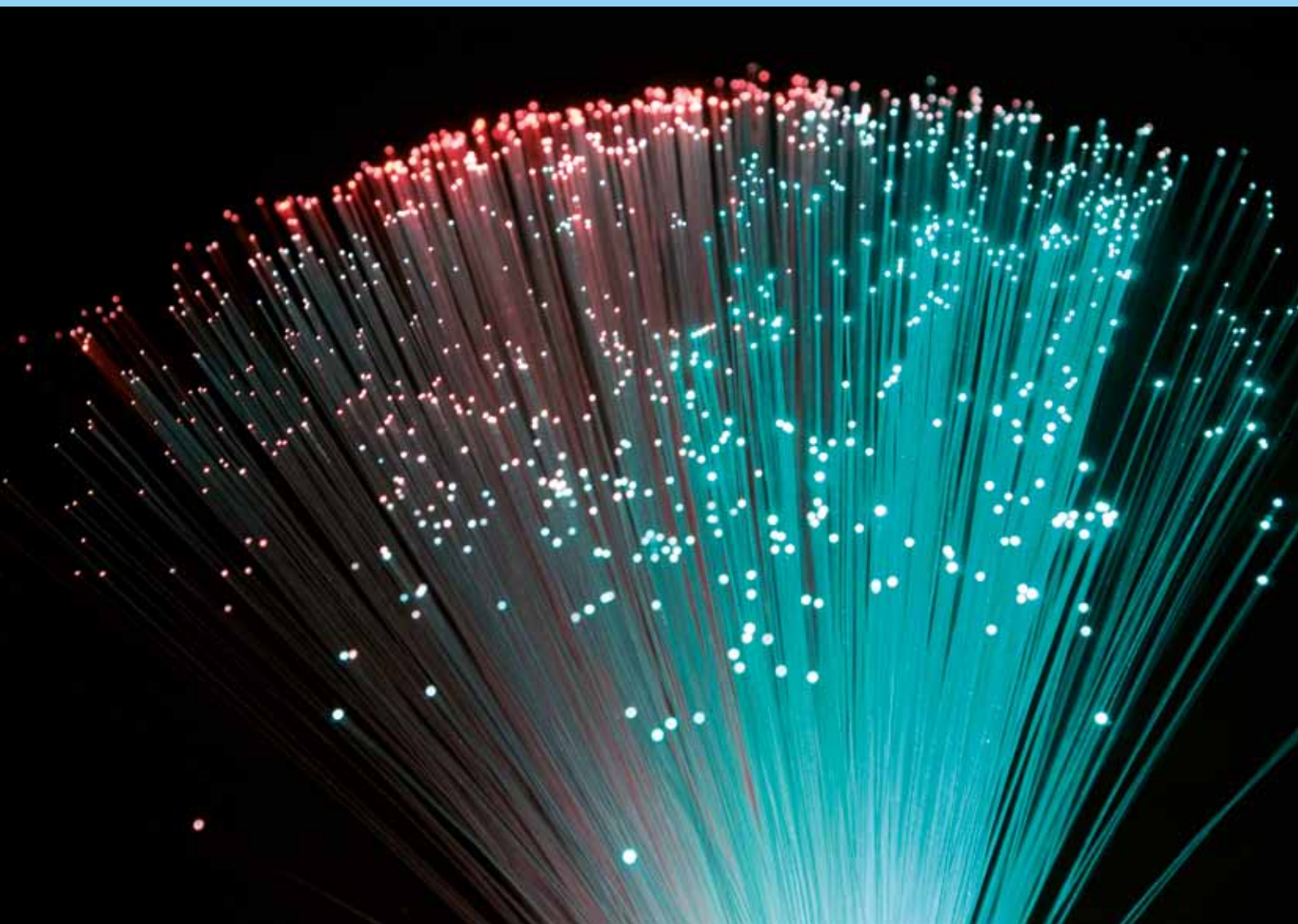


Holland High Tech

Advies Topteam
High Tech Systemen en Materialen



Holland High Tech

Advies Topteam High Tech Systemen en Materialen

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	5
Samenvatting en conclusies	6
1. Hightech systemen en materialen in vogelvlucht	9
1.1 Motor van onze economie	9
1.2 Nederlandse spelers in de wereldtop	10
1.3 Sectorkarakteristieken en economische positie	11
2. Analyse, visie en ambitie	16
2.1 Ondernemerschap	16
2.2 Kennis en innovatie	21
2.3 Scholing en arbeidsmarkt	26
2.4 Maatschappelijke uitdagingen en duurzaamheid	28
2.5 Buitenlandbeleid	30
2.6 Generieke randvoorwaarden en regio's	32
3. Organisatie	35
3.1 Regie	35
3.2 Actieplan	38
Bronnen	39
Afkortingen	40
Bijlage 1: Samenstelling topteam High Tech Systemen en Materialen	41
Bijlage 2: Opdrachtbrief topteam High Tech Systemen en Materialen	41
Bijlage 3: Proces totstandkoming advies topteam High Tech Systemen en Materialen	44
Bijlage 4: Nanotechnologie in de topsectoren	45
Bijlage 5: Wetenschappelijke uitdagingen voor het ICT-onderzoek	55
Bijlage 6: Financiering HTSM onderzoek: huidige situatie en voorstel topteam HTSM	58
Bijlage 7: Publiek-private samenwerkingsinitiatieven in de hightech (ter illustratie)	59

Voorwoord

Technologische revoluties zoals de *personal computer*, internet en de mobiele telefoon hebben onze maatschappij de afgelopen decennia ingrijpend veranderd. Deze revoluties zouden niet mogelijk zijn geweest zonder de vernieuwende ideeën en technologieën van de hightech sector. De Nederlandse hightech sector behoort tot de wereldtop en speelt een hoofdrol bij de ontwikkeling van nieuwe technologieën en materialen voor toepassing in de communicatiemiddelen van de toekomst, de zuinigste en veiligste vliegtuigen, hybride en elektrische auto's, het grootschalig opwekken en opslaan van zonne-energie, maar ook in geavanceerde medische apparatuur waarmee ziektes eerder en effectiever kunnen worden opgespoord en behandeld. Kortom, een industrie die enorme perspectieven biedt voor nieuwe bedrijvigheid én het oplossen van uitdagingen waar we als maatschappij mee te maken hebben of krijgen.

De internationale concurrentie in de topsector High Tech Systemen en Materialen is groot en neemt bovendien toe, met nieuwe spelers - maar ook met koopkrachtige consumenten, en daarmee kansen - in de opkomende economieën. Snel kunnen innoveren en samenwerking over de hele kennis- en waardeketen is van groot belang om de toenemende concurrentie maar ook de toenemende complexiteit van nieuwe hightech producten optimaal aan te kunnen. Zowel in publiek-private samenwerking in onderzoek als in open innovatie loopt Nederland voorop en heeft met de Brainportregio, volgens internationaal onderzoek, sinds kort zelfs de slimste regio in de wereld in huis. Een uitstekend voorbeeld van hoe bedrijven, overheid en kennisinstellingen in de kennis- en waardeketen samenwerken om de top te halen en te houden.

Maatschappelijke uitdagingen, mondiale economische ontwikkelingen en technologische doorbraken bieden grote kansen en uitdagingen voor de hightech industrie in Nederland. Met dit advies geeft het hightech topteam zijn visie, ambitie en concrete aanbevelingen voor hoe Nederland met deze kansen en uitdagingen om kan gaan, nu en in de toekomst. Dit advies is het resultaat van de samenwerking met en input van een groot aantal bedrijven en kennisinstellingen uit de sector. Wij danken iedereen die heeft meegewerkt aan alle gesprekken, regionale bijeenkomsten of die op andere wijze een bijdrage leverde.

Namens het topteam High Tech Systemen en Materialen,

Amandus Lunqvist

Voorzitter

Samenvatting en conclusies

Conclusies van het topteam...

1. De topsector HTSM heeft forse groeiambities, waaronder een verdubbeling van de exporten in 2020. Dit vraagt om een substantiële stijging van de private en publieke R&D-investeringen en vergt een herverdeling van publieke onderzoeksmiddelen naar HTSM.
2. Bèta- en technisch onderwijs moeten weer herkenbaar en attractief zijn, met aandacht voor de menselijke maat en excellentie. Bedrijfsvakscholen kunnen een inspiratiebron zijn.
3. De overheid moet met 2,5% van haar budget innovatief inkopen afdwingen.
4. De overheid, bedrijven en kennisinstellingen (de 'gouden driehoek') moeten Holland High Tech nationaal en internationaal profileren.
5. Het MKB met zijn hightech starters en snelle groeiers is cruciaal voor dynamiek en innovatie binnen de sector. MKB koplopers spelen een actieve rol in de ontwikkeling van roadmaps. De financieringsbehoefte van het MKB bij innovatie en het naar de markt brengen van nieuwe producten vereist specifieke instrumenten.
6. Realisatie van de groeiambitie vraagt om intensieve samenwerking en sectorgerichte vraagsturing van technisch en wetenschappelijk onderzoek door bedrijven samen met de kennisinstellingen.

Topsector High Tech Systemen en Materialen - motor van onze economie en wereldspeler van formaat ...

De topsector High Tech Systemen en Materialen (HTSM) is een essentiële motor en aanjager voor een sterke Nederlandse economie. HTSM levert producten en diensten met toepassingen in alle andere topsectoren, daarmee een cruciale bijdrage leverend aan de concurrentiekracht en prestaties van die sectoren. De topsector biedt bovendien sleuteloplossingen voor maatschappelijke uitdagingen, in onder meer duurzame energie, effectievere gezondheidszorg, betere mobiliteit en verhoogde veiligheid.

De topsector ontwikkelt en produceert eindproducten, halffabricaten, componenten en materialen voor klanten over de hele wereld, variërend, van gezondheidszorg, verlichting, chips en chipsproductie tot laboratorium- en kantoorapparatuur, van auto's en logistieke systemen, vliegtuigen en satellieten tot energieopwekking, voedselverwerking en veiligheid.

Samenwerking in innovatie-ecosystemen cruciaal voor de concurrentiekracht van HTSM ...

Nederlandse HTSM bedrijven onderscheiden zich door hun technologische excellentie en behoren in hun marktsegment tot de wereldtop. Steeds kortere productlevenscycli en een hogere technologische moeilijkheidsgraad vragen om steeds grotere R&D- en innovatie-investeringen. Veel grote producenten van apparaten en machines voor eindklanten hebben zich ontwikkeld tot 'kop-staart' bedrijven. Zij bepalen de productspecificaties en leveren het integrale product aan de eindklant. Het werk daartussen is het domein geworden van (MKB) toeleveranciers. Het MKB draagt inhoudelijk steeds meer bij aan innovatie en risicofinanciering, niet alleen als leverancier voor de grote bedrijven, maar ook als zelfstandig innovatief producent. De toenemende kennisintensiteit van producten vraagt ook om steeds grotere investeringen in fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek. Het HTSM onderzoek in Nederland is van hoog niveau, maar moet verder uitgebouwd worden. Van kennisinstellingen wordt daarbij een steeds grotere directe bijdrage vereist. Het is deze hechte samenwerking in innovatie-ecosystemen die de internationale concurrentiekracht van de HTSM topsector bepaalt.

Groeiambitie met verdubbeling van exporten en forse toename bijdrage nationaal product ...

De export van de topsector HTSM had in 2009 een omvang van € 32 miljard, bij een productiewaarde van € 73 mrd. en een toegevoegde waarde van € 23 miljard. In de sector zijn circa 390.000 mensen werkzaam. De topsector investeert op jaarbasis zo'n € 2,2 miljard in R&D en neemt daarmee bijna de helft van de totale private R&D van ons land voor zijn rekening. De vraag naar HTSM producten blijft wereldwijd toenemen. Veel eindproducten bestaan voor een steeds groter deel uit elektronica, software en nieuwe materialen en de mondiale vraag en koopkracht neemt verder toe. De HTSM industrie heeft de ambitie de export tot 2020 ruim te verdubbelen, van € 32 miljard in 2009 tot € 77 miljard. De toegevoegde waarde van de sector groeit met deze ambitie met 50% tot € 35 miljard.

... maakt inzetten op een toename van private én publieke investeringen in R&D noodzakelijk ...

Om deze groeiambitie te realiseren zullen de HTSM bedrijven hun jaarlijkse R&D- investeringen verder op moeten voeren, van € 2,2 miljard in 2009 naar € 3,5 miljard in 2020. Deze extra R&D investeringen door de industrie maakt ook een forse investering in de relevante publieke onderzoekscapaciteit en kennisinfrastructuur noodzakelijk. Alleen dan blijft het fundamentele en toegepaste pre concurrentiële onderzoek in ons land op een niveau dat HTSM bedrijven nieuwe technologieën en maatschappelijk relevante toepassingen kunnen ontwikkelen. Diverse roadmaps zijn daarvoor gemaakt. Het topteam adviseert de overheid vanaf 2015 jaarlijks tenminste € 550 miljoen – tegenover € 510 miljoen nu - te investeren in HTSM relevant publiek-privaat onderzoek in nationaal en internationaal verband. Dit investeringsbedrag is inclusief de matching door universiteiten. Innovatiekredieten, in te zetten via een revolverend fonds, zijn hierbij niet inbegrepen.

Herverdeling van publieke onderzoeksmiddelen nodig om positie te behouden ...

