



Whitepaper

Hightechindustrie 2040

Nieuwe opgaven voor het verdienvermogen op
de lange termijn en de impact voor Nederland

Auteurs

Philip van Kappen
Thijmen van Bree
Claire Stolwijk
Anastasia Yagafarova
Tom van der Horst

TNO innovation
for life

Inhoud

Voorwoord p.3

Naar een Nationale Hightech Strategie

Hoofdstuk 1 p.4

De Nederlandse hightech

Hoofdstuk 2 p.7

Veranderend krachtenveld

Hoofdstuk 3 p.10

Succesfactoren en transformaties

Hoofdstuk 4 p.16

Nieuwe waardeketens

Hoofdstuk 5 p.20

Nieuwe opgaven

Hoofdstuk 6 p.23

Nationale Hightech Strategie

Voorwoord

Naar een Nationale Hightech Strategie

De hightechindustrie is van vitaal belang voor Nederland. De sector is een groeimotor voor de economie en een innovator als het gaat om onze grootste maatschappelijke uitdagingen. De sector is innovatief en continu in ontwikkeling.

Rond 2000 richtte de sector zich vooral op consumentenelektronica, inmiddels ligt het zwaartepunt op apparatuur voor de halfgeleiderindustrie. Die transformatie van de sector gaat de komende jaren versnellen richting disruptieve technologieën als AI, quantum en fotonica. De Nederlandse hightechindustrie verwerft posities op deze technologieën, die een ongekende impact zullen hebben op de mondiale waardeketens waarin zij opereren. Een toenemende behoefte aan strategische autonomie, de fragmentatie van wereldmarkten en de duurzaamheidstransities gaan de transformatie nog eens versnellen.

Tot circa 2030 investeert Nederland fors in de transformatie van de hightechindustrie, vooral via Nationaal Groeifonds programma's zoals NXTGEN HIGHTECH, Quantum Delta NL en PhotonDelta. Maar hoe zorgen we dat de Nederlandse hightech ook daarna toekomstbepalende innovaties, economische groei en hoogwaardige banen blijft genereren? Die vraag was de basis voor een onderzoek dat TNO deed in 2022 en de eerste helft van 2023. We spraken met een groot aantal experts, ondernemers en beleidsmakers. Dit paper vloeit daaruit voort en presenteert een nieuwe visie op de hightechindustrie voor 2040.

Het belangrijkste inzicht: een succesvolle Nederlandse hightechindustrie genereert in 2040 circa 50% van de omzet uit nieuw te bouwen waardeketens. Ook zal de sector 100% duurzaam moeten zijn, 150% productiever en aanzienlijk veerkrachtiger.

Dat stelt de sector voor opgaven die een georkestreerde inzet vereisen van alle stakeholders in de innovatie- en onderzoeksecosystemen. We pleiten ervoor een Nationale Hightech Strategie op te stellen die voortbouwt op de KIA Sleuteltechnologieën en de Nationale Technologiestrategie. Een consistente langetermijnagenda die de randvoorwaarden schept voor robuuste investeringen. TNO is toegewijd de opgaven voor de Nederlandse hightech te helpen realiseren. We nodigen hightechbedrijven, kennisinstellingen en de overheid uit om samen de weg in te slaan naar een toekomstbestendige hightechindustrie die ook in 2040 een voorbeeld voor de wereld is. Dit paper wil daartoe een eerste aanzet zijn.



Arnaud de Jong
Managing Director TNO High Tech Industry

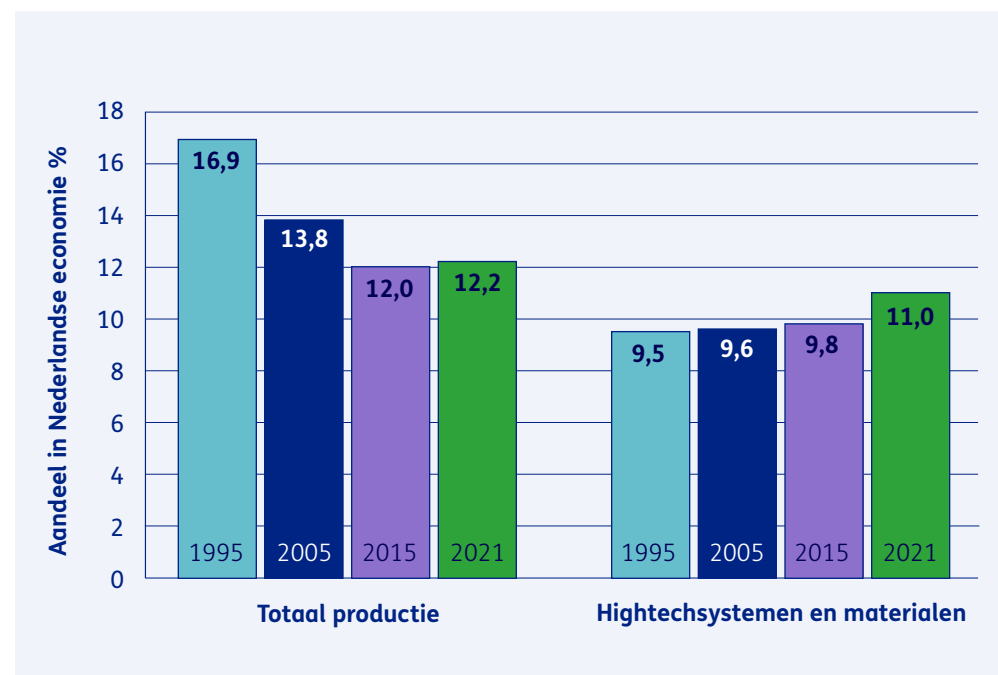
Hoofdstuk 1

De Nederlandse hightech

Het belang van de hightechindustrie voor Nederland is groot. De hightech levert een belangrijke en groeiende bijdrage aan de Nederlandse economie, met 784.000 fte in 2021 of 10% van de totale werkgelegenheid in Nederland. De bruto toegevoegde waarde werd geschat op 80,2 miljard euro in 2021. Daar waar het aandeel van de maakindustrie in de Nederlandse economie de afgelopen 25 jaar is gedaald, nam het aandeel van de hightechindustrie juist toe.

De Nederlandse hightechindustrie is R&D-intensief en kenmerkt zich door het ontwerp en de productie van complexe producten die in kleine volumes worden geproduceerd. Vaak komt er complexe systems engineering bij kijken en wordt er gebruik gemaakt van complexe samenwerkingsverbanden, waardeketens en waardenetwerken.

De producten en diensten van de hightechindustrie worden gebruikt als input voor de fabricage van onder andere halfgeleiders, medische instrumenten en datacommunicatie.



Figuur 1. Aandeel binnen de Nederlandse economie in termen van bruto toegevoegde waarde (Bron: CBS, berekeningen TNO).

De drie belangrijkste subsectoren binnen de Nederlandse hightech zijn:

- **Machines**

Met bedrijven als ASML, ASMI en BESI is Nederland wereldleider in de productie van machines die gebruikt worden om chips en halfgeleiders te produceren. Andere belangrijke activiteiten binnen de Nederlandse machine-industrie betreffen machines voor wegen, tillen en hanteren, evenals machines voor voedselverwerking en landbouwactiviteiten.

