld: hetzij op het gebied van planten en zaden (zoals specifiek DNA), hetzij op het gebied van farmaceutische producten (zoals specifieke eiwitten). AI kan op dit moment al toegepast worden voor de ontwikkeling van nieuwe producten. Van quantum computing moeten we een veel langere tijdshorizon hanteren en duurt het waarschijnlijk nog minimaal tien jaar voor nieuwe producten op de markt kunnen komen. Als het gaat om AI dan moet wel aangegeven dat Nederland geen leidende positie heeft in dit domein (Dialogic, 2021), waardoor we harder moeten werken om toepassing van AI in domeinen te realiseren. Voor quantum computing heeft Nederland wel een sterke positie (Dialogic, 2021), waardoor de toepassing in dit domein gestimuleerd kan worden.

Bij planten en zaden ligt de nadruk op het ontwikkelen van nieuwe soorten met unieke eigenschappen of een hoger rendement. Eén belangrijk aspect is plantenveredeling, waarbij doelbewust planten worden geselecteerd en gekruist om gewenste eigenschappen te ontwikkelen, zoals hogere opbrengsten, ziekteresistentie, smaakverbetering en klimaatbestendigheid. Dit proces is cruciaal voor de verbetering van gewassen en sierplanten, en draagt bij aan voedselproductie, veerkracht tegen klimaatverandering en biodiversiteit. Een ander cruciaal onderdeel is zaadtechnologie, dat zich richt op het optimaliseren van zaadkwaliteit, opbrengst, kiemkracht en opslagduur. Deze technologie draagt bij aan succesvolle plantenteelt, duurzame landbouw en het behoud van biodiversiteit. Moderne zaadtechnologie kan ook biotechnologische benaderingen omvatten, zoals genetische modificatie, om specifieke eigenschappen in zaden te introduceren. (Louwaars, et al., 2009)

Naast deze agrarische toepassingen heeft biotechnologie ook invloed op de farmaceutische sector, een strategisch belangrijke industrie binnen de EU-economie. Daarbinnen ligt het groeipotentieel bij farmaceutische producten, zoals nieuwe medicijnen en vaccins. Deze sector, hoewel qua werkgelegenheid relatief kleiner, heeft een grote impact op de Europese concurrentiekracht en het welzijn van burgers. Farmaceutische biotechnologie omvat zowel onderzoek en ontwikkeling als productie van actieve farmaceutische ingrediënten (API's) en afgewerkte producten zoals medicijnen en vaccins. (Vet, et al., 2021)

5.2.2 Waarom is het een groeimarkt?

Het ontwikkelen van nieuwe **planten en zaden** is een groeimarkt omdat het op het kruispunt staat met de sector 'plantenveredeling en zaadtechnologie' (WP1) en de trend AI en quantum computing. AI speelt op dit moment al een steeds grotere rol in de ontwikkeling van plantenveredeling en zaadtechnologie. Enkele manieren waarop AI wordt toegepast zijn onder andere data-analyse, genetische selectie, robotica en zaadselectie. Quantum computing zal op de korte termijn nog niet (grootschalig) voor in deze sector worden toegepast, maar biedt wel unieke kansen. Quantum computing kan R&D extreem versnellen doordat er veel meer gericht (en veel minder via trial and error) kan worden gewerkt. (WEF, 2022) (McKinsey, 2023) (IEEE, 2021)

Nederland is sterk geïmponeerd in de plantenveredeling- en zaadtechnologieseCTOR en kent een lange geschiedenis van hoogstaand onderzoek door bijvoorbeeld de universiteit van Wageningen. Aan de universiteit is recent 42 miljoen euro toegekend voor het virtuele instituut CROP-XR, dat zich zal bezighouden met het ontwikkelen van een nieuwe generatie van robuustere, veerkrachtigere gewassen met een generatie slimmere technologieën en veredelingsinstrumenten, die in staat zijn complexe plantkarakteristieken te verbeteren. Deze gewassen zullen beter bestemd zijn tegen klimaatverandering en minder afhankelijk zijn van schadelijke chemicaliën. (WUR, 2022) Eerdere successen zijn onder andere de ontwikkeling van tomaten, aardappelen, uien, sla, chrysanthemum en kool. (CropXR, sd)AI en quantum technologie kunnen op verschillende manieren worden toegepast om de sterke positie van Nederland te behouden. Ongeveer 35% van de wereldhandel in groentezaad is afkomstig uit Nederland. (ABN-AMRO, 2019) Nederland kent grote bedrijven als Enza Zaden en Bejo Zaden. Het Nederlandse bedrijf Rijk Zwaan is van de grootste bedrijven ter wereld als het gaat om zaden voor groenten en investeert flink in R&D. (Rijk Zwaan, 2022) In de kop van Noord-Holland is een cluster met bedrijven in deze sector: De Seed Valley. (Seed Valley, 2023)

Farmaceutische producten zijn een groeimarkt omdat de farmaceutische industrie (WP1) kruist met twee trends uit het vorige hoofdstuk, namelijk AI en op de langere termijn quantum computing. De sterke positie van Nederland op het gebied van geneesmiddelenonderzoek en -ontwikkeling kan worden versterkt en behouden door de kruising met deze twee trends. De farmaceutische industrie zal in toenemende mate profiteren van zowel AI als kwantumcomputing, met diverse toepassingen die het geneesmiddelenontwikkelingsproces ingrijpend hebben veranderd en innovatieve oplossingen hebben versneld, (Lou & Wu, 2021) waaronder in het domein van geneesmiddelenontdekking – en ontwerp en hergebruik van bestaande geneesmiddelen. Aanvullend op AI heeft kwantumcomputing het potentieel om de farmaceutische industrie te transformeren. (TNO, 2023) (McKinsey, 2023) (McKinsey, 2020). Kwantumcomputers kunnen complexe problemen aanpakken die momenteel buiten het bereik van conventionele computers vallen, met name in gebieden waar enorme hoeveelheden gegevens en berekeningen vereist zijn. (McKinsey, 2023) Deze geavanceerde rekenkracht kan worden ingezet om kwantumsimulaties uit te voeren, wat vooral nuttig is bij het analyseren van complexe moleculaire structuren. Dit heeft implicaties voor het begrijpen van de interacties tussen moleculen en het voorspellen van mogelijke geneesmiddelinteracties, waardoor de ontwikkeling van nieuwe therapieën aanzienlijk wordt versneld.

De Nederlandse farmaceutische industrie focust primair op twee activiteiten: Een deel van de bedrijven richt zich op de productie van farmaceutische grondstoffen, zoals vitamines, lactonen en antibiotica. (CBS, 2016) Veel farmaceuten zijn daarnaast actief in het bereiden van producten op basis van die grondstoffen, zoals geneesmiddelen maar ook sera, vaccins, anticonceptiemiddelen, pleisters en verband. De meeste werkgelegenheid in deze sector is

de regio Oss, waar het voormalige Organon was gevestigd. (I&O Research, 2023) De laatste jaren wordt er door steeds meer geïnvesteerd in productielocaties voor farmaceutische producten in Nederland. (Leiden Biosciencepark, 2021)

5.2.3 Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?

Een voorbeeld van productinnovatie bij **planten en zaden** is PlantXR, (CropXR, 2023) onderdeel van het CropXR Instituut dat 'smart breeding' van planten en zaden ontwikkeld. Bij PlantXR wordt er onderzoek verricht die veredelaars in staat zal stellen gewassen sneller resistenter te maken. Door moderne plantenbiologie op innovatieve wijze te integreren met kunstmatige intelligentie (AI) en computationele modellering, wordt er onderzoek gedaan naar het begrijpen en voorspellen hoe planten, door een complex samenspel van meerdere erfelijke factoren, beter bestand kunnen zijn tegen stressomstandigheden. Met behulp van deze kennis zullen zij vervolgens sterkere, veerkrachtigere varianten ontwikkelen van verschillende modelgewassen.

Bij productinnovatie in **farmaceutische producten** speelt AI hoofdzakelijk een grote rol. Een voorbeeld hiervan is in het domein van geneesmiddelenontdekking en -ontwerp. (Lou & Wu, 2021) AI-modellen kunnen immense datasets analyseren om potentiële geneesmiddelkandidaten te voorspellen, inclusief aspecten zoals hun interactie met biologische doelwitten. Dit versnelt het initiële proces van geneesmiddelenontdekking door snellere en nauwkeurigere voorspellingen mogelijk te maken. Een andere belangrijke bijdrage van AI is virtuele screening. Hierbij maken AI-algoritmes gebruik van hun vermogen om grote bibliotheken van chemische verbindingen efficiënt te doorzoeken en kansrijke moleculen te identificeren. Dit minimaliseert de noodzaak om elke verbinding fysiek te testen, waardoor kostbare tijd en middelen worden bespaard. (Bender & Cortés-Ciriano, 2021).

Een ander essentieel gebied waar AI zich manifesteert, is voorspellende toxicologie. (Tetko, et al., 2022) AI-modellen kunnen mogelijke toxiciteit en bijwerkingen van geneesmiddelkandidaten voorspellen. Deze vroegtijdige identificatie helpt veiligheidsproblemen en kostbare tegenslagen in latere ontwikkelingsfasen te voorkomen. Bovendien heeft AI een positieve invloed gehad op het optimaliseren van klinische testen. Dit omvat efficiëntere werving van geschikte patiënten op basis van medische dossiers en het ontwerp van adaptieve klinische testen die in realtime kunnen worden aangepast. Naast de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen heeft AI ook toepassingen in het hergebruik van bestaande geneesmiddelen. Dit bespaart tijd en middelen in vergelijking met het ontwikkelen van geheel nieuwe verbindingen door te zoeken naar nieuwe toepassingen voor al bestaande middelen.

De opvallende rekenkracht van kwantumcomputers maakt het ook mogelijk om kwantumprocessen te simuleren en complexe moleculaire structuren te analyseren, met name relevant voor materiaalwetenschap. Dit heeft implicaties voor uiteenlopende gebieden, waaronder de personalisatie van medicatie op basis van een individuele fysiologische samenstelling. (TNO, 2023)

5.2.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

De deel-groeimarkt **planten en zaden** wordt sterk beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek. Met een toenemende bevolking vormt het waarborgen van voldoende voedsel een uitdaging, waarbij de vraag naar voedsel blijft groeien. Om aan deze maatschappelijke vraag te voldoen, zijn innovatieve benaderingen nodig om op een duurzame manier in de voedselbehoefte te voorzien en de kwetsbaarheid voor verstoringen in de landbouwproductie te verminderen. (Gaub, 2019)

Binnen het Nederlandse beleid staat duurzaamheid steeds centraler. Aangezien traditionele landbouwmethoden niet in alle gevallen volstaan om klimaatbestendig te zijn, is investeren in deze groeimarkt van cruciaal belang. Het bevorderen van duurzame landbouwpraktijken en het verkennen van alternatieve voedselbronnen dragen bij aan het verminderen van onze afhankelijkheid van externe landen voor voedselvoorziening. (McKinsey, 2022)

Geopolitieke factoren spelen ook een aanzienlijke rol. Dit geldt zowel voor het exporteren van producten als voedselvoorziening vraagstukken door oorlogsvoering, zoals de schaarste aan graan door de oorlog in Oekraïne. Het ontwikkelen van alternatieve voedselproductiemethoden vermindert onze afhankelijkheid van andere landen en versterkt onze veerkracht op dit gebied. Kortom, maatschappelijke behoeften, Nederlands beleid en geopolitieke ontwikkelingen samen vormen de drijvende krachten achter de evolutie van deze groeimarkt. (Gaub, 2019)

De deel-groeimarkt **farmaceutische producten** wordt op verschillende manieren beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek. De farmaceutische industrie wordt sterk beïnvloed door de behoeften en verwachtingen van de samenleving. De vraag naar specifieke geneesmiddelen en behandelmethoden wordt vaak beïnvloed door de prevalentie van bepaalde ziekten en aandoeningen in de samenleving. Bovendien hebben maatschappelijke zorgen over gezondheid en welzijn invloed op het soort onderzoek en ontwikkeling dat wordt uitgevoerd. Als er bijvoorbeeld een grotere vraag is naar behandelingen voor bepaalde chronische ziekten, kan de farmaceutische industrie zich richten op de ontwikkeling van geneesmiddelen die aan deze behoefte voldoen. (Vet, et al., 2021)

Het beleid van de Nederlandse overheid speelt een cruciale rol in het vormgeven van de farmaceutische industrie. Beleidsbeslissingen met betrekking tot prijsregulatie, vergoedingen van geneesmiddelen, octrooirechten en regelgeving hebben directe invloed op de bedrijfsvoering en winstgevendheid van farmaceutische bedrijven. Daarnaast kan het beleid ook de stimulering van onderzoek en ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen en therapieën beïnvloeden, afhankelijk van de prioriteiten van de overheid op het gebied van volksgezondheid en innovatie.

Internationale geopolitieke ontwikkelingen kunnen aanzienlijke gevolgen hebben voor de farmaceutische industrie. Grensoverschrijdende handel, import en export van geneesmiddelen, evenals politieke conflicten, kunnen de beschikbaarheid en distributie van farmaceutische producten beïnvloeden. Bijvoorbeeld, handelsbeperkingen en politieke spanningen tussen landen kunnen invloed hebben op de toegang tot bepaalde grondstoffen en productiecapaciteit. Daarnaast kunnen internationale afspraken en overeenkomsten ook van invloed zijn op de regelgeving en prijsstelling van geneesmiddelen.



**Innovatieve en hoogwaardige
materialen in de
procesindustrie**

5.3 Groeimarkt 2: Innovatieve en hoogwaardige materialen in de procesindustrie

De procesindustrie vervaardigt op industriële schaal van producten er maakt hierbij gebruik van (bio)chemische, biochemische en/of mechanische processen. Uit hoofdstuk twee kwamen de vier sectoren in de procesindustrie¹⁰ naar voren waarin Nederland een sterke positie in heeft: (1) organische chemie, (2) meststoffen en stikstofverbindingen, (3) anorganische chemie en (4) de staal- en metaalindustrie.

5.3.1 Wat is het?

Voor alle vier de sectoren geldt dat chemie een belangrijke rol speelt. Chemie is de wetenschappelijke studie van materie, de eigenschappen ervan, de structuur, de samenstelling, de veranderingen die het ondergaat en de energie die bij deze veranderingen betrokken is. Het onderzoekt hoe atomen en moleculen met elkaar interageren om diverse stoffen en materialen te vormen, variërend van natuurlijke stoffen tot synthetische verbindingen. In essentie is chemie de sleutel tot het begrijpen en manipuleren van materie op moleculair niveau.

Binnen de chemie onderscheiden we de volgende specialisaties, namelijk *organische* chemie en *anorganische* chemie. Organische chemie richt zich op koolstofverbindingen, die de basis vormen van biologische systemen en talloze chemische verbindingen die in de natuur voorkomen. Met organische chemie worden bijvoorbeeld nieuwe enzymen en gewasbeschermers gemaakt. (Baum, et al., 2021) Anorganische chemie behandelt verbindingen die geen koolstof-koolstofbindingen hebben, zoals metalen, mineralen en zouten. Een voorbeeld hiervan is het ontwikkelen van betere katalysatoren voor chemische processen. (Monai, et al., 2023)

We richten ons met name op twee toepassingen binnen anorganische chemie, namelijk bij de ontwikkeling van meststoffen en stikstofverbindingen, en het gebruik van chemie binnen de staal- en metaalindustrie. Meststoffen zijn essentieel voor de landbouw en voedselproductie. Er worden bijvoorbeeld nieuwe soorten kunstmest geproduceerd. (Nationaal Groeifonds, 2021) Stikstofverbindingen, die een belangrijk onderdeel zijn van meststoffen, worden geproduceerd door reacties uit de anorganische chemie. Deze reacties omvatten vaak het combineren van stikstofgas uit de lucht met andere elementen om stikstofverbindingen te vormen die planten als voedingsstoffen kunnen gebruiken. Daarnaast vertrouwen de staal- en metaalindustrie sterk op chemie om metalen te winnen, verfijnen en transformeren. Processen zoals smelten, legeren, galvaniseren en warmtebehandeling zijn gebaseerd op chemische principes.

5.3.2 Waarom is het een groeimarkt?

Nederland heeft met de vijf industrieclusters (Noord-Nederland, Noorzeekanaal-gebied, Rotterdam-Moerdijk, Zeeland-West-Brabant, Chemelot) een sterk ontwikkelde chemische sector. Als we kijken naar de organische chemie dan zien we veel bedrijvigheid op Chemelot (Sabic) en de Botlek (Shell). Voor meststoffen en stikstofverbindingen zien we grote bedrijven zoals Yara en OCI Nitrogen. Kijken we naar anorganische chemie dan komen grote bedrijven zoals Akzo Nobel en PPG naar voren.

Chemie is een groeimarkt omdat de sectoren in de procesindustrie kruisen met de trends AI, nanotechnologie en quantum computing. Deze trends spelen een steeds grotere rol in de

¹⁰ Sommige delen van de farmaceutische sector horen uiteraard ook tot de procesindustrie. We hebben deze hele sector echter onder de biotechsector geschaard en in de vorige paragraaf behandeld.

chemische sector. De unieke waarde positie voor Nederland zit in het toepassen van deze trends in de vier sterke procesindustrie sectoren. AI-technieken kunnen worden gebruikt om complexe moleculaire structuren te voorspellen, te modelleren en te ontwerpen. (Baum, et al., 2021) AI kan worden ingezet om nieuwe materialen te ontdekken en te ontwerpen met gewenste eigenschappen, zoals sterkte, geleidbaarheid, thermische stabiliteit en meer. Daarnaast genereert de chemische industrie enorme hoeveelheden gegevens. AI kan worden gebruikt om deze gegevens te analyseren en patronen te identificeren die anders moeilijk waarneembaar zouden zijn. Dit kan leiden tot inzichten in reactiemechanismen, eigenschappen van materialen en meer.

Nanodeeltjes zijn minuscuul kleine deeltjes en niet zichtbaar met het blote oog. Om nanodeeltjes te maken wordt er veel gebruik gemaakt van chemische stoffen zoals metaaloxides, silicium of koolstof. Echter, ze kunnen uit verschillende (combinaties van) elementen worden gemaakt. Nanotechnologie kan bijvoorbeeld ingezet worden in het omzetten van restproducten uit de landbouw in nanocomposieten die ingezet kunnen worden voor industriële toepassingen.

Op het gebied van moleculaire simulatie hebben quantumcomputers het potentieel om complexe kwantummechanische systemen, zoals moleculen, nauwkeuriger te simuleren dan klassieke computers. (McKinsey, 2019) Dit kan leiden tot beter begrip van chemische reacties en eigenschappen van materialen op moleculair niveau. Katalyse is ook een cruciaal onderdeel van veel chemische processen. Quantumcomputers kunnen helpen bij het optimaliseren van katalysatoren en het ontwerpen van nieuwe reactiemechanismen, wat kan leiden tot efficiëntere en duurzamere chemische processen. (Boston Consulting Group, 2021) (WEF, 2022) (McKinsey, 2020) Net als bij de biotechsector, zien we ook hier dat de toepassingen van AI op korte termijn relevant zijn, terwijl de toepassingen van quantum computing nog een tijdje op zich laten wachten.

5.3.3 Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?

AI en quantumcomputers (op de lange termijn) kunnen veel beter voorspellen hoe moleculen en eiwitten op elkaar zullen reageren via simulaties. (Baum, et al., 2021) AI kan worden toegepast in organische chemie voor eiwitketens en interacties tussen eiwitten en koolwaterstoffen. Quantumcomputers kunnen helpen bij het identificeren van welke moleculen het beste zouden passen bij bepaalde eiwitten en hoe sterk ze eraan zouden kunnen hechten. Dit opent de deur naar het ontwikkelen van nieuwe chemicaliën en materialen, zoals gewasbeschermingsmiddelen en enzymen die beter werken. (McKinsey, 2019) (McKinsey, 2023) (Nationaal Groeifonds, 2021) (Boston Consulting Group, 2021) (WEF, 2022) Op dezelfde manier kan quantum technologie worden ingezet bij voor het produceren van betere kunstmest en katalysatoren. (WEF, 2022) (TNO, 2023) (Quantum Delta Nederland, 2019) (Boston Consulting Group, 2021) (McKinsey, 2020)

Producten op basis van nanotechnologie en op nanoschaal zijn bijvoorbeeld pesticiden, herbiciden, fungiciden en meststoffen. Nanotechnologie beperkt zich niet alleen tot toepassingen voor plantenbescherming tegen plagen, maar werkt door in het minimaliseren van afval, het monitoren van plantengroei, het waarborgen van verbeterde voedselkwaliteit en het verzekeren van de stijgende wereldwijde voedselproductie. (Mittal, et al., 2020)

5.3.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

Op het gebied van maatschappelijke vraag is er een groeiende bezorgdheid over toenemende klimaatverandering en vervuiling, wat geleid heeft tot een grotere focus op duurzaamheid in de chemiesector. (World Economic Forum, 2021) Er is vraag naar milieuvriendelijke

producten, groene technologieën en methoden om chemisch afval te verminderen. Parallel aan deze opgave vraagt de maatschappij om veilige en gezonde producten, waarbij de nadruk ligt op het minimaliseren van gezondheidsrisico's voor zowel consumenten als werknemers in de chemische industrie.

Het Nederlandse beleid en de wetgeving spelen een belangrijke rol bij het reguleren van chemische stoffen, hun toepassing en de impact ervan op gezondheid en milieu. Beleidsmaatregelen kunnen invloed hebben op de ontwikkeling en het gebruik van specifieke chemicaliën, evenals op processen zoals recycling en afvalverwerking.

Geopolitieke factoren kunnen aanzienlijke gevolgen hebben voor de chemische sector. (KPMG, 2020) Internationale handelsbetrekkingen, grondstofbevoorrading en politieke spanningen kunnen de beschikbaarheid en kosten van grondstoffen en energie beïnvloeden, wat op zijn beurt de productie, prijzen en concurrentiepositie van chemische producten kan beïnvloeden. Bovendien kunnen internationale overeenkomsten en samenwerkingen de innovatie en technologische ontwikkeling binnen de chemische industrie ook beïnvloeden. Deze punten zijn bevestigd door experts uit meerdere interviews.

Smart Farming



5.4 Groeimarkt 3: Smart Farming

5.4.1 Wat is het?

Smart farming is een geavanceerde benadering van landbouw waarbij moderne technologieën worden gebruikt om landbouwactiviteiten (zoals irrigatie, bemesting, ongediertebestrijding) te optimaliseren en te verbeteren. Hiermee krijgen planten en dieren met behulp van technologie, heel nauwkeurig de behandeling die ze nodig hebben. (WUR, sd) Het doel van smart farming is om de efficiëntie, productiviteit, duurzaamheid en winstgevendheid van landbouwbedrijven te vergroten. Smart farming is gebaseerd op de gelijktijdige toepassing van een scala van digitale trends, in het bijzonder diagnostic AI, satelliettechnologie, 6G, cloud computing, IoE/IoT, SaaS, semiconductors, robotica, drones, autonomous mobility en digital twins.

5.4.2 Waarom is het een groeimarkt?

Nederland heeft een sterke positie in de zuivelketen, dier- en vleesketen, groente- en fruitketen en de sierteeltketen. Producten uit deze sectoren worden veel geëxporteerd. Bij deze agrarische ketens gaat het om: (1) de leverancier van de agrariër, (2) de agrariër en (3) de afnemer van agrarische producten. Het voorbeeld hiervan in de zuivelketen is: (1) een producent van melkrobots, (2) de boer met melkkoeien en (3) de zuivelfabriek. Aan de kant van de leveranciers zien we grote bedrijven als Lely, Priva en ForFarmers, bij de agrariërs zijn er relatief veel kleinere bedrijven en bij de afnemers zien we grote bedrijven als FrieslandCampina, VION, RoyalCosun.

De zuivelketen, dier- en vleesketen, groente- en fruitketen en sierteeltketen hebben veel gelijkenissen:

- De output van de leveranciers van agrariërs verandert: "smart farming".
- De output van de agrariërs blijft grofweg hetzelfde: melk, varken, appel, roos.
- De output van afnemers van de agrariërs blijft grofweg hetzelfde: boter, speklap, appelmoes, boeket.

In deze sectoren liggen kansen voor het leveren van hoogwaardige en geautomatiseerde systemen die aan agrariërs worden geleverd. In de volgende paragraaf geven we hier een aantal voorbeelden van. Om de toegevoegde waarde te verhogen kan Nederland zich meer richten op export van machines en diensten die gebruikt worden in deze sectoren. Dit is meer opschaalbaar dan agrarische output en kent een hogere toegevoegde waarde.

Voor Nederland liggen er brede kansen om producten en diensten te ontwikkelen binnen smart farming. Er is in Nederland veel expertise op het gebied van landbouw en er is expertise in het maken van complexe machines (low volume, high complexity) die kunnen worden ingezet voor smart farming. Nederland heeft technische excellentie op het gebied van mechatronica, software en chips. Hiermee kunnen slimmere en efficiëntere producten worden gecreëerd door mechanische componenten te integreren met elektronische en computergestuurde systemen. Ook is er kennis van optica: bij sommige smart farming machines is betrouwbare optiek nodig om een machine of toepassing te ontwikkelen die nauwkeurig kan waarnemen en gegevens kan verzamelen vanuit de omgeving. Tot slot zal er een waardepropositie liggen in het toepassen van AI in smart farming / precisielandbouw om gegevens te analyseren en te voorspellen.