De voorgestelde financiële inzet is mogelijk door een herverdeling van publieke onderzoeksmiddelen ten gunste van de topsector HTSM. Bijna 50% van alle private R&D investeringen in Nederland gaan naar de topsector HTSM. Een toerekening van 50% van de hiervoor geormerkte TNO/GTI- en NWO-middelen aan HTSM lijkt dan ook gerechtvaardigd en zorgt ervoor dat de publiek-private samenwerking in HTSM R&D op een internationaal concurrerend en aanvaardbaar niveau kan blijven. Waar de HTSM bedrijven hun totale investeringen opvoeren met 60% tot 2020, stijgen de publieke investeringen overigens beperkt mee (7% extra vanaf 2015). De voorgestelde herverdeling betekent een verschuiving binnen de NWO-koepel van middelen ten gunste van de bèta- en technische wetenschappen, onder dezelfde NWO excellentievoorwaarden. Ook binnen TNO/GTI dient een overeenkomstige focus van middelen ten gunste van de HTSM-gerelateerde thema's plaats te vinden.

Fiscale verruiming voor R&D en internationale samenwerking in R&D zijn belangrijk ...

Naast de groei van de private investeringen moeten ook de publieke investeringen in R&D omhoog. De fiscale verruiming van speur- en ontwikkelingswerk voor exploitatie en publiek-private samenwerking in consortia (WBSO en RDA) is daarbij een noodzakelijk element. Deze beoogt bedrijven te stimuleren om meer in publiek-private onderzoekssamenwerking te investeren. Nederland moet ook een aantrekkelijk land blijven voor internationale bedrijven om R&D te verrichten. Continue aandacht is nodig voor het bewaken van een *level playing field* voor Nederlandse bedrijven. De huidige sterke positie van de topsector in de door de industrie gedreven Europese R&D programma's worden gehandhaafd. Internationale publiek-private samenwerking en de daarbij behorende nationale steun in de vorm van 'grants' zijn daarin essentieel, ook in de toekomst.

Herkenbaar en attractief bèta- en technisch vakonderwijs opnieuw op de kaart zetten ...

De schaarste aan 'gouden hoofden en handen' is één van de meest acute knelpunten in de realisatie van de groeiambities van de topsector. Het topteam pleit voor expliciete profilering van bèta- en technisch onderwijs op alle niveaus, met duidelijk zichtbare werk- en carrièremogelijkheden na de opleiding, om daarmee de instroom van talentvolle jongeren in de topsector structureel te verbeteren. Op regionaal niveau moeten onderwijsinstellingen en bedrijven samen herkenbaar en excellent technisch onderwijs opzetten. De bedrijfsvakscholen bieden hiertoe inspirerende voorbeelden. Scholen moeten onderling ketens versterken, de mobiliteit van studenten verbeteren en uitval verkleinen. Bedrijven kunnen bijdragen met beurzen, uitlenen van gastdocenten, bijdragen aan ontwikkeling van aansprekende curricula en het aanbieden van leer- en arbeidsmarktproposities. Onderwijsinstellingen dienen in lijn met de voorstellen van de Commissie Veerman over te gaan op capaciteitsregulering en dito bekostiging van opleidingen, door collegegelddifferentiatie, herinvoering van de numerus fixus voor bepaalde studies, en bekostiging van excellentie.

Aantrekken internationaal toptalent nodig, samen met behouden en koesteren huidige talent ...

Het aantrekken van internationaal toptalent is een *must* voor HTSM vanwege de wereldwijde concurrentie om de 'best brains'. De buitenlandse kenniswerkersregeling dient te worden omgevormd tot een notificatieregeling en verder uitgebreid naar MBO-plus niveau. Om kennis en *skills* van HTSM werknemers op peil te houden dient *leven lang leren* beter dan nu geborgd te worden, met MKB en onderwijsinstellingen.

Aanjaagfunctie voor overheid als innovatiegericht inkoper ...

Overheidsbestedingen bij maatschappelijke vraagstukken zijn een vliegwielt voor innovatie en kunnen de concurrentiepositie van de HTSM industrie in Nederland verder helpen versterken. Jaarlijks kopen overheden in Nederland voor zo'n € 70 miljard aan goederen en diensten in, waarvan de rijksoverheid zo'n € 15 miljard voor haar rekening neemt. Het topteam adviseert overheden in Nederland om 2,5 % van hun inkopen en aanbestedingen per 2015 innovatief aan te wenden.

Holland High Tech branding door overheden, bedrijven en kennisinstellingen ('gouden driehoek') ...

De bekendheid en uitstraling van Nederland in binnen- en buitenland als mondiale hightech topspeler en 'the place to be' voor hightech ondernemers, onderzoekers en studenten moet omhoog. Een sterkere profilering van ons land draagt bij aan onze zichtbaarheid in groeiemarkten, maar vergroot ook onze aantrekkingskracht voor buitenlandse investeerders en buitenlands toptalent. Dit vraagt om meer coördinatie van buitenlandse missies, sterkere ondersteuning door de buitenlandposten (vooral in BRIC-landen en Duitsland, Frankrijk en de VS). De lancering van een virtueel Holland High Tech House past in deze internationale profilering.

Ontwikkelingssamenwerking met HTSM biedt nieuwe kansen ...

In het ontwikkelingsbeleid kan meer dan nu gebruik worden gemaakt van de technologische oplossingen en knowhow van Nederlandse HTSM bedrijven. Het opzetten van bedrijvigheid kan hierbij een bijdrage leveren aan de toekomstige zelfredzaamheid en economische ontwikkeling van ontwikkelingslanden, in bestaande aandachtsgebieden – zoals water, zorg en voedselzekerheid - maar zeker ook in nieuwe aandachtsgebieden zoals mobiliteit.

MKB bedrijven zijn essentieel om de groeiambities te realiseren ...

MKB bedrijven zijn cruciaal voor de dynamiek, werkgelegenheid, innovatie en groei binnen de sector. Hightech starters zetten nieuwe producten in de markt. Snelle groeiers zorgen voor de aanwas van nieuwe internationaal opererende ondernemingen. Hoogwaardige toeleveranciers leveren een bijdrage aan de gezamenlijke ontwikkeling van nieuwe technologieën door bedrijven en kennisinstellingen. Het MKB is ook zeer innovatief bij de optimalisering van productieprocessen. Innovatie en het naar de markt brengen van nieuwe producten vereist instrumenten die specifiek van belang zijn voor het MKB: *seed capital* en fondsen voor snelle groeiers, innovatiekredieten, financiering van gezamenlijke testfaciliteiten en kleinschalige samenwerkingsverbanden. Actieve deelname van de koplopers binnen het MKB aan de ontwikkeling van *roadmaps* kan voldoende instroom van nieuwe inzichten borgen.

Intensieve samenwerking in vernieuwde topsectorgerichte vraagsturing ...

Het realiseren van de ambities van de topsector HTSM vraagt om een vernieuwing van de samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden, in onderwijs, onderzoek en innovatie, maar ook in buitenlandse markten en innovatief aanbesteden. Voor de coördinatie en supervisie dient een regiegroep HTSM te worden opgericht, met bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Deze regiegroep wordt het zichtbaar aanspreekpunt voor de hele sector. Gezamenlijke roadmaps geven de programmering van meerjarig publiek-privaat onderzoek. Thematische stuurgroepen valideren deze roadmaps, de regiegroep HTSM bekrachtigt ze. Alleen zo kunnen de bedrijvigheid en werkgelegenheid in HTSM samenwerkingsverbanden in mechatronica, micro-elektronica, materiaalkunde, ICT en embedded systemen, nanotechnologie en fotonica, *automotive* en vliegtuigbouw verder worden versterkt.

1. Hightech systemen en materialen in vogelvlucht

1.1 Motor van onze economie

1.1.1 Wereldspeler in hoogwaardige en maatschappelijk relevante groeimarkten ...

De topsector High Tech Systemen en Materialen (HTSM) vormt een belangrijke motor en aanjager van onze economie. HTSM staat voor een kennisintensief en hoogwaardig palet aan activiteiten en producten variërend van het ontwerpen en duurzaam produceren van componenten, besturingen, apparaten en machines voor zakelijke eindgebruikers tot complexe productiesystemen voor massafabricage. Hightech systemen en materialen worden vanuit Nederland geleverd aan klanten over de hele wereld, in groeimarkten die uiteenlopen van gezondheid, verlichting, chips en chipsproductie, laboratorium- en kantoorapparatuur, tot auto's, vliegtuigen en logistiek, en van satellieten tot veiligheid en duurzame energie. Nederland is daarmee letterlijk en figuurlijk een wereldspeler van formaat, op een mondiaal concurrerend speelveld.

De topsector speelt een essentiële rol in het zoeken naar oplossingen voor de grote maatschappelijke uitdagingen van deze tijd. Technologische innovatie staat daarin centraal, maar met oog voor en inzicht in gewenste oplossingen. Dat geldt voor vraagstukken op het gebied van mobiliteit (voorkomen van files en verbeteren van verkeersveiligheid), vergrijzing van de samenleving (nieuwe medische apparatuur en intelligente zorgsystemen), duurzaamheid en klimaat (zuinige auto's en trucks), alternatieve duurzame energiebronnen (productie van zonnecellen, elektrisch rijden en slimme energienetten), en voeding (besturingen voor duurzame tuinbouw met minimaal gebruik van grondstoffen). En zo zijn er nog veel meer voorbeelden te noemen. Innovatie in hightech is essentieel voor behoud van welvaart en welzijn in het Nederland van 2020 en daarna.

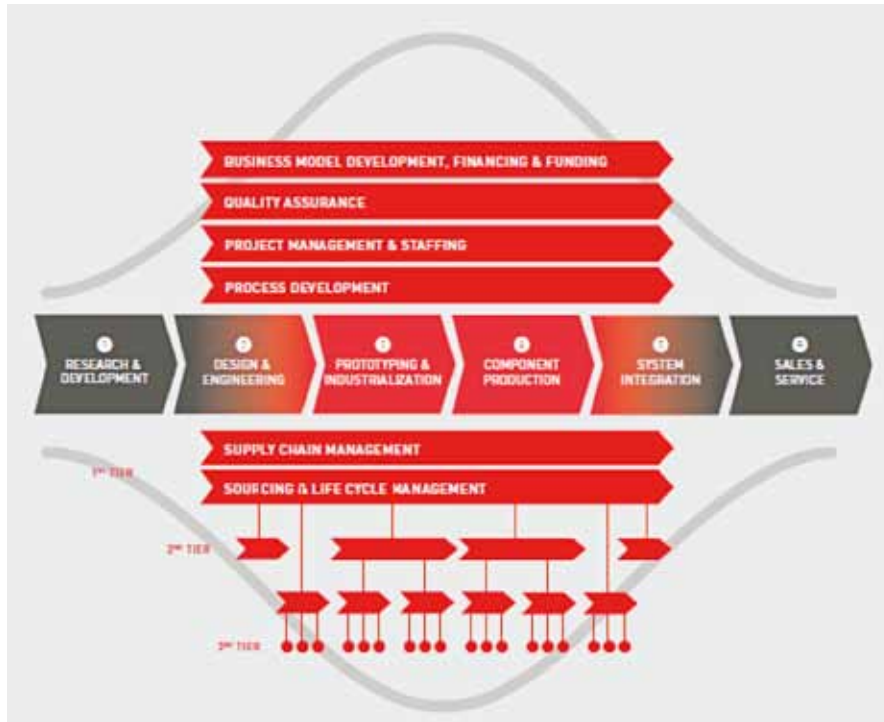
1.1.2 Organisatie in nationale en internationale waardeketens en netwerken ...

Omdat de topsector hightech systemen en materialen zich vooral richt op *business-to-business* markten, zijn nagenoeg alle bedrijven onderdeel van nationale en vooral ook internationale waardeketens en dito netwerken. Ook de kennisinstellingen in binnen- en buitenland, die de universiteiten, hogescholen en de grote kennisinstellingen omvatten, zijn hiervan een integraal en onlosmakelijk onderdeel.

De grote hightech bedrijven hebben in deze waardeketens en -netwerken dikwijls de rol van economische aanjager en regisseur, omdat zij direct aangesloten zijn op grote internationale markten. Veel producenten van apparaten en machines voor eindklanten zijn geëvolueerd tot 'kop-staart' bedrijven; zij bepalen de productspecificatie maar leveren tevens het integrale product aan de eindklant. De invulling van het traject daartussen is in toenemende mate het terrein geworden van toeleveranciers. De meeste hightech midden- en kleinbedrijven (MKB) in Nederland zijn toeleverancier. Een aantal MKB-bedrijven is echter ook actief in het maken van hightech eindproducten. Het zijn vaak MKBs die nieuwe producten met nieuwe technologieën op de markt zetten, zoals bijvoorbeeld nanotechnologie. Voor dat laatste is vaak kostbare infrastructuur nodig, samenwerking met kennisinstellingen en campussen met ook grote bedrijven helpt daarin.

Aan hightech producten zijn zeer hoge investeringen voor onderzoek en ontwikkeling (R&D) verbonden, soms oplopend tot meer dan 20% van de bedrijfsomzet. Door de toenemende complexiteit van nieuwe hightech eindproducten wordt van toeleveranciers steeds vaker een zelfstandige en eigen bijdrage aan R&D en innovatie gevraagd. De totale omvang van R&D en inspanningen voor de sector nemen daardoor toe, ondanks verdere efficiëntieverbeteringen door schaalgrootte.