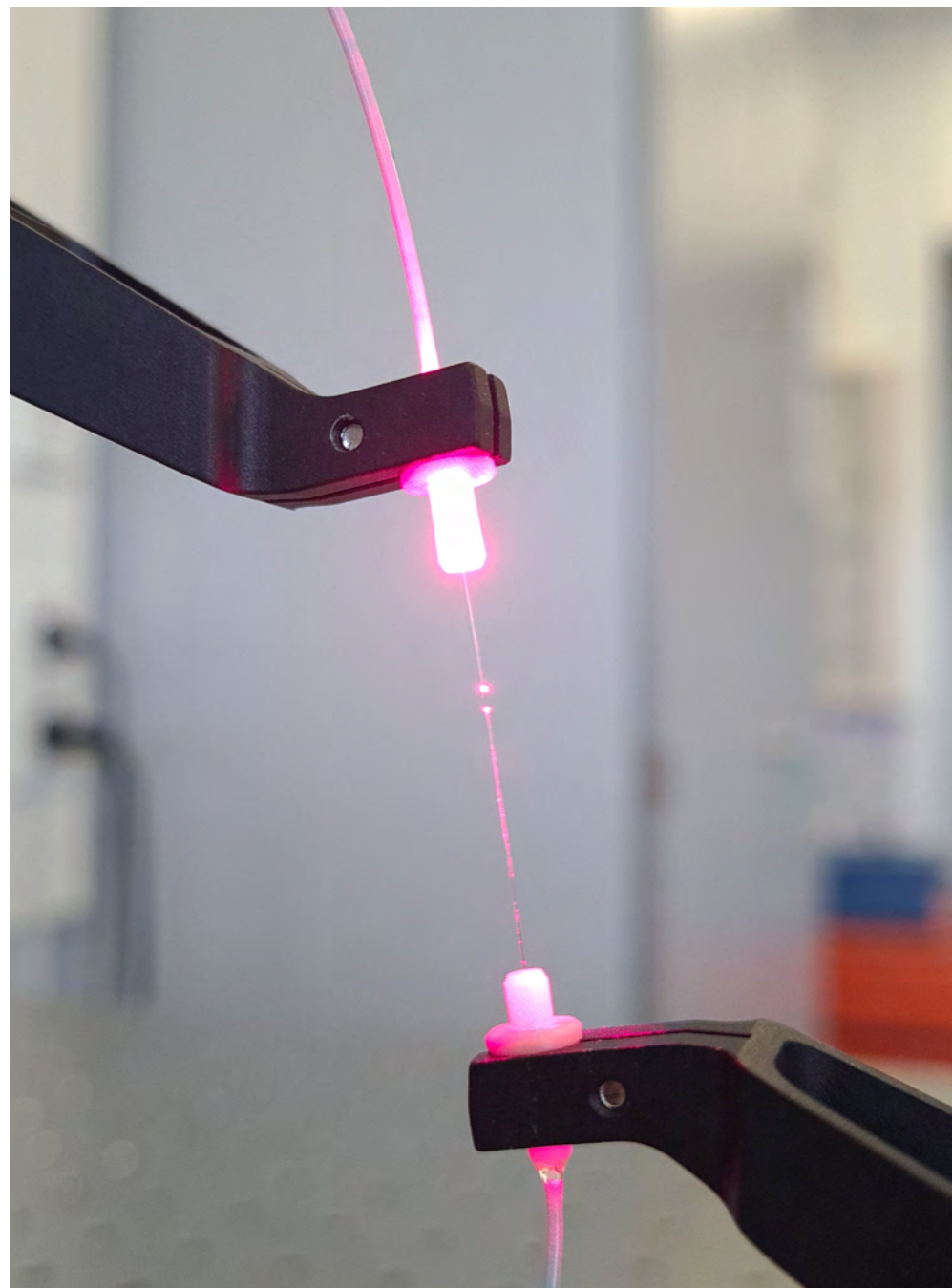
- **Elektrische apparaten**

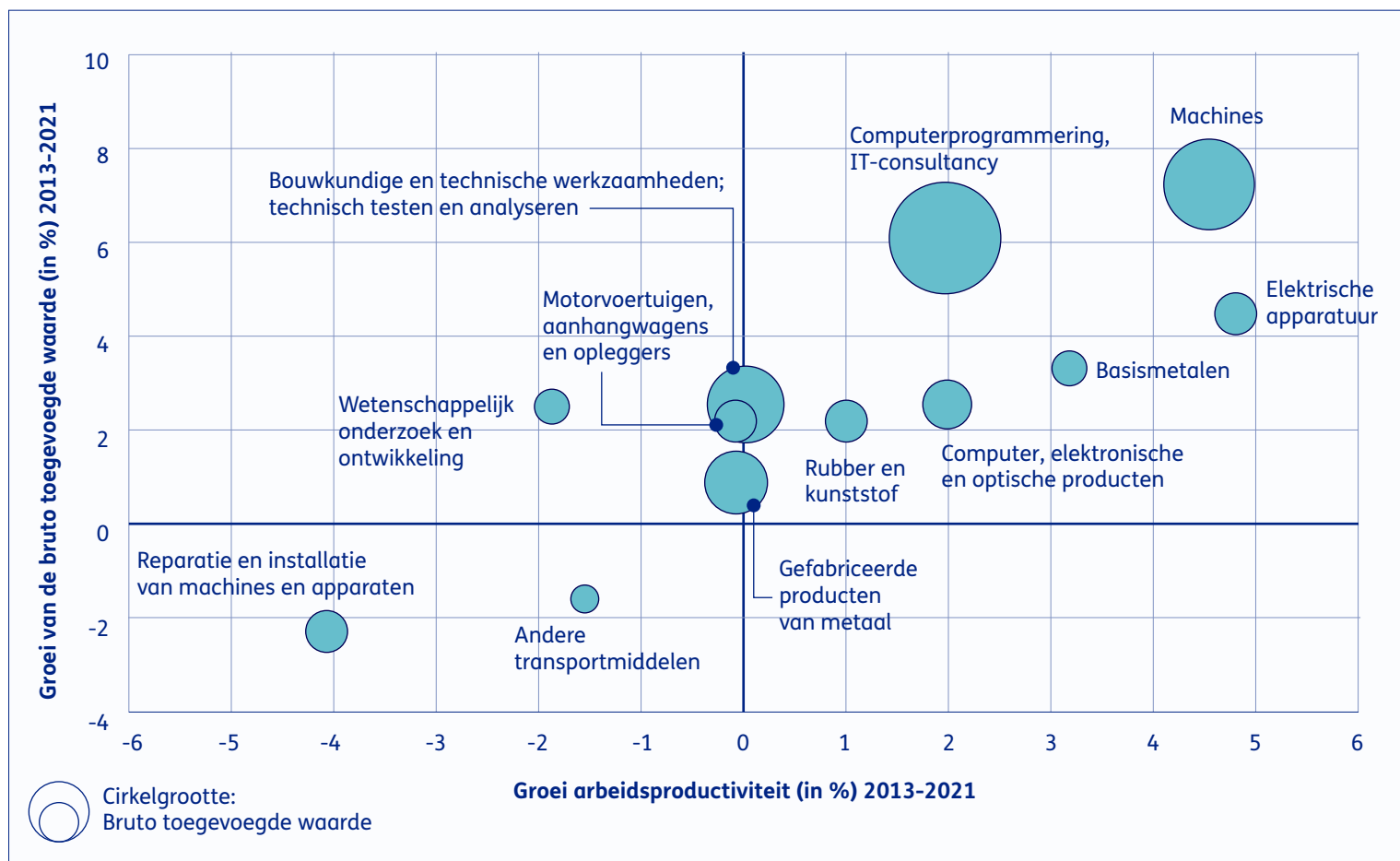
De industrie voor elektrische apparatuur produceert een breed scala aan apparatuur en apparaten. In Nederland omvatten de belangrijkste activiteiten de productie van verlichtingsapparatuur, elektrische huishoudelijke apparaten, elektromotoren, generatoren en transformatoren, elektriciteitsdistributie- en regelapparatuur en de productie van elektronische en elektrische draden en kabels. Voorbeelden zijn bedrijven als Signify, Philips Domestic Appliances en Prodrive.

- **Computers, elektronica en optica**

Binnen de Nederlandse computer-, elektronische en optische industrie vormt de fabricage van instrumenten en apparaten voor meten, testen en navigatie het grootste aandeel. Andere belangrijke activiteiten zijn de productie van elektronische componenten, condensatoren, weerstanden en microprocessors; (elektro)medische apparatuur en communicatieapparatuur. Voorbeelden zijn bedrijven als Philips, NXP en Thermo Fisher Scientific.

Hoewel de meeste subsectoren van de hightechindustrie de afgelopen jaren zijn gegroeid is het niet zo dat in alle subsectoren sprake was van een sterke productiviteitsgroei (Figuur 2). Met name de subsector 'machines' steekt er bovendien dankzij een sterke groei van de bruto toegevoegde waarde; gemiddeld 7,3% per jaar. Tegelijkertijd vertoonde het één van de grootste groeipercentages in de arbeidsproductiviteit (4,8%), de tweede na elektrische apparatuur (5%).





Figuur 2. Vergelijking tussen groei in bruto toegevoegde waarde en arbeidsproductiviteit voor de subsectoren binnen de hightechindustrie (prijsniveau 2015).