5.4.3 Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?

Concrete voorbeelden van smart farming voor elk van de vier agrarische sectoren zijn:

1. **Zuivelketen:** Bij melkmachines kan AI worden toegepast, waarbij de conditie van een dier wordt gecheckt en zo kan worden bepaald wat er nodig is (voedsel/medicijnen). Momenteel kan een melkrobot een boer attenderen op bepaalde afwijkingen bij een koe. De volgende stap is om op basis van data en algoritmen van attentie naar diagnose naar voorspelling te gaan. Zo kan de melkrobot de boer informeren dat een bepaalde koe over een aantal dagen waarschijnlijk ketose krijgt, waarmee er tijdig ingegrepen kan worden door de boer. (Feenstra, 2022)
2. **Dier- en vleesketen:** in de dier- en vleesketen worden RFID-oormerken met chips gebruikt om slachtdieren individueel vanaf de geboorte te volgen. Hiermee kan data worden verzameld en geanalyseerd met AI over bijv. genetica, reproductie, gezondheid en antibioticagebruik. (WUR, 2021)
3. **Groente- en fruitketen:** in de groente- en fruitketen kunnen zelfrijdende oogstmachines (plukrobots) worden ingezet die groenten en fruit oogsten als ze rijp zijn, met behulp van sensoren en camera's. In deze plukrobots komen verschillende technologieën samen (AI, robotica, mechatronica, camera's, etc.). (Kempenaar & Kocks, sd)
4. **Sierteeltketen:** met behulp van data (dit kan satellietdata zijn of data van drones) kan er in de sierteeltketen gericht worden geïrrigeerd met geautomatiseerde systemen en sensoren. Ook kunnen er gericht gewasbeschermingsmiddelen worden ingezet. (Dialogic, 2020)

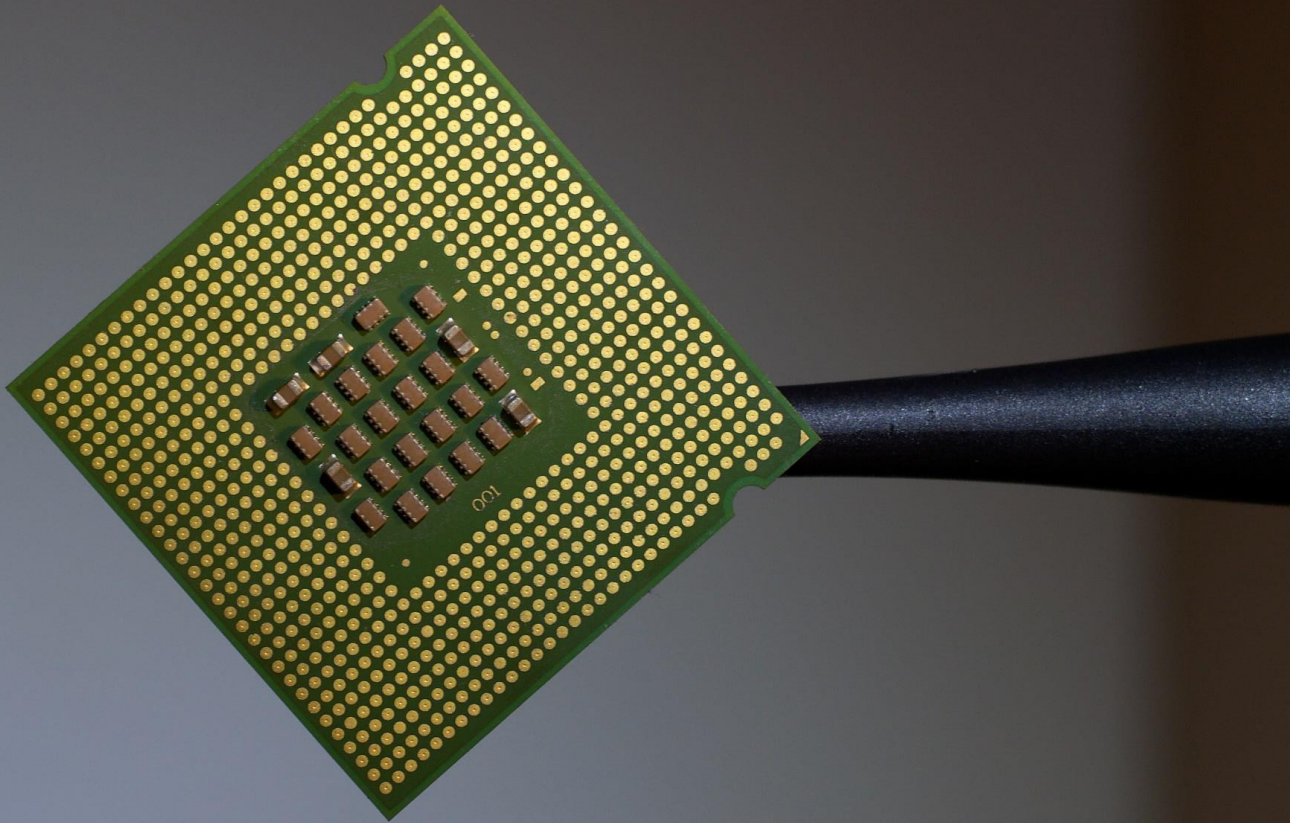
Hierbij moet worden opgemerkt dat er veel kruisverbanden zijn tussen de trends in de zuivelketen en de dier- en vleesketen (vaak leveren toeleveranciers ook aan beide ketens). Ook bij de zuivelketen heeft RFID heeft een toegevoegde waarde en AI kan bij beide ketens gebruikt worden om de diergezondheid te verbeteren. Daarnaast zijn er ook kruisverbanden tussen de groente- en fruitketen en de sierteeltketen. Een groot verschil tussen deze twee ketens is de veredeling, die in eerstgenoemde keten bedrijven die gespecialiseerd zijn in veredeling, terwijl dit in de sierteeltketen ook door producenten zelf wordt gedaan.

Als we kijken naar fotonica dan zijn er wellicht ook interessante kruisverbanden. Voor de teelt van planten (groenten, fruit, sierteelt) is het mogelijk om gebruik te maken van systemen voor *agri-fotonica*. Dit zijn sensoren en lichtbronnen die ervoor zorgen dat planten efficiënt kunnen groeien. (Photonics21, 2020) (Photondelta, 2023) (PhotonicsNL, et al., 2021).

5.4.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

Nederland maakt deel uit van een mondiaal voedselsysteem. Smart farming betreft producten/diensten die door leveranciers worden geleverd aan agrariërs. Wanneer men kijkt naar de agrarische output, bestaan er geopolitieke risico's (bijvoorbeeld oorlogen) waardoor er schaarste komt van bepaalde producten. Dit zou kunnen zorgen voor een vraag naar meer smart farming applicaties, waarmee efficiënter kan worden geproduceerd. Naar mate smart farming steeds meer wordt toegepast, ontstaat er het risico dat deze systemen worden aangevallen via cyberaanvallen. Aanvallers kunnen deze kwetsbaarheden misbruiken om de gegevensstroom van/naar sensoren op het veld en autonome voertuigen zoals slimme tractoren en drones op afstand te besturen en te verstoren. Dit brengt risico's met zich mee, vooral tijdens het oogsten wanneer live-monitoring belangrijk is. (Sontowski, 2020) Verder is het door de verwachte bevolkingsgroei aannemelijk dat de vraag naar voedsel en in het verlengde daarvan naar smart farming producten/diensten zal toenemen.

Halbleiters



5.5 Groeimarkt 4: Halfgeleiders

5.5.1 Wat is het?

Deze groeimarkt omvat verschillende delen van de halfgeleiderindustrie. Een halfgeleider is een stof die als een geleider of isolator wordt gebruikt en waarmee elektronische componenten kunnen worden gemaakt. (KPMG, 2020) Halfgeleiders zijn een belangrijke 'enabling technology' voor veel producten en innovaties, zoals computers, smartphones en auto's. (ESIA, 2020) In Nederland zijn er twee typen bedrijven in de halfgeleiderindustrie: (1) bedrijven die voor de wereldwijde productie van geavanceerde Integrated Circuits (IC's) complexe machines ontwikkelen en produceren en (2) bedrijven die zich richten op het ontwikkelen en produceren van (chip)technologie, elektronische componenten, IC's en elektronische systemen en producten met toepassingen in verschillende sectoren. (Kamerstuk, 2020). Deze twee richtingen is waar Nederland specifiek op in kan zetten als groeimarkt.

5.5.2 Waarom is het een groeimarkt?

Nederland is sterk in de halfgeleiderindustrie. Nederland heeft namelijk een goede positie op het gebied van het produceren van halfgeleiderapparatuur, met name wat betreft geavanceerde lithografie-machines. (Kamerstuk, 2020) ASML is in de productie van geavanceerde lithografiemachines wereldwijd gezien de meest geavanceerde speler. (Deloitte, 2020)

Daarnaast heeft Nederland als één van de weinige landen (samen met de VS en Japan) een complete halfgeleiderwaardeketen met onder andere de ontwikkeling en productie van chipmachines en het ontwerpen en produceren van chips. (KPMG, 2020), (Holland High Tech, 2019) Het halfgeleidercluster in Nederland met bedrijven als ASML, ASMI, ASM-PT ALSI, NXP, Nearfield industries en BESI met een uitgebreid netwerk van toeleveranciers daaromheen is uniek. (PhotonicsNL, PhotonDelta, en Dutch Optics Centre, 2018) Interviews met experts op dit gebied bevestigen ook deze sterke positie van Nederland binnen de halfgeleiderindustrie.

Naast de excellentie van Nederland in deze markt zijn er ook verschillende trends die de halfgeleiderindustrie raken. Voor steeds meer sectoren (en doelen) worden specifieke halfgeleiders ontwikkeld. De groeiende vraag naar functionaliteit zorgt ervoor dat in niet meer alle gevallen de oplossing ligt in generieke hardware en specifieke software, maar dat er gekozen wordt voor halfgeleiders met een specifiek doel. Zo heeft een iPhone 13 ongeveer 50 verschillende chips, zoals een accelerometer, audiocodecs, vermogen, geheugen, kompas, vermogen, et cetera. (iFixit, 2023)

5.5.3 Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?

Een voorbeeld van een technologische trend die bijdraagt aan de halfgeleiderindustrie is kunstmatige intelligentie. AI kan worden gebruikt om betere chips en wafersteppers te ontwerpen. (Deloitte, 2022) Nederland zou hier specifiek in kunnen zetten op het gebruik van AI voor het ontwerpen van de wafersteppers, aangezien Nederland al een sterke positie heeft bij het produceren van deze machines (ASML) en aanpalende activiteiten (via bedrijven als ASMI en BESI).

Als we kijken naar productinnovaties, dan liggen die onder meer in het ontwikkelen van specifieke soorten halfgeleiders voor de bovengenoemde trends. Een voorbeeld hiervan zijn specifieke chips voor AI, Cybersecurity, Satelliettechnologie, 6G, Edge Computing, Cloud computing, Internet of Things, Autonomous mobility, Augmented en Virtual Reality. (Arne Duwaer, 2020) (HollandHighTech, 2019) (TNO, 2023) (RVO, 2023). Nederland heeft op dit

gebied al een waarde positie via bedrijven als NXP. NXP produceert halfgeleiders voor toepassingen zoals automotive, Internet of Things en communicatie-infrastructuur. Hackers en andere actoren kunnen door de globalisering van de halfgeleiderindustrie kwetsbaarheden identificeren en cyberaanvallen uitvoeren. (Kuehn, 2021) Hierdoor liggen er kansen voor chipontwerpers (en dus makers van chipmachines) voor het borgen van de veiligheid in de ontwerpfase. (Karazuba, 2019) Het gaat dan om bijvoorbeeld een hardware 'Root of Trust' een bron die altijd kan worden vertrouwd binnen een cryptografisch systeem en bijvoorbeeld van toepassing is in IoT. (Thales Group, 2023)

Fotonica en kwantum resulteren in vraag naar geheel nieuwe soorten hardware, waarvan een deel kan worden ingevuld door halfgeleiders en het deel wat geen halfgeleiders zijn kan wel worden geleverd door de halfgeleiderindustrie. Zo kunnen nieuwe en efficiëntere chips worden ontwikkeld door fotonica en halfgeleiders technologie te combineren. (HollandHighTech, 2019) De halfgeleiderindustrie kan een rol spelen in het fabriceren van kwantum onderdelen. Nederland kan daarin specifiek bijdragen aan de machines om deze hardware te maken. De sterke positie die Nederland heeft op het gebied van quantum computing (Dialogic, 2021) is hierbij een grote kans.

5.5.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

Deze groeimarkt is sterk afhankelijk van geopolitieke ontwikkelingen. Dit komt onder andere voort uit de afhankelijkheid van buitenlandse leveranciers: Nederlandse technologiebedrijven en industrieën zijn afhankelijk van de import van halfgeleiders uit landen als Taiwan, Zuid-Korea en China. Deze afhankelijkheid maakt Nederland gevoelig voor geopolitieke spanningen en handelsgeschillen tussen deze landen. Een plotselinge onderbreking van de toeleveringsketen kan ernstige gevolgen hebben voor de Nederlandse industrie en economie.

Een knelpunt voor de halfgeleiderindustrie in het Nederlands beleid zit hem in het feit dat er relatief weinig overheidssteun is in Nederland voor de industrie ten opzichte van landen als China, Frankrijk en Duitsland. (KPMG, 2020) (BCG, 2020) Vooral in China is er veel overheidssteun voor de halfgeleiderindustrie, waarbij het beleid gericht is op het creëren van een aantal nationale 'champions' die ook internationaal kunnen concurreren. (OECD, 2019)

Aangezien halfgeleiders een 'enabling technology' zijn voor producten die we op een dagelijkse basis gebruiken, is de maatschappelijke vraag dan ook erg groot binnen deze industrie. Naast deze dagelijkse producten vormen halfgeleiders ook een grote drijfveer achter innovaties voor duurzame en andere maatschappelijk gerelateerde technologieën. (ESIA, 2020)



Medtech

5.6 Groeimarkt 5: Medtech

5.6.1 Wat is het?

Health- en medtech heeft te maken met de ontwikkeling van medische apparatuur, medische procedures en protocollen. Het voornaamste doel van zulke ontwikkelingen is om zowel proactief als reactief de gezondheid en de kwaliteit van leven van de samenleving te bevorderen. Breed genomen zijn er twee paden waarbinnen de ontwikkelingen plaatsvinden:

- Verbetering van bestaande producten. Het doel hiervan is om bijvoorbeeld complicaties (zoals sepsis) te verminderen, of om afhankelijkheid van co-morbiditeiten te verkleinen (ergo, om het *bereik* van producten verbeteren).
- Nieuwe oplossingen vinden voor onopgeloste problemen. Dit zijn bijvoorbeeld ziektes of aandoeningen, die nog geen doeltreffende behandeling kennen. Vaak vereist dit nieuwe medische apparatuur of nieuwe geneesmiddelen.

Medische apparatuur is één van de sterk ontwikkelde maakindustrieën in Nederland (zie ook paragraaf 3.1). In deze sector liggen er meerdere mogelijke groeimarkten voor Nederland door de inzet van bepaalde digitale technologieën. Het gaat dan voornamelijk om productinnovatie bij medische apparatuur met AI, nanotechnologie, fotonica, kwantumtechnologie, IoT en AR/VR.

5.6.2 Waarom is het een groeimarkt?

Nederland is een koploper op het gebied van wetenschappelijk, medisch onderzoek. Dit is een sector waar de EU27 in het algemeen in uitblinkt, maar Nederland steekt er met kop en schouders bovenuit. Verder zitten er in Nederland ook vele innovatieve start-ups of het gebied van health- en medtech. Ook vervaardigt en exporteert Nederland veel medische apparatuur, waarbij Philips Medical Systems de grootste partij is. Er is een langdurige geschiedenis en kennisbasis opgebouwd voor de ontwikkeling en productie van zulke apparatuur, waardoor er een sterk fundament ligt om nieuwe producten te ontwikkelen. Er liggen kansen voor hoogwaardige geautomatiseerde systemen (software en hardware) voor toepassing door (1) individuen en (2) zorgverleners. Daarnaast kunnen er in de medische apparatuur op de lange termijn fundamenteel nieuwe technologieën worden ontwikkeld op basis van fotonica, kwantum- en nanotechnologie.

5.6.3 Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?

Er zijn veel mogelijke voorbeelden van productinnovaties in medische apparatuur:

- **Diagnostic AI** kan gebruikt worden voor het ontwerp van betere apparatuur, bijvoorbeeld voor imaging waar Nederland een sterke positie heeft. Zo kan er met behulp van AI met minder data een MRI-scan worden gemaakt, waardoor de scan (veel) sneller kan worden gedaan. (LUMC, 2023) Ook kunnen MRI-scans met AI minder gevoelig worden gemaakt voor bewegingen van de patiënt. Verder kan diagnostic AI worden ingezet voor het analyseren van CT-scans, om bijvoorbeeld bij een beroerte te helpen bij de detectie van een infarct of bloeding, triage en het voorspellen van de uitkomst. (Soun, et al., 2021) Verder kan AI worden ingezet om het ziekteverloop van patiënten in te schatten. Bij connected wearables en embeddables kan AI worden gebruikt om gegevens van nieuwe sensoren zoals wearables te analyseren, zodat bijvoorbeeld hartaandoeningen eerder en nauwkeuriger kunnen worden voorspeld en gediagnosticeerd. (Huang, et al., 2022). Ook kan diagnostic AI worden ingezet voor Accurate diagnose via röntgenbeelden. Kunstmatige intelligentie is inmiddels in staat om röntgenbeelden sneller en nauwkeuriger te analyseren dan

ervaren artsen. Hierdoor is het mogelijk om betere diagnoses op te stellen, en patiënten sneller en doeltreffender te behandelen. Tot slot ligt er een interessante mogelijkheid in Prognosevorming via temporele data. Diagnostische updates vinden meestal periodiek plaats, met grote tijdsgaten tussen meetmomenten. Hierdoor is er een tekort aan gegevens om behandelingen nauwkeurig bij te stellen. Apparatuur die continu temporele data verzamelt kan beter volgen hoe de gezondheid van patiënten zich ontwikkelt, en of er een bijstelling van behandelingen nodig is. Een voorbeeld van zo'n apparaat is de medische pleister van AlphaBrain, die gegevens verzamelt voor epilepsiepatiënten, en kan voorspellen wanneer een patiënt met een epileptische aanval te maken krijgt.

- **Fundamentele technologieën** bieden kansen op de lange termijn:
 - *Nanotechnologie*: met nanotechnologie kan nanogebaseerde medicijnafgifte worden gerealiseerd van geneesmiddelen. Nanotechnologie biedt voordelen bij de behandeling door gerichte toediening van geneesmiddelen. Hiervoor kunnen nanodeeltjes en nanorobots worden gebruikt. (Patra, et al., 2018). Daarnaast kan nanotechnologie worden ingezet voor glucosemetingen met nanosensoren (Cash & Clark, 2010), moleculaire contrastmiddelen voor beeldvorming (Cormode, et al., 2009) en nanomaterialen voor virusdetectie en -tracering. (Kang, et al., 2020).
 - *Fotonica*: Met photonic sequencing kan DNA-sequentiebepaling sneller worden gedaan. (Photonics21, 2020). Een ander voorbeeld is Biosensoren op basis van geïntegreerde fotonica. (PhotonDelta, 2021)
 - *Kwantumtechnologie*: met kwantumsensoren kunnen extreem gevoelige MRI's worden gemaakt (nano-MRI). (Quantum Delta Nederland, 2019)
- **Non-invasieve en minimaal-invasieve screening**: Diagnostiek en preventieve behandelingen gaan nog vaak gepaard met invasieve chirurgische procedures. Ook is het nog vaak afhankelijk van laboratoriumtests van weefselmonsters. Er is een steeds groeiende behoefte naar non-invasieve alternatieven, die minder (chirurgische) complicaties met zich meebrengen en snellere en accuratere diagnostiek mogelijk maken.
 - *(Near-infrared) Fluorescence Imaging*: Via een injectie van fluorescerende middelen is het mogelijk om, bijvoorbeeld, de gezondheid van weefsel te toetsen aan de hand van doorbloeding. Hierdoor neemt de afhankelijkheid van laboratoriumtoetsen af. Als er tijdens een chirurgische ingreep iets misgaat, is het dankzij zulke middelen ook mogelijk om een complicatie sneller te herkennen.
 - *Fotonische geïntegreerde schakelingen* ten behoeve van de detectie van perioperatieve complicaties (zoals sepsis). Zulke sensoren screenen automatisch naar tekenen van complicaties. Hierdoor kunnen medische patiënten onder andere betere en effectievere nazorg krijgen. De Universiteit van Twente heeft wereldwijde aanzien omtrent de ontwikkeling van fotonische geïntegreerde schakelingen.
 - *Metabolic sceening/Urinomics*. Gepersonaliseerd onderzoek van plasma-, bloed of urinemonsters maakt het steeds meer mogelijk om metabole ziekten, de metabole conditie of afwijkingen in stofwisseling accuraat te detecteren en te behandelen. Nieuwe screeningsmethoden leiden ertoe dat perioperatieve complicaties
- **Bioprinten**: 3D printen met organisch/levend weefsel. Kort samenvattend is het mogelijk om delen van het menselijke lichaam te produceren.
 - *Acellular dermal matrix* is een hechtingsweefsel dat wordt gebruikt bij het inbrengen van implantaten. Zulke matrices worden vervaardigd van

- organisch weefsel, en worden minder vaak door het menselijke immuunsysteem afgestoten. Hierdoor neemt de kans op perioperatieve complicaties af.
 - *Vervaardiging van organen*: De eerste stappen om huid te printen zijn inmiddels al gezet. In de (nabije) toekomst kunnen steeds meer organen door middel van 3D printen worden vervaardigd. Hierdoor neemt de afhankelijkheid van een donorsysteem af, dalen de wachttijden en kunnen er meer mensen succesvol worden behandeld.
 - *Vervaardiging van protheses*: Bioprinten biedt de mogelijkheid om op maat gemaakte protheses te vervaardigen. Hierdoor is er sprake van een betere aansluiting tussen protheses en de idiosyncratische kenmerken van individuen, waardoor de kwaliteit van leven verbetert.
- Het concept **personalized data** kent toepassingen in veel sectoren. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan personalized medicine, waarbij genetische data wordt gebruikt om de juiste medicatie of therapie toe te passen. Personalized medicine wordt gedefinieerd als "een medisch model dat gebruikmaakt van de karakterisering van fenotypes en genotypes van individuen (bijv. moleculaire profilering, medische beeldvorming, gegevens over levensstijl) om de juiste therapeutische strategie op maat te maken voor de juiste persoon op het juiste moment, en/of om de aanleg voor ziekte te bepalen en/of om tijdige en gerichte preventie te bieden". (European Commission, sd) Voordelen hiervan zijn dat medicijnen effectiever zijn voor specifieke individuele patiënten en dat er bij behandelingen minder 'trial and error' plaatsvindt.

5.6.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

Er zijn twee belangrijke bronnen waardoor ontwikkelingen in health- en medtech steeds belangrijker worden. Ten eerste is er sprake van een vergrijzing van de samenleving. Een gemiddeld steeds oudere samenleving gaat gepaard met de vraag naar steeds meer medische ondersteuning en medische ingrepen. De komende jaren zal de groep ouderen sterk toenemen in zowel Nederland als grote delen van de rest van de wereld. Dankzij deze sterk groeiende markt is er een groot verdienpotentieel in aantocht.

Daarnaast zijn er binnen de Nederlandse gezondheidszorg langdurige tekorten aan personeel, waardoor het belangrijk is om de zorgsector te ontzorgen. Tezamen genomen met de toenemende vraag naar zorg vanwege vergrijzing zijn er grote baten bij de verlichting van de lasten voor de zorgsector, wat mede mogelijk wordt gemaakt door productinnovaties die procedures binnen de zorg kunnen versnellen en versimpelen.

Vanuit de hoek van de maatschappelijke vraag kunnen we ons voorstellen dat er maatschappelijke weerstand ontstaat tegen bepaalde ontwikkelingen. Een goed voorbeeld hiervan is het elektronische patiëntendossier (EPD), dat in Nederland op flinke weerstand stuit(te). Het is niet ondenkbaar dat ook bepaalde toekomstige technologische ontwikkelingen op weinig draagvlak kunnen rekenen.