Figuur 1.1: De waardeketen in 'kop-staart' bedrijven



Bron: Brainport Industries, 2010

1.2 Nederlandse spelers in de wereldtop

1.2.1 Internationale aanvoerders...

De markt voor eindproducten van de topsector HTSM ligt vrijwel geheel in het buitenland. Veel van de Nederlandse bedrijven zijn op hun markt spelers van wereldniveau. Zo is ASML marktleider op het gebied van belichtingsmachines voor chipsproductie, is Philips marktleider in licht en medische apparaten, FEI in elektronenmicroscopen en TomTom in mobiele navigatiesystemen. NXP is één van de wereldleiders op het gebied van chips voor gemengd en analoog signaal. Océ is dé grootformaat specialist van de printerfirma Canon, DAF-trucks is de nummer twee in Europa in de markt voor zware trucks, en Thales is toonaangevend in radar. Tata Steel IJmuiden is het onderzoekscentrum voor de applicatie van metalen binnen het wereldwijde Tataconcern. Fokker is een cruciale internationale leverancier voor vliegtuigbouw en -onderhoud, net als Vanderlande dat is in logistieke transportsystemen, en Marel met machines voor de voedingsmiddelenindustrie. Deze posities in de wereldtop zijn mede mogelijk gemaakt door de prestaties en het zeer uitgebreide netwerk van innovatieve en ondernemende hightech toeleveranciers van componenten, besturingen en deelsystemen, waaronder VDL, NTS, Sioux, CCM, Frencken, Demcon, Prodrive en Neways.

in termen van wetenschappelijke prestaties in de bèta- en technische wetenschappen doet Nederland mee in de wereldtop. Zo behoort Nederland samen met de Verenigde Staten en Zwitserland tot de top drie in nanotechnologie en -onderzoek, met wereldwijd de hoogste wetenschappelijke impact. Meer algemeen geldt dat de bèta-techniekdisciplines in Nederland al vele jaren een zeer hoge impact hebben vergeleken met het wereldgemiddelde (NOWT 2010, tabel 5.4). De drie TU's staan in de top 10 van de 300 universiteiten die wereldwijd het best met de industrie samenwerken.

1.2.2 Voortbouwend op een rijke geschiedenis en een open cultuur ...

Pioniers als Antoni van Leeuwenhoek, Heike Kamerlingh Onnes, Gilles Holst, Hendrik Casimir, Anthony Fokker, Huub van Doorne, en Anton en Gerard Philips hebben met hun technische vindingen en hun internationale ondernemingsgeest de basis gelegd voor economische voorspoed. Hun erfenis groeit en bloeit voort in een netwerk van gespecialiseerde bedrijven en hoogwaardige kennisinstellingen in Nederland. De Leidse Instrumentmakerschool, opgericht in 1901 door Kamerlingh

Onnes, is nog steeds een toonaangevende MBO-vakschool op het gebied van fijnmechanica en materialen. Gilles Holst was tot 1913 assistent van Kamerlingh Onnes en werd daarna directeur van het eerste industriële onderzoekslaboratorium in Nederland, het Philips NatLab. Philips was één van de eerste Westerse bedrijven dat handel dreef met China. De multinationals ASML en NXP, en belangrijke delen van Thales en FEI, zijn spin-offs van Philips.

Nederlandse hightech bedrijven profileren zich op de internationale markt bij uitstek door hun pragmatische houding en internationale oriëntatie (ING My industry 2030). Nederland heeft één van de minst hiërarchische culturen in de wereld. Dat maakt samenwerken en het slaan van bruggen tussen wetenschap en praktijk makkelijker, wat voor een technologisch complex en gevarieerd gebied als HTSM sterke voordelen biedt. Ondernemers, vakmensen en onderzoekers van verschillende bedrijven en wetenschappelijke disciplines kunnen in een dergelijke laagdrempelige cultuur snel en gemakkelijk contacten leggen hetgeen slimme 'cross-overs' en convergentie tussen verschillende bedrijfstakken en kennisdomeinen mogelijk maakt.

1.3 Sectorcarakteristieken en economische positie

1.3.1 Topsector HTSM, nummer 1 in export, R&D en economische groei ...

De topsector HTSM bestaat uit een aantal nauw aan elkaar verwante en verweven subsectoren, en omvat statistisch gezien de vervaardiging van metalen en niet-metaalhoudende minerale producten, elektrische en optische apparatuur, machines en apparaten (met inbegrip van de semiconductor- en componentenindustrie), auto's en overige transportmiddelen, als ook een deel van de technische adviesbureaus.

De toegevoegde waarde van de topsector HTSM in het crisisjaar 2009 was € 23 miljard bij een totale productiewaarde van € 73 miljard.¹ In 2008 noteerde de sector een toegevoegde waarde van € 26 miljard bij een totale productiewaarde van € 86 miljard. In de topsector zijn ongeveer 390.000 mensen werkzaam. De totale jaarlijkse R&D investeringen door bedrijven lag op € 2,2 miljard in 2009, ofwel bijna de helft van alle private R&D investeringen in Nederland in 2009. Ook in termen van export voert de topsector de ranglijst aan, met € 42 miljard in 2008 en € 32 miljard in 2009. In 2009 was de topsector daarmee nog altijd goed voor ruim 20% van de totale goederenexport van Nederland. Door de combinatie van wereldwijde financiële crisis en een sterk neerwaartse cyclische trend in de hightech markten lagen de exportcijfers in 2009 historisch laag. Sinds 2010 vertoont de sector echter weer een aanzienlijke groei.

1.3.2 Intelligent, nauwkeurig en efficiënt ...

De topsector HTSM richt zich internationaal veelal op hoogwaardige nichemarkten waarin de sleutelwoorden 'high value, high mix, high complexity' centraal staan, vaak producerend in relatief kleine seriegroottes en sterk onderscheidend op technologische excellentie. De producten van de sector kenmerken zich door drie kernkarakteristieken: zeer intelligent, zeer nauwkeurig en zeer efficiënt. De industriële basistechnologieën die daaraan ten grondslag liggen zijn micro- en nano-elektronica (ontwerp en productie van semiconductors en sensors), embedded systemen (in elektronische circuits ingebouwde software), en mechatronica (precisiebeweging en robotica). De ontwikkeling in deze technologieën gaat zeer snel, met nieuwe generaties die elkaar opvolgen in een frequentie van vaak minder dan twee jaar. Daarnaast worden HTSM een caleidoscoop aan nieuwe technieken onderzocht, vooral in nanotechnologie (zeer kleine structuren), fotonica (functies met licht), en geavanceerde materialen (met de focus op metalen en composieten, complementair aan de topsector Chemie). Dit vraagt om forse en continue investeringen in R&D en innovatie, die bovendien meer dan voorheen in samenwerking en in open innovatie plaatsvindt.

Grote bedrijven steunen daarbij steeds meer op de gebundelde expertise samengebracht in publiek-privaat onderzoek met kennisinstellingen. Toeleverende (MKB) bedrijven dragen meer en meer inhoudelijk bij aan de R&D roadmaps en nemen een deel van de risicofinanciering op zich. Hiermee is een solide basis geschapen om duurzaam te kunnen blijven concurreren op wereldschaal. Tegelijk ontstaan er nieuwe kansen door de mogelijkheden voor snelle anticipatie op revolutionaire ontwikkelingen in de wetenschap en groei in nieuwe markten, nieuwe bedrijvigheid die voortbouwt op de sterke basis van het huidige ecosysteem. Essentieel in dit geheel is een effectieve uitwisseling en een hoge mate van beschikbaarheid van kenniswerkers op alle niveaus.

¹ Cijfers HTSM rapport Berenschot, mei 2011.

1.3.3 Mogelijk gemaakt door open innovatie ...

Het open innovatiemodel dat aldus in de samenwerking in onderzoek, ontwikkeling en innovatie opgebouwd en verder gegroeid is, omvat naast bedrijven de kennisinstellingen TNO en het GTI NLR, ook universiteiten en NWO instituten, waaronder FOM Rijnhuizen en ASTRON. Open innovatie stopt bovendien niet bij onze landsgrenzen; zij strekt zich ook daarbuiten uit. De sector heeft sterke internationale verbanden opgezet, met bedrijven en kennisinstellingen in Europa maar ook in de VS en Azië. Zo nemen de Nederlandse hightech partners in Europa tot 20% van alle publiek-private consortia voor hun rekening. Ze zijn daarmee de meest op internationale innovatie georiënteerde industrietaak van Nederland.

In de filosofie van open innovatie heeft het bedrijfsleven het initiatief genomen voor een aantal publiek-private programma's met als focus de industriële kernvelden van het HTSM werkgebied. Dit betreft de TTI-georiënteerde onderzoeksprogramma's Holst Centre, Embedded Systems Institute (ESI) en het Materials Innovation Institute (M2i). Daarnaast zijn de innovatieorganisaties Point-One en HTAS opgericht, waarin grote bedrijven, MKB, instituten en universiteiten samen onderzoeksroadmaps vaststellen, en het innovatie-ecosysteem van binnenuit mobiliseren en versterken.² De kennisinstellingen hebben met steun van de overheid en het bedrijfsleven een aantal publiek-private programma's in HTSM gestart. De belangrijkste hiervan zijn NanoNextNL (nanotechnologie), MEMPHIS (fotonica) en COMMIT (ICT). De open innovatie filosofie vinden we bij uitstek ook terug in de High Tech Campus Eindhoven, waar meer dan 90 bedrijven en instituten en ruim 8.000 onderzoekers, ontwikkelaars en ondernemers samenwerken en R&D-faciliteiten met elkaar delen. Andere bekende voorbeelden van open innovatiecampussen zijn Kennispark Twente en het recente Yes!Delft.

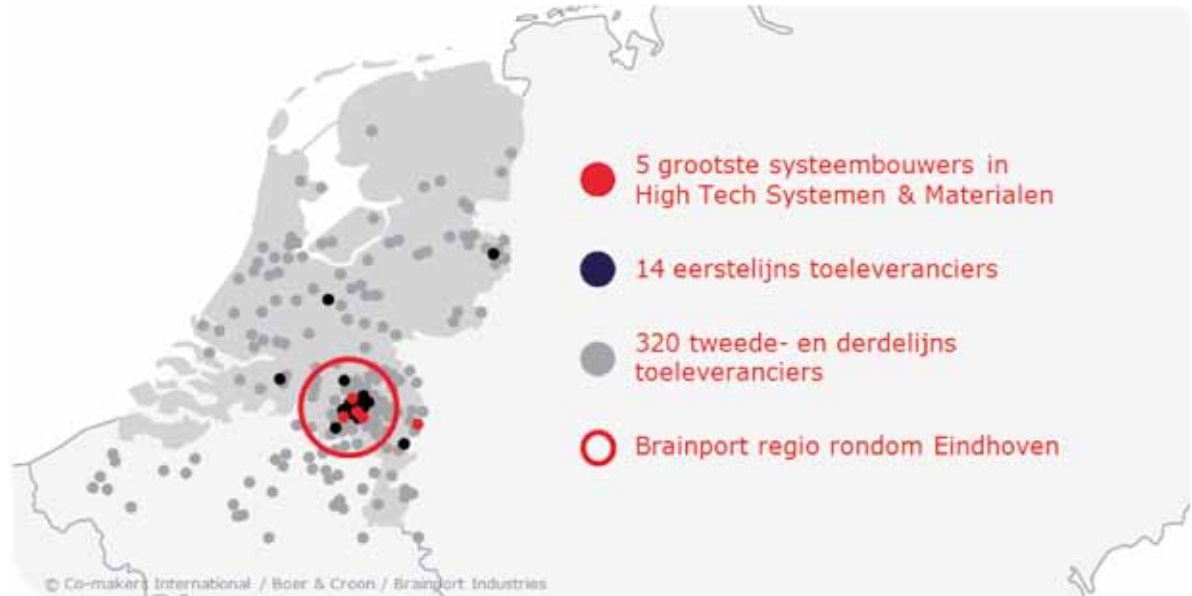
1.3.4 Regionale clusters ingebed Europese en internationale netwerken...

De huidige kracht en ontwikkeling van de Nederlandse HTSM sector tot een ecosysteem met leidende competentieclusters in Europa is het resultaat van een lange economische traditie, waarin de ondernemerszin van industriële boegbeelden van doorslaggevend belang is geweest. De bedrijven stonden daarin niet alleen, maar konden bogen op een sterke publiek-private infrastructuur van kennisinstellingen, universiteiten en hogescholen die bovendien zijn meegegroeid in de loop van de jaren. Ook overheden spelen daarin een belangrijke rol. In deze Gouden Driehoek ligt ook de sleutel naar de toekomst.

De topsector HTSM heeft een onmiskenbaar zwaartepunt in de regio Zuidoost-Brabant en Noord Limburg, waar de activiteiten van de meeste grote systeembouwers zijn geconcentreerd en een groot deel van hun eerstelijns toeleveranciers is gevestigd. In hetzelfde gebied rondom de Technische Universiteit (TU/e) in Eindhoven zijn ESI, Holst Centre en belangrijke delen van TNO gevestigd. Maar ook in de regio's rond de Universiteit Twente en de Technische Universiteit Delft zijn concentraties van grote bedrijven, MKB en kennisinstellingen te vinden. Grensoverschrijdend is met name de driehoek Eindhoven-Leuven-Aken, met de link naar IMEC, het internationale onderzoekscentrum voor micro- en nano-elektronica, van belang. Samenwerkingsverbanden en netwerken zijn sterk Europees en internationaal, met een belangrijke rol voor eindgebruikers (*customer industries*), zoals de *automotive* en *aerospace* producenten in Duitsland en Frankrijk.

² HTSM Visiedocument, mei 2010. Zie ook Bijlage 7, Publiek-private samenwerkingsinitiatieven in de hightech.