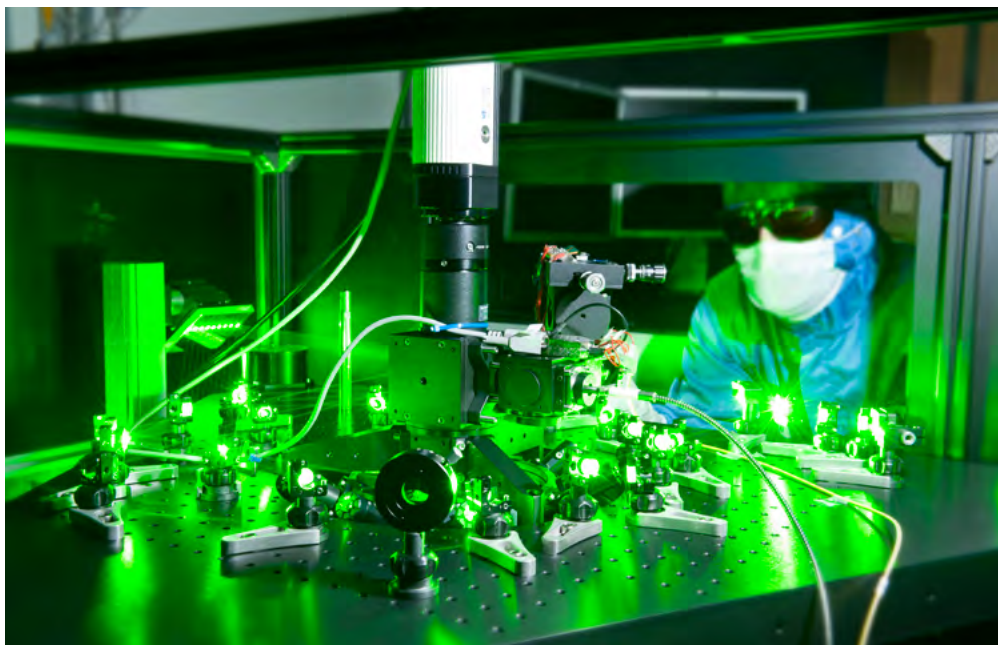
1.1 TNO

TNO ondersteunt de Nederlandse hightech op aspecten waar het met toegepast onderzoek maximale maatschappelijke en economische impact kan maken. Samen met partners werkt TNO aan toekomstbepalende innovaties, bijvoorbeeld op gebied van ruimtevaart, quantumtechnologie, halfgeleiders en fotonica. TNO werkt aan maatschappelijke uitdagingen en een sterke economie. Daarbij zorgt een bedrijfsleven dat bijdraagt aan het oplossen van deze maatschappelijke uitdagingen ook voor economisch verdienvermogen en werkgelegenheid. Het is de ambitie van TNO om de hightechindustrie te ondersteunen met baanbrekende technologische- en systeeminnovaties.

Hoofdstuk 2

Veranderend krachtenveld

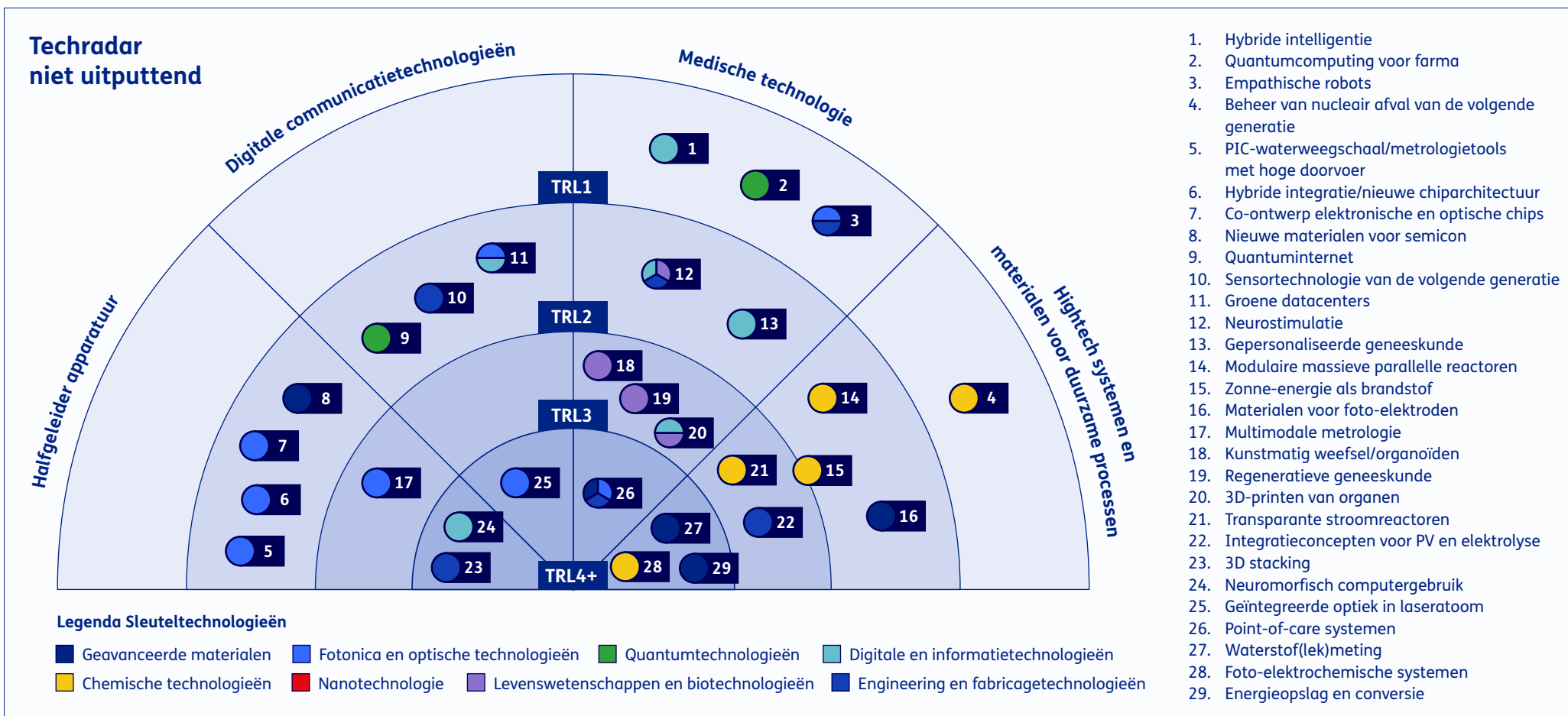
Vernieuwing is de belangrijkste constante in de Nederlandse hightechindustrie. Door het hoge innovatietempo dat de sector kenmerkt wordt de waarde in de industrie voortdurend verlegd naar nieuwe gebieden.



Waar dertig jaar geleden IBM, toen vooral actief in computersystemen, wereldwijd het grootste technologiebedrijf was in termen van marktkapitalisatie, was dat twintig jaar geleden het softwarebedrijf Microsoft en werd dat tien jaar geleden Apple, vooral actief in consumentenelektronica. Ook de Nederlandse hightechindustrie is in de laatste dertig jaar getransformeerd met dertig jaar geleden het breed gediversifieerde Philips als grootste bedrijf en nu het sterk gefocuste ASML.

De marktwaarde van ASML is in twintig jaar verdertigvoudigd, waarmee het momenteel het meest waardevolle technologiebedrijf van Europa is. Dit hoge vernieuwingstempo betekent dat de Nederlandse hightechindustrie er rond 2040 compleet anders uit zal zien dan nu, waarvoor het zich voor een belangrijk deel opnieuw zal moeten uitvinden.

Die vernieuwing zal in grote mate plaatsvinden door de toepassing van nieuwe technologieën die we reeds de TRL-ladder zien bestijgen. Disruptieve technologieën als AI, quantum, fotonica, biotech en autonome systemen gaan in een groot aantal markten tot nieuwe hightech apparaten leiden. In het halfgeleider domein zie we bijvoorbeeld de integratie van optische en elektronische chips, nieuwe multimodale metrologie en de toepassing van nieuwe materialen. Op het gebied van digitale communicatie zitten technologieën in de pijplijn rondom quantuminternet, geïntegreerde fotonica voor laser-satellietcommunicatie en groene datacentra. Op het medisch vlak wordt er veel verwacht van quantumcomputing voor farmaceutische toepassingen, neurostimulatie en het 3d printen van organen en gepersonaliseerde medicijnen. En op duurzaamheidsvlak komt er hightech aan op het gebied van energieopslag en conversie, foto-elektro-chemische systemen en waterstof (lekkage) meetssystemen.



Figuur 3. Voorbeelden van voor hightechindustrie relevante nieuwe technologieën (Bron: Team input IND Principal Scientists).

2.1 Kansen in een veranderende wereld

Een aantal mondiale trends heeft grote invloed op het hightechspeelveld waardoor nieuwe kansen voor de Nederlandse hightechindustrie ontstaan. Onze sociale omgeving verandert fundamenteel door de voortdurende vergrijzing die in een groeiend aantal landen zal leiden tot uitdagingen in de gezondheidszorg en nijpende arbeidstekorten.

Op ecologisch gebied hebben we te maken met de noodzakelijke transitie naar duurzame systemen ten aanzien van energie en grondstoffen. Economisch zien we mondiale waardeketens in toenemende mate regionaliseren en kiezen overheden een meer initiërende en interveniërende rol. Politiek staan de grote maatschappelijke uitdagingen hoog op de agenda. Investerings in duurzaamheid en gezondheid nemen sterk toe, evenals in defensie door de snel verslechterende veiligheidssituatie.

Dit leidt tot een reeks veelbelovende kansen om nieuwe hightech waardeketens te realiseren voor markten die aan het ontstaan zijn op het gebied van hightech voor duurzaamheid, gezondheid, de digitale transformatie en defensie. Bovendien biedt de wens om te streven naar strategische autonomie en vergaande automatisering en robotisering de kans om de productie in Europa of Nederland op te bouwen.