Fintech



5.7 Groeimarkt 6: Fintech

5.7.1 Wat is het?

Technologie heeft altijd een aanzienlijke invloed gehad op de financiële sector en heeft geleid tot belangrijke transitie's, zoals de introductie van geldautomaten en elektronische bankoverschrijvingen. Fintech, in brede zin, fungeert als een overkoepelende term die innovatieve financiële diensten mogelijk maakt via technologie, samen met de bedrijfsmodellen die deze diensten ondersteunen. Eenvoudig gezegd kan Fintech worden gebruikt om elke vernieuwing te beschrijven die gerelateerd is aan hoe bedrijven streven naar verbeteringen in de processen, levering en gebruik van financiële diensten. (Goldstein, et al., 2019) Voorbeelden van Fintech toepassingen zijn digitale betalingsdiensten, peer-to-peer leningen, geautomatiseerd vermogensbeheer, blockchain, internationale geldoverdrachten, reguliere bankdiensten en digitale identiteitsverificatie. Wat opvalt is de grote snelheid waarmee Fintech zich ontwikkelt. Nieuwe technologieën worden snel getest en geïntegreerd in de financiële sector. Daarnaast is deze Fintech-revolutie uniek doordat veel van de verandering van buiten de financiële sector komt.

5.7.2 Waarom is het een groeimarkt?

Fintech is een relevante groeimarkt in Nederland omdat de diepgaande digitalisering en voortdurende innovatie hebben geleid tot een gevarieerde en concurrerende financiële sector. Dit heeft op zijn beurt geresulteerd in een bredere keuze aan financiële opties voor consumenten en een financiële industrie die goed functioneert, competitief is en gericht is op de toekomst.

Binnen dit kader spelen Nederlandse Fintech-bedrijven een cruciale rol, aangezien ze vooroplopen bij het ontwikkelen van vooruitstrevende oplossingen binnen de financiële sector. Deze pioniersgeest heeft internationale erkenning opgeleverd, waardoor Nederland een prominente positie heeft verworven in de wereldwijde Fintech-industrie. De resultaten van deze inspanningen zijn duidelijk zichtbaar: het aantal Fintechs in Nederland is gestegen van ongeveer 645 in 2019 naar 861 in 2023. (Ministerie van Financiën, 2023)

Deze opwaartse trend wordt ondersteund door verschillende factoren die Nederland aantrekkelijk maken voor Fintech-bedrijven. De solide digitale infrastructuur, gecombineerd met de gunstige geografische ligging, de internationale instelling en de beheersing van de Engelse taal, evenals het betrouwbare toezicht van financiële autoriteiten, creëren een gunstig ecosysteem voor de vestiging en groei van Fintech-initiatieven.

Een belangrijk kenmerk van Fintech is de veelzijdige toepasbaarheid ervan. Aangezien vrijwel elke sector behoefte heeft aan financiële dienstverlening, heeft Fintech de flexibiliteit om te voldoen aan diverse marktverzoeken. Bovendien blijft Fintech zich voortdurend ontwikkelen door de integratie van nieuwe technologieën zoals kunstmatige intelligentie, blockchain, biometrie en softwareoplossingen.

Al met al blijft Fintech gedijen als een groeimarkt vanwege de unieke combinatie van digitale expertise, innovatiegerichtheid en het vermogen om te voorzien in de diverse financiële behoeften van uiteenlopende sectoren.

In Nederland bieden de meeste Fintech-bedrijven producten of diensten aan op het gebied van financiële software, betalingsverkeer en RegTech & digitale identiteit. (EY, 2023) Wanneer we kijken naar betalingsverkeer, zijn er een aantal grote spelers in Nederland in het verwerken van betalingen (zoals Adyen en Mollie). Deze producten en diensten kunnen bestaan uit betaalfacilitators, payment service providers of kunnen zich richten op de

betaalwaardeketen. Ook zijn er cloud banking platforms (zoals Backbase en Mambu). Er is minder expertise in Nederland op bijvoorbeeld InsurTech en digital wallets. Op bovengenoemde sterktes kan Nederland voortbouwen richting de toekomst.

5.7.3 Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?

Een opvallend voorbeeld van productinnovatie in Fintech omvat de integratie van biometrische identificatie in betalingstransacties. Biometrische gegevens, zoals gezichtsherkenning, stemherkenning en vingerafdrukken, worden gebruikt om individuen te identificeren bij het uitvoeren van financiële transacties. Deze aanpak elimineert de noodzaak om complexe wachtwoorden of pincodes te onthouden, en draagt bij aan de veiligheid van transacties. Klanten kunnen zich op een meer intuïtieve en veilige manier identificeren.

Fintech-bedrijven passen geavanceerde technologieën zoals kunstmatige intelligentie, machine learning en robotische procesautomatisering toe om hun bedrijfsprocedures te automatiseren en bedreigingen en fraude op te sporen. Deze technologieën stellen financiële instellingen in staat om gegevens sneller en nauwkeuriger te analyseren, wat leidt tot verbeterde detectie van verdachte activiteiten en betere klantbescherming. Bovendien versnelt de geautomatiseerde verwerking de uitvoering van taken en verbetert zo de algehele kwaliteit van de dienstverlening. (Frame, et al., 2018)

Het gebruik van cloudsystemen heeft een revolutie teweeggebracht in de financiële sector, waarbij flexibele opslag en verwerking van financiële gegevens mogelijk worden gemaakt. Deze verschuiving heeft geleid tot functies zoals open banking en banking-as-a-service. Een concreet voorbeeld is in factuurbeheerssoftware. Deze software transformeert ongestructureerde facturen naar e-facturen en QR-code facturen, die vervolgens via verschillende kanalen, waaronder e-mail en SMS, worden verspreid. Automatische meldingen en realtime gegevens bieden extra waarde aan klanten en bedrijven, terwijl cloudgebaseerde flexibiliteit de algehele efficiëntie vergroot.

Deze voorbeelden illustreren hoe Fintech-bedrijven voortdurend nieuwe technologieën en benaderingen omarmen om innovatieve financiële producten te ontwikkelen die de klantervaring verbeteren, de veiligheid verhogen en de efficiëntie vergroten.

5.7.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

De veranderende maatschappelijke behoeften en verwachtingen sturen Fintech-ontwikkelingen aan, waarbij gemak, snelheid en veiligheid in financiële transacties centraal staan. Bovendien heeft de groeiende bewustwording over privacy en gegevensbeveiliging geleid tot een verhoogde nadruk op het beschermen van financiële technologieën tegen potentiële inbreuken. Het ontbreken van regulering voor digitale platforms brengt risico's met zich mee voor het financiële welzijn van individuen. Het is daarom belangrijk dat Europese wetgevers het gebruik van Fintech-diensten door consumenten volgen, omdat gebruikers toegang kunnen krijgen tot gemakkelijk te gebruiken financiële producten en diensten, maar mogelijk niet de financiële geletterdheid hebben om verstandige beslissingen te nemen. (Clingendael, 2022)

De rol van geopolitiek in Fintech komt duidelijk naar voren in de context van Europese Fintech-bedrijven. Buitenlandse investeringen uit landen zoals de Verenigde Staten en China dragen bij aan de groei van Europese Fintech-bedrijven, maar tegelijkertijd kunnen ze de digitale soevereiniteit en concurrentiepositie van Europa in gevaar brengen. Naarmate Europese Fintech-bedrijven steeds meer geïntegreerd raken in wereldwijde ecosystemen, zoals die van de grote technologieplatforms uit de Verenigde Staten en China, ontstaat er een

toenemende mogelijkheid voor deze platforms om de spelregels binnen digitale financiën te dicteren. Dit vormt een bedreiging voor het vermogen van de Europese Unie om vast te houden aan haar benadering waarbij technologie in dienst staat van de burger. Zonder sterke interne spelers kunnen de EU en Europese bedrijven moeite hebben om hun invloed en normen op te leggen aan opkomende markten, wat de geopolitieke positie van de EU kan verzwakken. Dit alles benadrukt de complexiteit van de geopolitieke dynamiek en de impact ervan op de strategische en economische aspecten van Fintech in Europa.

Digitale transformatie



5.8 Groeimarkt 7: Digitale transformatie

5.8.1 Wat is het?

Een groot deel van de economische groei van de afgelopen jaren is afkomstig uit de toepassing van ICT in de traditionele economie. (Dialogic, 2011) ICT zorgt ervoor dat de productiviteit van sectoren toeneemt. In technische termen: de *total factor productivity* groeit als gevolg van de toepassing van ICT. De onderstaande tabel toont een overzicht van de digitale technologieën die in talloze bedrijfsprocessen, producten en diensten kunnen worden geïntegreerd. Een van de meest in het oog springende ontwikkelingen van de laatste jaren is AI. De Europese Commissie beschrijft AI als volgt: 'AI verwijst naar systemen die intelligent gedrag vertonen door hun omgeving te analyseren en – met een zekere mate van zelfstandigheid – actie ondernemen om specifieke doelen te bereiken.' (Dialogic, 2021) Zoals in 4.1.1 al genoemd, we kunnen onderscheid maken tussen drie trends binnen AI: generative, diagnostic en simulation.

Deze groeimarkt verschilt substantieel van de andere groeimarkten die we in dit stuk noemen. Daar is sprake van één specifieke technologie die in één sector of cluster van sectoren een impact heeft. Hier gaat het om een set technologieën die in nagenoeg alle sectoren een impact zal gaan hebben. Bovendien is hier sprake van cumulatieve inzet van technologieën. Het gaat dus bijvoorbeeld niet zozeer om de exclusieve inzet van diagnostische AI in nieuwe producten, het gaat veel meer om de gelijktijdige toepassing van diagnostische AI in combinatie met satelliettechnologie, IoT en drones.

Tabel 3. Overzicht van de generieke trends die (cumulatief) in veel diensten, producten, processen kunnen worden geïntegreerd

Macrotrend	Onderwerp	Trend
Digitalisering	AI	Generative AI
Digitalisering	AI	Diagnostic AI
Digitalisering	AI	Simulation AI
Digitalisering	Telecom en cloud	Satelliettech en toepassingen van satellietdata
Digitalisering	Telecom en cloud	Next-generation Telecommunication (6G)
Digitalisering	Telecom en cloud	Edge Computing
Digitalisering	Telecom en cloud	Cloud Computing
Digitalisering	Telecom en cloud	IoE/IoT
Digitalisering	Telecom en cloud	SaaS
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Semiconductors
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	3D printen
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Robotica
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Drones
Digitalisering	Toepassingen (soft- en hardw.)	Augmented en Virtual Reality
Digitalisering	Toepassingen (software)	Digital Twin

Naast technologische ontwikkelingen, valt ook de mitigatie van de negatieve kanten van digitalisering (cybersecurity, digitale ethiek, gepersonaliseerde software en personalised data) onder deze groeimarkt. Specifieke negatieve gevolgen van toenemende digitalisering zoals cyberaanvallen en privacy kwesties kunnen met bepaalde producten en diensten worden gemitigeerd. Cybersecurity is overduidelijk een trend waarmee de negatieve kanten van

toenemende digitalisering (cyberaanvallen die veel verschillende sectoren kunnen raken) kunnen worden gemitigeerd. Ook de andere trends raken aan een steeds meer datagedreven samenleving en de gevolgen die hiermee gepaard gaan, bijvoorbeeld op het gebied van privacy.

5.8.2 *Waarom is het een groeimarkt?*

Nederland is een van de meest gedigitaliseerde landen ter wereld. (European Commission, 2022) We scoren vooral hoog op digitale vaardigheden, infrastructuur en de integratie van digitale technologie. (European Commission, 2022) Deze laatste sterkte is niet zozeer gericht op een specifieke sector als op de economie en samenleving als geheel. Voor alle sectoren die in het voorgaande hoofdstuk zijn genoemd zal gelden dat Nederlandse bedrijven goed zullen zijn in het integreren van digitale technologie in processen, diensten en producten. De complexiteit van de integratie van digitale systemen in bestaande producten, diensten en processen wordt vaak onderschat. Er is sprake van een zeer complexe samenhang tussen verschillende onderdelen van systemen, juridische kaders, businessmodellen en bestaande contracten. Een aardige illustratie zijn de camera's op de robot *Curiosity* op Mars in 2012. Deze robot van \$2,5 miljard had camera's van slechts 2 megapixels, terwijl op dat moment oude smartphones soortgelijke camera's hadden. (CNET, 2012) De reden hiervoor is dat bij het opzetten van de specificaties in 2004 alleen een camera van 2 MP beschikbaar was en door de complexiteit van de integratie het later aanpassen van de camera niet meer mogelijk was.

Naast de complexiteit in technische integratie, biedt de complexiteit die de mitigatie van negatieve kanten van digitalisering veroorzaakt ook kansen voor Nederland. Nederland heeft een sterke positie in de halffeederindustrie, transport en opslag van goederen en softwareontwikkeling. In deze sectoren biedt digitalisering kansen, maar tegelijkertijd ook bedreigingen. Cybersecurity speelt een belangrijke rol in veel sectoren. Cyberaanvallen kunnen een grote impact hebben op de bedrijfsvoering van bijvoorbeeld logistieke bedrijven of de halffeederindustrie. Deze cyberaanvallen kunnen direct op bedrijven worden uitgevoerd of indirect via toeleveranciers. Verder biedt de toenemende hoeveelheid data kansen voor gepersonaliseerde data en software die tegelijkertijd privacy in ogenschouw neemt. De Nederlandse cybersecurity sector kent enkele zwaktes: weinig private cyber R&D, focus op diensten die minder goed te exporteren zijn en minder grote spelers dan in andere landen). Echter heeft Nederland een sterke kennisbasis in cryptografie en kan Nederland met haar sterke softwareontwikkeling sector en hoogwaardige integrators van cybersecurity, gekoppeld aan andere sterke sectoren, inspelen op het mitigeren van de negatieve kanten van digitalisering. Bijvoorbeeld door het toepassen van AI in cybersecurity en kwantumtechnologie waarin Nederland een sterke kennisbasis heeft (voor een nieuwe vorm van encryptie). (Dialogic, 2023)

Door de brede toepasbaarheid en vele ontwikkelingen heeft AI mogelijke productinnovaties in bijna alle sterke sectoren van Nederland. Zo raakt het ook aan veel van de andere groeimarkten die worden beschreven in dit rapport. Door deze diverse toepassingsmogelijkheden zitten er veel verschillende kansen voor Nederland om AI in te zetten om producten of diensten te verbeteren binnen sectoren waar Nederland al sterk in is. Hierdoor kan Nederland zich blijven onderscheiden binnen deze sectoren op internationaal vlak.

5.8.3 *Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?*

Er zijn talloze voorbeelden van productinnovaties te bedenken. Een groot deel van de producten en diensten die in de sectoren geproduceerd worden kunnen gedigitaliseerd worden. Hieronder enkele voorbeelden die betrekking hebben op de sectoren die we eerder

bepaalden. Belangrijk is echter om te beseffen dat dit geldt voor nagenoeg *alle* sectoren van de Nederlandse economie.

Tabel 4. Concrete voorbeelden van productinnovaties

Sector	Concrete voorbeelden productinnovaties
Zuivelketen	Zie Groeimarkt 3: Smart Farming
Dier- en vleesketen	Zie Groeimarkt 3: Smart Farming
Groente- en fruitketen	Zie Groeimarkt 3: Smart Farming
Sierteeltketen	Zie Groeimarkt 3: Smart Farming
Halfgeleiderindustrie	Zie Groeimarkt 4: Halfgeleiders
Medische apparatuur	Zie Groeimarkt 5: Medtech
Sport- en recreatievaartuigen	Generative AI is toepasbaar bij het verbeteren van ontwerpen van vaartuigen. (Johannson, 2022) In vaartuigen kunnen op talloze plekken digitale toepassingen worden geïntegreerd. Denk aan systemen voor multimedia, geautomatiseerd varen, communicatie, optimalisatie van de aandrijving. Inzet van Diagnostic AI voor (alle digitale elementen van) vaartuigen.
Vrachtwagenindustrie	Generative AI is toepasbaar bij het verbeteren van ontwerpen van vrachtauto's. (Eastwood, 2023) In vrachtauto's kunnen op talloze plekken digitale toepassingen worden geïntegreerd. Denk aan systemen voor multimedia, geautomatiseerd rijden (McKinsey, 2022), communicatie, optimalisatie van de aandrijving. Ook kan LIDAR worden ingezet voor het verkrijgen van een beter inzicht op de omgeving. (PhotonDelta, 2021) Inzet van Diagnostic AI voor (alle digitale elementen van) vaartuigen en vrachtwagens.
Transport en opslag van goederen	De vervoersdienst kan op allerlei manieren via digitalisering verder worden verbeterd. Door middel van AI-simulaties kan er sprake zijn van Supply chain optimization. Zie ook groeifondsvoorstel (Nationaal Groeifonds, 2022) en AINed (AINed, 2022). Tevens kan er gebruik gemaakt worden van drones voor de levering van producten. (Bi, et al., 2023)
Technisch ontwerp en advies	De technische ontwerp- en adviesdiensten kunnen in grote mate profiteren van digitale technologie. Generative AI kan worden ingezet om ontwerpen te verbeteren. (Eastwood, 2023) Via AI simulaties kunnen er talloze nieuwe diensten worden ontwikkeld, bv op het gebied van civiele techniek. VR kan worden ingezet om virtuele prototypes te maken. (Gans & Nagaraj, 2023) Via digital twin kan product design gedigitaliseerd worden. (Attaran & Celik, 2023) Materialenpaspoorten zijn elektronische en interoperabele datasets over de eigenschappen van materialen en onderdelen. (Grond, et al., 2020) Het doel achter het gebruik van materialenpaspoorten is het mogelijk maken van hoogwaardig hergebruik van materialen en onderdelen in de bouw. Het effectief herstellen en hergebruiken van onderdelen en materialen vereist dat informatie erover gemakkelijk beschikbaar is op of zelfs nog voor het moment dat deze onderdelen en materialen vrijkomen. Met deze paspoorten kan de waarde van materialen onderdelen gedurende de levenscyclus van bouwwerken behouden worden en wordt hergebruik gefaciliteerd en gestimuleerd.
Softwareontwikkeling	Hoewel softwareontwikkeling draait om digitale diensten, kan het zelf ook digitalisering gebruiken om nieuwe en betere diensten te ontwikkelen. Generative AI kan worden ingezet om betere software te schrijven (AI Code tools). (Wang, et al., 2023) Door de inzet van AI

Sector	Concrete voorbeelden productinnovaties
	<p>diagnostische software en AI-simulaties, kan software worden getest. In het cybersecurity domein kunnen sterk geautomatiseerde (AI-driven) cybersecuritydiensten en quantum resiliënt cybersecuritydiensten nieuwe interessante producten zijn. (Dialogic, 2023) In het 6G domein kunnen er softwaremodules voor de aansturing van 6G netwerken worden gemaakt. (TNO, 2023) Via digital twins kunnen digitale simulaties en modellen voor testen worden ingezet om voorspellende ERP systemen te maken. (DHL Trend Research, 2019)</p> <p>Sterk geautomatiseerde (AI-driven) cybersecuritydiensten en quantum resiliënt cybersecuritydiensten zijn een voorbeeld. AI-algoritmes kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om verdachte patronen te detecteren en te voorspellen (op basis van de eerdere aanvallen die zijn waargenomen), en daar (near) realtime op te acteren. (Dash, et al., 2022) Maar het kan ook worden ingezet om aanvallen te detecteren en netwerken te toetsen op <i>Indicators of Compromise</i>. Een kwantumcomputer maakt het mogelijk om veel van de encryptie die op dit moment gebruikt wordt te kraken. Dit kan een grote dreiging zijn omdat veel gegevens die nu veilig versleuteld worden, in de toekomst mogelijk uitgelezen kunnen worden door een derde partij. Sommige partijen ontwikkelen quantum resistent systemen die voorkomen dat dit gebeurt en hier ligt een interessante marktkans. (Dialogic, 2023)</p> <p>Het toenemende gebruik van (personalized) data leidt ook tot kwesties van digitale ethiek: welke data wordt er opgeslagen, hoeveel en hoe lang, wie heeft toegang tot deze data etc. Hier liggen kansen voor het ontwerpen van software voor gegevensbescherming en software die compliant is aan (toekomstige) privacy eisen (privacy by design). Dit is onder andere van belang om te voldoen aan Europese eisen aan privacy. (Bernsmed, 2016)</p>
Accountancy en belastingadvisering	Veel van het werk van accountants en fiscalisten is gebaseerd op het toepassen van regels. Hiermee is het relatief eenvoudig te digitaliseren. (Hasan, 2022)
Risicoanalyse en schade-taxatie	Via AI kunnen er diensten worden ontwikkeld die een betere inschatting van risico's geven. (Boston Consulting Group, 2021) (Hasan, 2022) Een voorbeeld van dienstinnovaties is financiële dienstverlening die via AI een betere inschatting kan geven van risico's. (McKinsey, 2022)
Muziekindustrie	AI kan op drie manieren een impact hebben op de muziekindustrie. (1) Generative AI kan worden ingezet om muziek te laten maken. (Collins & Knotts, 2020) (2) diagnostic AI kan worden gebruikt voor betere mixing en editing van muziek (ROEX, 2023) en (3) AI-simulatie in combinatie met VR-diensten kunnen worden gebruikt voor diensten rondom Immersive Impact. (Nationaal Groeifonds, 2021)

5.8.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

Gezien de diversiteit van de sectoren waarin deze ontwikkeling speelt, zal het antwoord op deze vraag sterk verschillen. De markt voor fiscale dienstverlening verschilt van de markt voor software voor het primair onderwijs en dit verschilt weer sterk van de markt voor vloerbedekking voor industriële omgevingen. Toch zijn er ook wel aspecten te noemen die wel te generaliseren zijn.

Ten eerste zal het Nederlands beleid gericht op digitale vaardigheden een grote impact hebben op deze groeimarkt. Alleen als we duurzaam blijven inzetten op een beroepsbevolking die de kansen die digitalisering biedt kan plukken, dan kunnen bedrijven ook daadwerkelijk

innoveren. En aan de kant van de gebruiker moeten voldoende digitale vaardigheden zijn om daadwerkelijk gebruik te kunnen maken van de nieuwe producten. Het is evident dat dit ook een sterke impact heeft op de maatschappelijke vraag in Nederland.

Ten tweede moeten de randvoorwaarden voor het aanbieden van de internationale technologische trends in Nederland op orde zijn. Voor alle trends geldt uiteraard dat de arbeidsmarkt kwalitatief en kwantitatief op orde moet zijn, maar voor sommige trends speelt overheidsbeleid een belangrijke rol. Als het gaat om telecommunicatiediensten dan heeft de Rijksoverheid (en het Ministerie van EZK in concreto) een belangrijke rol als het gaat om frequentiebeleid. De discussie over de 3,5GHz voor 5G is hier een goed voorbeeld van. (Kamerstuk 24 095, sd) Als het gaat om cloud diensten dan gaat het primair over de vestiging van datacenters. Voor Multi tenant datacenters heeft overheid een rol als het gaat om het faciliteren van de partijen die zorgen voor de uitbreiding van de netcapaciteit. (Liander, 2023) Voor hyperscale datacenters speelt regulering voor vestiging in Nederland. (Rijksoverheid, 2022)

Ten derde moet de overheid zorgen voor een passend regelgevend kader voor nieuwe technologie. Nieuwe technologie zorgt vaak voor nieuwe vraagstukken en er moet duidelijkheid zijn hoe wij in Nederland hiermee omgaan. Alleen dan hebben bedrijven voldoende zekerheid om te investeren op lange termijn. Welke regelgevende vragen spelen verschillen sterk per trend, dus het is lastig om een generiek beeld te geven. Bij drones gaat het bijvoorbeeld over waar en onder welke condities zij mogen vliegen. Bij augmented reality speelt wellicht de discussie onder welke condities dit in het verkeer mag worden ingezet. Bij AI kunnen vragen spelen over het intellectueel eigendomsrecht van de trainingsdata.

Specifiek voor AI valt op dat Nederland hier geen hele sterke positie in ten opzichte van andere landen in heeft. Enkele grote Amerikaanse bedrijven hebben een leidende positie in deze markt. Andere landen, waaronder Duitsland en Frankrijk, investeren veel meer in AI dan Nederland en ondersteunen daarmee ook hun industrie. Daardoor zijn deze landen ook verder op het gebied van AI dan Nederland, en zijn er mogelijk investeringen vanuit de Nederlandse overheid nodig om niet verder achterop te raken ten opzichte van andere landen. Dit is ook van belang om de huidige sterke positie van Nederland in verschillende andere sectoren te behouden en verder uit te bouwen. Dit kwam ook sterk naar voren vanuit verschillende interviews met experts. (Dialogic, 2021)

Specifiek voor personalized data en digitale ethiek zien we een maatschappelijke discussie over de toenemende hoeveelheid (gevoelige) data en zeggenschap over persoonlijke data. Hier spelen Europese richtlijnen ook een grote rol. Geopolitiek gezien spelen bij cybersecurity veiligheidsoverwegingen en een toenemend risico van aanvallen van statelijke actoren. Een ander mogelijk geopolitiek vraagstuk is het beschermen van Nederlandse bedrijven tegen buitenlandse invloeden of overnames.

(Groene) waterstof



5.9 Groeimarkt 8: (Groene) waterstof

5.9.1 Wat is het?

Groene waterstof is een vorm van waterstofgas die wordt geproduceerd via een milieuvriendelijk en koolstofvrij proces. Het wordt als "groen" beschouwd omdat het wordt geproduceerd met behulp van hernieuwbare energiebronnen, zoals wind-, zonne- of waterkracht. Het gebruik van groene waterstof als energiebron heeft veel potentiële voordelen. Het kan dienen als een opslagmedium voor hernieuwbare energie, omdat overtollige elektriciteit kan worden gebruikt om waterstof te produceren wanneer de vraag laag is, en de waterstof kan vervolgens worden omgezet in elektriciteit wanneer de vraag hoog is. Bovendien kan groene waterstof worden gebruikt als een schone brandstof voor verschillende toepassingen, zoals brandstofcellen voor voertuigen, industriële processen en energieopslag.