Figuur 1.2: Het HTSM Brainport cluster van grote systeembouwers en toeleveranciers



Bron: Brainport industries, Boer & Croon, 2010

Nederland is daarmee ook aantrekkelijk voor buitenlandse hightech bedrijven. De buitenlandse investeringen in Nederland nemen gestaag toe. Waar in 2008 nog € 667 miljoen werd geïnvesteerd in Nederland, is dit aandeel in 2010 opgelopen tot bijna € 1 miljard. Dit betreft alle *Foreign Direct Investment* in Nederland. Voor opkomende hightechspelers als China is Nederland interessant als uitvalsbasis naar de Europese markt. Maar Nederland is vooral ook interessant als R&D-partner voor grote buitenlandse bedrijven in de elektronica-, vliegtuigbouw- en *automotivemarkten*. Het aantal R&D-vestigingen en R&D-projecten met dergelijke buitenlandse partners groeit. Het onderstreept het sterke hightech ecosysteem dat Nederland heeft.

Box 1: Nanotechnologie – bouwsteen voor innovatie in verschillende topsectoren

Nederland heeft de afgelopen jaren flink geïnvesteerd in nanotechnologie. Al in een vroeg stadium heeft Nederland zich geprofileerd op het gebied van nanotechnologie, door het initiëren van diverse (nationale) programma's. Hierdoor heeft ons land een hoog kennisniveau en een uitstekende positie verworven in het wetenschappelijke domein. De positie die Nederland nu inneemt in het internationale krachtenveld, biedt kansen voor het bedrijfsleven, de onderzoeksinstituten, de overheid en de samenleving.

In het komende decennium komt nanotechnologie in een nieuwe fase, waarin zich naast 'traditionele' toepassingen (in bijvoorbeeld de nano-elektronica) ook vele nieuwe toepassingen van nanotechnologie aandienen. Die liggen vooral op het gebied van mens en milieu, en leveren een grote bijdrage aan het oplossen van belangrijke maatschappelijke vraagstukken. Voorbeelden van relevante toepassingen van nanotechnologie zijn: technologieën voor schoon water, voeding en gezondheid, energievoorziening en energiebesparing, en nanomedicine (innovaties op het gebied van de geneeskunde). Daartoe moet de reeds bestaande multidisciplinaire samenwerking tussen onderzoekers in het gebied van nanotechnologie uitgebreid worden met de bijdragen van medici en biologen. Daarnaast zal nanotechnologie een steeds grotere impact op onze samenleving krijgen en zullen onderzoekers op het gebied van de gedrags-, maatschappij-, voedings- en gezondheidswetenschappen deelnemen aan dit onderzoeksveld.

De nanotechnologie in Nederland heeft baat bij een zichtbaar consortium, waarin excellent onderzoek plaatsvindt, waarin ook het bedrijfsleven deelneemt, onderzoeksfaciliteiten zijn gebundeld, en valorisatie wordt bevorderd. Het consortium moet daarbij oog hebben voor maatschappelijke ontwikkelingen en daarop adequaat inspelen. Het ligt in de bedoeling dat NanoNextNL deze rol op zich gaat nemen.

De strategische researchagenda 2010-2020 (SRA NNI), geschreven op verzoek van het Nederlandse kabinet, identificeert de generieke onderzoeksthema's en applicatiegebieden die het meest belangrijk zijn voor Nederland als kennisland en voor onze mondiale positie. De agenda beschrijft het Nederlandse onderzoekslandschap en daarmee de onderzoekslijnen waarmee Nederland zich kan profileren en geeft mogelijkheden aan om te komen tot valorisatie door relaties te leggen tussen kennisinstellingen en bedrijven. Het is deze SRA die duidelijk de verbanden weergeeft tussen de verschillende topsectoren. Nanotechnologie behoort als kennis- en innovatiegebied tot het domein van de topsector High Tech Systemen en Materialen. Toepassingen van nanotechnologie zijn in belangrijke mate terug te vinden in de topsectoren Energie, Water, Chemie, Life Sciences, Agrofood en de Creatieve Industrie.

In bijlage 4 worden de verschillende uitdagingen zowel op korte als lange termijn geschetst van hetgeen nanotechnologie te bieden heeft in de verschillende topsectoren. Voor de verdere ontwikkeling van nanotechnologie en het volledig benutten van kennis en kunde is het van essentieel belang dat de SRA volledig wordt geëffectueerd en geconsolideerd wordt na afloop van het FES programma NanoNextNL in 2015.

Box 2: Advanced Materials – bouwsteen voor innovatie in verschillende topsectoren

Materiaalinnovatie is een belangrijke bron van welzijn en welvaart. Alles wat we dagelijks nodig hebben, thuis, op het werk en in de vrije tijd, bestaat uit materialen. De voortdurende groei in het gebruik van materialen, samen met de uitdagingen in transport, gezondheid, veiligheid, klimaatverandering en energievoorziening resulteren in een grote urgentie voor nieuwe en betere materialen. Die urgentie kan alleen worden ingevuld met technologische doorbraken waarin materiaalinnovatie van doorslaggevende betekenis is, zowel voor economische groei als een duurzame samenleving.

Materiaalinnovatie is een breed technologiegebied en heeft grote invloed op de Nederlandse export, die voor een aanzienlijk deel wordt bepaald door de maakindustrie, en die mede dankzij materiaalinnovatie toonaangevend is. Nederland beschikt over een grote concentratie aan materiaalbedrijven en materiaalkennis op het gebied van chemie, staal, aluminium en kunststoffen. Nederland bekleedt topposities in hoogwaardige producten, zoals supersterke vezels, *high performance* polymeren, *coatings*, constructiestalen, hybride, *self-healing*, bio- en nanomaterialen.

De in Nederland gevestigde R&D van materiaalproducenten zoals Tata Steel, Teijin, AkzoNobel en DSM en toepassers als Océ, Philips, NXP, ASML, DAF Trucks en IHC behoren tot de beste van de wereld. Ook de betrokken onderzoeksgroepen van (technische) universiteiten staan hoog aangeschreven.

Mzi is één van de Technologische Top Instituten die in materiaalinnovatie actief zijn. Het is een moderne en succesvolle netwerkorganisatie die de gehele keten omvat van materiaalproducenten en toeleveranciers tot fabrikanten van eindproducten. Mzi is een essentiële R&D-schakel tussen universiteit en industrie en ook de belangrijkste hefboom om de publieke investeringen in materiaalonderzoek te versterken ten behoeve van die industrie. Tevens wordt een belangrijke bijdrage aan de valorisatie van de ontwikkelde kennis geleverd evenals aan de ontwikkeling van het onderwijs en arbeid.

Box 3: ICT – key driver voor de topsectoren

Informatie- en communicatietechnologie (ICT) is een onontbeerlijke *key driver* voor de ambities van verschillende topsectoren. Nu reeds besturen ICT-systemen en sensortechnologieën de complexe machines en apparaten die de topsector HTSM produceert. ICT-innovatie vormt een belangrijke ‘innovatie-as’ voor productvernieuwing. Nu heeft meer dan de helft van het R&D-personeel van sommige Hightech bedrijven een ICT-achtergrond. Dit aandeel zal alleen maar toenemen, omdat de mate van intelligentie van ICT in producten steeds meer een bepalende factor zal worden. Dit geldt ook voor bedrijven in andere topsectoren. Sleutelinnovaties – van internationale ketenregie in de logistieke sector, *gaming* in de creatieve sector, *smart grids* in de energiesector tot geavanceerde vormen van precisielandbouw - kennen een zware ICT-component.

Nederland moet het kennisniveau op ICT-gebied dus behouden en versterken. Het niveau van het huidige ICT-onderzoek in ons land staat internationaal in hoog aanzien. Nederland heeft bijvoorbeeld een belangrijke positie in het EIT (KIC ICT labs). Tegelijkertijd is deze positie niet onbedreigd. De ICT-sector kampt als bètarichting met groeiende personele schaarste. Ook de financiering van ICT-onderzoek is een punt van zorg. Bij de laatste IT-ranking van het World Economic Forum is Nederland uit de top 10 gevallen.

De verschillende topteams besteden daarom in hun agenda’s gerichte aandacht aan de rol die ICT als *enabling technology* moet spelen bij het verwezenlijken van hun ambities. Deze sectorspecifieke aandacht neemt niet weg dat ICT-voorzieningen generieke kenmerken hebben. Zo moet *cybersecurity* en *privacy* niet alleen in mobiliteitssystemen worden geborgd, maar ook voor medische en militaire toepassingen. Hetzelfde geldt voor vraagstukken op het gebied van betrouwbaarheid, sensornetwerken en standaardisatie. Het generieke karakter van ICT maakt gericht fundamenteel onderzoek op dit gebied noodzakelijk. Deze wetenschappelijke uitdagingen worden geschetst in bijlage 5.

In overleg met de andere topsectoren is afgesproken dat de regiegroep HTSM de ontwikkeling van een specifieke onderzoekroadmap voor de ICT-sector onder zijn hoede neemt, rekening houdend met het ‘*enabling*’ karakter van deze technologie voor de andere topsectoren. Bedrijven en kennisinstellingen kunnen onderzoekroadmaps ontwikkelen en implementeren en ook op andere gebieden (arbeidsmarktschaarste!) samenwerken. Daarbij moet goed worden aangesloten op de voorstellen uit de recente Digitale Agenda NL en de Europese Digitale Agenda van Europees Commissaris Kroes.

2. Analyse, visie en ambitie

2.1 Ondernemerschap

2.1.1 Een hoge groeiambitie ...

De topsector HTSM heeft een hoge groeiambitie. Uit een recente enquête onder grote bedrijven blijkt dat de gezamenlijke marktverwachtingen van HTSM ondernemers optellen tot een toegevoegde waarde in 2014 van € 31 miljard (Enquête HTS platform, 2010). Deze toekomstverwachtingen vormen de basis voor het huidige investeringsbeleid van de grote bedrijven en veel van hun toeleveranciers. Op basis van de ontwikkelingen in het afgelopen decennium is de prognose dat de toegevoegde waarde voor HTSM in Nederland in 2020 zich binnen een bandbreedte van € 29-35 miljard zal ontwikkelen. Een toename naar € 35 miljard betekent een verdere groei van de topsector van gemiddeld 3% op jaarbasis. De exportwaarde zal in deze periode verder groeien en naar verwachting meer dan verdubbelen. Het aantal direct in de topsector werkzame personen zal waarschijnlijk stabiliseren rond de 400.000 werknemers. Die stabilisatie geldt niet voor het aantal R&D werknemers waar een stijging noodzakelijk is. Omdat alle industriële activiteiten in HTSM grote innovatie-inspanningen eisen, zullen de R&D-investeringen door bedrijven in 2020 moeten stijgen naar € 3,5 miljard per jaar om het hoge ambitieniveau te kunnen realiseren, een stijging met een factor 1,6. Onderstaande tabel vat de ambities van de topsector kernachtig samen.

Tabel 2.1: De topsector HTSM in cijfers: stand 2009 en ambities voor 2020

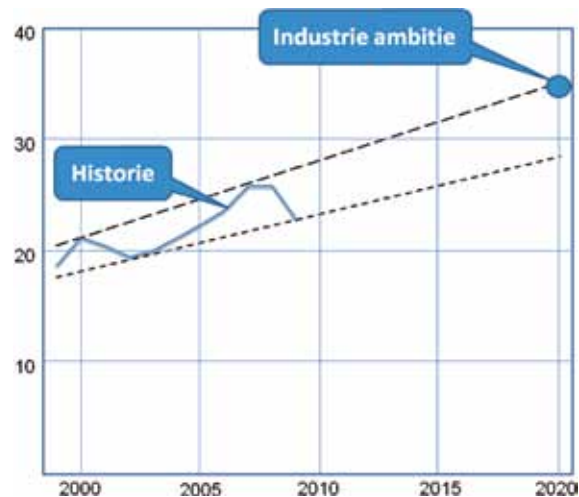
Topsector HTSM	Stand 2009*	Ambitie 2020
Toegevoegde waarde	€ 23 miljard	€ 35 miljard
Exportwaarde	€ 32 miljard	€ 77 miljard
Productiewaarde	€ 73 miljard	€ 128 miljard
R&D investering	€ 2,2 miljard	€ 3,5 miljard
Aantal werknemers	390.000	400.000

* Bron: Berenschot, 2011

Een recente ING-studie laat bovendien zien dat hiermee voor Nederland de top beslist nog niet bereikt is (My industry 2030, mei 2011). In het licht van de economische kansen en maatschappelijke uitdagingen in de komende decennia wordt een toegevoegde waarde van € 47 miljard in 2030 alleszins haalbaar geacht.

Wel moet tegelijkertijd rekening gehouden worden met de grote conjunctuurgevoeligheid en het sterk cyclische karakter van de markten waarin de topsector actief is waarbij stijgingen en dalingen in een ordegrootte van 15 tot 30% niet ongebruikelijk zijn. Dit is te zien in bijgaande figuur. Hierin geven gestippelde lijnen de bandbreedte van toekomstige ontwikkelingen weer, gebaseerd op extrapolatie van de conjuncturele toppen en dalen uit het verleden.