2.2 Existentiële bedreigingen

De veranderende wereld zorgt er ook voor dat de hightechindustrie rekening moet houden met bedreigingen die in sommige gevallen existentieel kunnen zijn. De duurzaamheidstransities zullen leiden tot steeds dwingendere regelgeving die, mochten bedrijven hier niet in mee kunnen, het bestaan van deze bedrijven in gevaar kunnen brengen. Ook de concurrentiepositie staat onder druk door afnemende toegang tot kritische materialen en een afnemend aanbod van personeel in combinatie met een stagnerende arbeidsproductiviteit.

Tenslotte zijn er aanzienlijke bedreigingen die te maken hebben met de bestendigheid van de industrie op de lange termijn. Zijn de zo zorgvuldig geoptimaliseerde waardeketens wel bestand tegen schokken zoals oorlogen, natuurrampen of een verschuivend politiek evenwicht? En bieden onze kennisposities wel voldoende waarborgen om morgen en overmorgen nog steeds leidende posities in de hightechindustrie te kunnen innemen?

2.3 De toekomst tegemoet

De Nederlandse hightechindustrie heeft sterke troeven in hand bij het bouwen van posities op het gebied van hightech voor maatschappelijke uitdagingen. Het is toonaangevend in het ontwerpen, ontwikkelen en produceren van hightech apparatuur en componenten met drie belangrijke kenmerken: zeer intelligent (embedded systemen, software, sensoren), zeer nauwkeurig (nano-elektronica, productie met hoge precisie) en zeer efficiënt (mechatronica).

Ook is de hightech sterk in het vertalen van kennis naar industriële oplossingen. Er bestaan goed ontwikkelde ecosystemen van gespecialiseerde bedrijven en kennisinstellingen waarbij samenwerking en kennisuitwisseling in het DNA zit. Tot slot heeft Nederland een sterke kennisbasis ten aanzien van sleuteltechnologieën en een gunstig vestigingsklimaat.

Hoofdstuk 3

Succesfactoren en transformaties

Het veranderende krachtenveld stelt de Nederlandse hightechindustrie voor stevige uitdagingen. Om in 2040 nog steeds sterk, gezond en op onderdelen leidend te zijn is een viertal kritische succesfactoren bepalend. Voor elk van deze succesfactoren zijn transformaties noodzakelijk.

3.1 Succesfactoren

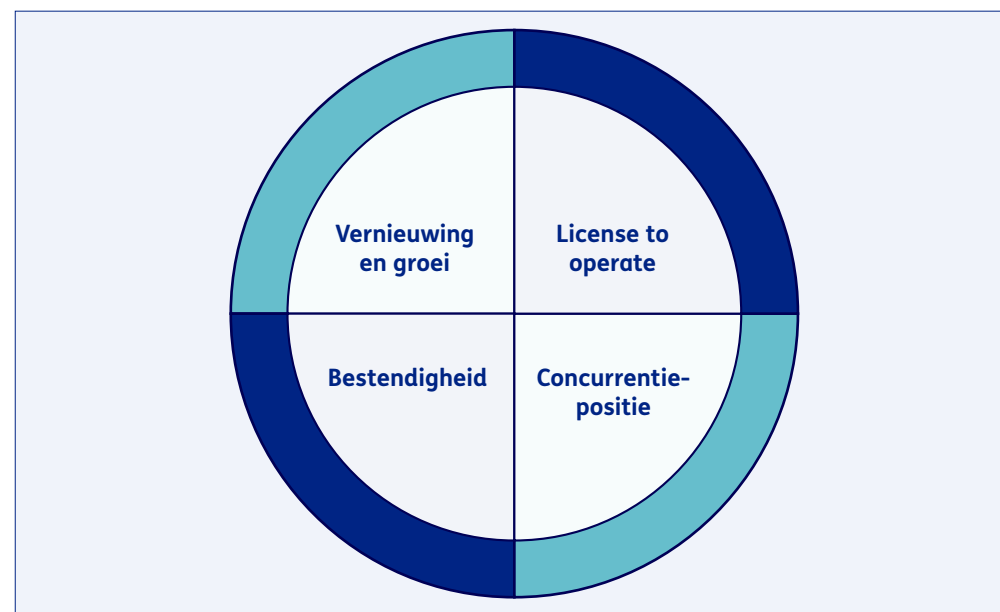
Het is van belang dat de hightechindustrie ook over twintig jaar nog binnen de regels die in Nederland en de EU gelden kan opereren. Dit bestaansrecht (licence to operate) moet worden veiliggesteld. Gezien de steeds hogere eisen zal dat grote veranderingen vragen. Denk hierbij aan de noodzakelijke reductie van CO₂-uitstoot en het groeiend aantal beperkingen in landen waar hoogtechnologische producten naar mogen worden geëxporteerd.

De concurrentiepositie is de tweede kritische succesfactor. Opereren in wereldwijde en hoog competitieve markten vergt een voortdurende investering in concurrentiekracht. En dus in innovatie.

Een extra uitdaging daarbij is de groeiende schaarste aan gekwalificeerd personeel.

Bestendigheid op de lange termijn is een factor die sinds COVID-19, de oorlog in Oekraïne en de toenemende spanningen met China op de agenda is gekomen. Het is duidelijk geworden dat ondernemingen hun toeleveringsketens teveel in de richting van lage kosten hebben geoptimaliseerd ten koste van schokbestendigheid.

Ook blijkt dat de relevante kennis- en technologieposities onder druk staan door de ongekende investeringen door China en de Verenigde Staten in hot topics als AI en quantum en het weglekken van kennis, onder andere door spionage.



Figuur 4. Succesfactoren Nederlandse Hightech.

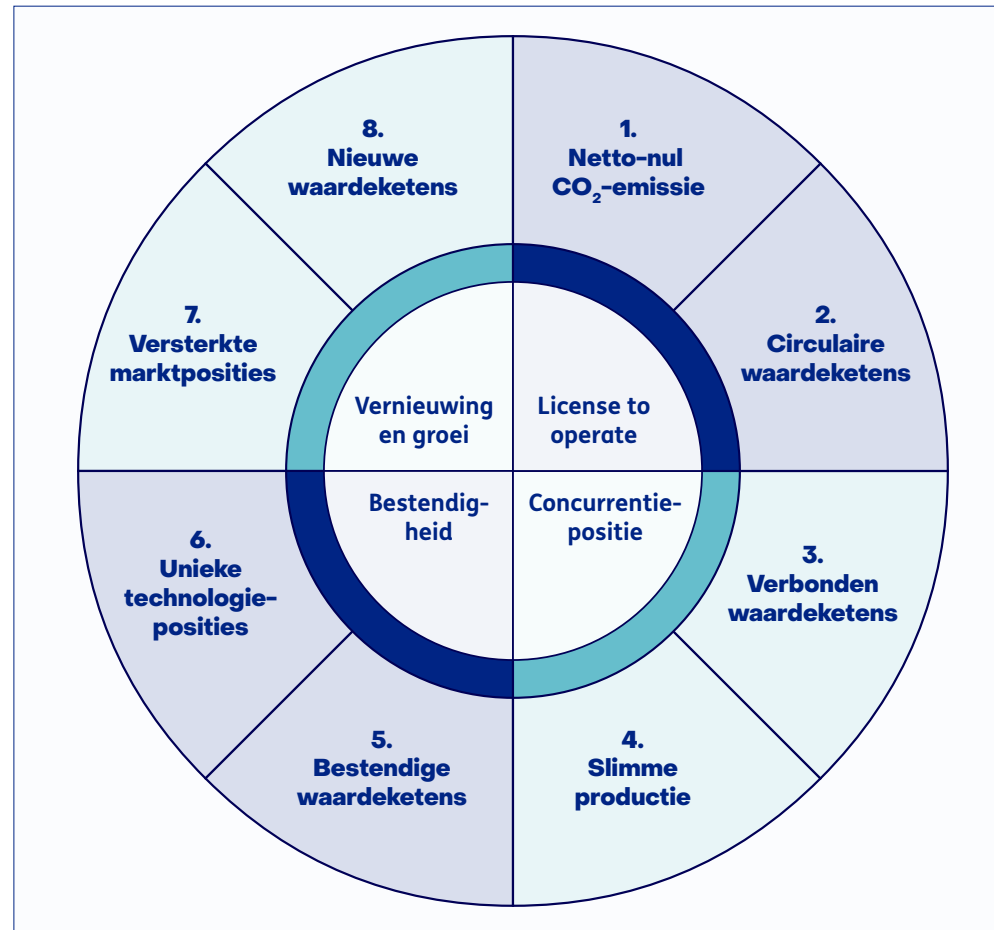
Tenslotte is het realiseren van vernieuwing en groei cruciaal voor succes. Dit begint bij het voortbouwen op en het verder ontwikkelen van posities in bestaande waardeketens. Dat is niet voldoende, het is noodzakelijk om te blijven vernieuwen in de wetenschap dat een groot deel van de hightech omzet in 2040 zal komen uit

waardeketens die nu nog niet bestaan. Die waardeketens zullen ontstaan uit het samenkomen van enerzijds de vraag die ontstaat uit maatschappelijke uitdagingen als duurzaamheid en gezondheid en anderzijds de technologische vernieuwing die op ons afkomt op het gebied van bijvoorbeeld AI, quantum en fotonica.