In de laatste vijf á zeven jaar heeft waterstof een enorme ontwikkeling doorgemaakt. In theorie kan de energietransitie gemaakt worden met windenergie, zonne-energie en waterstof. De Nederlandse verdienkansen voor waterstof zijn in drie paden onder te verdelen: 1) de handel en transport van waterstof, 2) de productie van (groene) waterstof, en 3) verduurzaming van industrie en mobiliteit.

5.9.2 Waarom is het een relevante groeimarkt?

Waterstof is een relevante groeimarkt vanwege de toenemende mogelijkheden in de toekomst en de groeiende aandacht vanuit allerhande partijen binnen het innovatie-ecosysteem van waterstof. De energietransitie vraagt om een vermindering van het gebruik van fossiele brandstoffen. Waterstof kan een belangrijke rol gaan spelen in de opslag en het vervoer van energie. Daarnaast kan het een grote rol gaan spelen als energiebron ter verduurzaming van de industrie. Vanuit het innovatie-ecosysteem is er veel belangstelling van onder meer faciliterende/coördinerende organisaties, investeerders, scheepsvaart, Europese overheid, Nederlandse ministeries, grote bedrijven en start-ups. De verdienkansen voor Nederland zijn in drie pijlers onderverdeeld:

1. Handel: Delen van de aardgasinfrastructuur kunnen tegen relatief lage kosten worden hergebruikt voor waterstof. Nederland beschikt daarnaast over internationale havens, gasrotondes, rivieren, pijpleidingen, ondergrondse opslag (o.a. in de Noordzee). Deze infrastructuur gecombineerd met een grote potentiële vraag naar (groene) waterstof in het achterland maakt dat Nederland goed is geëquipeerd om in de toekomst te functioneren als waterstofhub.
2. Productie: Uit verschillende interviews blijkt dat Nederland voor wat betreft de productie er twee stromingen zijn waar verdienkansen uit voortkomen. Enerzijds is er de productie van groene waterstof zelf. De Noordzee is een ondiepe zee, wat de aanleg van offshore windturbines relatief goedkoop maakt. Offshore elektrolyse in de Noordzee voor groene waterstof vormt daarmee een concrete verdienkans. Anderzijds is er de productie van technologie en apparatuur (zoals bijvoorbeeld elektrolyzers) waarmee (groene) waterstof geproduceerd wordt.
3. Verduurzaming: Het potentieel van waterstof ligt ook in de transportmogelijkheden. Het kan daarmee de elektrificatie van industrie bevorderen en netcongestie verzachten. Waterstof vormt een belangrijke bron voor verduurzaming van de industrie. Vier van de vijf grote Nederlandse industrieclusters liggen in de buurt van een haven. Daarnaast zijn er drie van vijf met pijpleidingen verbonden. De verdienkans zit hem dan met name in het voorkomen van een mogelijk verlies van economische activiteit of een mogelijke uitbreiding van fossielvrije industrie. Ook in de mobiliteitssector liggen kansen voor waterstof. Waar het gaat op vrachttransport over lange

afstanden. De productie van vrachtauto's op waterstof vormt een kans voor de Nederlandse vrachtwagenindustrie.

5.9.3 Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?

Innovaties in waterstoftechnologie hebben geleid tot aanzienlijke verbeteringen in de efficiëntie van waterstofproductie uit hernieuwbare bronnen zoals zonne- en windenergie, wat resulteert in grotere productiecapaciteit en lagere kosten voor groene waterstof. Nederland heeft een sterke positie in de productie van elektrolyzers, de apparaten die door middel van elektriciteit water scheiden in waterstof en zuurstof. Dit vormt een groeiende wereldmarkt en er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van nieuwe generaties elektrolyzers met verminderd gebruik van kostbare materialen zoals iridium. Innovaties in brandstofceltechnologie hebben ook geleid tot verbeterde waterstofbrandstofcellen voor voertuigen, waaronder personenauto's, bussen en vrachtwagens. Bovendien vormt de productie van vrachtauto's op waterstof specifiek voor de Nederlandse economie een verdienkans.

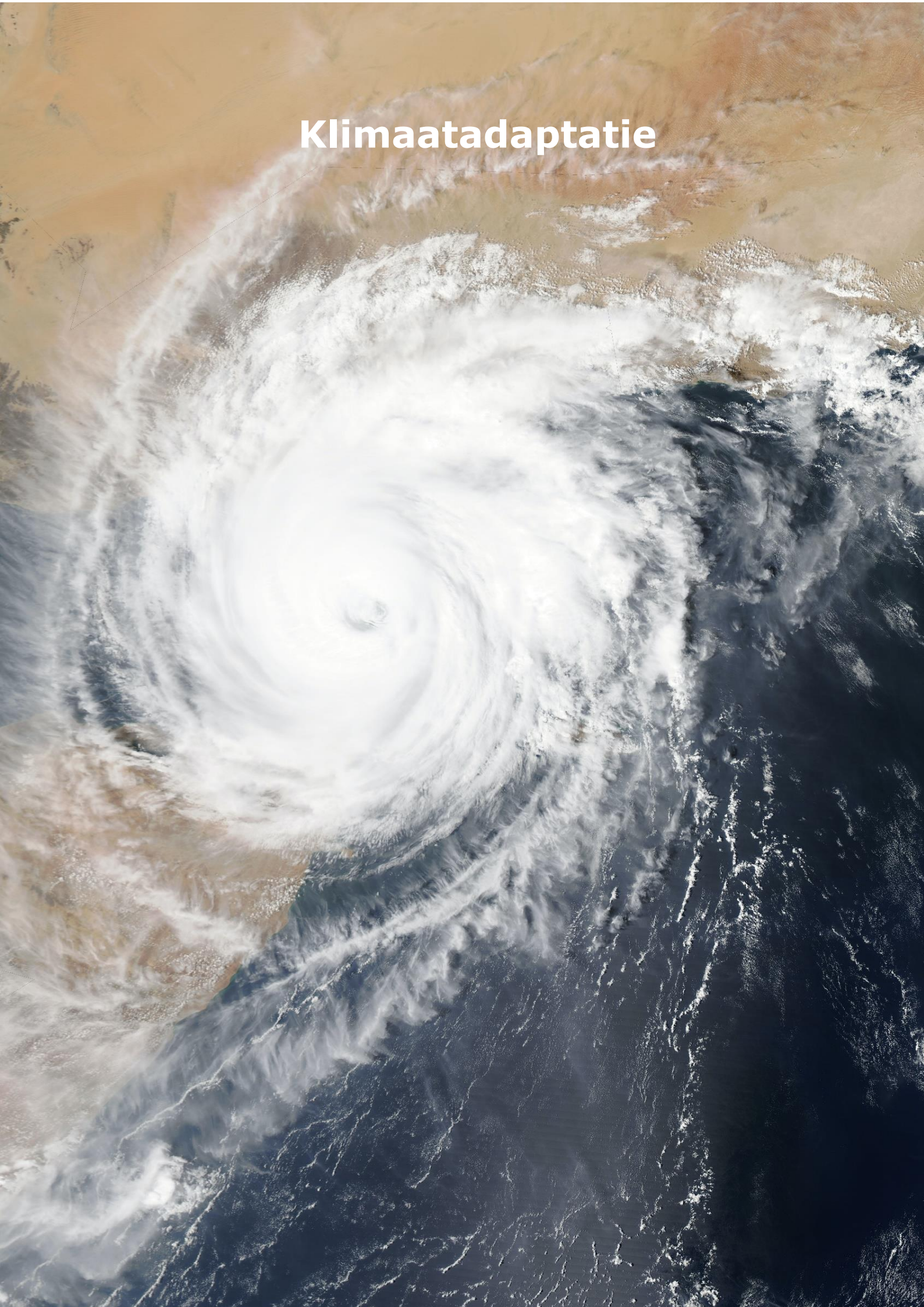
Een ander interessant potentieel ligt in de Noordzee, waar de ondiepe wateren gunstige omstandigheden bieden voor de installatie van offshore windturbines. Dit opent de deur naar offshore elektrolyse voor groene waterstofproductie in de Noordzee, wat een concrete kans biedt voor verdere ontwikkeling en verdiensten. Een voorbeeld hiervan is de PosHYdon pilot.

5.9.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

De energietransitie maakt dat de vraag naar duurzame energieoplossingen en groene waterstof een substantiële vraaggroei hebben ondergaan en zullen blijven beleven. Echter is waterstofontwikkeling sterk aanbodgedreven is. Er is minder aandacht aan de vraagkant. Er is wel sprake van een latente belangstelling, maar de bedrijven met een latente vraag zijn nog afwachtend omdat waterstof momenteel nog duur is en vanuit beleid (zowel Nederlands als Europees) er pas recentelijk iets meer duidelijk gekomen over de koers.

Er zijn nog veel vragen zoals: Wat gaat het in de toekomst kosten. Bijvoorbeeld het transport van waterstof vanuit de Rotterdamse haven naar Duitsland. Minister Jetten heeft recentelijk een brief over waterstof gepubliceerd (Ministerie van EZK, 2023): Zowel de vraag als het aanbod gaat gestimuleerd worden door middel van een subsidie. Maar er is ook nog veel onduidelijk over bijvoorbeeld: Certificering, veiligheid, maatschappelijke acceptatie, beschikbaarheid van gekwalificeerd personeel.

Klimaatadaptatie



5.10 Groeimarkt 9: Klimaatadaptatie

5.10.1 *Wat is het?*

Klimaatadaptatie verwijst naar het proces waarbij samenlevingen en ecosystemen zich aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering om de negatieve impact ervan te verminderen en zich beter voor te bereiden op toekomstige veranderingen die teweeg worden gebracht door klimaatverandering. Klimaatadaptatie omvat strategieën, maatregelen en beleidsmaatregelen die gericht zijn op het verminderen van kwetsbaarheden en het vergroten van de veerkracht van gemeenschappen, economieën en ecosystemen.

5.10.2 *Waarom is het een relevante groeimarkt?*

Als gevolg van klimaatverandering groeit de mondiale vraag naar oplossingen die de negatieve impact ervan mitigeren. De urgentie om samenlevingen en ecosystemen weerbaar te maken of zelfs aan te passen wordt steeds vanzelfsprekender. De gevolgen van klimaatverandering, zoals stijgende temperaturen, extreme weersomstandigheden, zeespiegelstijging en veranderingen in neerslagpatronen, worden steeds duidelijker en hebben wereldwijd invloed. Dit creëert een sterke behoefte aan maatregelen om de schadelijke gevolgen te verminderen en ons aan te passen aan de nieuwe realiteit.

Nederland heeft een sterke en innovatie landbouwsector. Daarnaast hebben we in Nederland veel kennis over zaad- en plantveredelingstechnieken. Die combinatie maakt Nederland bij uitstek geschikt om te experimenteren met nieuwe weerbare zaden bijvoorbeeld. Weerbaarheid tegen extreem weer zoals hevige regenval of droogte, maar ook ziekteresistentie als gevolg van opkomende tropische ziektes.

Bovendien heeft Nederland veel kennis op gebied van civiele techniek, specifiek op gebied van watermanagement. Doordat zeespiegelstijging een meer overstromingsgevaar als gevolg van extreemweer groeit ook de vraag naar keringsconcepten en monitoringssystemen.

5.10.3 *Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?*

Nederland is historisch sterk in watermanagement. Een groot deel van Nederland ligt onder de zeespiegel, waardoor het land kwetsbaar is voor overstromingen. Nederland heeft enkele van 's werelds meest vooraanstaande wateronderzoeks- en ingenieursinstellingen, zoals Deltares en het Waterloopkundig Laboratorium. Deze instellingen dragen bij aan de ontwikkeling van geavanceerde technologieën en modellen voor waterbeheer. Slimme sensornetwerken kunnen worden gebruikt voor monitoring van dijkveiligheid en om snel te reageren op klimaat gerelateerde noodsituaties. Binnen de civiele techniek worden keringsconcepten en materialen ontwikkeld voor grootschalige deltawerken, terwijl technologieën zoals membranen voor nanofilters en elektrolyse worden ingezet voor de productie van vers water.

Naast deze kansen zijn er ook innovaties die stedelijke gebieden veerkrachtiger maken. Groene daken en gevels, die vegetatie integreren in de bebouwde omgeving, dragen bij aan een koelere omgeving en verminderde regenwaterafvoer. Stadslandbouw, waaronder gemeenschapstuinen op daken en in openbare ruimtes, biedt niet alleen voedselproductie, maar helpt ook bij regenwaterretentie en temperatuurregulatie. Verticale tuinen op gebouwen voegen groen toe aan stedelijke omgevingen.

In de landbouwsector zijn er diverse initiatieven aangaande de uitdagingen van klimaatverandering. Bijvoorbeeld bedrijven zoals Enza Zaden, Syngenta en Rijk Zwaan houden zich bezig met de ontwikkeling van klimaatbestendige gewassen die weerbaarder zijn tegen veranderende weersomstandigheden zoals droogte en hitte, evenals ziekteresistentie tegen

opkomende tropische ziekten en extremere weersomstandigheden. Ook zijn er nieuwe methodes en technologieën ontwikkeld om de bodemkwaliteit te monitoren en verbeteren. Bovendien wordt er gewerkt aan zilte landbouwtechnieken om zoute gronden te benutten, waarbij speciale gewassen worden ontwikkeld die gedijen in deze omstandigheden.

5.10.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

De toenemende vraag naar bescherming tegen klimaatgerelateerde risico's zoals overstromingen, hitte en droogte stimuleert de behoefte aan innovatieve en duurzame oplossingen. Nederland, met expertise in watermanagement, investeert in waterbeheer, dijkversterking, stadsplanning, groene infrastructuur en sensortechnologie. Dit heeft niet alleen invloed op nationale veiligheid en infrastructuur, maar ook op grensoverschrijdende samenwerking. Nederland en België werken samen aan waterbeheer, grensoverschrijdende waterplannen en zeespiegelstijging. Het Scheldeverdrag regelt bijvoorbeeld de verdeling van verantwoordelijkheden voor de Westerschelde, terwijl gezamenlijke initiatieven op het gebied van kustbescherming beide landen beïnvloeden.



**Carbon Capture & Storage en
Carbon Capture & Utilisation**

5.11 Groeimarkt 10: Carbon Capture & Storage en Carbon Capture & Utilisation

5.11.1 *Wat is het?*

Carbon Capture and Storage (CCS), ook wel koolstofafvang en -opslag genoemd, is een technologie die gericht is op het verminderen van de uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) en het tegengaan van klimaatverandering. CCS omvat het proces van het afvangen van CO₂-uitstoot van industriële bronnen of energiecentrales, het transporteren van de afgevangen CO₂ naar geschikte opslaglocaties en het veilig opslaan ervan om te voorkomen dat het in de atmosfeer vrijkomt. Daarnaast is er nog Carbon Capture & Utilization (CCU), wat verwijst naar een reeks technologieën en processen die zijn ontworpen om koolstofdioxide (CO₂) uit de atmosfeer of industriële emissies op te vangen en nuttig te gebruiken in verschillende toepassingen. Het doel van CCU is om CO₂-emissies te verminderen en tegelijkertijd waarde te creëren door het gebruik van CO₂ als grondstof voor andere producten en processen, waardoor het broeikasgas in de atmosfeer wordt verminderd en er een circulaire koolstof-economie wordt bevorderd.

5.11.2 *Waarom is het een relevante groeimarkt?*

Om de klimaatdoelen te halen zal in Nederland meer nodig zijn dat het verduurzamen van de industriële sector, de energiesector en transport. CCS kan helpen om de uitstoot van CO₂ te verminderen. Nederland heeft een diverse en omvangrijke industriële sector, inclusief raffinaderijen, chemische fabrieken en staalproductie. Veel van deze sectoren zijn moeilijk te decarboniseren vanwege hun specifieke processen en hoge energiebehoeften. CCS en CCU kunnen hierbij helpen om de koolstofuitstoot van deze industriële activiteiten te verminderen.

Uit de interviews komt naar voren dat CCS en CCU aanzienlijke groeimarkten gaan worden, maar het is een overheidsmarkt (vergelijkbaar met de ruimtevaartindustrie). Dat wil zeggen, als Nederland een rol van betekenis wil spelen op de markt voor CO₂-opslag en gebruik (CCS en CCU) zal de overheid ook fors moeten investeren en bijdragen. Het is een grote groeimarkt omdat het noodzakelijk gaat zijn om klimaatverandering te remmen (er moet actief CO₂ uit de lucht gehaald gaan worden), maar het opvangen en opslaan van CO₂ zelf niet snel een verdienkans zijn. Nederland kan op korte termijn een belangrijke rol spelen, als er in de Haven van Rotterdam CO₂ kan worden opgeslagen. Maar dat kost veel energie en het is nog erg kostenintensief. Nederland heeft een sterke traditie van expertise op het gebied van olie, gas en infrastructuur, wat het land goed positioneert om technologie en infrastructuur te ontwikkelen voor CCS en CCU. Nederland is daarom een goede plek voor pilots (bijvoorbeeld Carbyon) en ontwikkeling en moet ervoor gezorgd worden dat de apparatenbouw en technologie voldoende ontwikkeld wordt. Vervolgens kan via de export van kennis, expertise, technologie en apparatuur een verdienkans gecreëerd worden.

5.11.3 *Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?*

Porthos ontwikkelt een project waarbij CO₂ van de industrie in de Rotterdamse haven wordt getransporteerd en opgeslagen in lege gasvelden onder de Noordzee. Eén van de manieren om de klimaatdoelstellingen te realiseren, is het afvangen en opslaan van CO₂ (Carbon Capture and Storage, kortweg CCS). In het Klimaatakkoord is nadrukkelijk gekozen voor CCS als één van de maatregelen voor CO₂-reductie. Zonder Porthos had de regering haar eigen klimaatdoelen (55 procent minder CO₂-uitstoot in 2030 ten opzichte van 1990) nooit gehaald, en had ze op zoek moeten naar een andere manier om toch tot de gewenste reductie te komen. De ambitie die de Porthos-bouwers hebben, is om in vijftien jaar 37

miljoen ton CO₂ af te vangen. Dat komt overeen met 10 procent van de totale uitstoot van de Rotterdamse industrie.

Bovendien beschikt Nederland over organisaties zoals TNO, die technologieën hebben ontwikkeld voor het vastleggen van CO₂, wat in veel andere landen wordt toegepast. Een voorbeeld hiervan is VoltaChem, een initiatief van TNO, dat zich onder meer richt op het opschalen en verbeteren van de efficiëntie van elektrolyseprocessen, en de productie van chemische bouwstenen uit hernieuwbare biograndstoffen, CO₂ en water. Naast opslag van CO₂ richt men zich ook op conversie door middel van CO₂-elektrolyse, een elektrochemische techniek om CO₂ om te zetten in waardevolle chemische bouwstenen zoals mierenzuur, koolmonoxide en ethyleen. Dit opent de deur naar de productie van diverse materialen, inclusief plastics (waarnaar de vraag wereldwijd gezien sterk zal groeien). De kennis en oplossingen die hieruit voortkomen, kunnen worden geëxporteerd en toegepast in andere landen, een verdienkans voor de Nederlandse economie.

5.11.4 Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?

Ondanks deze voordelen zijn er ook uitdagingen, zoals de hoge kosten van CCS-implementatie, de noodzaak van geschikte opslaglocaties en de publieke acceptatie van de technologie. De Nederlandse overheid heeft de ambitie om CO₂-neutraal te zijn en heeft diverse maatregelen en stimuleringsregelingen ingevoerd om CCS- en CCU-technologieën te bevorderen. In het Klimaatakkoord is nadrukkelijk gekozen voor CCS als één van de maatregelen voor CO₂-reductie. Subsidies, belastingvoordelen en regelgeving zou de ontwikkeling en implementatie van deze technologieën nog verder kunnen ondersteunen. Een potentieel nadeel is de hoge energie behoefte van CCU, dit zou gezien de reeds hoge vraag aan energie vanuit andere sectoren mogelijk een belemmering kunnen vormen.

Duurzame infrastructuur



5.12 Groeimarkt 11: Duurzame infrastructuur

5.12.1 *Wat is het?*

Duurzame infrastructuur verwijst naar het ontwerp, de bouw en het beheer van fysieke structuren en systemen met een focus op milieuvriendelijkheid, sociale rechtvaardigheid, economische levensvatbaarheid en veerkracht op de lange termijn. Het doel van duurzame infrastructuur is om een positieve impact te hebben op het milieu, de samenleving en de economie, terwijl tegelijkertijd de behoeften van de huidige generatie worden vervuld zonder de mogelijkheid voor toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien in gevaar te brengen.

5.12.2 *Waarom is het een relevante groeimarkt?*

Duurzame infrastructuur is van belang om de klimaatdoelstellingen te verwezenlijken, aangezien het aanzienlijk kan bijdragen aan de vermindering van de totale CO₂-uitstoot. Dit omvat onder andere klimaatbestendige gebouwen, effectief waterbeheer en bescherming tegen overstromingen, wat de veerkracht van het land vergroot. Nederland heeft met de technologische expertise en kennis in waterbeheer, energie en bouw, een verdienkans om duurzame infrastructuurtechnologieën te ontwikkelen en te implementeren. Dergelijke inspanningen dragen bij aan leefbare steden en gemeenschappen, en hebben positieve effecten op de gezondheid en het welzijn van de bevolking. Voorbeelden van relevante projecten in Nederland omvatten grootschalige wind- en zonne-energieprojecten, energiezuinige gebouwen, uitgebreide fietsinfrastructuur, slimme energienetwerken en waterbeheersystemen. De opkomende markt voor duurzame infrastructuur in Nederland biedt niet alleen mogelijkheden om de klimaatverandering aan te pakken, maar ook om economische groei te stimuleren, door de mogelijkheid van het exporten van bepaalde oplossingen of kennis.

5.12.3 *Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?*

Het verduurzamen en circulair maken van de fysieke infrastructuur biedt verdienkansen. Voor Nederland liggen de meest veelbelovende kansen in de nabije toekomst binnen twee sectoren: de laadpalenindustrie en de asfaltketen.

Nederlandse bedrijven zoals Alfen, Allego, Fastned, Ionity en EVBox bevinden zich wereldwijd in de voorhoede van 'laadoplossingen' voor elektrische voertuigen. Nederland heeft ook een thuismarktvoordeel met de hoogste laadpaaldichtheid ter wereld en het hoogste aantal in de EU. De vraag naar laadpalen in de EU zal naar verwachting sterk groeien, van ongeveer 0,5 miljoen in 2023 tot 3-4 miljoen in 2030. (Chargeup Europe, 2023). Bovendien zijn in Nederland ontwikkelde protocollen en software voor laadpalencommunicatie de norm in zowel de EU als de VS, waarmee de beschikbaarheid kan worden gecontroleerd en het laadvermogen op afstand kan worden gereguleerd door netbeheerders. Deze ontwikkelingen worden versterkt door het vooruitzicht van auto's die energie kunnen terugleveren, wat het balanceren van het stroomnet kan ondersteunen.

Binnen de asfaltketen zijn er ook verdienkansen, bijvoorbeeld het Roof2Road-initiatief om bitumen uit dakbedekking te hergebruiken in de productie van asfalt. Een opvallend concept is het aanbieden van infrastructuur als dienst, waarbij projectontwikkelaars eigenaar blijven van de wegmaterialen en gedurende langere perioden verantwoordelijk zijn voor het beheer en onderhoud. Dit stimuleert de keuze voor duurzame asfaltmengsels met een hogere restwaarde van materialen.

5.12.4 *Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?*

Het Nederlandse beleid voor wat betreft de energietransitie en klimaatdoelen heeft een stimuleren effect op de ontwikkeling van duurzame infrastructuur. Subsidiereregelingen, belastingvoordelen en regelgeving zou investeringen in groene infrastructuur nog verder kunnen aanmoedigen. Maatschappelijke vraag speelt een belangrijke rol bij het stimuleren van de groei van duurzame infrastructuur. Burgers en consumenten worden zich steeds meer bewust van de gevolgen van klimaatverandering en milieuvuiling, en dringen aan op duurzamere oplossingen. Deze vraag naar milieuvriendelijke en energie-efficiënte infrastructuur, zoals groene gebouwen, elektrische laadpalen en hernieuwbare energieprojecten, stimuleert investeringen en innovatie in deze sector.



Circulaire materialen

5.13 Groeimarkt 12: Circulaire materialen

5.13.1 *Wat is het?*

Kort samengevat gaat het bij het onderwerp circulaire materialen om duurzaam gebruik van materialen, zodat er zo min mogelijk terecht komt op een afvalstapel. Kernidee is dat men materialen die al zijn gebruikt in een productieproces kan hergebruiken, zodat het niet op een afvalberg belandt. Qua toepassing zijn zulke herwonnen materialen idealiter niet te onderscheiden van 'nieuwe' materialen. Hierdoor ligt de nadruk binnen dit onderwerp bij het faciliteren van herwinning. Naast herwinning is het ook van belang om efficiënt om te gaan met restproducten. Zo bevatten restproducten vaak nog stoffen die in andere productieprocessen toepassingen hebben. Kortom: Circulaire materialen richten zich op:

- Het herwinnen van materialen (mechanische en chemische recycling)
- Winnen van aanvullende materialen uit restproducten.