Figuur 2.1: Ontwikkeling toegevoegde waarde: historisch pad en ambitie 2020 (in miljard euro)



Bron: Berenschot (2011), Enquête HTS Platform 2010 en topteam HTSM

2.1.2 Oplossingen en toepassingen voor een groeiende wereld...

Deze groeiambitie wordt gevoed door de ontwikkeling van nieuwe HTSM technologieën en nieuwe toepassingsmogelijkheden, nieuwe producten en nieuwe markten. Naar verwachting zal in de toekomst het aandeel van elektronica en software, maar ook nieuwe materialen in een breed scala van eindproducten verder toenemen. De vraag naar HTSM producten en diensten zal bovendien stijgen door de verwachte groei van welvaart en inkomen wereldwijd, in het bijzonder in de BRIC's. Groeiperspectieven voor de topsector HTSM liggen daarnaast nadrukkelijk ook in het oplossen van maatschappelijke vraagstukken. Dit geldt bijvoorbeeld voor het duurzaamheidsvraagstuk, met technologische oplossingen zoals de opwekking van duurzame energie, het ontwerpen, maken en uitrollen van intelligente energienetten en intelligente gebouwen voor energiebesparing, infrastructuur voor elektrisch rijden, schone aandrijftechnologie voor auto's en trucks, en intelligent verkeersmanagement. Belangrijke HTSM toepassingen zijn ook op andere maatschappelijke thema's te vinden, variërend van medische apparatuur en thuiszorgsystemen, schonere, stillere en zuinigere vliegtuigen, productiesystemen voor zonnecellen, en zuinige verlichtingssystemen tot waarnemingssystemen voor beveiliging van de publieke ruimte, systemen voor beveiliging van digitale data en bestrijding van cybercriminaliteit, radarsystemen voor defensie en civiele toepassing. Andere voorbeelden zijn satellietwaarnemingen voor geo-informatiediensten, zoals precisielandbouw en bewaking van dijken, en het monitoren van waterwegen en agrarische gebieden.

HTSM staat zo garant voor talloze nieuwe toepassingen in een reeks van (top)sectoren waaronder de tuinbouw, agrofood, life sciences, logistiek, creatieve industrie, chemie en energie; maar ook de zorg, het publieke domein en (overige delen van) de commerciële dienstverlening. Verbindende factoren in de vooruitgang van deze oplossingen zijn de innovaties op materiaalgebied en de exponentiële groei in de verwerking en opslag van gegevens op alle terreinen, economisch mogelijk gemaakt door de snelle ontwikkelingen in de chipsindustrie.

2.1.3 Onderzoeksroadmaps voor succes in de HTSM wereldmarkt...

Op velerlei gebied vraagt de wereld om het soort hoogtechnologische oplossingen waarin de topsector gespecialiseerd is. Terreinen waar Nederlandse bedrijven in de HTSM wereldtop meespelen, en waar tevens de mogelijkheden liggen voor nieuwe snelle groeiers. Om in de wereldtop te blijven, is het uitermate belangrijk om voortdurend nieuwe kennis te ontwikkelen, en die effectief om te zetten in technologische innovaties en toekomstige producten en diensten (van kennis en kunde naar kassa). Daarom hebben bedrijven en kennisinstellingen uit de topsector met elkaar roadmaps opgesteld voor technologiegebieden en business cases. Hierin worden marktvragen voor HTSM vertaald naar meerjarenplannen en concrete onderzoeksprogramma's. Deze paragraaf beschrijft een aantal concrete voorbeelden uit deze roadmaps, aan de hand van de hoofdgebieden op de maatschappelijke agenda en de onderliggende technologieën.

Gezondheid – Meer kwaliteit van leven met lagere zorgkosten door effectieve en efficiënte oplossingen voor het voorkomen, opsporen, diagnostiseren en behandelen van ziektes, met minimale belasting voor alle betrokkenen, in het ziekenhuis, bij de arts en thuis

In plaats van de traditionele open ‘invasive’ chirurgie maken nieuwe vormen van medische beeldvorming in combinatie met micro-instrumenten beeldgestuurde ‘minimal-invasive’ inwendige ingrepen mogelijk. Hiermee worden efficiëntie, veiligheid en de kwaliteit in de zorg verhoogd en de duur van ziekenhuisopnamen bekort. Veel technologische ontwikkeling is nodig, in beeldverwerking, dataopslag, en instrumenten, waarbij de belangrijkste uitdagingen liggen op het terrein van resolutieverbetering, positionering van medische gereedschappen, gebruik van MRI tijdens operaties, *real-time* identificatie van weefsel, en navigatie en besturing van nieuwe generaties (bio-elektronische) sensors en actuatoren. Biosensoren kunnen daarbij ziektes direct aan het bed signaleren.

Door de vergrijzing van de samenleving neemt de zorgvraag voortdurend toe. Hulp aan huis is daarbij bijna altijd beter dan opname in een zorginstelling. Hightech in de eigen omgeving kan een steeds grotere bijdrage leveren, door slimme sensoren, monitoring op afstand, en mechatronische hulpmiddelen. Technische uitdagingen liggen in autonome navigatie voor robotica, externe sensoren voor medische diagnostiek (zoals suikerziekte en hartfalen), en veilige draadloze communicatie.

De hoeveelheid medische data uit alle toepassingen neemt voortdurend toe. Dit geldt evenzeer voor de vragen van gebruikers om die data direct ‘*real-time*’ te kunnen gebruiken. Dit alles vereist nieuwe manieren van verwerking, opslag en beveiliging van persoonlijke data.

Energie – Duurzame en betaalbare methodes voor de opwekking, distributie, opslag en gebruik van elektriciteit thuis en in bedrijven

De veranderingen in energieopwekking (zon, wind) in combinatie met nieuwe grootverbruikers (elektrisch rijden) maken op termijn andere, slimme netten (*smart grids*) voor distributie nodig. Dit vraagt om nieuwe intelligentie om op een voorspelbare manier producten en gebruikers op elkaar af te stemmen. Hiervoor zijn nieuwe sensoren en schakelaars nodig en nieuwe modellen voor beveiligde monitoring en besturing op afstand (*e-metering*). Op lokaal niveau kunnen overheden en bedrijven daarmee intelligent omgaan met energie (*smart cities, smart buildings*), en inregelen op efficiënt en effectief energieverbruik, optimaal rekening houdend met lokale en centrale producenten, groot- en kleingebruikers, en weersvariabelen. De overheid kan de ontwikkelingen versnellen, door bijvoorbeeld de marinebasis Den Helder, met 20% van het totaal de grootste publieke gebruiker van energie, aan te wijzen als proeftuin.

In zonnestroom gaan de ontwikkelingen nu heel snel. Het punt waarop zonnestroom even duur zal zijn (*grid parity*) als elektriciteit uit conventionele bronnen zal binnen tien jaar bereikt zijn. Partijen uit de topsectoren HTSM en Energie hebben het Solliance verband opgericht om op deze komende omslag te anticiperen met nieuwe materialen en machinebouw voor zonnepaneelfabrikanten en slimme oplossingen voor integratie van zonnestroom in de gebouwde omgeving. Productiekosten en zonlichtefficiëntie zijn de belangrijkste uitdagingen. Technologische oplossingen worden gezocht in flexibele substraten, filteren en concentreren van licht, en intelligente controle van matrixsystemen.

Met innovatieve (LED) verlichting wordt een bijdrage geleverd aan verminderen van het energieverbruik. Om hiervan optimaal gebruik te maken zijn technologieontwikkelingen nodig in efficiency en aansturing. Met OLED technologie wordt verlichting met grote vlakken mogelijk; massaproductiemachines hiervoor zijn in ontwikkeling. In de chipsindustrie gaat veel aandacht uit naar verlagen van energieverbruik, om redenen van duurzaamheid, maar ook om de effectieve gebruikstijd van mobiele apparatuur (laptops, smartphones) maar ook draadloze sensoren en actuatoren te vergroten.

Mobiliteit- Betrouwbare, integrale en duurzame oplossingen voor het vervoer van mensen en zaken over de weg en door de lucht

Het antwoord op de voortdurende vraag naar meer veiligheid en betere doorstroming op de weg ligt in het invoeren van directe interactie tussen auto en omgeving enerzijds en de bestuurder en de auto anderzijds. Dit vraagt om autonome communicatie tussen auto’s onderling en met de infrastructuur van de wegbeheerder, samen met nieuwe navigatie- en informatiesystemen voor de bestuurder. Sensoren en actuatoren, mechatronische en opto-elektronische functies worden ontwikkeld voor gebruik in auto’s, trucks en de weg. Deze moeten worden geïntegreerd in betrouwbare en waterdichte totaalsystemen, waarin de privacy voor de individuele weggebruiker verzekerd moet zijn. Overheden en wegbeheerders, waaronder Rijkswaterstaat, zijn essentiële medespelers in dit geheel. Een permanente testomgeving in de publieke omgeving is een belangrijk element, zoals de A270 Eindhoven-Helmond.

Een belangrijke bijdrage aan het verminderen van de emissies door het wegverkeer wordt geleverd door onderzoek naar verbeterde verbrandingsmotoren, hybride transmissiesystemen en elektrische auto's. Een effectieve infrastructuur voor elektrisch rijden is daarin een noodzakelijk element, en nauw verbonden met de invoering van slimme energienetten. Vermogenselektronica, sensoren voor alle mogelijke functies, beeldverwerking, en accumanagement en –veiligheid zijn belangrijke onderwerpen, evenals betrouwbare softwareoplossingen voor het totale systeem. Maar ook onderzoek naar betere verbrandingsmotoren en hybride aandrijving is nodig, vooral voor trucks. Innovaties in lichtere materialen met een hogere sterkte (kooiconstructies) en betere vervormbaarheid (kreukelzones) maken het mogelijk om auto's lichter te maken zonder nadelige effecten op veiligheid en prestaties. Dit is cruciaal voor de actieradius van hybride en elektrische auto's.

Vliegen wordt eveneens een stuk milieuvriendelijker. Innovaties in materiaalgebruik, zoals het gebruik van thermoplastische materialen en laminaten van glasvezel en aluminium, en aerodynamica moeten hier een belangrijke bijdrage leveren. De ambitie is om op dit gebied de nummer één specialist te zijn voor de wereldwijde luchtvaartindustrie. Sensornetwerken en besturingen worden geïntegreerd in structuurdelen om gewicht te sparen en onderhoud beter voorspelbaar te maken. Vliegtuigen hebben vanwege hun relatief lange levensduur regelmatig onderhoud nodig. Deze *maintenance, repair and overhaul* is een hightech markt omdat onderdelen vaak worden vervangen door nieuwe hoogwaardiger producten en materialen. De overheid kan de positie die Nederland op dit terrein heeft verder versterken op de luchtbasis Woensdrecht. Ook hier is de ambitie een topositie te verwerven in de mondiale markt van vliegtuigonderhoud, mede door het ontwikkelen van revolutionaire onderhoudsconcepten en het vervullen van een internationale *hub*positie op het gebied van onderhoud van componenten en systemen.

Veiligheid - Handhaven van de publieke en persoonlijke veiligheid in de openbare ruimte met systemen die dreigingen voorkomen en bestrijden

Bestrijden van en omgaan met terrorisme, criminaliteit op straat, misdaad via internet, smokkel van goederen en mensen, illegale immigratie en allerlei crisissituaties zijn onderwerpen die de samenleving dagelijks bezighouden. Ontwikkeling van gekoppelde hightech systemen levert oplossingen hiervoor, zoals combineren van elektronische identificatie, biometrie, waarnemingssystemen in de publieke ruimte (beeld, geluid, radar) en monitoring van het internet. Het ontwerp en de integratie van dit soort systemen is een technologische uitdaging die om zowel algemene ICT kennis als specifieke expertise vraagt, op encryptie, authenticiteit, sensor- en signaalverwerking van video, audio, radar, *tracking* van mobiele bronnen en analyse van chemische stoffen. Ook nieuwe materialen spelen een belangrijke rol, zoals brandwerende stoffen in gebouwen, vuur- en explosieresistente vaten voor transport, en beschermende kleding voor politie, brandweer en militairen.

Informatiebeveiliging in het economisch verkeer (*cyber security*) wordt steeds belangrijker. De mogelijkheden om informatie met elkaar delen op alle plaatsen en tijden neemt explosief toe. Dat geldt voor alle gebruikers, en daarmee ook voor kwaadwillenden. Denk aan internetvirussen (computers en smartphones), internetbankieren, betalen van tolrijden en openbaar vervoer, maar ook aan communicatie tussen criminele organisaties. De sterke opkomst van sociale netwerken op internet en werken op afstand (*cloud computing*) maakt informatiebeveiliging er niet eenvoudiger op. Voortdurend onderzoek en innovatie in de onderliggende hardware- en softwaretechnologieën is nodig om het hoofd te kunnen blijven bieden aan bestaande en nieuwe bedreigingen.

Technologie – Grensoverschrijdend onderzoeken wat in hightech productie mogelijk is, en de opgedane kennis omzetten in productiemiddelen en componenten voor duurzame massafabricage

De innovaties in hightech worden in belangrijke mate mogelijk gemaakt doordat de kosten van gegevensverwerking en –opslag voortdurend dalen. Aan de basis daarvan ligt de technologische ontwikkeling van steeds compactere en steeds efficiëntere siliciumchips. Dit geldt zowel voor het maken van de allerkleinste patronen voor digitale dataverwerking, als voor circuits waarvan de afmeting bepaald wordt door eisen van mechanische en elektrische aard.

Voor de komende generaties chips voor geheugens en microprocessors zijn circuits nodig waarvan de kleinste afmetingen minder dan 20 nanometer moeten zijn (1/10.000 van een haarbreedte). Deze kunnen gemaakt worden met extreem ultraviolet (EUV) lithografie. Hiervoor zijn veel nieuwe ontwikkelingen nodig op onderwerpen als efficiënte EUV gaslasers, vacuümtechnologie, oppervlaktebehandeling en ultraprecieze bewegingsbeheersing. Tegelijk moeten deze nieuwe machines een hogere productiviteit hebben dan bestaande productiemiddelen. Hiervoor wordt samengewerkt

met bedrijven uit de hele wereld, onder meer in een gezamenlijke proefopstelling bij IMEC in Vlaanderen. Een extra complicerende factor is een mogelijke overgang van de huidige maximale maat van siliciumplakken van 300mm naar 450mm.