3.2 Transformaties

Een succesvol pad naar 2040 bestaat primair uit allerlei ondernemingen, van startups tot multinationals, die bezig zijn met waar ze goed in zijn: ondernemen.

Nieuwe producten ontwikkelen, efficiënte productie inrichten, partnerships bouwen en alle andere activiteiten die cruciaal zijn voor een zich voortdurend ontwikkelende onderneming. Maar op systeemniveau, het niveau van de hightechindustrie als geheel, tekent zich een aantal noodzakelijke transformaties af waar al die ondernemingen iets mee moeten en waar overheid en kennisinstellingen een belangrijke faciliterende rol spelen. Het woord 'transformatie', een fundamentele verandering van staat, wordt hierbij gebruikt om aan te geven dat het hier om veranderingen gaat die partijen niet afzonderlijk van elkaar kunnen bewerkstelligen. Er zijn acht transformaties nodig om als hightechindustrie de weg naar een succesvolle toekomst in te slaan.



Figuur 5. Transformaties Nederlandse hightech.

1. Netto-nul CO₂-emissie

Het doel voor 2040 is duidelijk: geen enkel hightechbedrijf mag rond 2040 nog CO₂-uitstoot veroorzaken. Het gaat daarbij om de eigen activiteiten, de toeleveringsketen (upstream) en de werking van zijn producten bij de klant (downstream). Belangrijke hefboomen om dit doel te bereiken zijn een lager energieverbruik in de productie en de omslag naar groene energie. Ook producten die bij de klant staan zullen energiezuiniger moeten worden en er zullen faciliteiten moeten komen om afgeschreven producten te recyclen en daarmee de geïnvesteerde CO₂ te hergebruiken. Remmende factor daarbij is dat nationale wetgeving omtrent CO₂ nog in ontwikkeling is en internationaal voor een ongelijk speelveld kan zorgen.

Stabiele overheidsregelgeving om de omwenteling naar netto-nul emissie te stimuleren en tegelijkertijd te zorgen voor een gelijk speelveld is daarom cruciaal. Als die er is kunnen coalities ontstaan die de transitie naar netto-nul emissie door zullen voeren binnen de waardeketen waar ze actief zijn. Dominante spelers in de waardeketen spelen een sleutelrol om dit te stimuleren en technologische innovaties zullen nodig zijn op het gebied van energieverbruik van het product, het productieproces (zoals Industrie 4.0) en de registratie van CO₂-verbruik (zoals het productpaspoort en de digital twins).

2. Circulaire waardeketens

Waardeketens die worden aangestuurd door Nederlandse hightechbedrijven zullen in 2040 een circulair bedrijfsmodel hanteren met een hulpbronnefficiëntie van bijna 100%. 'Re-x'-processen (bijvoorbeeld rethink, repair, remanufacture, recycle) zullen een standaard onderdeel van het productielandschap zijn geworden. Producten en processen worden (her-)ontworpen met het oog op minimaal materiaalgebruik en maximaal hergebruik.

De levensduur van producten wordt verlengd door (her)ontwerp en nieuwe 'servitized' businessmodellen waarbij het eigendom van het product in de gebruiksfase bij de producent ligt. Remmende factoren hierbij zijn onzekerheid rondom wetgeving, het gebrek aan re- en de-manufacturing capaciteit dicht bij de eindklant en gebrek aan inzicht in hergebruikpotentieel van producten en componenten als ze ter recycling worden aangeboden.

Bovendien zitten producenten met een afweging tussen performance en hergebruikspotentieel. Deze slaat vanuit bedrijfsmatige overwegingen momenteel nog in het voordeel van de eerste uit.

Ook hier zijn stabiele regelgeving, coalities van bereidwilligen en een productpaspoort (voor de-manufacturing informatie) nodig. Daarnaast is er systeemengineering nodig van waardeketens om de-/re-manufacturing en recycling capabilities in te bouwen. Er zijn nieuwe technologische doorbraken nodig om bijvoorbeeld de levensduur en recyclebaarheid van producten te verbeteren en sterk geautomatiseerde en autonome de-manufacturing-processen mogelijk te maken.

3. Verbonden waardeketens

Het verder met elkaar verbinden en laten integreren van de spelers in de Nederlandse hightechwaardeketens is cruciaal voor het bestendigen en uitbouwen van de concurrentiepositie. We willen toe naar een Nederlandse hightechindustrie die in 2040 het beste digitaal verbonden en beschermd productienetwerk in Europa exploiteert. Hierdoor wordt een hoge mate van integratie tussen partners in de waardeketen mogelijk, met een ongekende flexibiliteit en efficiëntie. Deze integratie komt mede tot stand door verdere digitalisering en standaardisatie, zodat bedrijven realtime informatie kunnen gebruiken in zowel hun eigen order fulfilment proces, als dat van hun leveranciers en van hun klanten.

Er zijn echter diverse barrières: een lage digitaliseringsgraad in de fabrieksomgeving, gebrek aan digitaliseringsexpertise bij het mkb, standaardisatie die nog in ontwikkeling is en de behoefte om eigen data te beschermen. Innovatie is nodig om tot internationale platformen en standaarden te komen waarmee gegevens veilig en efficiënt over bedrijfsgrenzen heen kunnen worden gedeeld terwijl partijen soevereiniteit over gegevens behouden. Ook is er standaardisatie in de fabrieksomgeving nodig, een digitale connector ('Distributed Technical Intelligence Operating System of DTI-OS'), om apps in staat te stellen een productie- of productservice-operatie uit te voeren bovenop een standaard interface binnen een productieomgeving

4. Slimme productie

Schaarste van personeel is nu al één van de belangrijkste knelpunten in de Nederlandse hightechindustrie en dat zal met de voortschrijdende vergrijzing nog nijpender worden. Om concurrerend te blijven is het daarom zaak om de stagnerende productiviteit nieuwe impulsen te geven door vergaande automatisering en verslimming. Om dit te bewerkstelligen dient de Nederlandse hightechindustrie in 2040 te beschikken over de meest geautomatiseerde en autonome productiecapaciteit in Europa, waardoor enkelstuksproductie mogelijk is tegen de kostprijs van massaproductie.

Producenten zullen beschikken over een 'Digital Factory' waar alles digitaal verbonden is via gestandaardiseerde digitale connectoren en waarbij er een digital twin beschikbaar is voor alle producten, processen en apparatuur. Binnen deze omgeving draaien slimme applicaties met functies voor besluitvorming en bediening op afstand voor productiviteit en efficiëntie op de werkvloer.

Zo kunnen productielijnen zich zonder menselijke tussenkomst automatisch aanpassen aan veranderende producten. Bovendien corrigeren productielijnen zich automatisch bij kwaliteitsproblemen, verstoringen en veranderende omstandigheden.

Versnelling van de stap naar slimme productie vereist een gemeenschappelijke oplossingsstrategie, kennisbasis en definitie van bouwstenen voor flexibele en autonome productie. Bovendien is er beleid nodig om hightech mkb-bedrijven te helpen zich voor te bereiden op geautomatiseerde/autonome productie. Technologische ontwikkeling zal nodig zijn op zowel het gebied van Operationele Technologie, met name industriële robotica, als op het gebied van Informatie Technologie denk aan een gestandaardiseerde digitale connector en applicaties voor bijvoorbeeld zelfconfiguratie, automatische programmering, gedistribueerde intelligentie en generatieve algoritmen, receptgebaseerde technieken en productieconfigurators, autonome agenten en digital twins.

5. Bestendige waardeketens

De nasleep van COVID-19 en andere verstoringen hebben duidelijk gemaakt dat de hightechindustrie een nieuwe balans moet vinden tussen veerkracht en efficiëntie in de toeleveringsketens. Het behouden van toegang tot schaarse middelen is een bijkomende factor geworden. Dit betekent dat er een beweging op gang komt naar kortere toeleveringsketens, diversificatie van leveranciers, het runnen van meerdere productielocaties, zoals lokale productie per continent, en het inbouwen van meer overschot in de keten. Daarnaast zal er meer flexibiliteit in de keten worden ingebouwd door verdergaande digitalisering. De kosten hiervan zullen steeds meer worden gezien als kosten van zaken doen in plaats van inefficiëntie.