5.13.2 *Waarom is het een relevante groeimarkt?*

Duurzaamheid staat in het algemeen hoog op de prioriteitenlijst, en het efficiënte hergebruik van materialen vormt hier een belangrijk element in. Sommige materialen worden steeds zeldzamer en moeilijker te verkrijgen (zoals metalen), terwijl de potentiële berg afval blijft groeien. E-Waste, ofwel restafval afkomstig van elektronica, is hier een voorbeeld van. Daarnaast kan het winnen van nieuwe grondstoffen en materialen energie-intensief zijn. Via herwinning kan dan het energiegebruik worden verminderd, wat dus tegelijk de energietransitie faciliteert.

De productie van dierlijke eiwitten, zoals vlees en zuivel, heeft aanzienlijke negatieve milieueffecten, waaronder ontbossing, waterverbruik en broeikasgasemissies. Door het winnen van eiwitten uit afval zoals biomassa wordt de afhankelijkheid van dierlijke eiwitten vermindert wat er aan bij kan dragen dat de ecologische voetafdruk van eiwitproductie omlaag gaat. Doordat er mondiaal een groeiende vraag is naar eiwitten die gepaard gaat met een groeiende vraag naar een duurzamer voedselsysteem vormt het herwinnen van eiwitten met name voor Nederland met haar sterke agrofoodindustrie en innovatie een groeimarkt.

De herwinning van materialen gebeurt veelal via chemische processen. De Nederlandse chemische sector is al decennia zeer sterk, waardoor er een sterk fundament is gelegd voor de doorontwikkeling van nieuwe herwinningstechnieken en -installaties.

5.13.3 *Wat zijn concrete voorbeelden van productinnovaties?*

Voornaamste productinnovaties maken het mogelijk dat materialen en productiegrondstoffen toegankelijk blijven, waardoor overige productinnovaties gaande/in stand kunnen worden gehouden. Ook neemt de afhankelijkheid van vervuilende industrieën af (olie voor productie van polymeren, of mijnbouw voor metalen).

1. Versimpelde kunststofcomposieten: Door de polymeren van, bijvoorbeeld, plastic verpakkingen te versimpelen wordt chemische recycling makkelijker uit te voeren. Hierdoor wordt het rendabel om
2. (Bio)hydro-metallurgie. Dit is een (bio-)chemische recycling techniek voor het herwinnen van metalen en mineralen uit met name E-Waste. Concrete producten die hierbij ontwikkeld en gemaakt moeten worden zijn katalysators, en chemicaliën zoals chelatiemiddelen
3. Zinkerts bevat Gallium en Germanium. Deze materialen staan op de *high-risk/high-importance* lijst van de Europese Commissie. Zulke stoffen zijn terug te vinden in

zinkerts, waar momenteel niks mee wordt gedaan. Nederland is tot recent actief geweest in het winnen van zink uit zinkerts, maar de restproducten bleven onbenut, ondanks dat er belangrijke grondstoffen in zitten.

4. Veel biomassa belandt op de composthoop of in diervoeding, terwijl er relevante(re) stoffen in zitten voor andere sectoren. Plantenresten van gewassen die Nederland al op grote schaal verbouwt bevatten eiwitten, die van belang zijn voor de eiwittransitie. De techniek om zulke eiwitten te extraheren is nieuw, maar TNO heeft hier al relevante patenten & *proof of concept* voor. Ook overblijfselen uit, bijvoorbeeld, tulpenteelt kan worden omgezet naar anthocyaan-moleculen, die van pas komen voor het maken van biologisch afbreekbare conserveermiddelen.

5.13.4 *Hoe wordt deze groeimarkt beïnvloed door maatschappelijke vraag, Nederlands beleid en geopolitiek?*

Nederland, en de EU meer in het algemeen, zijn sterk afhankelijk van import van ruwe materialen. Ten dele komen deze uit gebieden waarvan de politieke stabiliteit niet gegarandeerd is. Een voorbeeld hiervan is de import van materialen uit China. Zo zijn de winningsprocessen voor zeldzame maar essentiële metalen of metalloïden als kobalt of germanium voor een groot deel in handen van China. Hierdoor kan er een strategische afhankelijkheid ontstaan, waardoor er (geo)politieke druk op Nederland kan worden gezet. Ook andere Westerse landen hebben met hetzelfde geopolitieke landschap te maken, waardoor er een sterke behoefte is om de winningsprocessen in grotere mate binnen de Westerse wereld uit te voeren.

Naast geopolitieke druk is er ook een maatschappelijke (wereldwijde) behoefte aan verduurzaming van productieprocessen, waar herwinning van materialen sterk aan kan bijdragen.

Nederland heeft al het beleidsdoel om in 2050 een circulaire economie te realiseren, waarbij de economie minimaal afval produceert en vrijwel alles kan worden hergebruikt.

5.14 Marktomvang van de twaalf groeimarkten

Het is uiteraard zeer interessant om meer inzicht te hebben in de omvang van de verschillende groeimarkten. In deze paragraaf doen we een poging om deze marktomvang te schetsen. Dit geeft indicatief een aardig eerste beeld van de potentie van deze markten. Toch willen de lezer ook meegeven dat er de nodige beperkingen zitten aan de onderstaande tabel.

- Ten eerste speelt er de vraag of marktafbakening. De groeimarkten die genoemd zijn, zijn niet duidelijk af te bakenen. Sommige marktsegmenten zullen in de ogen van nagenoeg iedereen binnen de markt vallen, over andere segmenten is meer debat. Hoe breder een markt gedefinieerd is, hoe groter de marktomvang. Daar komt bij dat de bronnen die we hanteren niet altijd duidelijk zijn over welke uitgangspunten genomen zijn bij het bepalen van de marktomvang.
- Ten tweede is er een flinke onzekerheid bij het bepalen van de toekomstige marktomvang. Veel studies extrapoleren de trend van de afgelopen jaren, maar er zijn vaak goede argumenten waarom dit een over- of onderschatting is. Bovendien is de toekomst simpelweg slecht te voorspellen. Eén forecast uit 2010 over de marktomvang van AI in 2023 zorgt waarschijnlijk voor een flinke onderschatting. Een forecast uit 2018 over de marktomvang van block chain in 2023 toont waarschijnlijk een flinke overschatting.
- Ten derde houdt deze schatting geen rekening met het aandeel dat Nederland in deze markt kan nemen. Een kleine markt wil niet persé zeggen dat het niet aantrekkelijk is voor Nederland en vice versa. Bij voorbeeld, de markt voor wijn is gigantisch: Er wordt wereldwijd 200 miljoen hectoliter wijn geconsumeerd (Statista, 2023) met

een marktomvang van circa \$400 miljard <https://www.statista.com/statistics/232937/volume-of-global-wine-consumption/>. Hiervan komt slechts 0,0035% of 7.000 hectoliter (Nederlandse Wijninfo, 2022) uit Nederland. Ondanks dat de mondiale markt groot is, is dit voor Nederland een heel kleine markt. Andersom is de markt voor wafersteppers relatief klein, maar kent Nederland de marktleider in deze markt met een omzet van €22 miljard (ASML, 2023).

Met de voorgaande disclaimers in het achterhoofd, presenteren we hieronder marktomvang van de verschillende groeimarkten. Sommige bronnen presenteren niet de data van 2023 en 2030, maar van andere jaren en een CAGR. Op basis hiervan hebben we berekend welke waarde zij voor 2023 en 2030 hanteren.

Groeimarkt	Mondiale markt- omvang 2023 (in miljard US\$)	Mondiale markt- omvang 2030 (in miljard US\$)	Bronnen
1. Biotech	\$ 1378	\$ 3210 \$ 2772	(Precedence Research, 2023) (Vantage, 2023)
2. Procesindustrie ¹¹	≈ \$ 2.000	≈ \$ 2500	(Precedence Research, 2023), (Spherical Insights, 2023), (Grandview Research, 2023), (Straits Research, 202)
3. Smart Farming	\$ 19 \$ 21	\$ 41 \$ 67	(Spherical Insights, 2023) (Straits research, 2021)
4. Halfgeleiders	\$ 676	\$ 1065	(McKinsey, 2022)
5. Medtech	\$ 507 \$ 503 \$ 605	\$ 616 \$ 712 \$ 850	(Yahoo Finance, 2023) (Future Market insights, 2023) (Precedence Research, 2023)
6. Fintech	\$ 306 \$ 193	\$ 460 \$ 698	(CEO review, 2023) (Allied Market Research, 2021)
7. Digitale transformatie	\$ 2270 \$ 926	\$ 8920 \$ 4855	(Fortune Business Insights, 2023) (Grandview Research, 2022)
8. Groene waterstof	\$ 6	\$ 67 \$ 642	(Precedence Research, 2023) (Deloitte, 2023)
9. Klimaatadaptatie	\$ 155	\$ 330 \$ 2000 (in 2027)	(UNEP, 2021) (Harvard Business Review, 2022)
10. CCS & CCU	\$ 3 \$ 6 \$ 6	\$ 5 \$ 24 \$ 14	(Grand View Research, 2023) (Precedence Research, 2022) (Market Research Future, 2023)
11. Duurzame infra	\$ 2570	\$ 3480	(Research and Markets, 2023)
12. Circulaire materialen	\$ 486	\$ 823	(Market Study Report, 2022)

¹¹ Omdat deze term minder vaak gebruikt wordt in marktonderzoek, combineren we in dit geval de markten voor chemische producten en de markt voor staal. Omdat het hier gaat om volwassen markten zien we beperkte verschillen tussen de verschillende bronnen in de schatting van de marktomvang. Vanwege de leesbaarheid presenteren we één cijfer voor 2023 en 2030 waarbij we ons baseren op verschillende bronnen.





6 Beleidsoverwegingen

In dit beschouwende hoofdstuk reflecteren we op beleidsoverwegingen voor groeiemarktenbeleid. Eerst introduceren we het idee van innovatie-/industriebeleid met een specifieke focus (paragraaf 6.2). Vervolgens bespreken we wat het object van dergelijk beleid kan zijn (paragraaf 6.3), en welke argumenten er zijn om specifiek innovatiebeleid in te zetten voor het verhogen van economische welvaart (paragraaf 6.4). Hierna schetsen we op hoofdlijnen beleidsopties of het beleidsarsenaal waar beleidsmakers uit kunnen putten om vorm te geven aan groeiemarktenbeleid c.q. specifiek innovatiebeleid (paragraaf 6.5¹²). Tenslotte zetten we de verschillende voor- en nadelen van specifiek beleid nog eens op een rij (paragraaf 6.6) en presenteren en presenteren we enkele bespiegelende slotopmerkingen (paragraaf 6.7).

6.1 Conclusie

In de beleidsoverwegingen ten aanzien van groeiemarktenbeleid zijn we ingegaan op de vraag wat de aangrijpingspunten of objecten zijn van specifiek innovatiebeleid (het wat) en vervolgens de argumenten of redenen die aanleiding kunnen zijn voor een dergelijk beleid (het waarom). Deze beide zijn samengevat in onderstaande tabel. De conclusie luidt dat specifiek innovatiebeleid aan kan grijpen bij diverse objecten en dat er een reeks van argumenten is om in specifieke gevallen te kiezen voor specifiek innovatiebeleid. Kijken we vervolgens naar de beschikbare beleidsopties (zie tabel 4 voor een eerste opsomming) dan luidt de conclusie dat voor specifiek innovatiebeleid uit een breed arsenaal aan beleidsopties gekozen kan worden, maar dat dat ook veelal maatwerk vereist.

¹² Merk op dat we groeiemarktenbeleid hier zien als een vorm van specifiek innovatiebeleid.

Tabel 5. Overzicht van prominente strategische (economische welvaart-verhogende) redenen voor specifiek innovatiebeleid, in relatie tot het type onderwerp waar het beleid zich op richt.

Waarom (reden) →	Netwerk-externaliteiten / schaalvoordelen	Positieve en negatieve externaliteiten	Coördinatie-/adoptie-externaliteiten (transities)	Complexiteit verhogen	Technologische soevereiniteit
Wat (object) ↓					
Technologieën	Sommige (sleutel-) technologiegebieden en sectoren zijn disproportioneel meer competitief naarmate er meer activiteit in plaatsvindt, waardoor er 'winner-takes-all'-situaties kunnen ontstaan voor de eerste grote aanbieder(s).	Sommige technologieën genereren relatief veel spillovers	Sommige technologieën of economische activiteiten kunnen alleen floreren als er simultaan veel (productie)factoren opgelijnd worden	Het gericht 'toevoegen' van een geavanceerde technologie of sector verhoogt economische complexiteit (wendbaarheid) en productiviteit	Een sterke positie in sommige technologiegebieden of sectoren (waardeketenschakels) helpt om economische en geopolitieke onafhankelijkheid en groeimogelijkheden te waarborgen.
Sectoren		Sommige sectoren genereren/benutten relatief veel spillovers			
Sleuteltechnologie		Sleuteltechnologieën genereren zelf spillovers en via de (on)vermoede innovatie die ze aanjagen		Het gericht aanmoedigen van doorsnijdende technologieën/activiteiten bespoedigt ongerichte diversificatie	
'Transformatieve activiteiten' (delen meerdere sectoren)		Het 'bottom-up' verkennen en benutten van economische kansen vraagt om het concentreren van diverse prikkels op dwarsdoorsnedes van bestaande sectoren			
Maatschappelijke vraagstukken		Het gericht bestrijden van (transitie-) vraagstukken kan maatschappelijke kosten voorkomen	Transities vergen vaak dat er veel systeemfactoren opgelijnd worden (e.g. infra, regels, educatie)		

6.2 Specifiek innovatiebeleid

Bij het ontwerpen en duiden van innovatiebeleid wordt er vaak onderscheid gemaakt tussen generiek beleid en specifiek beleid. Generiek beleid heeft een algemeen karakter waarin geen nadrukkelijke voorkeuren besloten liggen, in tegenstelling tot specifiek beleid dat gericht is op bijvoorbeeld een type technologie of sector. Ter illustratie: het Nederlandse bedrijvenbeleid (Ministerie van EL&I, 2011) dat gelanceerd werd in 2012 kent een zogenaamd generiek spoor (primair de fiscale regelingen WBSO en Innovatiebox) en een specifiek spoor (de Topsectorenaanpak, die inmiddels gekanteld is naar het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid). (Ministerie van EZK, 2019) Op het moment dat specifiek innovatiebeleid betrekking heeft op sectoren wordt er ook wel gesproken van industriebeleid of industriepolitiek. Die term is de afgelopen decennia wat naar de achtergrond verdwenen, onder meer door slechte ervaringen met het redden van sectoren/bedrijven die niet te redden waren,

maar zoals we verderop zullen zien is er momenteel – onder invloed van geopolitieke spanningen – weer sprake van een opmars.

Het onderscheid tussen generiek en specifiek beleid is in werkelijkheid niet zwart-wit. Beleid kan verschillen in de mate waarin of op welke aspecten sturing plaatsvindt. Zoals de veelzeggende titel van het befaamde artikel *'Doomed to choose'* (Hausmann & Rodrik, 2006) (Hausmann & Rodrik, 2006) al aangeeft is het in de praktijk nagenoeg onmogelijk om 'neutraal' economisch of innovatiebeleid te voeren waar alle sectoren en bedrijven evenveel voordeel van hebben. Zelfs bij vermeend generiek beleid geldt dat er toch altijd een groep is aan te wijzen die er meer baat bij heeft. Hoewel de voornoemde WBSO qua criteria voor deelname geen expliciet sectoraal profiel hebben, is de gebruikerspopulatie allerm minst representatief voor de compositie van de Nederlandse economie: grote intensieve technologiebedrijven hebben relatief meer toegang en/of voordeel dan bijvoorbeeld kleine bedrijven die zich toeleggen op sociale innovatie. (Dialogic, 2019) In het geval van generiek beleid zijn accenten in de deelnemende populatie vooral een marktgedreven uitkomst, en niet zozeer een beleidsgedreven uitkomst.

Ieder beleidsontwerp heeft dus een andere weerslag in termen van sectoren (en daarmee bedrijven) die er meer baat bij hebben dan anderen. Dat betekent ook dat er wat te kiezen valt. Bij gebrek aan een eenduidige definitie van groeimarkten bespreken we in dit hoofdstuk eerst waarop de keuze voor specifieke prioriteiten betrekking kan hebben (het *object* van specifiek beleid), en vervolgens de *redenen* om daar voorrang aan te geven. We sluiten af met een eerste overzicht van mogelijke *beleidsopties*. Dit is feitelijk een overzicht van het arsenaal of de "gereedschapskist" waaruit beleidsmakers kunnen putten als ze vorm willen geven aan groeimarkten- of specifiek innovatiebeleid. Juist omdat sectoren (of andere objecten) specifieke kenmerken hebben, en een andere historie, zal dit per 'sector' een specifieke beleidsmix vergen.

6.3 Objecten van specifiek innovatiebeleid

Om op een zinvolle manier te kunnen reflecteren op redenen om beleid toe te spitsen op groeimarkten (concrete 'domeinen') helpt het om eerst helder te krijgen waar dergelijk specifiek innovatiebeleid allemaal betrekking op kan hebben. Hieronder bespreken we beknopt vijf categorieën van type onderwerpen. De lijst is niet uitputtend, maar bestrijkt wel de meest voorname objecten van specifiek innovatiebeleid.

De oorsprong van hedendaags innovatiebeleid ligt in het **technologiebeleid** dat vooral na de Tweede Wereldoorlog een vlucht heeft genomen. De nadruk lag daarbij op het bevorderen van relatief vrij onderzoek, vanuit de gedachte dat dit leidt tot ontdekkingen die via R&D-activiteiten uiteindelijk terechtkomen in nieuwe producten en processen. (Schot & Steinmueller, 2018) Technologiebeleid was dus vaak generiek van aard (subsiëring van onderzoek, bescherming van intellectueel eigendom), al is er in de context van de Koude Oorlog ook veel gerichte R&D uitgevoerd of aanbesteed door bijvoorbeeld defensie-ministeries. (Mowery, 2012)

Een andere klassieke focus van gericht innovatiebeleid is het bevoordelen van specifieke **sectoren**. Dat bevoordelen kan middels protectionistische maatregelen die eigen sectoren beschermen, bijvoorbeeld via importtarieven. In de regel bevordert dit alleen innovatie op het moment dat die eigen sectoren nog onvoldoende volwassen zijn om het op te nemen tegen buitenlandse concurrentie. Door ze daartegen te beschermen krijgt de eigen sector de kans zich te versterken. Dit is een andere situatie dan wanneer de overheid juist de reeds gevestigde sectoren afschermt (*'backing winners'*). In de praktijk kent het alternatief van gericht sectoren opbouwen (*'picking winners'*) gemengde successen, waarbij de snelle economische ontwikkeling van enkele landen in Zuidoost-Azië in de jaren '60-'80 geldt als

typisch voorbeeld van geslaagd industriebeleid. (Etzkowitz & Brisolla, 1999) Daar staan echter ook minder geslaagde pogingen tegenover, wat verklaart waarom er in Westerse landen sinds de jaren '80 maar weinig op dit vlak ondernomen is. De beroemde econoom Joseph Stiglitz wijst er op dat industriebeleid wel degelijk open (transparant) en competitieverhogend kan zijn. (Stiglitz, 1998) Echter, het dominante geluid was lange tijd toch vooral de zorg dat het moeilijk is om governance-structuren bestand te houden tegen lobbyactiviteiten die vernieuwing tegengaan - met als implicatie dat horizontaal beleid in veel gevallen verstandiger wordt geacht. (Maloney & Nayyar, 2018) In een overzichtsstudie uit 2022 stelt de OECD dat gericht industriebeleid weer in de lift zit, ook al is er maar weinig empirisch bewijs dat dergelijk beleid effectiever is dan meer algemene economische prikkels en randvoorwaarden (*framework conditions*). (Crusciolo, et al., 2022) Vooral bij grote bedrijven en multinationals valt effectiviteit van het beleid tegen. Een recent stuk van het IMF wijst erop dat er politiek gezien diverse redenen zijn om, ondanks gebrek aan beleidseffectiviteit, tóch te kiezen voor specifieke sectoren of zelfs '*national champions*' (vaak grote bedrijven): onder meer omdat het richting kiezers krachtig oogt en omdat het op de korte termijn wel tot economisch succes kan leiden. (Agarwal, 2023) Daarnaast speelt zeker de laatste paar jaar mee dat landen vanwege geopolitieke redenen graag meer controle houden over sommige sectoren (en technologieën); zie sectie 6.3.

Een speciale categorie waarvoor de afgelopen 10-15 jaar veel belangstelling is ontstaan is die van wat we in Nederland **sluteltechnologieën** noemen. In de wetenschappelijke literatuur zijn deze beter bekend onder nauw gerelateerde noemers als *general purpose technologies* (Bresnahan, 2010) of het door de Europese Commissie geprefereerde *key enabling technologies*. (European Commission, 2012) Kenmerkend is dat het gaat om technologieën die de potentie hebben om innovatie aan te jagen in een brede set sectoren en waardeketens. Hedendaagse voorbeelden hiervan zijn kennisintensieve en complexe technologieën als *advanced manufacturing* (inclusief 3D-printen), fotonica, nanotechnologie en kunstmatige intelligentie. De belofte om in veel domeinen innovatie aan te jagen, en dus waarde te creëren, impliceert dat bedrijven en economieën er veel aan gelegen is om een plek te bemachtigen in de voorhoede van de technologische ontwikkeling. Daarin meedoen, wat substantiële R&D-investeringen vergt, kan enorme economische voordelen opleveren als het vervolgens lukt om de sleuteltechnologie voor vermoede en onvermoede toepassingen in te zetten. Die werkelijke toepassingen inzetten kan echter ingewikkeld zijn, vooral voor bedrijven die zelf minder aan R&D doen, wat nog een extra reden is om via beleid te zorgen dat er lokaal voldoende kennis aanwezig is over de werking en mogelijkheden van veelbelovende sleuteltechnologieën.

Uiteraard is het niet strikt noodzakelijk om bij specifiek beleid vast te houden aan volledige technologiegroepen of sectoren; er zijn ook allerlei dwarsdoorsnedes mogelijk die slechts een deel van (maar mogelijk wel meerdere) categorieën beslaan. Een voorbeeld daarvan is het concept van **transformatieve activiteiten**, waarvan de definitie getoond is in Box 1. (Foray, 2019) De grondlegger van die definitie is Dominique Foray, bekend van zijn bijdrage aan het Europese beleid rondom slimme specialisatie strategieën (S3). (Foray, et al., 2009) In tegenstelling tot hoe S3 in de praktijk vaak geïnterpreteerd en toegepast wordt komt het concept niet neer op het van bovenaf selecteren van technologieën en sectoren waar een land of regio reeds goed in is. Het 'slimme' van S3 schuilt in het ontdekken van hoe bestaande kennis, vaardigheden en andere *assets* (zoals infrastructuren, instituties, cultuur) ingezet kunnen worden om nieuwe economische activiteiten te ontwikkelen. Dat behelst vaak het uitbouwen van slechts een deel van één of meerdere bestaande sectoren: bijvoorbeeld in reactie op het ontstaan van markt vraag waar die sector-segmenten samen goed op in kunnen spelen. Een intrinsiek onderdeel van het originele denken over S3 is overigens dat sleuteltechnologieën een fundamentele rol kunnen spelen bij het opwaarderen en verleggen van economische ontwikkelingspaden.

"Transformative activity [...] is neither an individual project nor a sector as a whole, but rather a collection of innovation capacities and actions that have been "extracted "as it were from an existing structure or several structures, to which extra-regional capacities can be added, that are oriented toward a certain direction of change (to address a grand challenge or modernize a traditional sector).

A transformative activity concentrates the actions needed – R&D projects, partnerships, a supply of new specific public goods – to explore a new area of opportunity. The basic operational mode is not necessarily a collaborative project, but rather the search for coordination and links between the entities and projects concerned, which will facilitate spillovers, economies of scope and scale and the supply of specific public goods and infrastructures to the domain in question. As such, a transformative activity can serve as a catalyst for collective action by firms, suppliers and research partners."

Tenslotte is er sinds een jaar of tien een toenemende belangstelling voor innovatiebeleid ten behoeve van weerbarstige maatschappelijke vraagstukken. (Kuhlmann & Rip, 2018) De evidente aanleiding daarvoor is dat er steeds meer erkenning is voor het feit dat er vraagstukken zijn waarvoor 'normale' beleidsinstrumenten en marktprocessen onvoldoende in staat zijn om tot passende oplossingen te komen. Het meest prominente voorbeeld daarvan is wellicht de door de mens (en dus innovatie) veroorzaakte klimaatverandering. Binnen de context van deze studie naar groeiemarkten en het vergroten van economische welvaart zijn maatschappelijke vraagstukken als object van specifiek innovatiebeleid om twee strategische redenen interessant (los van het intrinsieke belang van het oplossen van maatschappelijke problemen). Ten eerste kunnen innovaties helpen om maatschappelijke kosten te voorkomen. Op het moment dat nieuwe oplossingen ten behoeve van de energietransitie of gezondheidszorg succesvol uitpakken zal dat minder kosten voor maatschappij betekenen en neemt de netto welvaart toe. Ten tweede vertegenwoordigen grote vraagstukken ook enorme markten. Als het lukt om schaalbare of repliceerbare oplossingen voor die vraagstukken te ontwikkelen kan dat een veelbelovende basis bieden voor economische groei. In dit verband spreekt men ook wel van groene groei: groei waarbij economische waarden en ecologische waarden (en mogelijk sociale waarden) samenvallen.