Verpakken van chips wordt een steeds belangrijker deel van de totale waardeketen. Vooral voor circuits waar elektrische circuits gecombineerd worden met licht (fotonica en LEDs), beweging (MEMS), vloeistoffen (fluidica) en biologische/chemische sensoren. Integraal ontwerp en betrouwbaarheid zijn belangrijke aspecten van het onderzoek, maar ook duurzaamheid bij de verwerking in eindproducten en het zoeken van alternatieven voor zeldzame grondstoffen.

De groeiende capaciteiten voor digitale dataverwerking en opslag maken het ook nodig voortdurend een verdere ontwikkelingslag te maken in het analoge domein daaromheen, waar de gegevensuitwisseling met de 'echte' wereld plaatsvindt. Dit geldt bijvoorbeeld voor de autonome detectiecircuits voor sensors die geen gebruik maken van batterijen of het lichtnet, door combinatie van zeer efficiënte schakelingen en methodes om energie van de omgeving af te tappen (*energy scavenging*). Dit geldt ook voor onderzoek naar ultrahoogfrequente en zeer precieze schakelingen die effectief om kunnen gaan met radarsignalen als alternatief voor Röntgenbeveiliging. Ook wordt onderzoek gedaan naar alternatieven voor silicium als halfgeleider, eveneens in samenwerking met IMEC. Uit de fotonica bekende compositiehalfgeleiders ('3-5 materialen') maken toepassingen mogelijk die met silicium niet te bereiken zijn. Om de ontwikkelingen in het ICT-domein vol te houden moet de overdrachtcapaciteit van chips sterk worden vergroot, waarvoor fotonica een goede oplossing kan bieden.

Het omgaan met de toenemende stroom van data in alle toepassingen vereist onderzoek op alle niveaus. Van de besturing van delen van apparaten en machines (*embedded systems*) tot de condensatie en interpretatie van gedistribueerde databases (*cloud computing*). De verwerking van grote hoeveelheden data is een alom aanwezig probleem bij radioastronomie. Signalen uit de hele wereld worden geïntegreerd om daarmee de aarde als een grote antenne te kunnen gebruiken. Ontwikkeling van oplossingen voor de resulterende datastroom kunnen zeer bruikbaar zijn in alle andere toepassingen waar zeer veel informatie in samenhang geanalyseerd moet worden.

2.1.4 Samenwerken in de Gouden Driehoek wordt steeds belangrijker...

Om de groeiambitie te realiseren zijn alle onderdelen van de Gouden Driehoek aan zet. Bedrijven moeten blijven investeren in de ontwikkeling van nieuwe sleuteltechnologieën, toepassingen en producten. Intensieve samenwerking met kennisinstellingen is daarbij een *must*. In dit samenspel kunnen overheden niet gemist worden, met de actieve inzet van specifiek beleid en regelgeving voor de topsector en het creëren van de juiste randvoorwaarden. En met een onderwijssysteem dat voldoende 'gouden handen en hoofden' aflevert. Om de potenties van de nieuwe technologieën voor het oplossen van maatschappelijke vraagstukken maximaal te benutten zullen overheden de knowhow van bedrijven en kennisinstellingen nog meer dan nu moeten inzetten.

Door de toenemende omvang en complexiteit, en om optimaal gebruik te kunnen maken van kruisbestuiving en convergentie, zal een steeds groter deel van het onderzoek naar deze nieuwe sleuteltechnologieën, oplossingen en toepassingen pre concurrentieel van aard worden en in nauwere samenwerking plaatsvinden. Met meer kennisdeling tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en kennisinstellingen, maar ook met meer risico. Deze intensievere samenwerking vergt dat kennisinstellingen niet alleen excellent zijn, maar dat zij ook hun onderzoeksprogramma's beter afstemmen op de marktvrage en de maatschappelijke agenda op de langere termijn.

In het kader van de kenniswerkersregeling als onderdeel van de crisismaatregelen van 2009 zijn belangrijke stappen gezet op weg naar een intensievere samenwerking tussen de HTSM bedrijven en de kennisinstellingen in Nederland, met name via het systeem van co-locatie. Deze werkwijze wordt door het topteam nadrukkelijk gezien als *best practice* voor toekomstige samenwerkingen.

Samenwerking stopt niet bij de grens. Nederlandse bedrijven kunnen en moeten hun aanwezigheid in buitenlandse ecosystemen, netwerken en markten vergroten en versterken door nauwere samenwerking met Nederlandse overheden. Ook Nederlandse onderzoekers vervullen internationaal een belangrijke rol; versterking van de structurele dialoog met hun buitenlandse collega's kan Nederland verder op de kaart zetten.

2.1.5 Verdere aandacht voor hightech MKB, nieuwe bedrijven en snelle groeiers noodzakelijk ...

In de verdere uitwerking van het bedrijfslevenbeleid dient rekening te worden gehouden met de kleinere bedrijven in de topsector HTSM. Dit geldt voor de instrumenten van innovatiebeleid, maar ook voor instrumenten die bedrijven helpen om buitenlandse markten te betreden. Juist kleinere bedrijven kunnen hulp om hun netwerken uit te breiden in het buitenland goed gebruiken.

Voor alle bedrijven, maar zeker voor het MKB, zijn duidelijke, overzichtelijke instrumenten met snelle procedures en afhandelingstermijnen een *must*. Kennisoverdracht vanuit de kennisinstellingen naar het MKB dient laagdrempelig te worden georganiseerd, met een rol voor Syntens en regionale ontwikkelingsmaatschappijen. Naast de grootschalige publiek-private samenwerkingen, blijven voor het MKB ook kleinschalige en kortdurende verbanden van belang. De Innovatieprestatiecontracten zijn een succesvol model, evenals de innovatieregelingen voor het MKB binnen de Europese Structuurfondsen. Voor de hele topsector, en vooral het hightech MKB, kunnen de SBIR en het innovatiegericht inkopen door de overheid uitgroeien tot zeer belangrijke instrumenten. De voorspelbaarheid en transparantie moeten dan wel aanzienlijk verbeterd worden.

Om een continue *aanwas van succesvolle nieuwe bedrijven* te waarborgen, dient in het technisch onderwijs het ondernemerschap op alle niveaus te worden gestimuleerd. Praktische vaardigheden van ondernemerschap dienen een prominente plaats te krijgen in de technische onderwijsprogramma's. Professionele begeleiding van starters door ondernemers werpt vruchten af. De behoefte aan *seed capital* voor technostarters is adequaat afgedekt via bestaande regelingen en investeringsfondsen, onder andere door de regionale ontwikkelingsmaatschappijen. Deze programma's dienen te worden gecontinueerd.

De gebruikelijke incubatietijd van HTSM starter tot snelle groeier van middelgrote omvang ligt op 10 tot 15 jaar. Daarmee weten we dat de nieuwe grotere bedrijven van 2015 nu al onder ons zijn. Het blijft echter een grote uitdaging om nieuwe middelgrote bedrijven in ons land tot ontwikkeling te brengen. De HTSM sector kent te weinig van deze snelle groeiers. Naast goede randvoorwaarden zijn ambitie en ondernemerschap de basis voor groei. Daarvoor is en blijft *ondersteuning* nodig. Het programma Groeiversneller is daarbij een voorbeeld; van dit programma wordt tot nu toe vooral door HTSM ondernemers gebruik gemaakt.

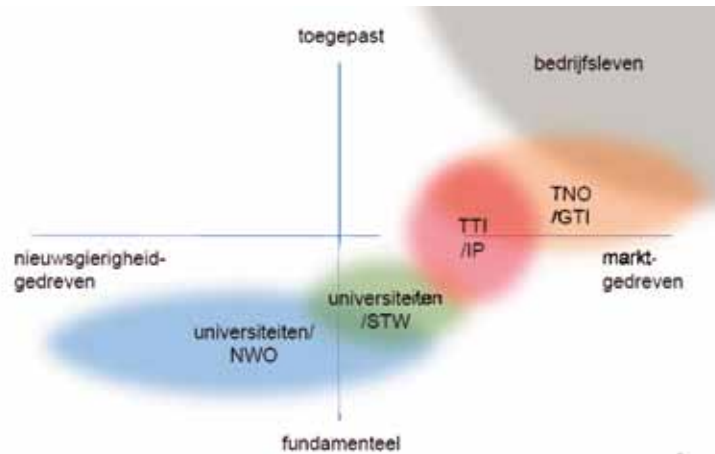
Snelgroeiende hightech bedrijven hebben vaak een naar verhouding grote initiële financieringsbehoefte, die nodig is om de beruchte *valley of death* te overbruggen. Er zullen nieuwe investeringsfondsen en instrumenten voor de snelle groeiers moeten komen, waarbij ook het Europese Investeringsfonds en private organisaties dienen te worden betrokken. Voor de innovatieve koplopers binnen het MKB zijn instrumenten voor kennisontwikkeling, zoals het innovatiekrediet, belangrijk.

2.2 Kennis en innovatie

2.2.1 Een kwalitatief hoogwaardig ecosysteem...

Bedrijven vormen de noodzakelijke brug van kennis en kunde naar kassa. In de topsector HTSM wordt 22% van het private onderzoek verricht in publiek-privaat verband, in de vorm van *in-kind* en *in-cash* investeringen bij publieke kennisinstellingen.

Figuur 2.2: Rolverdeling in onderzoek tussen bedrijven, kennisinstituten en universiteiten



Bron: Topteam HTSM

TNO en NLR richten zich op de vertaalslag van kennis naar kunde. Universiteiten en NWO-instituten zijn vooral gericht op de meer fundamentele kennisvragen waarbij vanuit de grote universitaire instituten veel startende ondernemers ontstaan. De TTI-georiënteerde programma's Holst Centre, ESI en M2i nemen een tussenpositie in, met een combinatie van toepassingsgerichte en fundamentele activiteiten. Dit zijn nieuwe werkvormen voor publiek-privaat onderzoek met een grote industrie-inbreng, zowel in sturing, menskracht als geld. Karakteristieken zijn intensieve samenwerking tussen alle partners, een sterke marktrealisatie en een toenemend aandeel buitenlandse bedrijven. Nadelen in de huidige situatie zijn de grote fragmentatie in organisatie en de financiering op incidentele basis.

2.2.2 Hoge investeringen in publieke en private R&D en R&D samenwerking noodzakelijk...

De HTSM industrie is met afstand de grootste R&D-investeerder in Nederland. Met jaarlijkse investeringen van ongeveer € 2,2 miljard nemen de HTSM bedrijven bijna de helft van de totale private R&D uitgaven in Nederland voor hun rekening. Bedrijven investeren daarvan bijna € 500 miljoen per jaar in samenwerkingsverbanden met andere bedrijven en publieke kennisinstellingen (zie tabel 2.2, onder huidige situatie). De rijksoverheid en publieke kennisinstellingen investeren jaarlijks eveneens ongeveer € 500 miljoen in HTSM relevant onderzoek, met inbegrip van het relevante fundamentele wetenschappelijke onderzoek. De publieke R&D-investeringen in HTSM beslaan daarmee 9% van de totale publieke R&D-uitgaven in Nederland. Bedrijven en kennisinstellingen investeren met deze middelen in gezamenlijke onderzoeksroadmaps.

De groeiambities van de topsector HTSM vragen om blijvend hoge investeringen in private R&D, maar ook om meegroeiende investeringen in publieke kennisinfrastructuur en in publiek-privaat onderzoek. De onderzoeksroadmaps laten zien dat er weliswaar grote kansen liggen, maar dat onderzoekers nog veel vragen zullen moeten oplossen. Het merendeel van deze bedrijfsmatige R&D staat dicht genoeg bij de markt om zichtbare rendementen op te leveren. Maar er is ook fundamenteel en toegepast pre concurrentieel onderzoek nodig. Het bedrijfsleven erkent de intrinsieke waarde van zuiver wetenschappelijk onderzoek, dat soms verrassende inzichten voor bedrijven oplevert. Bedrijven voeren met andere bedrijven en kennisinstellingen steeds meer toegepast pre concurrentieel onderzoek uit, omdat de complexiteit van nieuwe technologieën hierom vraagt. Bij fundamenteel en pre concurrentieel onderzoek ligt er een legitieme overheidsrol: vanwege de *spillovers* van dit onderzoek naar andere bedrijven en de bijdrage aan de publieke doelstellingen van de roadmaps. Omdat AIO's vaak dit type onderzoek uitvoeren, zorgt dit type onderzoek ook voor de dringend noodzakelijke aanwas van nieuwe onderzoekers voor bedrijven.

Het belang van kennisintensiteit wordt in de ons omringende landen onderkend, wat geleid heeft tot zware investeringsprogramma's in onderzoek en innovatie in deze landen (Agoria 2011). De overheid moet daarom waken over een *level playing field*. Daarnaast nemen opkomende economieën, vooral China, op kennisgebied een steeds belangrijker positie in. Voor internationale bedrijven wordt het daarom aantrekkelijk hun R&D uit te breiden naar die landen. Ook de nabijheid van markten en kostenaspecten spelen daarbij een rol.