Deze beweging zal voor individuele bedrijven niet vanzelfsprekend zijn. Het terughalen van productie kent bijvoorbeeld ook de nodige tegenargumenten, zoals de gespannen arbeidsmarkt in zowel Nederland als in belangrijke andere delen van Europa. Bovendien is er binnen bedrijven vaak veel aandacht voor arbeidskosten zonder rekening te houden met andere relevante factoren (onzekerheid, risico op IP-diefstal).

Bovenstaande vraagt om nationaal en Europees overheidsbeleid. Dit beleid moet leiden tot een strategische autonomie van de hightechindustrie op basis van een grondig begrip van haar eigen kwetsbaarheden. Technologisch is er behoefte aan flexibele en geautomatiseerde supply chain-processen en oplossingen om de afhankelijkheid van kritische en schaarse grondstoffen te reduceren. De hightech zal zich dan ook moeten richten op een efficiëntere productie, recycling en substitutie door minder schaarse grondstoffen.

6. Unieke technologieposities

De Nederlandse hightech bouwt voort op leidende technologieposities die, op onderdelen, onder druk staan door de enorme investeringen door grote landen zoals de Verenigde Staten en China en het weglekken van kennis (door bijvoorbeeld spionage, studenten of kenniswerkers).

Een succesvolle hightechindustrie in 2040 zal voor een belangrijk deel gebouwd zijn op de unieke kennisposities voor nieuwe technologieën die de komende jaren in Nederland worden ontwikkeld en waarin Nederland dan ook zal moeten blijven investeren. Met de EU Chip Act begint er op Europees niveau nu meer kracht en samenhang te komen in het op de hightech gerichte innovatieprogramma, hoewel dit in de uitwerking en uitvoering nog zal moeten blijken.

Daarnaast zijn er knelpunten ten aanzien van de instroom van technologisch talent, onder anderen als gevolg van het nog altijd suboptimale imago van technische studies en banen en de instapdrempels voor internationale technisch gediplomeerde studenten, onder andere door een gebrek aan huisvesting.

Het bouwen aan unieke technologieposities voor de hightech vraagt om een integrale (EU en Nederland) op de hightech gerichte technologiestrategie voor de lange termijn, rekening houdend met een strategische autonomie-ambitie (vereiste technologie-, industrie-, capaciteitsposities). Daarbij is er grensverleggend (toegepast) onderzoek nodig in belangrijke hightechsleuteltechnologieën: geavanceerde materialen, fotonica en optische technologieën, kwantum-technologieën, digitale en informatie-technologieën, chemische technologieën, nanotechnologie, biowetenschappen en biotechnologieën, engineering- en fabricagetechnologieën. En dit vereist beleid, zodat er in Nederland voldoende kenniswerkers zijn in de exacte wetenschappen, technologie, ontwerp en toegepaste wiskunde.

7. Versterkte marktposities

De huidige sterke marktposities vormen de basis voor het verdienvermogen in 2040. Deze moeten we dan ook verdedigen en, waar mogelijk, verder uitbouwen. Dit vraagt om nieuwe technologie voor de doorontwikkeling van bestaande posities in onder andere halfgeleiders (zoals metrologie, pick-and-place, heterogene integratie, geavanceerde verpakkingen, productie voor Ångström Era en domeinspecifieke chips), elektronische instrumenten en apparaten (zoals Systems Engineering en Cyberphysical), apparatuur voor wegen, tillen en hanteren (zoals AI en zachte robotica) en apparatuur voor agri & food processing (zoals AI, robotica en sensoren).

8. Nieuwe waardeketens

Onze bestaande sterke marktposities zorgen er ook voor dat de massa en innovatiekracht aanwezig is om te kunnen diversifiëren naar nieuwe waardeketens. Een aanzienlijk deel van de omzet van de Nederlandse hightech zal in 2040 uit nieuwe waardeketens moeten komen die anno 2023 nog niet op grote schaal bestaan. Tegen die tijd hebben Nederlandse hightechbedrijven hun marktposities versterkt door hun producten verder te ontwikkelen, hun businessmodellen te innoveren, zich te begeven in aangrenzende marktsegmenten en hun R&D-succespercentages te verbeteren. Aangezien deze bedrijven onderdeel zijn van een relatief sterk geïntegreerde lokale waardeketen is het van belang dat de gehele keten mee kan in deze ontwikkeling. Daarbij is de relatief lage R&D-intensiteit van het mkb een zorgpunt dat om gerichte ondersteuning vraagt om de slagingskansen van innovatie te verbeteren.



Hoofdstuk 4

Nieuwe waardeketens

De eerder beschreven transformaties voor de hightechindustrie hebben veelal een duidelijke connectie met het directe belang van de individuele spelers. Voor de laatste transformatie, het bouwen aan nieuwe waardeketens, zijn extra impulsen voor systeemvernieuwing en publiek-private samenwerking noodzakelijk. Het betreft hier vaak nieuwe markten en nieuwe technologieën die nog buiten het gezichtsveld van de huidige spelers liggen.

De belangrijkste nieuwe waardeketens waar de Nederlandse hightechindustrie duurzaam verdienvermogen en maatschappelijke impact kan realiseren, zijn:

- A. Hightech voor een gezonde samenleving.
- B. Hightech voor duurzame processen.
- C. Hightech voor transformationele digitale technologieën.
- D. Hightech voor defensie en veiligheid.

4.1 Hightech voor een gezonde samenleving

De voortschrijdende vergrijzing van de bevolking zorgt voor een toenemende vraag naar hoogtechnologische apparaten en productieapparatuur die oplossingen bieden voor gezondheids- en zorguitdagingen.

Oplossingsrichtingen waar dergelijke apparatuur een belangrijke rol zal spelen zijn:

- Preventie. Voorkomen dat mensen ziek worden maar langer en in goede gezondheid leven.
- Diagnose. Ervoor zorgen dat ziekten in een vroeg stadium worden ontdekt.
- Zorg. Ervoor zorgen dat de totale zorgkosten worden verlaagd en de belasting van het zorgpersoneel wordt vermindert.

Innovatie in het zorgsysteem is voor individuele spelers uitermate moeilijk. De implementatie van nieuwe technologieën strandt vaak vroegtijdig en regelgeving maakt innovatie in de zorg lastig. En veel toepassingen vereisen zowel standaardisatie als volume, terwijl gezondheidszorg juist heel persoonlijk is, en dus niet standaard.

Dit versterkt de behoefte op systeemniveau aan orkestratie en regelgeving:

- Stimuleer een systeemtransitie in de gezondheidszorg. Daar is een impuls voor nodig door publiek-private samenwerkingen met participatie van alle benodigde partners uit het ecosysteem.
- Verbeter regelgeving om innovatie in de zorg mogelijk te maken (bijvoorbeeld raamwerk voor gegevensuitwisseling).
- Ontwikkel standaard digitale platforms waar leveranciers op aan kunnen sluiten.
- Zet een open ecosysteem op dat zorgverleners en gezondheids-technologiebedrijven in staat stelt samen te werken aan het bouwen van patiënttrajecten die verschillende technologieën combineren.

Technologieontwikkeling zal zich moeten richten op potentiële game changers in de zorg, zoals:

- Behandelen in eigen leefomgeving/thuismonitoren (wearable technologieën).
- Voorkomen en vroeg diagnosticeren (lab-on-chip).
- Gepersonaliseerde geneeskunde (organ-on-chip).
- Verbeterde systemen voor medicijnproductie en afgifte (onder de huid, slimme 3D-geprinte pil, electroceuticals).
- Robotica.
- Mobiliteit apparaten.
- Sensoren in huis.

4.2 Hightech voor duurzame processen

De toegenomen inzichten ten aanzien van milieu en klimaat hebben ertoe geleid dat een aantal ingrijpende transities in gang is gezet. Voor de energie- en materialentransities zijn ambitieuze doelstellingen geformuleerd die niet zonder flinke investeringen kunnen worden gehaald. Deze transities worden gefaciliteerd door hightechapparaten en productieapparatuur die bijvoorbeeld duurzame energieproductie, -distributie en -opslag mogelijk maken. Dit levert substantiële kansen om posities te veroveren in de nieuwe waardeketens die nu al aan het ontstaan zijn.

Voor veel duurzaamheidstechnologieën is het de uitdaging om voldoende kritische massa te realiseren. Het momentum en de belangrijkste marktspelers (bijvoorbeeld systeemintegratoren voor elektrolyzers) moeten vaak in het buitenland worden gezocht. Een complicerende factor bij het realiseren van massa is dat er vaak meerdere concurrerende technologieën zijn.

Tegelijkertijd zit er spanning tussen vaart maken en het opbouwen van een Nederlandse positie. Gevestigde bedrijven hebben er belang bij om nieuwe technologie niet te snel toe te passen terwijl het oprichten van startups het risico met zich meebrengt dat deze worden overgenomen door buitenlandse spelers.