6.4 Argumenten voor (en tegen) specifiek innovatiebeleid

Er zijn verschillende wetenschappelijke tradities die zich uitlaten over beleidsrationales voor (gericht of ongericht) innovatiebeleid ten behoeve van het vergroten van economische welvaart. Een invloedrijke studie uit 2012 vat dit samen door drie groepen van falen te onderscheiden: het marktfalen uit de neoklassiek economie, systeemfalen uit de innovatiewetenschappen, en transformatief falen op basis van inzichten ontleend uit de transitiewetenschappen. (Weber & Rohrer, 2012) Een Nederlandse vertaling van die drie kaders en onderliggende vormen van falen is te vinden in het onlangs verschenen rapport met kaders en methoden voor het evalueren van systeem- en transitiebeleid". (Ter Weel, et al., 2022) Hierin wordt nog geen aandacht besteed aan het opkomende additionele 'frame' voor innovatiebeleid; dat van technologische soevereiniteit. (Edler, et al., 2023) Dat dit thema er ook in Nederland al toe doet blijkt onder andere uit de recente kamerbrief over Innovatie en Impact, die geopolitieke ontwikkelingen en strategisch kwetsbare afhankelijkheden expliciet noemt als reden voor innovatiebeleid. (Ministerie van Economische Zaken, 2022)

Op basis van bovenstaande tradities, of paradigma's, zijn er vijf centrale strategische¹³ redenen voor het voeren van specifiek innovatiebeleid te onderscheiden. Deze bespreken we hieronder, waarbij we telkens ook de relatie leggen met de eerder geïntroduceerde mogelijke objecten van specifiek innovatiebeleid. Dit is samengevat in Tabel 3 die is opgenomen in paragraaf 6.1.

Netwerk- en schaaleardeffecten

Een relatief klassieke variant van specifiek innovatie-/industriebeleid is het vroegtijdig investeren in een nieuw technologiegebied om zo *technological leadership* op te bouwen. Het voordeel van het voortouw nemen in ontwikkeling erodeert als andere landen successen kunnen kopiëren zonder dat zij zelf veel leergeld behoeven te betalen. Vandaar dat het opbouwen van technologische voorsprong moet berusten op strategie waarbij het *first mover advantage* benut en liefst versterkt kan worden. Zo'n strategie is te baseren op bijvoorbeeld netwerk- en schaaleardeffecten.

Netwerk-effecten (of -externaliteiten) doen zich voor wanneer een technologie waardevoller wordt naarmate er meer partijen gebruik van maken. Denk aan sociale media platforms die aantrekkelijker worden naarmate er meer gebruikers op te vinden zijn. Bij sommige soorten platforms zijn er meerdere aspecten te onderscheiden die een technologie waardevoller maken naarmate ze omvangrijker zijn, zoals de aanbieders en gebruikers van een product of dienst (bijvoorbeeld een autodeel-platform). De aanwezigheid van meer gebruikers maakt het interessant voor aanbieders om toe te treden, wat weer aantrekkelijk is voor de gebruikers. Zeker in de context van ICT en software geldt dat er *winner takes all* situaties kunnen ontstaan vanwege het zelfversterkende effect van succes dat zich bij netwerkexternaliteiten voordoet. Vandaar dat landen volgens Michael Porter een reden hebben potentiële winnaars uit hun land hulp te verstrekken bij het opbouwen van de kritieke massa die nodig is om als winnaar uit de *technology race* te komen (en om de concurrentie het nakijken te geven). (Porter, 1990) Een keerzijde is dat ze zo mogelijk bijdragen aan het ontstaan van een monopolie-situatie waarin marktmacht misbruikt kan worden.

Schaal-effecten zijn aan de orde wanneer het leveren van een product of dienst per unit goedkoper wordt naarmate er meer van geproduceerd wordt. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer er investeringen moeten worden gedaan in productiefaciliteiten als machines. Zijn die investeringen eenmaal gedaan, dan nemen de marginale meerkosten van productie af naarmate er meer output is. Om eigen productie aantrekkelijk te houden voor export kunnen landen dus besluiten om bij te dragen (middels bijvoorbeeld aantrekkelijke leningen) aan investeringen in grootschalige faciliteiten en infrastructuren waarmee ze hun industrie op voorsprong zetten.

Het vergroten van economische welvaart door in te zetten op netwerk- en schaal-effecten heeft vooral betrekking op technologieën en de sectoren die daar gebruik van maken. Ook voor de specifieke categorie van sleuteltechnologieën is het goed denkbaar dat deze rationale van toepassing kan zijn. Zo is data een essentiële 'grondstof' voor kunstmatige intelligentie, en zorgt het hebben van een leiderschapspositie in kunstmatige intelligentie mogelijk weer voor de toegang tot extra data. Dit geeft landen een reden om te zorgen dat hun bedrijfsleven in de voorhoede zit; een achterstand inhalen wordt wellicht steeds lastiger.

¹³ 'Strategische redenen' verwijst naar het uitgangspunt dat deze studie naar groeimarkten gericht is op het vergroten van economische groei. Uiteraard kunnen er ook andere redenen voor innovatiebeleid zijn, zoals meer brede welvaart of meer inclusieve groei (o.a. het helpen van achterblijvende regio's).

Positieve en negatieve externaliteiten

Een andere eveneens vrij klassieke rationale voor het voeren van gericht innovatiebeleid is het bestaan van positieve en negatieve externaliteiten: waarde respectievelijke schade die niet meegenomen wordt door de partij die er de veroorzaker van is.

Het duidelijkste voorbeeld van een positieve externaliteit is kennis-spillovers: kennis die vloeit naar derden zonder dat de kennis-producent zich de daarmee gemoeide waarde kan toe-eigenen (via bijvoorbeeld de prijs van het product waar die kennis in zit).

Kennis-spillovers zijn ongunstig voor de partij die ze veroorzaakt, maar gunstig voor de ontvanger. Ze zorgen ervoor dat het maatschappelijke rendement op R&D hoger is dan het private rendement. Om te zorgen dat bedrijven hun R&D op peil houden verstrekken overheden subsidies en is er het systeem waarmee R&D-bedrijven hun intellectueel eigendom kunnen beschermen via o.a. octrooien. In de context van specifiek innovatiebeleid is van belang dat kennis-spillovers niet gelijk verdeeld zijn: bij sommige technologieën/sectoren die kennis genereren zijn de spillovers groter, en profiteert de maatschappij dus meer. Een recente studie laat zien dat optimaal gerichte subsidies tot wel 40% meer binnenlandse opbrengsten genereren dan niet-discriminatoire subsidies; worden buitenlandse spillovers meegerekend dan komt daar nog eens 30% bij. (Martin, et al., 2023)

Besluitvorming over het richten van innovatiebeleid kan ook gebruik maken van inzicht in waar gegenereerde kennis naartoe vloeit. Sommige sectoren zijn receptiever, in de zin dat ze beter in staat zijn om beschikbare kennis te absorberen (wat vaak wel enige mate van eigen R&D vergt). Op het moment dat een land universiteiten of bedrijven herbergt die hoogwaardige kennis voortbrengen kan het beleidsmatig opportuun zijn om investeringen te concentreren in sectoren waar die kennis goed zou kunnen landen (mits dan in de praktijk nog onvoldoende gebeurt). Het kijken naar zowel het voortbrengen als het benutten van spillovers, bijvoorbeeld binnen een regio, is het uitgangspunt bij bijvoorbeeld clusterbeleid. Dergelijk beleid legt zich toe op het opbouwen van economische activiteiten die positieve wisselwerkingen genereren in het genereren en toepassen van kennis, wat automatisch betekent dat clusters vaak een duidelijke samenhang/afbakening kennen in termen van de waardeketen(s) waarin ze actief zijn.

Vanwege hun brede inzetbaarheid hebben sleuteltechnologieën de potentie om relatief veel spillovers te genereren die daarbij de vooruitzichten van een breed scala aan sectoren kan verbeteren. Eigenlijk is er sprake van spillovers op meerdere niveaus. (Teece, 2018) Investeerders in sleuteltechnologieën weten vaak zelf nog niet precies waarvoor die technologieën zich lenen, en dus waar ze waarde gaan toevoegen. Doordat de sleuteltechnologieën (als *key enablers*) elders innovatie mogelijk maken, kunnen er bij die derden óók weer voordelen ontstaan die niet geprijsd worden door de partij die ze creëert. Zo bezien is de rationale van spillovers genereren extra van toepassing op sleuteltechnologieën, afhankelijk van welk deel ervan in het eigen land valt.

Een heel ander soort argument voor overheidsinterventie volgt uit het bestaan van negatieve externaliteiten: de onwenselijke impact op maatschappij en milieu waarvoor de kosten niet op de veroorzaker verhaald kunnen worden. Het opvangen van de schade van weerbarstige maatschappelijke problemen kan enorme kostenposten met zich meebrengen, zoals wanneer klimaatverandering resulteert in droogte of overstromingen. Dan kan het voor de maatschappij efficiënter zijn om (significante) investeringen te doen die voorkomen dat dergelijke kostenposten almaar hoger worden. Dergelijke investeringen in bijvoorbeeld specifieke duurzame en gezondheidstechnologie kunnen zich uitbetalen als er doemscenario's mee worden voorkomen, en/of wanneer die technologie ook vermarkt kan worden richting andere maatschappijen die met dezelfde problemen kampen (al staat dit laatste los van het negatieve externaliteiten).

Coördinatie-/adoptie-externaliteiten en systeemverandering

R&D kan leiden tot nieuwe producten/processen/diensten. Dergelijke ontwikkelingen zijn echter niet altijd voldoende voor diversificatie (i.e. het als bedrijf of land succesvol worden in een nieuwe sector); hiervoor moeten er heel veel factoren samenkomen. Bij innovatie gebeurt dat vaak niet van de één op de andere dag, maar is er sprake van een traject waarbij er geleidelijk steeds meer factoren afgestemd worden op een innovatie die uiteindelijk de basis vormt voor economische activiteit in een nieuwe sector. Denk bijvoorbeeld aan de set van complementaire vernieuwingen die nodig was om de elektrische fiets tot een succes te maken: dit vergde aanpassingen in de fiets, in batterijtechnologie, in de diensten van fietsverkopers en -monteurs, in infrastructuur (bijv. aangepaste fietspaden en de mogelijkheid om buitenshuis op te laden) en in gedrag (bijv. verkeersgedrag en het dragen van een helm).

Tot op zekere hoogte is de markt zelf in staat om het bijeenkrijgen van (productie)factoren te organiseren, maar soms gaat dat heel langzaam en/of zijn het juist publieke goederen die essentieel zijn voor de diversificatie. Het voorzien in factoren zoals infrastructuur leidt mogelijk tot een beweging waarbij meerdere private partijen toestromen en het ontluikende innovatietraject momentum krijgt. In dat geval is er sprake van coördinatie- of adoptie-externaliteiten die het voor derden aantrekkelijk maakt om ook actief te worden in het innovatietraject. (Baptista, 2000) Om als economie succesvol te worden in een (sub)sector is het uiteindelijk niet per se de nieuwe technologische kennis die moet vloeien, maar is het de constellatie van factoren die op orde moet zijn om concurrerend te kunnen opereren. Vanuit beleid bezien vormen de adoptie-externaliteiten een reden om te investeren in bijvoorbeeld infrastructuren waar een bepaald type activiteit of (sub)sector baat bij heeft, maar ook in het zoekproces zelf. In de context van het hierboven genoemde slimme specialisatie wordt er dan gesproken over het '*entrepreneurial discovery process*' waarin economieën uitvinden waar economische kansen liggen en hoe ze die kunnen grijpen. Uitgangspunt hierbij is om aan te moedigen dat kennisinstellingen, bedrijven en overheden samen gaan verkennen hoe ze hun bestaande vaardigheden en *assets* kunnen inzetten in economische domeinen of (sub)sectoren waarin ze nog niet actief zijn. De specificiteit zit hem dan onder meer in het uitgaan van bestaande sterktes, maar dan met de ambitie om van daaruit te vertrekken (en niet om meer van hetzelfde te doen).

Voortbouwend op dit type denken heeft Foray het punt gemaakt dat gericht innovatiebeleid zich dient toe te leggen op de eerder geïntroduceerde transformatieve activiteiten. (Foray, 2019) Hij baseert zich hierbij zowel op meerdere soorten externaliteiten: transformatief innovatiebeleid kan helpen om bedrijven uit deelsegmenten van meerdere sectoren samen te laten ontdekken hoe ze de grens kunnen verleggen van wat mogelijk is. Echter, om de vrijkomende kennis(-spillovers) goed te benutten is het zaak om beleidsmatig mee te bewegen en te voorzien in de factoren die van belang zijn van de innovatie die aan het ontstaan is.

Het argument om coördinatie-/adoptie-externaliteiten centraal te stellen wordt (impliciet) behandeld in een recente NBER-studie over '*the new economics of industrial policy*'. (Juhász, et al., 2023) De auteurs stellen dat industriebeleid bedrijven in staat moet stellen om te ontdekken waar kansen liggen om competitief te produceren, en dat overheden middels '*embedded autonomy*' (i.e. middels goede antennes maar ook een onafhankelijke positie) signalen moeten oppakken over welke '*customized public inputs*' het hardst nodig zijn om veelbelovende ontwikkelpaden te steunen. Dit perspectief is ook te herkennen in de huidige discussie over transformatief innovatiebeleid (innovatiebeleid geïnspireerd op inzichten uit de transitieleer). Systeemverandering vereist veel op elkaar ingespeelde factoren. Het bestaande systeem houdt dat tegen. Om veranderingen te bespoedigen, of überhaupt mogelijk te maken, kan het verstandig zijn om een brede variëteit van beleidsinspanningen toe te spitsen op specifieke thema's. Dat kunnen ook maatschappelijke vraagstukken zijn, waarbij

het probleem leidend is en er mogelijk nog wel een brede variëteit aan oplossingsrichtingen in beeld is.

Economische complexiteit verhogen

De vierde hier behandelde strategische reden voor gericht innovatiebeleid kan worden samengevat als: het maakt uit wat je als land produceert, en exporteert. (Hausmann, et al., sd) Sommige economische activiteiten voegen namelijk meer economische waarde toe dan andere, waardoor het verstandig kan zijn om bedrijven aan te moedigen om juist die nieuwe activiteiten te verkennen.

Bijzonder interessant zijn activiteiten die de complexiteit van een economie vergroten. (Balland, et al., 2022) Complexiteit verwijst naar het gegeven dat iedere activiteit een combinatie van *capabilities* (kennis, vaardigheden, instituties) vergt. De capabilities die in een land aanwezig zijn, en die dus gecombineerd kunnen worden, bepalen in welke sectoren, producten, technologieën etc. het actief kan zijn. Landen kunnen nieuwe capabilities opdoen door te diversifiëren naar nieuwe activiteiten, maar zijn daarmee sterk gebonden aan de set van capabilities die ze al hebben. Het diversifiëren gaat dus vaak stap voor stap, door economische activiteiten toe te voegen die gerelateerd zijn aan reeds aanwezige activiteiten (omdat ze op ongeveer dezelfde capabilities berusten). De crux van complexiteit is dat sommige activiteiten alleen te vinden zijn in geavanceerde economieën, die beschikken over relatief zeldzame capabilities. Denk aan farmacie of het produceren en lanceren van satellieten. Complexere activiteiten, die op veel en/of zeldzame capabilities berusten, blijken geassocieerd te kunnen worden met welvaartsgroei.

De implicatie is dat specifiek innovatiebeleid economieën ertoe kan aanmoedigen zich vooral toe te spitsen op het toevoegen van complexere activiteiten die concurrentiekracht vergroten én die weer een basis vormen voor het blijven toevoegen van geavanceerde activiteiten. Deze rationale bouwt voort op de reeds besproken noties van spillovers en coördinatie-externaliteiten, aangezien het betreden van een nieuwe economische activiteit (diversifiëren naar iets dat gerelateerd is) in de literatuur gekoppeld wordt aan de noodzaak om aanwezige kennis te benutten en om voorwaarden te scheppen die essentieel zijn voor de beoogde activiteit (oftewel: om systeemfactoren als infrastructuur, regelgeving op orde te brengen).

Een kanttekening bij deze strategische reden is dat als een economie dicht bij de *technology frontier* zit, en dus veel capabilities bezit, het lastig wordt om te bepalen waar nieuwe markten gaan ontstaan. In dat geval kan het verstandiger zijn om vooral aan te moedigen dat er ongebruikelijke samenwerkingen plaatsvinden waarbij capabilities (en kennis) op nieuwe manieren gecombineerd worden. Dit impliceert een pleidooi voor horizontaal (generiek) beleid. Een alternatieve insteek, ook wel aangeduid als 'diagonaal beleid', is om niet te focussen op individuele sterktes maar juist op thema's (zoals maatschappelijke vraagstukken, zie verderop) die op het onontgonnen grensvlak van bestaande sterktes liggen. (Janssen & Frenken, 2019)

Waarborgen van technologische soevereiniteit en strategische autonomie

De laatste strategische reden die we hier behandelen is het waarborgen van technologische soevereiniteit en het daaraan gepaarde strategische autonomie. Onder invloed van o.a. geopolitieke spanningen en de covid-pandemie (met onder andere verstoringen van internationale productieketens en tekorten op deelmarkten tot gevolg) is er de laatste jaren steeds meer oog voor industriebeleid met het doel om afhankelijkheden van andere economieën te reduceren. Dit is terug te zien in het huidige Europese industriebeleid, en in Nederland besteedde onder meer de Adviesraad Internationale Vraagstukken er al aandacht aan. (Adviesraad Internationale Vraagstukken, 2022) In het licht van voorliggende groei-markten-studie is de geopolitieke dimensie en waarden als veiligheid niet van primair belang;

relevanter is dat behoud van technologische soevereiniteit gezien kan worden als middel voor het behalen van (innovatie-gebaseerde) economische welvaarts groei.

In een recent artikel bepleiten Edler et al. (2023) (Edler, et al., 2023) een 'verlichte' variant van technologische soevereiniteit waarbij niet teruggekeerd wordt naar het middels subsidies en importtarieven ondersteunen van nationale kampioenen, of de wens om alles zelf maar te produceren (autarkie). Dat is vaak hooguit op de korte termijn aantrekkelijk. In plaats daarvan suggereren ze dat overheden moeten zorgen dat hun economie toegang moet houden tot betrouwbare partners die schaarse/belangrijke goederen en diensten kunnen leveren, en dat economieën over competenties moeten blijven beschikken om eventueel wel zelf actief te worden in het produceren van die goederen of diensten (of innovatieve alternatieven daarvoor). Hun voornaamste zorg is dat afhankelijkheid van andere landen economieën minder adaptief maakt als die economieën de mogelijkheid verliezen om zichzelf te blijven vernieuwen. Dat impliceert dat handels- en investeringsbeleid een onderdeel kunnen zijn van industriebeleid gericht op strategische autonomie, maar het liefst enkel als toevoeging op innovatiebeleid waarin het ontwikkelen van kennis en vaardigheden al centraal staat. Het opbouwen van een sterke positie in sleuteltechnologieën, om controle/macht te behouden (ook wel aangeduid als *control points*), valt daar ook onder.

6.5 Beleidsopties voor gericht innovatiebeleid

In voorgaande twee paragrafen is stilgestaan bij objecten of aangrijpingspunten voor specifiek innovatiebeleid en argumenten die voor (en tegen) specifiek innovatiebeleid kunnen worden ingebracht. Dat helpt de beleidsmakers die met groeimarkten of andere vormen van specifiek innovatiebeleid willen nog niet om te bepalen welke typen beleid of beleidsopties ze ter beschikking staat om dat te realiseren. Het vergt in onze optiek veel meer dan het uitvoeren van bijvoorbeeld een gerichte R&D-strategie, het voorzien in een enkele randvoorwaarde of het op niveau brengen van enkele capabilities. Dat is overigens ook de ervaring uit het topsectorenbeleid, Sectoren verschillen en zijn gebaat bij een verschillende beleidsmix. Vaak in dialoog met kennisinstellingen, bedrijven en maatschappelijke organisaties – vinden van de juiste set van instrumenten om een groeimarkt te faciliteren of een specifieke deeltechnologie of innovatieve toepassing of oplossing voor een maatschappelijk vraagstuk te doen ontstaan. Onderstaande overzicht geeft een portfolio of arsenaal van beleidsinstrumenten die kunnen worden ingezet.

Tabel 6. Overzicht van mogelijke beleidsopties voor specifiek innovatiebeleid/groeimarktenbeleid (niet uitputtend)

Type beleid	Voorbeelden van beleidsopties/instrumenten
1. Ontwikkeling van onderwijs en vaardigheden	<ul style="list-style-type: none"> • Beleid gericht op het opleiden en aantrekken van kenniswerkers c.q. R&D-personeel, bijvoorbeeld voldoende investeren in STEM-opleidingen of aantrekken van voldoende kenniswerkers (bv. door het aantrekken van 'star' professoren) •Financiering van onderwijsprogramma's & programma's gericht op ontwikkeling van specifieke vaardigheden. •Samenwerking tussen bedrijfsleven en onderwijsinstellingen voor ontwikkeling van curricula en trainingsprogramma's die aansluiten bij behoeften van bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties •Stage programma's of bijvoorbeeld de inzet van fieldlabs
2. Infrastructuurbeleid	<ul style="list-style-type: none"> •Investerings in fysieke infrastructuur (transport, energievoorziening, telecomvoorzieningen) die groeimarkten ondersteunen •Ontwikkeling van gespecialiseerde bedrijfsterreinen of 'innovation hubs' die faciliteiten en diensten bieden

Type beleid	Voorbeelden van beleidsopties/instrumenten
	<ul style="list-style-type: none"> •Uitrollen van digitale infrastructuur en connectiviteit die bv. Technologische groeimarkten faciliteren •Investerings in grootschalige onderzoeksinfrastructuur, bv supercomputers, grootschalige testfaciliteiten.
3. Wetenschapsbeleid	<ul style="list-style-type: none"> •Financiering van hoger onderwijs en kennisinstellingen (academisch en toegepast) •Foresight in wetenschapsbeleid (om bepaalde wetenschapsgebieden te prioriteren) •Gerichte deelname in international Big Science projecten en programma's •Gerichte deelname in EU-onderzoeksprojecten
4. R&D funding policies	<ul style="list-style-type: none"> •R&D subsidie en innovatieprogramma's in geprioriteerde sectoren (inclusief EU industrial R&D programma's) •Fiscale maatregelen om bedrijven die investeren in R&D extra te prikkelen/stimuleren
5. Samenwerkingsprogramma's tussen bedrijfsleven, universiteiten en kennisinstellingen	<ul style="list-style-type: none"> •PPS'en tussen universiteiten, kennisinstellingen en bedrijfsleven •Gezamenlijke onderzoekscentra bv gericht op deeltechnologieën of deelsectoren. •Uitwisseling van studenten en onderzoekers tussen universiteiten, HBO, MBO en kennisinstellingen en bedrijfsleven
6. Technology transfer en ruimer valorisatiebeleid	<ul style="list-style-type: none"> •Beleid ten aanzien van (gespecialiseerde) TTO's •Ondersteuningsprogramma voor ondernemende onderzoekers (bv. Faculty of Impact in NL, Cyclotron road/Cornel Runway in VS, Exist in Duitsland) •Licentie, octrooi en ruimer IE-beleid dat innovatie en benutting van resultaten van wetenschappelijk onderzoek faciliteert. •Incubator en accelerator programma's (in specifieke sectoren of toepassingsdomeinen) •Seed funding of venture capital gericht op kansrijke start-ups in groei-sectoren •Toegang tot sectorspecifieke netwerken, mentoren en specialisten die kennis en netwerken kunnen aanbieden.
7. Cluster- en ecosysteem ontwikkelingsbeleid	<ul style="list-style-type: none"> •Financiering voor ontwikkeling/uitbouw van clusters en ecosystemen of R&D projecten of infrastructuurvoorzieningen voor die clusters/ecosystemen •Organiseren van netwerkbijeenkomsten, conferenties en sectorspecifieke platforms die samenwerking en kennisdeling bevorderen
8. Vraaggericht beleid	<ul style="list-style-type: none"> •Gericht overheidsaankopenbeleid •Prikkel voor consumenten of bedrijven die innovatieve producten en diensten gebruiken •Wet- en regelgeving die marktvrage voor specifieke innovaties stimuleren bv hernieuwbare energie of strenge emissiestandaarden
9. Standaarden & regulering	<ul style="list-style-type: none"> •Vaststellen van standaarden die innovatie stimuleren •Wet- en regelgeving die gebruik van innovatieve technologieën en toepassingen aanmoedigt/stimuleert •Certificeringsprogramma's, convenanten en kwaliteitsstandaarden die innovatie faciliteren
10. Handels- en exportbevorderingsbeleid	<ul style="list-style-type: none"> •De toegang tot binnenlandse en internationale markten vergemakkelijken door handelsbelemmeringen en tarieven voor producten uit groeisectoren te verminderen

Type beleid	Voorbeelden van beleidsopties/instrumenten
	<ul style="list-style-type: none"> •Ondersteuning van exportbevorderingsinitiatieven en handelsmissies om producten en diensten uit opkomende markten onder de aandacht te brengen •Het bieden van marktinformatie en ondersteuningsprogramma's om bedrijven te helpen toegang tot nieuwe markten te verkrijgen
11. Investerings- en financieringsbeleid	<ul style="list-style-type: none"> •Het verstrekken van financiële prikkels of subsidies om investeringen in potentiële groeimarkten aan te trekken •Direct investeren in veelbelovende start- en scale-ups in specifieke groeimarkten (bv middels Invest-NL en ROM's) •Meeinvesteren met de markt via co-investeringsregelingen (bv via Seed Capital regeling) of fund-of-funds (zoals bv Dutch Future Fund) gericht op specifieke groeimarkten •Het bieden van fiscale prikkels of speciale economische zones om investeringen in groeimarkten aan te moedigen
12. Beleid gericht op technologische soevereiniteit	<ul style="list-style-type: none"> •Investeren in wetenschaps- en innovatieprogramma's om soevereiniteit mogelijk te maken (of een basis te hebben om samen te werken en te onderhandelen) •Kennisveiligheidsbeleid •Wetenschappelijk (en eventueel industrieel) R&D-samenwerkingsbeleid op lange termijn •Mededingingsbeleid gericht op het voorkomen van afhankelijkheid van één/enkele industriële ondernemingen (dus landen) •Investeren in internationale instellingen (bijv. WTO, handels- en investeringsverdragen) •Deelnemen in strategische bedrijven of verbieden dat strategische bedrijven door buitenlandse partijen worden overgenomen.
13. Strategische intelligentie' beleid	<ul style="list-style-type: none"> •Technology foresight programs •Technology assessment programs •Analyses van beleidsprogramma's van andere landen (wat doen concurrenten) •Regelmatige identificatie van toekomstige groeimarkten en aansluiting bij huidige economische structuur

Elke sector, deelttechnologie, cross-over of oplossing voor een maatschappelijk vraagstuk zal een eigen mix van instrumenten vergen om de realisatie ervan te bewerkstelligen. Een dergelijk overzicht kan daarom ook niet te mechanisch worden gebruikt, maar dient hier vooral om aan te geven dat het beleidsrepertoire veel ruimer is dan weleens wordt verondersteld. Specifiek innovatiebeleid is met andere woorden heel gevarieerd en dus maatwerk. En omdat ook de kennis, capabiliteit en budgetten aan overheidszijde beperkt zijn, zijn keuzes onvermijdelijk.