2.2.3 De groeiambities van de topsector HTSM maken keuzes noodzakelijk ...

Om de groeiambities te realiseren zullen bedrijven hun private R&D-uitgaven moeten opvoeren van tot € 3,5 miljard per jaar in 2020. Waarmaken van de groeiambities vergt tevens hoge investeringen in publieke kennisinfrastructuur en publiek-private samenwerking. De realisatie van de onderzoeksroadmaps en de daarmee verbonden groeiambities vraagt om forse keuzes, omdat zonder extra maatregelen het HTSM publiek-private onderzoeksprogramma zal *halveren*. Tabel 2.2 laat de gevolgen zien van het wegvallen van de programmatische financiering en de verwachte korting op de budgetten van TNO, NLR en NWO (zie rij Resultaat van generieke kortingen 2015).

Tabel 2.2: Scenario's voor investeringen in HTSM onderzoek per 2015 (in mln euro*)

	Bijdrage Bedrijven	Bijdrage Rijksoverheid	Matching universiteiten	Bijdrage EU	Totaal Investeringsen
Huidige situatie	488	365	145	101	1099
Resultaat voorziene generieke kortingen 2015	243	145	100	92	580
Topteam voorstel per 2015, binnen gestelde kaders Bedrijfslevenbrief	508	368	175	101	1152

Bron: topteam HTSM. * Gemiddelde kasstromen op jaarbasis, in prijzen 2011.

Uitgaande van de budgettaire kaders in de Bedrijfslevenbrief (TK 32637, nr. 1), acht het topteam vier keuzes noodzakelijk om tenminste de uitvoering van de bestaande onderzoeksroadmaps te kunnen continueren:

1. Het instellen van een revolverend fonds voor innovatiekredieten betekent vooral voor het MKB een interessante financieringsbron voor R&D dat relatief dicht bij de markt staat.
2. Bedrijven zullen hun bijdragen aan toegepast pre concurrentieel onderzoek in samenwerking met publieke kennisinstellingen moeten intensiveren. Daarvoor is een toespitsing van de beoogde WBSO-verhoging op het stimuleren van publiek-private samenwerking nodig.
3. Publieke kennisinstellingen zullen een groter deel van hun inzet moeten gaan inzetten op HTSM-relevant onderzoek, zowel fundamenteel als toegepast pre concurrentieel.
4. De rijksoverheid zet in op evenredige deelname van Nederlandse bedrijven in EU-programma's door het handhaven van de rijksbijdrage op het huidige niveau.

2.2.4 Bestaande spelers in nieuwe rollen, in sterkere samenhang en met meer focus...

Deze keuzes hebben ingrijpende consequenties voor de betrokken bedrijven en kennisinstellingen en vragen om nieuwe vormen van samenwerking tussen de partijen in de Gouden Driehoek. Het topteam adviseert het kabinet om te kiezen voor nieuwe vormen van publiek-private samenwerking, waarbij een regieorgaan een coördinerende rol speelt. Vertrekpunt voor de programmering van onderzoek in bedrijven en publieke kennisinstellingen vormen de al bestaande *roadmaps*, zoals beschreven in paragraaf 2.1.3. Deze worden waar nodig verder uitgewerkt door bedrijven en kennisinstellingen, gevalideerd binnen de thematische stuurgroepen en bekrachtigd door de regiegroep HTSM (zie voor deze nieuwe *governance* en nadere taakbeschrijving ook hoofdstuk 3). De *roadmaps* en het daarop gebaseerde onderzoek worden gefinancierd in lijn met het financiële voorstel van het topteam HTSM (zie tabel 2.2). De *lead* bij het starten van thematische stuurgroepen en de uitwerking van *roadmaps* ligt in beginsel bij clusters van bedrijven. Het is daarbij verstandig voort te bouwen op bestaande netwerken en ecosystemen. In de toekomst kunnen deze netwerken worden uitgebreid of aangepast.

Op basis van de *roadmaps* worden relevante partijen benaderd om hun bijdragen aan de geformuleerde onderzoeksprogramma's te verkennen. Deze verkenningen moeten leiden tot gefinancierde onderzoeksprogramma's die relevant zijn voor het bedrijfsleven en waarvan de valorisatie van meet af aan is meegenomen in de programmering. Er moet op worden toegezien dat relevante partijen hun bijdragen hebben kunnen leveren dan wel gemobiliseerd worden. Daarbij moet in het bijzonder worden gedacht aan MKB's en buitenlandse partijen.

2.2.4.1 Innovatiekredieten

Het voorstel in de Bedrijfslevenbrief om de ruimte voor innovatiekredieten te verruimen is zeer geschikt voor het financieren van onderzoek dat relatief dicht bij de commerciële fase van de productcyclus zit. Als bedrijven gezamenlijk of individueel prototypes willen ontwikkelen en testen, is het logisch dat bedrijven bereid zullen zijn om bij een succesvolle ontwikkeling het krediet terug te betalen. Daarmee ontstaat een revolverend fonds, met middelen die steeds opnieuw voor het ontwikkelen van nieuwe producten kunnen worden ingezet. Dit innovatiekrediet is zeer geschikt voor MKB-bedrijven, die zich doorgaans richten op concrete productontwikkeling. Daarbij moet het krediet in een subsidie kunnen worden omgezet als het ontwikkelingstraject mislukt. Dit instrument is minder geschikt voor bedrijven met een Amerikaanse moeder of grote bedrijven, die doorgaans voldoende kredietwaardig zijn. Het topteam adviseert het kabinet om bij de uitwerking van dit instrument rekening te houden met de kenmerken van specifieke clusters, zoals de vliegtuigbouw met haar zeer lange ontwikkelings- en terugbetalingstermijnen van soms wel 30 jaar. Uitgaand van een jaarlijkse kredietstroom van € 100 miljoen, zal de topsector HTSM daarvan naar verwachting op de helft daarvan, ofwel € 50 miljoen, een beroep doen.

2.2.4.2 Bedrijfsinvesteringen, via fiscale stimulering ('Research & Development Aftrek' - RDA)

Bedrijven zullen een groter deel van het publiek – private onderzoek moeten financieren om het totale niveau op peil te houden. Een extra aftrek in de vennootschapsbelasting voor R&D kosten anders dan loonkosten van eigen personeel kan hiervoor de gewenste stimulans zijn, overeenkomstig de RDA regeling die nu in ontwikkeling is. De huidige R&D-uitbesteding in HTSM is ongeveer € 130 miljoen. Het belastingvoordeel uit de nieuwe RDA zal de industrie herinvesteren bij Nederlandse kennisinstellingen. Bij de vormgeving van de nieuwe RDA moet het *level playing field* van R&D van grote bedrijven in Nederland in het oog worden gehouden. Deze topinvesteerders in R&D lopen thans tegen het in de WBSO ingebouwde plafond (*cap*) aanlopen, dat iedere extra onderzoeker onnodig duur maakt. Het topteam adviseert om deze *cap* te heroverwegen, opdat de totale productieketens (inclusief MKB) zich in Nederland kunnen blijven ontwikkelen.

2.2.4.3 TNO+/GTI

Bij het TNO en het GTI NLR werken onderzoekers aan verschillende vormen van toegepast onderzoek. Soms in opdracht van het bedrijfsleven, soms in opdracht van overheden. Een goed voorbeeld van het laatste zijn de taken die TNO en het NLR uitvoeren voor het Ministerie van Defensie. Met deze focus op toegepast onderzoek is de relevantie van TNO en het NLR voor de vragen van bedrijven en overheden van meet af aan relatief goed geborgd.

Het is wenselijk dat in de komende periode de vraaggerichte oriëntatie van TNO en het NLR verder wordt versterkt. Het door TNO en het NLR gefinancierde onderzoek moet worden gericht op de *roadmaps* van het bedrijfsleven. Zij leveren deze bijdrage overigens vanuit hun eigen expertise en ervaring met het uitvoeren van toegepast onderzoek. Voor een effectieve uitvoering zullen bestaande werkwijzen binnen TNO op een aantal punten vernieuwd moeten worden, op basis van bestaande *best practices* uit TTI en IP voor publiek-privaat onderzoek in HTSM. Daarmee kan zeker gesteld worden dat ook de corresponderende bedrijfsinvesteringen mee verhuizen naar de nieuwe programma-omgeving.

De Bedrijfslevenbrief geeft € 250 miljoen aan als de voor de topsectoren in te vullen middelen vanuit TNO/GTI/DLO. Rekening houdend met het aandeel van de topsector HTSM van bijna 50% van alle private R&D-investeringen, gaat het topteam uit van een toerekening van 50% van dit bedrag aan HTSM. Dit komt neer op € 85 miljoen, ofwel een verhoging van € 25 miljoen ten opzichte van de huidige allocatie van middelen. Het topteam adviseert om dit verschil in te zetten bij TNO, in het kader van de voorgestelde vernieuwing van de werkwijze.

2.2.4.4 Holst Centre

Het is wenselijk de toekomst van het Holst Centre financieel te borgen. Holst wordt thans gefinancierd door bedrijven, TNO, het Belgische IMEC en de Nederlandse overheid. Het brengt Nederlandse en internationale bedrijven bijeen in gezamenlijke openinnovatieprogramma's en heeft daarmee sinds de start in 2005 een sterke internationale reputatie weten op te bouwen. Doorbraken zijn gerealiseerd op onder andere OLED verlichtingstechnologie en extreem energiezuinige sensoren die op en in het menselijk lichaam kunnen worden gebruikt. Holst Centre heeft een voortdurende groei van industriële deelname bewerkstelligd en heeft ambitieuze verdere groeiplannen voor impact, deelname en hefboomwerking op de overheidsbijdrage. De bijdrage van de Nederlandse overheid bedraagt thans 45% van de totale

omzet, maar kan dalen naar 33% doordat bedrijven uit binnen- en buitenland een steeds groter deel van de investeringen voor hun rekening nemen. Het topteam adviseert om voor de basisfinanciering van het Holst Centre na afloop van de huidige committering in 2012 een investering van € 18 miljoen op jaarbasis vrij te maken.

2.2.4.5 Europese R&D projecten

Het succes van de Nederlandse topsector HTSM is mede het gevolg van duurzame samenwerking in door de industrie gedreven Europese R&D programma's. Internationale publiek-private samenwerking in HTSM vindt plaats in de onderzoeksprogramma's van de Europese Commissie, en in de EUREKA-clusters voor ICT, ITEA2 en Catrene. Op dit moment dragen de Nederlandse partijen 20% van de totale programmaomvang. Alle betrokken sleutellanden steunen hun nationale deelnemers in de vorm van 'grants'. In JTI-projecten met Nederlandse partners voegt de Europese Unie 70 eurocent toe aan iedere euro die door Nederland als 'grant' wordt toegekend. Het topteam HTSM adviseert om het internationale deel van Point-One te handhaven, met een rijksbijdrage die in balans is met de inbreng van de andere sleutellanden. Het voorgestelde niveau is € 20 miljoen per jaar, waarmee tevens continuïteit voor de EU co-financiering van € 9 miljoen wordt zeker gesteld.

Vanaf 2013 start het *Common Strategic Framework for Research and Innovation*, de opvolger van het huidige FP7 programma. De technologische prioriteiten daarvan worden ingevuld met een centrale rol voor de *Key Enabling Technologies* (KET's) nanotechnologie, micro- en nano-elektronica, fotonica, *advanced materials*, *advanced manufacturing systems*, en industriële biotechnologie. Deze liggen alle, met uitzondering van de laatste, in het hart van de topsector HTSM, reden temeer om als Nederland actief bij Europa aangesloten te blijven.

2.2.4.6 NWO+

Het NWO heeft als wettelijke taak het financieren van (hoofdzakelijk) fundamenteel onderzoek aan universiteiten en para-universitaire instituten. De relevantie van fundamenteel onderzoek voor de topsector HTSM neemt alleen maar toe. Dit geldt niet alleen vanwege de toenemende complexiteit van de basistechnologieën, maar ook vanwege het groeiende belang van wetenschappelijk onderzoek als kweekvijver voor schaars wetenschappelijk talent. Het topteam HTSM acht een grotere rol van het NWO in het financieren van *roadmaps* wenselijk, in het bijzonder voor de onderzoekstrajecten met een fundamenteel onderzoekskarakter. Daarbij moet de kracht van NWO als hoeder van het wetenschappelijk niveau worden benut. Dat vraagt om maatwerk per *roadmap*. Wetenschappers die zich richten op fundamentele onderzoeksvragen kunnen zich laten inspireren door directe vragen uit de markt en door weerbarstige vragen en knelpunten die ingenieurs in de praktijk tegenkomen. In de huidige STW-programma's is al sprake van een nauwe aansluiting tussen universitair onderzoek en vraagsturing uit het bedrijfsleven.

De Bedrijfslevenbrief geeft € 350 miljoen aan als de voor de topsectoren in te vullen middelen vanuit NWO/KNAW. Uitgaande van het aandeel van de topsector HTSM van 50% in de totale private R&D-uitgaven, gaat het topteam uit van een toerekening van 50% van dit bedrag aan de topsector HTSM. Dit komt neer op € 175 miljoen. Hiervoor is een forse verschuiving nodig binnen de NWO-koepel van middelen ten gunste van de bèta- en technische wetenschappen. Het topteam realiseert zich dat deze verschuiving niet eenvoudig zal zijn.