Benodigheden op systeemniveau

- Nationale (NXTGEN) ontwikkelprogramma's met top-downcoördinatie om controlepunten in de nieuwe waardeketens te veroveren.
- Samenwerkingsverbanden met belangrijke EU-landen om Nederlandse hightech aan te sluiten op hun waardeketens voor duurzame hightech (bijvoorbeeld batterijen in Duitsland).

Kansrijke speerpunten in technologieontwikkeling

- Technologie voor de energietransitie:
 - Volgende generatie herlaadbare batterijen en thermische batterijen.
 - Elektrolyzers.
 - Reactoren (plasma, kleine kern).
 - Apparaten voor smart grids (bijvoorbeeld slimme sensor- en bewakingsapparatuur, next-gen vermogenselektronica).
- Technologie voor de transitie naar een circulaire economie:
 - Apparatuur voor door zonlicht aangedreven chemische processen (Sunlight-to-chemicals).
 - Apparatuur voor power2chemicals.
 - Duurzame apparaten (batterijen, elektronica, elektrolyzers) met een hoge mate van recyclebaarheid en aanverwante productieapparatuur.
 - Demontageapparatuur (bijvoorbeeld fotonische onthechting).
- Technologie en processen om deze apparatuur op grote schaal te produceren.

4.3 Hightech voor transformatieve digitale technologieën

Digitalisering heeft een ingrijpend effect op de maatschappij en biedt kansen voor welzijn en welvaart. Het verandert de manier waarop mensen wonen, werken en leren. Een aantal disruptieve technologieën zou de samenleving nog veel ingrijpender kunnen transformeren. Denk aan AI, quantum, fotonica en autonome systemen.

Dit biedt de hightech nieuwe kansen voor apparaten en productieapparatuur die digitale technologieën naar een volgend niveau tillen:

- Krachtiger: bijvoorbeeld krachtigere computerchips, sensoren.
- Sneller: bijvoorbeeld snellere digitale communicatie.
- Veiliger: bijvoorbeeld veiligere digitale communicatie.
- Duurzamer: bijvoorbeeld lager energieverbruik van datacenters.

Het is niet vanzelfsprekend dat de bestaande Nederlandse industrie of startups automatisch controlepunten zullen veroveren in de nieuwe waardeketens die rond deze nieuwe technologieën zullen ontstaan. Ontwikkeling van dergelijke technologie is kapitaalintensief. In Nederland is echter minder investeringskracht aanwezig dan in een aantal grote landen en regio's. Daarnaast zijn de meeste Nederlandse OEM's sterk gefocust en minder bereid om al vroeg in diversificatie te investeren.

Op systeemniveau is orkestratie nodig om te zorgen voor:

- Verbinding met en invloed op Europese initiatieven zoals de Chip-act en de Net-Zero Industry Act).
- Bruggenhoofden (technologie, markt, experts) voor nieuwe domeinen die Nederlandse bedrijven kunnen uitbouwen.
- Pilotomgevingen.

Op het gebied van technologieontwikkeling is focus en volume nodig op het gebied van game changers, zoals:

- Quantumtechnologie (computers, communicatie, detectie).
- Optische draadloze communicatie (laser-satellietcommunicatie, datacenters, LIFI).
- Geïntegreerde fotonica.
- Geavanceerde verpakking van chiplets en heterogene integratie om meerdere functies in één pakket te combineren, zoals detectie, verwerking of draadloze communicatie.
- 6G-componenten en -systemen.
- Edge computing en neuromorfische technologieën.

4.4 Hightech voor defensie en veiligheid

De geopolitieke ontwikkelingen van de afgelopen jaren maken duidelijk dat onze veiligheid niet vanzelfsprekend is. De oorlog in Oekraïne is daar het meest tastbare voorbeeld van maar de onderliggende ontwikkeling wijst al langer in die richting. De unipolaire wereldorde met de VS als dominante supermacht verandert in een multipolaire wereldorde. Dit veroorzaakt geopolitieke druk op de traditionele multilaterale systemen (VN, EU, NAVO), waardoor nieuwe veiligheidsdreigingen ontstaan. Europa en Nederland zijn kwetsbaarder geworden, moeten zelf hun belangen zeker stellen en hun strategische autonomie bewaken. Daarbij zijn zij voor veiligheid in toenemende mate op zichzelf aangewezen.

De investeringen in defensie nemen inmiddels sterk toe. Hierdoor ontstaat nieuwe Europese bedrijvigheid met waardeketens die hoogtechnologische apparaten en productieapparatuur gaan produceren die een cruciale rol zullen spelen bij het aangaan van de uitdagingen op het gebied van defensie en veiligheid in het tweede kwart van de 21e eeuw.

Voor de Nederlandse hightechindustrie betekent dit dat er kansen ontstaan voor de ontwikkeling van baanbrekend materieel op het snijvlak van defensie en veiligheid. Denk aan satellieten (laser-satellietcommunicatie, nanosatellieten), next-gen sensoren (geavanceerde radar, akoestische sensoren, sensoren voor UAV, nanosensoren), robots en autonome systemen (voor operationele en/of logistieke toepassingen), geïntegreerde informatiesystemen (sensor, wapen, commando) en wapens (raketten, wapens met hoge energie).

Internationaal denken en opereren is noodzakelijk om een goede positie in dit domein te verwerven. Op defensiegebied is geen sprake van een gelijk speelveld. Een groot deel van de defensie-industrie wordt gedreven door nationale belangen en de Nederlandse krijgsmacht is klein. Daarnaast beschikt Nederland niet over grote relevante OEM's behalve Thales, Airbus D&S en Damen. Dus aanhaken bij Europese programma's of grote Europese spelers is noodzakelijk.

Op systeemniveau is orkestratie nodig om te zorgen voor:

- Maximale aansluiting op Europese defensieplannen, -organisaties en -fondsen (EDF, PESCO, EDA) die de Europese defensiemarkt helpen ontsluiten.
- Bruggenhoofden (technologie, markt, experts) voor nieuwe domeinen (zie laser-satellietcommunicatie) die Nederlandse bedrijven kunnen uitbouwen, vooral op gebied van 'dual use' technologie.
- De Nederlandse krijgsmacht als investeerder en launching customer voor belangrijke technologieën.

Kansrijke technologieontwikkelingen zijn onder andere:

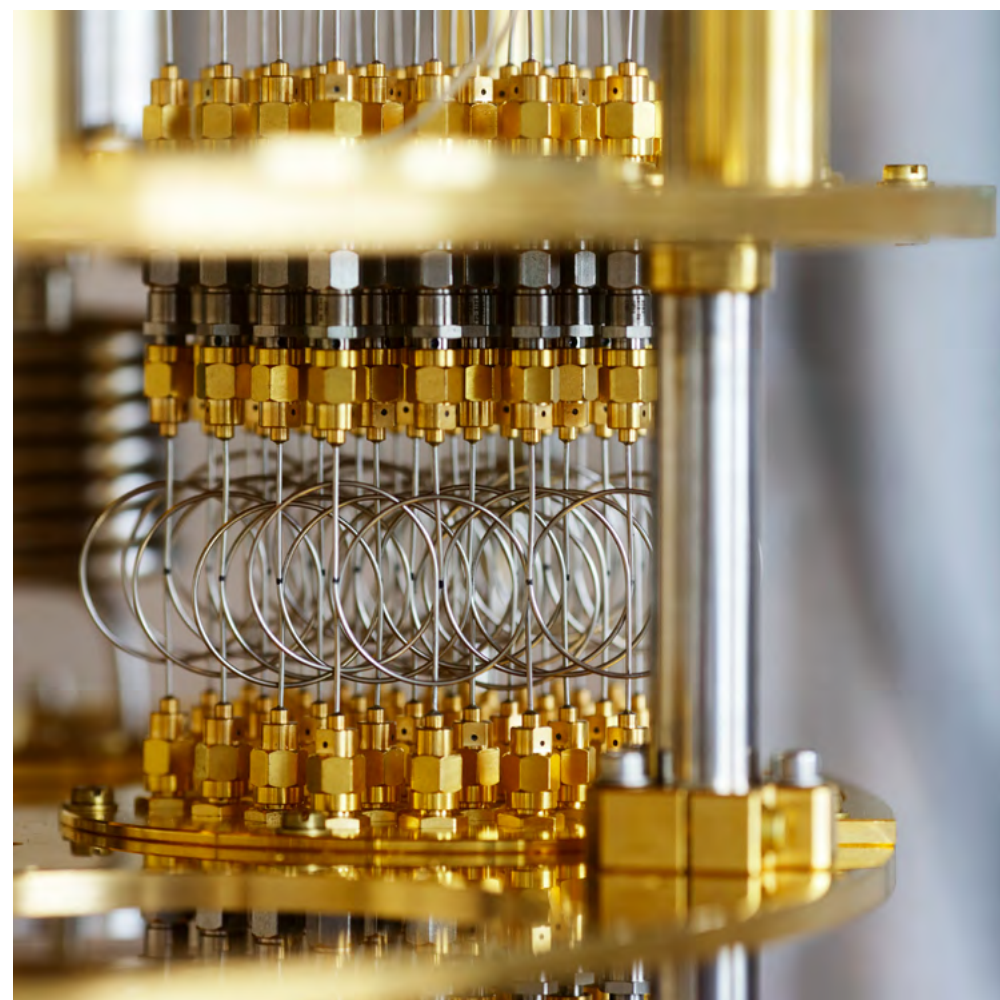
- AI
- Quantumtechnologie
- Sensoren (inclusief quantum- en nanosensoren)
- Integratie van mens en systeem
- Ruimtevaart/satellieten
- 3D printen en nieuwe materialen
- Simulatie en virtualisatie
- Human enhancement
- Robotica en autonome systemen
- Halfgeleiders geschikt voor defensietoepassingen (vertrouwd, kwaliteit)