6.6 Voor- en nadelen specifiek beleid

De vijf aspecten die hierboven zijn besproken, vormen een argument voor overheidsingrijpen. Of dit overheidsingrijpen de vorm van specifiek of generiek beleid moet krijgen, is daarmee nog niet bepaald. Als eenmaal sprake is van een rechtvaardiging van overheidsingrijpen is de vormgeving van dat ingrijpen een relevante volgende stap. Een aspect daarvan is of dat beleid generiek of specifiek wordt vormgegeven.

Bij de overweging voor welk type beleid gekozen kan worden, kunnen verschillend voor- en nadelen van specifiek beleid een rol spelen, die in de tekst hierboven op verschillende plekken al kort zijn benoemd.

Voordelen specifiek beleid

Een eerste voordeel is dat specifiek beleid meer ruimte biedt om nationale belangen mee te laten spelen. Zo kunnen er keuzes gemaakt worden zich bijvoorbeeld richten op het steunen van of creëren van nationale kampioenen.

Ook kan specifiek beleid in sommige situaties een mogelijkheid zijn om sneller geld op specifieke plekken te krijgen. In plaats van af te wachten of bepaalde bedrijven of technologiegroepen van bepaalde generieke regelingen gebruik maken, kan er via specifieke regelingen gericht geld naartoe gebracht worden.

Een derde voordeel van specifiek beleid is dat dit beleid makkelijker zichtbaarder te maken is voor burgers. Overheden kunnen op die manier snel laten zien dat ze bepaalde problemen proberen te adresseren.

Tot slot kan specifiek beleid ook een signaalfunctie hebben in het internationale geopolitieke speelveld. Overheden kunnen door gericht beleid aangeven dat ze zich committeren aan het promoten van bepaalde industrieën over bedrijven.

Nadelen specifiek beleid

Een nadeel kan zijn dat specifiek beleid mogelijk tot hogere administratieve lasten kan leiden. Specifiek beleid vraagt om diepgravende kennis van een markt en grotere betrokkenheid van beleidsmakers.

Specifieke beleid brengt een grotere kans op fouten met zich mee, zowel type I als type II fouten (dus onterecht geen steun of onterecht wel steun die zich op een specifieke sector richt).

Specifiek beleid biedt meer ruimte voor lobby's vanuit de partijen die baat hebben bij bepaalde subsidies. Als specifiek beleid er eenmaal is en bepaalde sectoren hebben er baat bij, is het in de praktijk soms lastig om dit beleid af te schaffen, ook al blijkt het niet effectief te zijn, doordat gevestigde partijen lobbyen om het in stand te houden.

Specifiek beleid is minder flexibel in aanpassen op veranderende marktomstandigheden omdat beleid dan opnieuw moet worden gericht. Generiek beleid is in die zin volgender omdat het zich automatisch (vraag gedreven) aanpast aan de veranderende omstandigheden in een markt.

6.7 Slotoverwegingen

Structurele transformatie en vernieuwing is nodig om tijdig over te springen naar nieuwe, sterk groeiende markten. Die groei kan voortkomen uit steeds verdere specialisatie in bestaande markten en productgroepen ("klimmen in de boom") of uit het springen naar nieuwe markten/productgroepen ("springen naar een nieuwe boom") om daar vervolgens complexiteit – en dus onderscheidingsvermogen en concurrentievoordeel – aan toe te voegen ("klimmen in de boom"). Groeimarkten ontstaan in de regel niet op de automatische piloot. Ze ontstaan op basis van marktwerking/marktvorming en op basis van non-market inputs en capabilities (inclusief instituties die op orde zijn). Landen concurreren op basis van hun structureel aanpassingsvermogen: hoe snel weten ze nieuwe groeimarkten te veroveren, hoe snel weten ze oplossingen te vinden voor actuele maatschappelijke uitdagingen. Indien

je tijdig een goed schaalbare oplossing aandraagt betekent dat ook een aanzienlijke economische groeikans. Zie hier in een nutshell de dynamiek die benodigd is voor niet alleen economische groei, maar ook om maatschappelijke vraagstukken van deze tijd te kunnen adresseren

Om te voorkomen dat het idee ontstaat dat dus een zogenaamd alwetende overheid een set van groeimarkten top down identificeert en compleet faciliteert geven we nog de volgende slotoverwegingen mee.

- **Een deel van de groeimarkten ontstaat autonoom, vergt geen specifieke ingrepen en is mogelijk het meest gebaat bij generiek innovatiebeleid.** Het is dan ook een kwestie van doseren. Sommige groeimarkten waar Nederland goed is gepositioneerd zijn mogelijk gebaat bij specifiek innovatiebeleid. Ook een specifiek innovatiebeleid moet niet over de hele breedte van de economie worden uitgerold. De grootste valkuil van specifiek innovatiebeleid is dat beleidsmakers voor het karretje van gevestigde belangen worden gespannen om spelers in al bestaande markten te bedienen.
- **Landen verschillen in hun structureel aanpassingsvermogen.** Landen met enerzijds diepe specialisaties en anderzijds een gevarieerde set aan sterke sectoren zullen in de regel makkelijker kunnen inspelen op nieuwe groeimarkten dan landen met minder specialisaties en een eenzijdiger sectorale samenstelling. Het overkoepelende beeld dat ontstaat uit de beschouwing van strategische redenen voor specifiek innovatiebeleid, is dat ze wat zijn opgeschoven van een statisch naar een dynamisch perspectief. Aanvankelijk was er meer aandacht voor het beschermen of aanjagen van discrete gebieden, maar gaandeweg is het accent verschoven naar het denken in termen van capabilities (hoogwaardige kennis, vaardigheden) om adaptief te blijven.
- **De voor een land meest kansrijke groeimarkten zijn in belangrijke mate ook pad-afhankelijk.** Ze sluiten (enigszins) aan bij bestaande factoren, specialisaties en capabilities.¹⁴ Dit betekent dat de voor Nederland belangrijke groeimarkten zeer waarschijnlijk in het verlengde liggen van markten waar Nederland nu (en vaak langer) al internationaal concurrerend is. In die zin is het belangrijk ook binnen bestaande sterktes op zoek te gaan naar groeimarkten.
- **Indien specifiek innovatiebeleid wenselijk en mogelijk is dan is de benodigde beleidsmix per groeimarkt verschillend of beter gezegd maatwerk.** Die beleidsmix is verder in diversiteit toegenomen nu strategische autonomie en geopolitieke overwegingen een rol spelen naast markt-, systeem- en transitiefalen.
- **Specifiek innovatiebeleid is verre van eenvoudig** en men zal moeten opboksen tegen de scepsis die al sinds jaar en dag bestaat ten aanzien van specifiek innovatiebeleid.¹⁵

¹⁴ Hausman & Rodrik (2006, p. 12-13) merken in dit verband op: "the new activities that do develop need to exploit existing capabilities, by which we mean the markets, physical and human assets, norms and institutions that were developed and accumulated for other pre-existing activities. These capabilities will be useful to the extent that they are similar to the needs of the new activity in question. It makes sense to think of products as being at some distance from each other in terms of the requisite capabilities."

¹⁵ Hausman & Rodrik (2006, p. 2) geven in dit verband aan dat: "Because the provision of publicly provided inputs and capabilities for productive activity cannot be supplied by markets, it faces serious problems of information and incentives. First, can government entities acquire the information about the characteristics and qualities of the demand for publicly provided inputs when market signals do not work? Second, how can these entities be structured to respond efficiently to the information, when the profit motive cannot be relied upon?"

- **Specifiek innovatiebeleid vergt publiek-private samenwerking die open en controleerbaar is en verder gaat dan het EZK-domein.** In die zin heeft bijvoorbeeld de Topsectorenaanpak in Nederland al veel inzicht gegeven in hoe in tripartiet verband tot samenwerking kan worden gekomen, niet alleen bij het programmeren van R&D en innovatie, maar ook in het signaleren van barrières die innovatie en groei in de betreffende sectoren belemmeren. Specifiek innovatiebeleid vergt ook – daar waar dit nodig en wenselijk wordt geacht – naast de inzet van EZK de betrokkenheid van andere vakministeries. Deze zullen het makkelijkst te verleiden zijn bij te dragen aan specifiek innovatiebeleid als het oplossen van concrete maatschappelijke vraagstukken als uitgangspunt wordt gekozen.

Tot slot: de toekomst voorspellen is inherent lastig. Over vijf jaar ziet de wereld er weer heel anders uit en zullen sommige groeimarkten zich hebben ontwikkeld richting volwassenheid en zijn andere groeimarkten niet tot wasdom gekomen. Het nut van groeimarktstudies als de onderhavige is dat een overheid zich gericht de vraag kan stellen welke groeimarkten nu dermate belangrijk zijn en waar het reguliere samenspel van markten en instituties onvoldoende is om die groeimarkt tot ontwikkeling te laten komen. Vervolgens kan dus voor een beperkte selectie van groeimarkten barrières worden weggenomen om ze tot ontwikkeling te laten komen. Het is en blijft een tijdsopname en het is zeer waarschijnlijk dat een vergelijkbare exercitie over 5 jaar resulteert in een deels andere set van groeimarkten.

Verwijzingen

ABN-AMRO, 2019. *Zaadveredeling: het goud in de polder*. [Online]
Available at: <https://financialfocus.abnamro.nl/inspiratie/zaadveredeling/>

Adviesraad Internationale Vraagstukken, 2022. *Slimme industriepolitiek: een opdracht voor Nederland in de EU. AIV-advies 120.*, sl: sn

Agarwal, 2023. *Industrial Policy and the Growth Strategy Trilemma*. [Online]
Available at: <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/Series/Analytical-Series/industrial-policy-and-the-growth-strategy-trilemma-ruchir-agarwal>

AINed, 2022. *Nationaal Groeifonds programma. Artificiële Intelligentie: Nederland aan de slag met AI voor welvaart en welzijn*, sl: sn

Allied Market Research, 2021. *Fintech Technologies Market Outlook – 2030*. [Online]
Available at: <https://www.alliedmarketresearch.com/fintech-technologies-market>

Arnautu, E., 2023. *30 Best Midjourney Prompts to Get Amazing Results*. [Online]
Available at: <https://mspoweruser.com/best-midjourney-prompts/>

Arne Duwaer, A. K. F. L., 2020. *HTSM roadmap for Semiconductor Manufacturing Equipment*, sl: sn

ASML, 2023. *ASML reports €21.2 billion net sales and €5.6 billion net income in 2022*. [Online]
Available at: <https://www.asml.com/en/news/press-releases/2023/q4-2022-financial-results>

Attaran, M. & Celik, B. G., 2023. Digital Twin: Benefits, use cases, challenges, and opportunities.. *Decision Analytics Journal*.

Balland, P. A. et al., 2022. Reprint of The new paradigm of economic complexity.. *Research Policy*, 51(8), 104568..

Baptista, R., 2000. Do innovations diffuse faster within geographical clusters?. *International Journal of Industrial Organization*, 18 (2000) 515–535.

Baum, et al., 2021. *Artificial Intelligence in Chemistry: Current Trends and Future Directions*, sl: Journal of Chemical Information and Modeling.

BCG, 2020. *Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing*, sl: sn

Bender & Cortés-Ciriano, 2021. Artificial intelligence in drug discovery: what is realistic, what are illusions? Part 1: Ways to make an impact, and why we are not there yet.

Berger, R., 2020. *Trend Compendium 2050*, sl: sn

Bernsmed, K., 2016. *Applying Privacy by Design in Software Engineering - An European Perspective*. Trondheim, Norway, SOFTENG 2016 : The Second International Conference on Advances and Trends in Software Engineering.

Birch, 2021. *The potential of emerging technology in the Netherlands*, sl: sn

Bi, Z. et al., 2023. Deep Reinforcement Learning for Truck-Drone Delivery Problem.. *Drones*, p. 445.

- Bontenbal, E. G. B., 2022. *Motie Kabinetsaanpak Klimaatbeleid*, sl: Tweede Kamer.
- Boston Consulting Group, 2021. *What Happens When 'If' Turns to 'When' in Quantum Computing?*, sl: sn
- Bresnahan, T., 2010. General Purpose Technologies. *Handbook of the Economics of Innovation*.
- Cash, K. & Clark, H., 2010. Nanosensors and nanomaterials for monitoring glucose in diabetes. *Trends in Molecular Medicine*, September, pp. 584-593.
- CBS, 2015. *Nederland in 2030 en 2050: Twee referentiescenario's*, sl: sn
- CBS, 2016. *Kleinere rol Nederlandse farmaceutische industrie in EU*. [Online] Available at: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/16/kleinere-rol-nederlandse-farmaceutische-industrie-in-eu>
- CEO review, 2023. *Global Fintech Market Size & Share Analysis*. [Online] Available at: <https://www.ceo-review.com/global-fintech-market-size-share-analysis/>
- Chargeup Europe, 2023. *Europe's 2023 State of the Industry Report*, sl: sn
- Clingendael, 2022. *The geopolitics of digital financial technologies*, sl: sn
- CNET, 2012. *Why the Mars rover has a measly 2MP camera*. [Online] Available at: <https://www.cnet.com/culture/why-the-mars-rover-has-a-measly-2mp-camera/>
- Collins & Knotts, 2020. A survey on the uptake of Music AI Software.
- Cormode, D., Skajaa, T., Fayad, Z. & W.J.M., M., 2009. Nanotechnology in Medical Imaging. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, Jul, pp. 992-1000.
- CropXR, 2023. *CropXR launched, NWO contributing 15 million euros*. [Online] Available at: <https://cropxr.org/news-item/cropxr-launched-nwo-contributing-15-million-euros/>
- CropXR, sd About Resilience. [Online] Available at: <https://cropxr.org/about-resilience/>
- Crusciolo, C., Gonne, N., Kitazawa, K. & Lalanne, G., 2022. Are industrial policy instruments effective? A review of the evidence in OECD countries. Paris: OECD..
- Dash, B., Sharma, P., Ansari, M. & Ali, A., 2022. Threats and Opportunities with AI-based Cyber Security Intrusion Detection: A Review.
- Deloitte, 2020. *The rise of the "Big 4" The semiconductor industry in Asia Pacific*, sl: sn
- Deloitte, 2022. *AI in chip design: Semiconductor companies are using AI to design better chips faster, cheaper, and more efficiently*, sl: sn
- Deloitte, 2023. *Emerging green hydrogen market set to help reshape global energy map by end of decade, creating US\$1.4 trillion market by 2050*. [Online] Available at: <https://www.deloitte.com/global/en/about/press-room/new-deloitte-report-emerging-green-hydrogen-market.html>
- Deloitte, 2023. *Tech Trends 2023*, sl: sn
- DHL Trend Research, 2019. Digital Twins in Logistics.

- Dialogic, 2011. *De impact van ICT op de Nederlandse economie*, sl: sn
- Dialogic, 2019. *Evaluatie WBSO 2011-2017*, sl: sn
- Dialogic, 2020. *Brede verkenning toegevoegde waarde ruimtevaart voor Nederland*, sl: sn
- Dialogic, 2020. *Informatie-uitwisseling landelijk dekkend stelsel cybersecurity*, sl: sn
- Dialogic, 2021. *Het Nederlandse Investeringsklimaat*, sl: sn
- Dialogic, 2023. *Economische kansen van de Cybersecuritysector*, sl: sn
- Directorate-General for External Policies, 2020. *Geopolitical Aspects of Digital Trade*, sl: sn
- Directorate-General for External Policies, 2021. *Post Covid-19 value chains: options for reshoring production back to Europe in a globalised economy*, sl: sn
- Eastwood, 2023. *Artificial intelligence can help design more appealing cars*. [Online] Available at: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/artificial-intelligence-can-help-design-more-appealing-cars>
- Edler, J., Blind, K., Kroll, H. & Schubert, T., 2023. Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means.. *Research Policy*, 52(6), 104765..
- Elsevier, 2023. *See what SciVal can do for you*. [Online] Available at: <https://www.elsevier.com/solutions/scival/features>
- ESIA, 2020. *Competitiveness & Innovation*, sl: sn
- ESPAS, 2019. *Global Trends to 2030. Challenges and choices for Europe*, sl: sn
- Etzkowitz, H. & Brisolla, S. N., 1999. Failure and success: the fate of industrial policy in Latin America and South East Asia. *Research Policy*, 28(4), 337-350..
- European Commission , 2022. *Digital Economy and Society Index (DESI) 2022. Thematic chapters*, sl: sn
- European Commission, 2012. *A European strategy for key enabling technologies—A bridge to growth and jobs. In: Final communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions*, sl: sn
- European Commission, 2022. *2022 Strategic Foresight Report*, sl: sn
- European Commission, 2022. *The Digital Economy and Society Index (DESI)*. [Online] Available at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- European Commission, sd *Personalises Medicine*. [Online] Available at: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/health/personalised-medicine_en
- EY, 2023. *Nederlandse FinTech Census 2023*, sl: sn
- Feenstra, J., 2022. *Dertig jaar melkrobot*. [Online] Available at: <https://edepot.wur.nl/576811>
- Foray, D., 2019. On sector-non-neutral innovation policy: towards new design principles. *Journal of Evolutionary Economics*, Springer,, 29(5),, pp. 1379-1397.

Foray, D., David, P. & Hall, B., 2009. Smart specialisation—the concept.. *Knowledge Economists Policy Brief*, 9 (85), 100.

Fortune Business Insights, 2023. *Digital Transformation Market Size*. [Online] Available at: <https://www.fortunebusinessinsights.com/digital-transformation-market-104878>

Forum, W. E., 2021. *Top 10 Emerging Technologies of 2021*, sl: sn

Frame, S., Wall, L. & White, L. J., 2018. Technological Change and Financial Innovation in Banking: Some Implications for Fintech. *Oxford Handbook of Banking*, Oktober.

Future Market insights, 2023. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/medtech-market>. [Online] Available at: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/medtech-market>

Gans, J. & Nagaraj, A., 2023. The Economics of Augmented and Virtual Reality.. *arXiv preprint* , p. 16872.

Gartner, 2022. *Emerging Tech Impact Radar: 2023*, sl: sn

Gaub, F., 2019. *Global Trends to 2030. Challenges and Choices for Europe*. , sl: The European Strategy and Policy Analysis System.

Goldstein, I., Jiang, W. & Karolyi, A., 2019. To FinTech and Beyond. *The Review of Financial Studies*, 4 April, pp. 1647-1661.

Grand View Research, 2023. *Carbon Capture And Storage Market Size*. [Online] Available at: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/carbon-capture-storage-ccs-market>

Grandview Research, 2022. *Digital Transformation Market Size*. [Online] Available at: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-transformation-market>

Grandview Research, 2023. *Iron and steel*. [Online] Available at: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/iron-steel-market>

Grond, A., Smeitink, A. & Van der Vorst, T., 2020. *Verkenning datastrategie circulaire economie*, sl: sn

Growth Lab, 2023. *The Atlas of Economic Complexity*. [Online] Available at: <https://atlas.cid.harvard.edu/>

Harvard Business Review, 2022. *It's Time to Invest in Climate Adaptation*. [Online] Available at: <https://hbr.org/2022/08/its-time-to-invest-in-climate-adaptation>

Hasan, 2022. Artificial Intelligence (AI) in Accounting & Auditing: A Literature Review.

Hausmann, R., Hwang, J. & Rodrik, D., sd What you export matters.. *Journal of Economic Growth* , 12, 1-25..

Hausmann, R. & Rodrik, D., 2006. *Doomed to choose: industrial policy as predicament*. , sl: John F. Kennedy School of Government, Harvard University.

Holland Chemistry , 2019. *Chem.I.KIA De bijdragen van Holland Chemistry aan de Kennis en Innovatieagenda's op de missies en sleuteltechnologieën (2020-2023)*, sl: sn

Holland High Tech, 2019. *The whole Semicon value chain in one country*, sl: sn

- HollandHighTech, 2019. *Integrated Photonics*, sl: sn
- Huang, J. et al., 2022. Applying Artificial Intelligence to Wearable Sensor Data to Diagnose and Predict Cardiovascular Disease: A Review. *Sensors* .
- I&O Research, 2023. *Oss farmaceutische productiehoofdstad van Nederland*. [Online] Available at: <https://www.ioresearch.nl/actueel/oss-farmaceutische-productiehoofdstad-van-nederland/>
- IEEE, 2021. *Quantum Computing Makes Inroads Towards Pharma Pharma giants and computing titans increasingly partnering on quantum computing*. [Online] Available at: <https://spectrum.ieee.org/quantum-drug>
- iFixit, 2023. *iPhone 13 Pro Volledige chip-identificatie*. [Online] Available at: <https://nl.ifixit.com/Guide/iPhone+13+Pro+Volledige+chip-identificatie/144993>
- IPOL, E. G. S. U., 2022. *Geopolitical risks and banking sector vulnerabilities: implications for the SSM*, sl: sn
- Jain, et al., 2021. *Machine learning for metallurgy III: A neural network potential for Al-Mg-Si*, sl: American Physical Society.
- Janssen, M. J. & Frenken, K., 2019. Cross-specialisation policy: Rationales and options for linking unrelated industries.. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, , 12(2), 195-212.
- Johannson, 2022. *Is AI the future for superyacht design?*. [Online] Available at: <https://www.boatinternational.com/yachts/yacht-design/ai-superyacht-design>
- Juhász, R., Lane, N. J. & Rodrik, D., 2023. The New Economics of Industrial Policy.
- Kamerstuk 24 095, sd *Frequentiebeleid*. [Online] Available at: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-24095-526.pdf>
- Kamerstuk, 2020. 29826-124, sl: sn
- Kang, J., Tahir, A., Wang, H. & Chang, J., 2020. Applications of nanotechnology in virus detection, tracking, and infection mechanisms. *Nanomedicine and Nanobiotechnology*, Dec.
- Karazuba, P., 2019. *What Does Cybersecurity Have To Do With Semiconductors?*. [Online] Available at: <https://semiengineering.com/what-does-cybersecurity-have-to-do-with-semiconductors/>
- Kempenaar, C. & Kocks, C., sd *Van precisielandbouw naar smart farming technology*, sl: sn
- KPMG, 2020. *Reaction: New realities for the global chemicals industry*, sl: sn
- KPMG, 2020. *SWOT-analyse strategische waardeketens*, sl: sn
- Kuehn, A., 2021. *The Future of Cybersecurity is in Silicon*. [Online] Available at: <https://www.arm.com/blogs/blueprint/cybersecurity-silicon>
- Kuhlmann, S. & Rip, A., 2018. Next-generation innovation policy and grand challenges.. *Science and Public Policy*, 45(4), pp. 448-454.
- Leiden Biosciencepark, 2021. *Investeringsgolf van farmabedrijven in Nederland*. [Online] Available at: <https://leidenbiosciencepark.nl/news/investeringsgolf-van-farmabedrijven-in-nederland>

Liander, 2023. *Grootschalige uitbreidingen in Amsterdam*. [Online]
Available at: <https://www.liander.nl/regioamsterdam/uitbreidingen-in-amsterdam>

Louwaars, et al., 2009. <https://research.wur.nl/en/publications/veredelde-zaken-de-toekomst-van-de-plantenveredeling-in-het-licht>, sl: Centrum voor Genetrische Bronnen Nederland.