Hoofdstuk 5

Nieuwe opgaven

De Nederlandse hightechindustrie zorgt voor aanzienlijke welvaart in Nederland. Om deze waarde voor de samenleving ook in 2040 te kunnen blijven leveren zal het:

- zichzelf moeten vernieuwen door 50% van de omzet te genereren uit nieuwe waardeketens in apparatuur voor maatschappelijke uitdagingen.
- de license to operate veilig moeten stellen door te transformeren naar een 100% duurzame bedrijfshuishouding door middel van netto-nul emissie en een circulair model.
- de concurrentiepositie veilig moeten stellen door 150% productiever te worden met behulp van digitalisering, automatisering en verdere ketenintegratie.
- maximale veerkracht en doorzettingsvermogen moeten bereiken door robuuste toeleveringsketens en unieke technologieposities.



“De hightechindustrie in 2040: 50% omzet uit nieuwe waardeketens, 100% duurzaam, 150% productiever en zeer veerkrachtig.”

Dit leidt tot nieuwe opgaven voor de hightechindustrie op drie terreinen: een systeemopgave, een valorisatieopgave en een R&D-opgave:

1. Systeemopgave. Zorg voor de randvoorwaarden voor de acht transformaties.
2. Valorisatieopgave. Versnel de vertaling van nieuwe applicatiegebieden naar nieuwe bedrijvigheid.
3. R&D-opgave. Realiseer technologie-doorbraken om de acht transformaties aan te jagen.

5.1 Systeemopgave

Op systeemniveau moeten de randvoorwaarden worden geschapen om de acht transformaties succesvol vorm te kunnen geven.

Beleid en regelgeving

Maatregelen zijn nodig om richting te geven, consistentie te bevorderen en om de invulling van belangrijke randvoorwaarden te bewerkstelligen. Zo is een stabiele langetermijnstrategie voor de hightechindustrie nodig die is vertaald in effectief beleid. Er moet structureel, consistent en op lange termijn worden geïnvesteerd in innovatie. Een belangrijke uitdaging hierbij is om de zeer positieve impuls die is ontstaan met de instelling van het Nationaal Groeifonds om te zetten in een structureel instrument. Daarnaast is er aanvullend beleid nodig voor het stimuleren van de beschikbaarheid van talent en het realiseren van infrastructuur. Op het gebied van regelgeving, bijvoorbeeld op het gebied van license to operate, dient voortdurend gelet te worden op het realiseren van een gelijk speelveld voor de Nederlandse hightechindustrie.

Talent

De hightechindustrie moet kunnen beschikken over voldoende goed geschoold talent. Dit betekent dat er gerichte onderwijsprogramma's nodig zijn, vooral op technisch gebied. Daarbij is het ook van belang om internationaal talent aan te trekken daar waar de nationale aanwas niet toereikend is.

Mobilisatie

Voor de spelers in de hightechindustrie is er een gezamenlijk belang om door de gehele waardeketen heen te doen wat nodig is. In eerste instantie zijn er coalities van bereidwilligen nodig om de noodzakelijke transformaties in gang te zetten en daarmee de license to operate veilig te stellen. Bovendien dienen de waardeketens vanuit een systeemgedachte heringericht te worden om ze toekomstbestendiger te maken. Meerdere transformaties vereisen de introductie van standaarden zoals een productpaspoort en gestandaardiseerde digitale connectoren in de fabriek.

Tenslotte zal de hightechindustrie een human capital agenda moeten ontwikkelen waarbij werving veel meer op basis van vaardigheden dan op basis van genoten opleiding plaats zal vinden.

5.2 Valorisatieopgave

Een valorisatieagenda omvat de activiteiten die helpen om nieuwe applicatiegebieden om te zetten in nieuwe bedrijvigheid. Publiek-private programma's voor toegepast onderzoek met voldoende focus en massa moeten ervoor zorgen dat de hightechindustrie in dienst komt te staan van het oplossen van maatschappelijke uitdagingen. Het gaat hier om programma's gericht op 'Hightech voor x' (Health, Sustainable, Digital, Defense) die nieuwe toepassingen ontwikkelen, van initieel ontwerp tot en met demonstrators en pilot lines.

Daarnaast zijn er programma's nodig die zorgen dat de ontwikkelde kennis, producten en marktposities maximaal kans op succes hebben en landen in Nederland:

- Smart Industry: bouwstenen ontwikkelen en oplossingen uitrollen om apparatuur op industriële schaal en tegen concurrerende kosten te produceren.
- Start-up- en scale-upprogramma's: aanjagen startup activiteiten en succesvolle opschaling.
- Internationale samenwerkingsprogramma's: hightech samenwerkingsprogramma's opzetten met regio's die momentum hebben.

5.3 R&D-opgave

Een R&D-agenda is nodig om die technologiedoorbraken te realiseren die de hightechindustrie ook de komende 20 jaar leidend te laten blijven. Unieke technologieposities dienen te worden gerealiseerd op de volgende sleuteltechnologieën:

- Advanced Materials (Optical, electronic, magnetic and nanomaterials; Thin films; Energy materials).
- Photonics and Optical Technologies (Optical systems & integrated photonics; Photonic/optical detection and processing; Photon generation techniques).
- Quantum Technologies (quantum computing; quantum communication; quantum sensing).
- Digital and Information Technologies (AI, Digital connectivity; Digital twinning).

- Chemical Technologies (catalysis; Electricity-driven chemical reaction techniques).
- Nanotechnology (Nanomanufacturing inclusief metrology, thermal management, contamination control; Nanomaterials; Functional devices and structures; Micro- & nanofluidics).
- Engineering and Fabrication Technologies (Sensor and actuator technologies; Imaging technologies; mechatronica and optomechatronica; Additive manufacturing; Digital manufacturing technologies; Robotics; Microelectronics; Systems engineering).

In deze lijst kan meer focus worden aangebracht en worden gezien voor welke technologieën extra impulsen nodig zijn.

Hoofdstuk 6

Nationale Hightech Strategie

De continue transformatie van de Nederlandse hightechindustrie is een noodzakelijk proces dat alle hightechbedrijven aangaat en waarbij individuele belangen voor een groot deel samenvallen.

TNO pleit daarom voor twee elkaar versterkende acties:

1. Formuleer een Nationale Hightech Strategie

Om de hightechindustrie te faciliteren bij de nieuwe opgaven is een nationale strategie nodig, voortbouwend op onder andere de Nationale Technologiestrategie en de KIA Sleuteltechnologieën. Hierbij is een rol weggelegd voor bedrijven, kennisinstellingen en overheid.

2. Creëer een structureel financieringsinstrument

De positieve impuls van het Nationaal Groeifonds moet worden omgezet in een strategisch innovatiebeleid voor de lange termijn. Hierbij kan qua inrichting worden voortgebouwd op de succesvolle vorm van gezamenlijk programmeren die met het Nationaal Groeifonds in het Nederlandse hightechecosysteem inmiddels is opgebouwd.

TNO is toegewijd de opgaven voor de Nederlandse hightech te helpen realiseren. Het heeft de competenties in huis om op belangrijke aspecten een doorslaggevende rol te spelen, bijvoorbeeld bij de ontwikkeling van nieuwe technologieën, applicaties en bedrijvigheid voor de vier belangrijke nieuwe waardeketens.

Ook heeft TNO een rol in het orkestreren van systeemvernieuwing. We nodigen hightechbedrijven, kennisinstellingen en overheid uit om samen de weg in te slaan naar een toekomstbestendige hightechindustrie die ook in 2040 een voorbeeld voor de wereld is en veel Nederlanders werk en toekomst biedt.

Auteurs

Philip van Kappen
Thijmen van Bree
Claire Stolwijk
Anastasia Yagafarova
Tom van der Horst

Contact

Philip van Kappen

Strategy Manager
TNO Strategy

✉ philip.vankappen@tno.nl

☎ +31 88 866 50 00