Lou & Wu, 2021. AI on Drugs: Can Artificial Intelligence Accelerate Drug Development? Evidence from a Large-scale Examination of Bio-pharma Firms.

LUMC, 2023. *Artificial intelligence project to accelerate MRI scans receives 2 million euros*. [Online]
Available at: <https://www.lumc.nl/en/about-lumc/news/2023/januari/artificial-intelligence-project-to-accelerate-mri-scans-receives-2-million-euros/>

Mak & Pickika, 2021. Artificial intelligence in drug development: present status and future prospects.

Maloney, W. F. & Nayyar, G., 2018. Industrial policy, information, and government capacity.. *The World Bank Research Observer*, 33(2), 189-217.

Market Research Future, 2023. *Carbon capture and storage market*. [Online]
Available at: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/carbon-capture-storage-market-1862>

Market Study Report, 2022. *Global circular economy market size to record 7.8% CAGR through 2027*. [Online]
Available at: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/08/22/2501983/0/en/Global-circular-economy-market-size-to-record-7-8-CAGR-through-2027.html>

Martin, R. et al., 2023. Efficient industrial policy for innovation: standing on the shoulders of hidden giants.. *Centre for Economic Performance, Discussion Paper No.1813*..

McKinsey, 2019. *The next big thing? Quantum computing's potential impact on chemicals*. [Online]
Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/the-next-big-thing-quantum-computings-potential-impact-on-chemicals>

McKinsey, 2019. *The next big thing? Quantum computing's potential impact on chemicals*, sl: sn

McKinsey, 2020. *Economic impact of quantum in the Netherlands*, sl: sn

McKinsey, 2020. *Risk, resilience, and rebalancing in global value chains*, sl: sn

McKinsey, 2022. *McKinsey Technology Trends Outlook 2022. Cloud and edge computing*, sl: sn

McKinsey, 2022. *Securing Europe's Competitiveness. Addressing its Technology Gap*, sl: sn

McKinsey, 2022. *The future of automotive computing: Cloud and edge*, sl: sn

McKinsey, 2022. *The semiconductor decade: A trillion-dollar industry*. [Online]
Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-semiconductor-decade-a-trillion-dollar-industry>

McKinsey, 2023. *Quantum computing use cases are getting real—what you need to know*. [Online]

Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/quantum-computing-use-cases-are-getting-real-what-you-need-to-know>

McKinsey, 2023. *Quantum Technology Monitor*, sl: sn

McKinsey, 2023. *Quantum Technology Monitor*, sl: sn

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022. *Het verschil maken met strategisch en groen industriebeleid*, sl: sn

Ministerie van Economische Zaken, 2022. *Kamerbrief Innovatie en impact*, sl: sn

Ministerie van EL&I, 2011. *Naar de top. Het bedrijvenbeleid in actie(s)*, sl: sn

Ministerie van EZK, 2019. *Missies voor het topsectoren- en innovatiebeleid*, sl: sn

Ministerie van EZK, 2023. *Kabinet maakt scherpere keuzes in doelstellingen innovatiebeleid*. [Online]

Available at: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2023/05/26/kabinet-maakt-scherpere-keuzes-in-doelstellingen-innovatiebeleid>

Ministerie van EZK, 2023. *Vormgeving instrumentarium hernieuwbare waterstof*.

Ministerie van Financiën, 2023. *FinTech-onderzoek 2023*, sl: sn

Mittal, D. et al., 2020. Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook. *Frontiers in Nanotechnology. Sec. Nanotechnology for Energy Applications*, Volume 2.

Mittal, D. et al., 2020. Nanoparticle-based sustainable agriculture and food science: Recent advances and future outlook.. *Frontiers in Nanotechnology*, , p. 579954. .

Monai, et al., 2023. *Restructuring of titanium oxide overlayers over nickel nanoparticles during catalysis*, sl: Science.

Mowery, D. C., 2012. Defense-related R&D as a model for "Grand Challenges" technology policies.. *Research Policy*, 41(10), 1703-1715.

Nationaal Groeifonds, 2021. *Creative Industries Immersive Impact Coalition (CIIC)*. [Online]

Available at: <https://www.nationaalgroeifonds.nl/projecten-ronde-3/creative-industries-immersive-impact-coalition-ciic>

Nationaal Groeifonds, 2021. *Naar een gezonder Holomicrobioom*. [Online]

Available at: <https://www.nationaalgroeifonds.nl/projecten-ronde-3/een-gezond-holomicrobioom>

Nationaal Groeifonds, 2021. *Quantum Delta NL*. [Online]

Available at: <https://www.nationaalgroeifonds.nl/projecten-ronde-1/quantum-delta-nl>

Nationaal Groeifonds, 2022. *Digitale Infrastructuur Logistiek*. [Online]

Available at: <https://www.nationaalgroeifonds.nl/projecten-ronde-2/digitale-infrastructuur-en-logistiek>

Nederlandse Wijninfo, 2022. *Zoveel Nederlandse wijn is er in 2021 geproduceerd*. [Online]

Available at: <https://www.nederlandsewijninfo.nl/2022/03/zoveel-nederlandse-wijn-is-er-in-2021-geproduceerd/>

OECD, 2019. *Measuring distortions in international markets: The semiconductor value chain*, sl: sn

OECD, 2023. *Intellectual property (IP) statistics and analysis*. [Online] Available at: <https://www.oecd.org/sti/inno/intellectual-property-statistics-and-analysis.htm>

Patra, J., Das, G. & Fraceto, L., 2018. nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. *J Nanobiotechnol*.

PhotonDelta, 2021. *Automotive Roadmap*, sl: sn

PhotonDelta, 2021. *Roadmap Integrated Photonics for Biosensing 2021*, sl: sn

Photondelta, 2023. *Integrated Photonics for Agrifood*, sl: sn

Photonics21, 2020. *New Horizons Securing Europe's technological sovereignty through Photonics*, sl: sn

Photonics21, 2020. *New Horizons Securing Europe's technological sovereignty through Photonics*, sl: sn

PhotonicsNL, PhotonDelta, en Dutch Optics Centre, 2018. *National Agenda Photonics*, sl: sn

PhotonicsNL, Dutch Optics Centre, PhotonDelta & NWO, 2021. *Roadmap Photonic*, <https://www.photonicsnl.org/wp-content/uploads/2021/04/HTSM-Roadmap-Photonics-September-2020.pdf>: sn

Porter, M. E., 1990. The Competitive Advantage of Nations.. *Harvard Business Review*, 68(2), 73-93.

Precedence Research, 2023. *Basic Chemicals Market*. [Online] Available at: <https://www.precedenceresearch.com/basic-chemicals-market>

Precedence Research, 2023. *Biotechnology market*. [Online] Available at: <https://www.precedenceresearch.com/biotechnology-market>

Precedence Research, 2023. *Green Hydrogen Market*. [Online] Available at: <https://www.precedenceresearch.com/green-hydrogen-market>

Precedence Research, 2022. *Carbon Capture and Storage Market*. [Online] Available at: <https://www.precedenceresearch.com/carbon-capture-and-storage-market>

Precedence Research, 2023. *Medical Devices Market*. [Online] Available at: <https://www.precedenceresearch.com/medical-devices-market>

Publications Office of the European Union, 2023. *About CORDIS*. [Online] Available at: <https://cordis.europa.eu/about>

Quantum Delta Nederland, 2019. *Nationale Agenda Quantum Technologie*, sl: sn

Quantum Delta Nederland, 2019. *Nationale Agenda Quantum Technologie*, sl: sn

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2019. *Naar een duurzame economie. Overheidssturing op transitie*. , sl: sn

Research and Markets, 2023. *Sustainable Infrastructure and Technological Innovations Drive Growth in the Global Infrastructure Market*. [Online] Available at: <https://www.globenewswire.com/news->

[release/2023/09/29/2751797/0/en/Sustainable-Infrastructure-and-Technological-Innovations-Drive-Growth-in-the-Global-Infrastructure-Market.html](https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2023/09/29/2751797/0/en/Sustainable-Infrastructure-and-Technological-Innovations-Drive-Growth-in-the-Global-Infrastructure-Market.html)

Rijk Zwaan, 2022. *Rijk Zwaan continues to innovate.* [Online]
Available at: <https://www.rijkzwaan.com/news/rijk-zwaan-continues-innovate>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2021. *Important Project of Common European Interest (IPCEI).* [Online]
Available at: <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/ipcei>

Rijksoverheid, 2021. *Nederlandse Digitaliseringsstrategie 2021*, sl: sn

Rijksoverheid, 2022. *Kabinet beperkt mogelijkheid tot vestiging hyperscale datacentra.* [Online]
Available at: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/06/10/kabinet-beperkt-mogelijkheid-tot-vestiging-hyperscale-datacentra>

RIVM, 2020. *Inzicht in beleidsacties richting een Circulaire Economie*, sl: sn

ROEX, 2023. *RoEx automix.* [Online]
Available at: <https://www.roexaudio.com/>

RVO, 2023. *Near term Photonic applications in Datacom and Telecom with impact on reducing energy demand*, Den Haag: Netherlands Enterprise Agency.

Schot, J. & Steinmueller, W. E., 2018. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research policy*, 47(9), 1554-1567..

Seed Valley, 2023. *Bedrijven & sponsorsen.* [Online]
Available at: <https://www.seedvalley.nl/wie-we-zijn/>

Shen, et al., 2019. *Physical metallurgy-guided machine learning and artificial intelligent design of ultrahigh-strength stainless steel*, sl: Elsevier.

Sontowski, S., 2020. *Cyber Attacks on Smart Farming Infrastructure.*

Soun, J. et al., 2021. *Artificial Intelligence and Acute Stroke Imaging.* *AJNR Am J Neuroradiol*, Jan, pp. 2-11.

Spherical Insights, 2023. *Global Smart Agriculture Market Size To Worth USD 48.76 Billion By 2032 | CAGR of 9.7%.* [Online]
Available at: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/06/12/2686111/0/en/Global-Smart-Agriculture-Market-Size-To-Worth-USD-48-76-Billion-By-2032-CAGR-of-9-7.html#:~:text=The%20Global%20Smart%20Agriculture%20Market,published%20by%20Spherical%20Insights%20%26%>

Spherical Insights, 2023. *Global Specialty Chemicals Market Size To Grow USD 1016.5 Billion By 2030 | CAGR of 5.52%.* [Online]
Available at: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/03/15/2628053/0/en/Global-Specialty-Chemicals-Market-Size-To-Grow-USD-1016-5-Billion-By-2030-CAGR-of-5-52.html>

Statista, 2023. *Wine - Worldwide.* [Online]
Available at: [\(https://www.statista.com/statistics/232937/volume-of-global-wine-consumption/\)](https://www.statista.com/statistics/232937/volume-of-global-wine-consumption/)

Stiglitz, J., 1998. *Redefining the role of the state: What should it do? How should it do it? And how should these decisions be made?*. Paper presented on the MITI Research Institute's 10th Anniversary., sl

Straits research, 2021. <https://straitsresearch.com/report/smart-farming-market>. [Online] Available at: <https://straitsresearch.com/report/smart-farming-market>

Straits Research, 202. *Steel market*. [Online] Available at: <https://straitsresearch.com/report/steel-market>

Techleap, 2023. *Dashboard*. [Online] Available at: <https://finder.techleap.nl/dashboard>

Teece, D. J., 2018. Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world.. *Research policy*, 47(8), 1367-1387.

Ter Weel, B., Janssen, M., Bijlsma, M. & de Boer, P. J., 2022. *Durf te leren, ga door met meten: Op zoek naar kaders en methoden voor de evaluatie van systeem-en transitiebeleid.*, sl: sn

Tetko, I. et al., 2022. Artificial Intelligence Meets Toxicology. *Chemical Research in Toxicology*, 35 (8), pp. 289-1290.

Thales Group, 2023. *What is Root of Trust?*. [Online] Available at: <https://cpl.thalesgroup.com/faq/hardware-security-modules/what-root-trust>

TNO, 2022. *Portfolioanalyse 2022*, sl: sn

TNO, 2023. *6G Future Network Services*, sl: sn

TNO, 2023. *Hightechindustrie 2040: nieuwe opgaven voor het verdienvermogen op de lange termijn en de impact voor Nederland*, sl: sn

TNO, 2023. *Quantum computing: how can it serve your organisation?*. [Online] Available at: <https://www.tno.nl/en/digital/digital-innovations/trusted-ict/quantum-computing/>

TNO, 2023. *Quantum computing: how can it serve your organisation?*. [Online] Available at: <https://www.tno.nl/en/digital/digital-innovations/trusted-ict/quantum-computing/>

UNEP, 2021. *Adaptation Gap Report 2021*, sl: sn

Vantage, 2023. *Biotechnology Market to Reach Valuation of USD 2772.7 Billion by 2030 – Growth in the Adoption of Cloud and Big Data Drives the Market*. [Online] Available at: <https://www.vantagemarketresearch.com/press-release/biotechnology-market-687536>

Vet, d. et al., 2021. *Impacts of the COVID-19 pandemic on EU industries*, sl: Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies.

Wang, Cheng, Ford & Zimmerman, 2023. Investigating and Designing for Trust in AI-powered Code Generation Tools.

Weber, K. M. & Rohracher, H., 2012. Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. *Research Policy*, Volume 41, Issue 6,, pp. 1037-1047.

WEF, 2022. *State of Quantum Computing: Building a Quantum Economy*, sl: sn

World Economic Forum, 2021. *Top 10 Emerging Technologies of 2021*, sl: sn

WUR, 2021. *Smart farming als verlengstuk van de veehouder*. [Online]
Available at: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/livestock-research/show-wlr/smart-farming-als-verlengstuk-van-de-ondernemer-1.htm>

WUR, 2022. *Dutch cabinet invests €42 million in CROP-XR institute for faster development of resilient agricultural crops*. [Online]
Available at: <https://www.wur.nl/en/show/dutch-cabinet-invests-42-million-in-crop-xr-institute-for-faster-development-of-resilient-agricultural-crops.htm>

WUR, 2022. *Dutch cabinet invests €42 million in CROP-XR institute for faster development of resilient agricultural crops*. [Online]
Available at: <https://www.wur.nl/en/show/dutch-cabinet-invests-42-million-in-crop-xr-institute-for-faster-development-of-resilient-agricultural-crops.htm>

WUR, 2023. *Kabinet investeert 110 miljoen euro in kennis- en innovatieprogramma NL2120*. [Online]
Available at: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/kabinet-investeert-110-miljoen-euro-in-kennis-en-innovatieprogramma-nl2120.htm>

WUR, sd *Precision agriculture - Smart Farming*. [Online]
Available at: <https://www.wur.nl/en/dossiers/file/dossier-precision-agriculture.htm>

Yahoo Finance, 2023. *Medical Devices Market Size (\$656 Bn by 2032 at 3.0% CAGR) Globally | Analysis by Market.us*. [Online]
Available at: https://finance.yahoo.com/news/medical-devices-market-size-656-092400565.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAGYRvZPWEIHrczwP8WRFGpoJPUHJXDxojSWwoIIItsQSYRRQf-KrELEw9FMS8-GKJ7Hi4QMtIJPoovayEokvqbg70tqaKMke

Afbeeldingen

In dit document hebben we gebruik gemaakt van verschillende website die foto's aanbieden die kosteloos voor dit rapport mogen worden gebruikt. We danken deze platformen en de fotografen voor het beschikbaar stellen van deze afbeeldingen. De onderstaande tabel toont deze bronnen in de volgorde waarin ze in dit document voorkomen

Fotograaf	platform
Taha Mazandarani	Unsplash
micheile henderson	Unsplash
Kira Laktionov	Unsplash
Mika Korhonen	Unsplash
ameenfahmy	Unsplash
Taha Mazandarani	Unsplash
National Cancer Institute	Unsplash
Martin Adams	Unsplash
Jen Theodore	Unsplash
Brian Kostiuk	Unsplash
Onbekend	Philips.com
Dylan Calluy	Unsplash
Rodion Kutsaiev	Unsplash
Jesse De Meulenaere	Unsplash
NASA	Unsplash
Lloyd Dirks	Unsplash
Michael Fousert	Unsplash
AARN GIRI	Unsplash
Theodoros Amanatidis	Pexels.com

Bijlage 1. Confrontatiematrix

Macrotrend	Onderwerp	Trend	Landbouw / voedingsmiddelen				Chemie	Indus-trie	Maakindustrie	Dienst-verlening	Fin. dienst-verlen.	Cre-ati-ef										
			Zuivelketen	Dier- en vleesketen	Groente- en fruitketen	Sjerteeltketen	Plantenveredeling en zaadtechnologie	Organische chemie (oa petrochemie)	Meststoffen en stikstofverbindingen	Anorganische chemie	Staal- en metaalindustrie	Farmaceutische industrie	Halfgeleiderindustrie	Medische apparatuur	Sport- en recreatievaartuigen	Vrachtwagenindustrie	Transport en opslag van goederen	Technisch ontwerp en advies	Softwareontwikkeling	Accountancy en belastingadvisering	Risicoanalyse en schadetaxatie	Muziekindustrie
Digitalisering	AI	Generative AI																				
Digitalisering	AI	Diagnostic AI																				
Digitalisering	AI	Simulation AI	3. Smart Farming			1	2			1												7. Digitale transformatie
Digitalisering	Fundamentele technologie	Nanotechnologie																				
Digitalisering	Fundamentele technologie	Fotonica																				
Digitalisering	Fundamentele technologie	Quantum Computing					1	2		1												
Digitalisering	Fundamentele technologie	EUV lithografie																				
Digitalisering	Fundamentele technologie	Next-generation sensors																				
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Cybersecurity																				
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Digitale Ethiek																				
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Gepersonaliseerde software																				
Digitalisering	Mitigatie negatieve kanten	Personalized Data																				
Digitalisering	Telecom en cloud	Satelliettechn. en toepassingen																				
Digitalisering	Telecom en cloud	Next-gen Telecommunication (6G)																				
Digitalisering	Telecom en cloud	Edge Computing																				
Digitalisering	Telecom en cloud	Cloud Computing																				
Digitalisering	Telecom en cloud	IoT/IoT	3. Smart Farming																			7. Digitale transformatie
Digitalisering	Telecom en cloud	SaaS																				
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Semiconductors																				
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	3D printen																				
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Robotica																				
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Drones																				
Digitalisering	Toepassingen (hardware)	Autonomous Mobility																				
Digitalisering	Toepassingen (soft- en hard)	Augmented en Virtual Reality																				
Digitalisering	Toepassingen (software)	Digital Twin																				
Digitalisering	Toepassingen (software)	Fintech																				6.
Duurzaamheid	Duurzame energie (opwek)	Zonne-energie																				
Duurzaamheid	Duurzame energie (opwek)	Windenergie																				
Duurzaamheid	Duurzame energie (opwek)	Kernenergie																				
Duurzaamheid	Duurzame energie (opslag)	Groene waterstof				8.								8.								
Duurzaamheid	Duurzame energie (opslag)	Batterijtechnologie																				
Duurzaamheid	Klimaatbuffer	Klimaatadaptatie	9. Klimaatadapt.																			
Duurzaamheid	Klimaatbuffer	Nature Based Solutions																				
Duurzaamheid	Landbouw	Eiwittransitie (dierlijk, cell.)																				
Duurzaamheid	Landbouw	Eiwittransitie (plantaardig)																				
Duurzaamheid	Landbouw	Circulaire voedselproductie	12.																			
Duurzaamheid	Landbouw	Klimaatadaptieve agricultuur	9. Klimaatadapt.																			9.
Duurzaamheid	Landbouw	Regeneratieve Landbouw																				
Duurzaamheid	Materialen	Carbon Capture & Utilization							10. CCU en CCS													
Duurzaamheid	Materialen	Circulaire materialen	12. Circulaire materialen																			
Duurzaamheid	Materialen	Groene chemie							8.													
Duurzaamheid	Materialen	Biobased producten							2.													
Duurzaamheid	Mobiliteit	Elektrisch vervoer																				11.
Duurzaamheid	Mobiliteit	Duurzame infrastructuur																				11.
Health en medtech	Bio-engineering	Biotechnologie								1.												
Health en medtech	Bio-engineering	Regeneratieve Geneeskunde																				
Health en medtech	Bio-engineering	Genoom en DNA toepassingen																				
Health en medtech		Non-invasieve diagnostisering																				
Health en medtech		Personalized Medicine																				

- 1. Nieuwe moleculen in de biotechsector
- 2. Nieuwe materialen in de procesindustrie
- 3. Smart Farming
- 4. Halfgeleiders
- 5. Medtech
- 6. Fintech
- 7. Digitale transformatie
- 8. Groene waterstof
- 9. Klimaatadaptatie
- 10. CCU en CCS
- 11. Duurzame infra
- 12. Circulaire materialen

Bijlage 2. Overzicht interviewrespondenten eerste ronde

Het doel van de interviews in ronde 1 was meerledig en gaf ook input voor WP1 en WP4. De belangrijkste input was het vragen naar relevante trends en ontwikkelingen die de respondent observeert. Daarnaast vroegen we de respondent ook naar geschikt bronmateriaal, wat we gebruikten bij het maken van de longlist met internationale trends.

Gesprekspartner	Organisatie
Aggie van Huisseling en Jan-Paul van de Kerke	ABN-AMRO
Brigit van Dijk – van der Reijt	BOM
Hugo Erken en Otto Raspe	Rabobank
Reineke Timmermans	VNO-NCW
Rinke Zonneveld	Invest-NL
Chimwemwe de Gaay Fortman	Oost-NL
Maurice van Tilburg	Techleap
Koen Frenken	Universiteit Utrecht
Thijmen van Bree	TNO

Bijlage 3. Overzicht interviewrespondenten tweede ronde

Het doel van de interviews in ronde twee was om relevante cellen uit de matrix te bespreken met deze experts. In de interviews vroegen we welke trends er in de sector mogelijk in de toekomst belangrijk worden, of wat voor concrete productinnovaties deze experts verwachtten. Daarnaast hebben we mogelijke groeimarkten uit onze analyse ter validatie voorgelegd aan de experts.

Focus op digitalisering

Persoon	Organisatie
Jann de Waal	Topsector Creative Industrie
Peter Molengraaf	Topsector Energie
Richard van de Sanden	Eindhoven Institute for Renewable Energy Systems
Marc Hendrikse	Topsector Hightech systemen & materialen
Aad Veenman	Topsector Logistiek
Mark Helder	Koninklijke metaalunie
Jos Kleiboer	Koninklijke metaalunie
Yvonne Hage	Federatie Metaal en Elektrotechniek
Niels Back	Federatie Metaal en Elektrotechniek
Suzanne Verboon	Federatie Metaal en Elektrotechniek
Patrick Blommerde	Federatie Metaal en Elektrotechniek
Bert Hubert	Kiesraad
Jelle Prins	Cradle Bio
Nico Anten	Connekt
Tom van Dam	Connekt
Jan Peter Kleinhans	Stiftung Neue Verantwortung
Julia Hess	Stiftung Neue Verantwortung
Aad Veenman	Topsector logistiek
Arij van Berkel	Lux Research
Bob Hardus	De DMS
Maran van Heesch	TNO

Focus op duurzaamheid en health

Persoon	Organisatie
Jacqueline Vaessen	Topsector Chemie
Gerlof Rienstra	Rienstra Beleidsonderzoek en Beleidsadvies BV
Sybrand van der Zwaag	TU Delft
Rob Kreiter	TKI Energie & Industrie
Joris Melkert	TU Delft
Astrid Madsen	Astrid Madsen
Kees de Gooijer	TKI Agri & Food
Jörg Gigler	TKI Nieuw Gas
Rob van Manen	Luchtvaart in Transitie
Paul Peeters	Breda University
Manon Bloemer	Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie
Erik Verbrugge	Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie
Bob Meijer	TKI Offshore energy
Cees Jan Pen	Fontys Hogeschool
Dirk Duijzer	Topsector Agri & Food
Jacqueline Vaessen	Topsector Chemie
Joke Westra	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Nico van Meeteren	Deltares
Michel Briejer	Thuja Capital
Barend Mons	Universiteit Leiden, GO FAIR
Sipke Castelein	RVO
Bram Leusink	EVconsult



Dialogic innovatie & interactie

Hooghiemstraplein 33

3514 AX Utrecht

030-215 05 80

www.dialogic.nl