Met deze verruiming van € 45 miljoen ten opzichte van de huidige € 130 miljoen wordt op termijn de financiële ruimte gecreëerd om de AIO projecten en onderdelen van Mzi en ESI vanuit NWO te financieren. Voor een effectieve uitvoering zullen bestaande werkwijzen binnen NWO op een aantal punten vernieuwd moeten worden, op basis van bestaande *best practices* voor publiek-privaat onderzoek in TTI's, innovatieprogramma's en binnen de NWO-koepel (zoals bijvoorbeeld FOM en STW). De budgetverschuiving binnen NWO/KNAW heeft ook tot doel een groter aandeel van de overheidsmiddelen uit de 1^e geldstroom te laten landen in gebieden en studierichtingen die van belang zijn voor HTSM. Hiermee kan ook de gewenste kwantiteit van het wetenschappelijke onderwijs (aantallen academici) in de toekomst verhoogd worden. Daarbij staat voorop dat de verschuiving niet ten koste mag gaan van wetenschappelijke kwaliteit, en ook niet van het aandeel vrij onderzoek binnen het NWO programma.

2.2.4.7 Overige financieringsmogelijkheden

Voor de financiering van *roadmaps* moeten ook andere financieringsmogelijkheden worden onderzocht. Zo kunnen koppelingen van de *roadmap* aan maatschappelijke uitdagingen interessante verbindingen opleveren met

departementale onderzoeksagenda's en openbare aanbestedingen. De bijdrage die hightech bedrijven kunnen leveren aan investeringen in ontwikkelingslanden kunnen interessante coalities opleveren met hulporganisaties met daaraan gekoppelde financieringsbronnen. Tenslotte kunnen regionale overheden en regionale ontwikkelingsmaatschappijen - ook in combinatie met de inzet van Europese Structuurfondsen - interessante samenwerkingspartners vormen voor de implementatie van de *roadmaps*.

2.2.5 Onder zorgvuldige begeleiding van het transitietraject ...

Als gevolg van langjarige verplichtingen zal de additionele financiering voor TNO en vooral NWO maar zeer geleidelijk beschikbaar komen. Naar verwachting kan de gevraagde verschuiving pas in 2015 volledig geïmplementeerd worden. Tegelijk is continuïteit van de lopende TTI en IP activiteiten en *roadmaps* essentieel om geen kennis en resultaten verloren te laten gaan, ook in menskracht. Het bedrijfsleven zal gestimuleerd worden om de extra middelen uit RDA belastingaftrek direct in te zetten om de TTI programma's tijdens de transitie volwaardig te kunnen laten functioneren. Het topteam vraagt het Ministerie van EL&I om tijdens de transitie zorg te dragen voor continuïteit van de betreffende TTI-activiteiten.

2.2.6 Versterking universitaire infrastructuur en vooral 3TU-model cruciaal...

De technische universiteiten zijn voor de topsector HTSM een cruciaal onderdeel van de kennisinfrastructuur. Gezien de toenemende technologische uitdagingen, de toenemende vraag naar kenniswerkers en de zorg om instroom van nieuwe studenten is het zeer gewenst dat nieuwe stappen worden gezet op het 3TU pad. In onderzoek ontbreekt het nog altijd aan de nodige focus en massa. De TU's lijken nu in Nederland vooral complementaire samenwerking te zoeken, zoals Delft met Rotterdam en Leiden. Hoewel waardevol, is dit niet voldoende.

Nederland moet opnieuw en verder op weg naar het model van één geïntegreerde TU op wereldniveau, met specialisaties in drie vestigingen. Het topteam adviseert om een nieuw plan op te stellen met meer ambitie en meer financiële consequenties, waarin de 3 TU's bovendien vergaande afspraken te maken over onderzoekscapaciteiten en infrastructuur. Investeringen in grootschalige onderzoeksinfrastructuur door bedrijven en kennisinstellingen dienen bovendien goed op elkaar te worden afgestemd. Ook zal het gebruik van deze infrastructuur optimaal moeten zijn. De inzet van publiek-private samenwerking is immers het delen van kosten door capaciteit samen te brengen, en onderling te verdelen, waardoor meer complexe vraagstukken kunnen worden opgelost.

2.3 Scholing en arbeidsmarkt

2.3.1 Aantrekken en vasthouden van talent op alle niveaus knelpunt voor ondernemers...

De topsector HTSM heeft net als andere sectoren in Nederland te maken met een toenemende schaarste aan talent, kennis en kunde. De structurele trends die daaraan ten grondslag tikken voor de hightech sector echter harder door. Voor ondernemers is deze schaarste een groot knelpunt voor verdere groei. Tot 2014 verwacht de sector tekorten op HBO/WO-niveau en op MBO-niveau met een omvang van circa 10.000 respectievelijk 30.000 bètatechnici. Deze tekorten worden verergerd door het feit dat het aandeel HTSM werknemers in R&D stijgt en de concurrentie van andere sectoren op de arbeidsmarkt toeneemt als gevolg van een groeiende algehele krapte in het arbeidsaanbod. Daarbij geldt dat afgestudeerden in een technische richting ook in andere sectoren aan de slag kunnen, en dat vaak ook doen, terwijl voor niet-technisch geschoolden het omgekeerde *niet* mogelijk is. De structureel dalende omvang van de beroepsbevolking onder invloed van vergrijzing (uitstroom van de *babyboom* generatie) heeft niet alleen gevolgen voor de HTSM industrie, maar ook voor het onderwijs, met een groeiend tekort aan vakdocenten, bijvoorbeeld in het MBO.

Technici en vakspecialisten blijven nodig om het hoofd te kunnen bieden aan de technologische uitdagingen van de topsector. Tegelijk gaan de ontwikkelingen snel en nemen de eisen die aan werknemers gesteld worden toe, met sterkere aandacht voor samenwerking in teams en het communiceren met andere disciplines. Kennis bijhouden en bijspijkeren en daarmee het belang van leven lang leren worden steeds belangrijker. Leven lang leren is nu nog onvoldoende geborgd, zeker in het MKB, en met (te) weinig betrokkenheid van de onderwijsinstellingen.

Zonder voldoende 'handen en hoofden' kan Nederland niet profiteren van de groeiperspectieven die de topsector HTSM biedt. Zonder voldoende mensen zijn bedrijven gedwongen om productie te verplaatsen en uit te besteden naar het

buitenland, daalt de bijdrage van deze sector aan onze welvaart en groeit de kwetsbaarheid van het bestaande hightech ecosysteem. De komende vergrijzing, de beperkte instroom van buitenlandse kenniswerkers en de instroom en kwaliteit van het huidige onderwijs geven daarbij reden tot veel zorg. Een topsectoraanpak betekent dat de behoefte van topsector HTSM veel prominenter naar voren moet komen.

2.3.2 Aantrekken van buitenlands talent ...

De kwantitatieve en kwalitatieve *mismatch* op de HTSM arbeidsmarkt vraagt om adequate oplossingen voor de korte en de langere termijn. Het kunnen aantrekken van buitenlands talent is voor de internationaal opererende topsector als HTSM een *must*. De bètamarkt voor hoger opgeleiden is in steeds sterkere mate een internationale markt waarin bovendien wereldwijd wordt geconcurrereerd om de *'best brains'*. In de bestaande regelingen voor buitenlandse kenniswerkers is de afgelopen jaren veel verbeterd. Tegelijkertijd zijn er nog steeds problemen. Zo wordt het binnenhalen van tijdelijke arbeidskrachten nog steeds als bureaucratisch en duur ervaren. Het inzetten van tijdelijke arbeidskrachten vanuit het buitenland kan goedkoper en sneller. De topteam steunt het voorstel om met een notificatieplicht te werken in plaats van met een tijdelijke werkvergunning en het begrip kenniswerker verder uit te breiden tot MBO-plus niveau. Dit is vooral van belang in de verdere samenwerking met klanten en werkgevers van buiten de EU. Het aantrekken van buitenlandse kenniswerkers vergt een liberaal immigratieklimaat en een expatvriendelijk woon- en leefklimaat met goede regionale faciliteiten om kenniswerkers te laten 'landen'. Wat dit laatste betreft zijn vooral regionale overheden aan zet, zoals bijvoorbeeld ook nadrukkelijk wordt onderkend in de *Brainportagenda 2020*.

2.3.3 Verder verbeteren van imago van bèta en techniek onder jongeren.....

Oplossingen liggen tevens in een versterking van de zichtbaarheid en profilering van zowel de HTSM industrie als van het technisch onderwijs onder jongeren. Hier bevindt zich immers het talent van morgen. Er ligt nog steeds een grote uitdaging om jongeren voor bètavakken en techniek te interesseren. Profilering door bedrijven en scholen is daarbij zeer belangrijk. Sterkere profilering kan door de kansen en mogelijkheden die het HTSM bedrijfsleven biedt veel beter naar voren te brengen. Bovendien moeten de technische opleidingen zelf zich veel explicieter profileren.

Recente gegevens geven aan dat meer dan de helft van de studenten massaal kiest voor gammavakken. Het verwachte inkomen blijkt in deze keuze nauwelijks een rol te spelen; jongeren kiezen veelal voor een opleiding die aansluit bij hun directe belangstelling. Het technisch onderwijs komt in de beeldvorming nauwelijks als zelfstandige richting uit de verf. Waar vroeger MTS, HTS en vakscholen zichtbaar aanwezig waren, zijn deze opleidingen nu verborgen achter de façades van grote onderwijsconglomeraten, zoals de ROC Eindhoven of Hogeschool InHolland.

2.3.4 Technisch onderwijs weer zichtbaar en herkenbaar maken met betrokkenheid bedrijfsleven...

Het topteam adviseert het tijt te keren door het technisch beroepsonderwijs op VMBO-, MBO- en HBO-niveau weer een eigen, herkenbare plaats te geven binnen het onderwijsveld. Het kleinschalig technisch onderwijs, met nauwe banden met het bedrijfsleven, moet weer zichtbaar worden voor jongeren. Het technisch onderwijs van alle niveaus dient bovendien beter gekoppeld te worden met de industrie. De nog bestaande bedrijfsvakscholen – zoals de Leidse Instrumentmakersschool en het Tata Steel Training Centre - bieden inspirerende voorbeelden.

HTSM bedrijven zijn nu al actief betrokken bij scholing en arbeidsmarkt, via deeltijdhoogleraren, AIO-programma's, gastcolleges, HBO lectoren en stageplekken op alle niveaus. Toch is verdere actie van bedrijven nodig. De bestaande onderwijsinstellingen en het bedrijfsleven in de regio moeten daarvoor samen de handen ineen slaan, te beginnen in de regio Zuidoost-Brabant en Twente. Er moeten meer vaklieden voor de klas komen en meer jonge medewerkers moeten langs scholen om te laten zien dat techniek *'cool'* is. Bedrijven moeten structureel het tekort aan vakdocenten verlichten door – wellicht fiscaal gefaciliteerd – werknemers uit te lenen aan scholen.

Met de voorgestelde invoering van een expliciet en voor de buitenwereld goed zichtbaar profiel van technische opleidingen wordt het voor bedrijven veel eenvoudiger werk- en carrière mogelijkheden na de opleiding zichtbaar te maken. In Twente zijn bij Saxion op dit pad al belangrijke stappen genomen. In Eindhoven en Helmond zijn doorlopende leerlijnen en nieuwe opleidingen opgericht voor automotieve (MBO/HBO/WO).

2.3.5 Verbeteren opwaartse en neerwaartse mobiliteit van studenten: het onderwijs aan zet...

De interne mobiliteit van studenten tussen onderwijsinstellingen, opwaarts (van MBO, naar HBO, naar WO) maar ook neerwaarts, dient sterk te verbeteren. Technische opleidingen zijn relatief moeilijk en vragen veel van jongeren en studenten. Maar we kunnen het ons niet meer veroorloven om studenten voor wie het WO te zwaar bleek, niet actief te begeleiden naar het HBO, of van het HBO naar het MBO. Ook de doorstroom van HAVO-leerlingen naar technische opleidingen moet omhoog. Onderwijsinstellingen staan gezamenlijk aan de lat om de mobiliteit te vergroten en geen talent te vermorsen. Veel opleidingen pakken deze ketenbenadering op door te clusteren op een campus, zoals bij de drie TU-locaties. Deze clustering en samenwerking moet stevig ondersteund worden.

2.3.6 Betere regionale inbedding en coördinatie, in nationale regie...

Nationale regie voor de gewenste verandering in het technisch onderwijs is noodzakelijk. Maar tegelijkertijd is herkenbaar technisch onderwijs per definitie maatwerk. In de regio's waar het hightech bedrijfsleven prominent aanwezig is, zoals Zuidoost-Brabant en Twente, zijn bedrijven veelvuldig betrokken bij het technisch beroepsonderwijs. De Taskforce Onderwijs en Arbeidsmarkt in de regio Eindhoven is daarvan een goed voorbeeld. Tegelijk geldt dat het regionale speelveld vaak als zeer complex en stroperig wordt ervaren, met veel verschillende en soms tegenstrijdige belangen (onderwijs, bedrijfsleven, werkgevers, vakbonden, gemeenten, UWV, IND, etc). Dit leidt tot gebrek aan slagkracht.

Het topteam adviseert structurele actie in de regio, binnen het bestaande onderwijsbudget. Onderwijsinstellingen en bedrijven moeten aan tafel om de slagkracht te vergroten en concrete initiatieven te ontwikkelen, in ieder geval in de regio's Zuidoost-Brabant en Twente. Hierbij kan worden voortgebouwd op de ervaringen met de Centra voor Innovatief Vakmanschap (MBO) en Centres of Excellence (HBO). Dat het bestaande budget voor deze succesvolle initiatieven verdwijnt, moet een extra prikkel vormen om de financiering van dit type scholen *structureel* te verankeren. De voortgang van deze initiatieven behoort nadrukkelijk tot de taken van het nationale regieorgaan HTSM. Op nationaal niveau moet dit proces ook meer algemeen worden gecoördineerd en gefaciliteerd. Zo verdient de nieuwe langstudeerdersregeling heroverweging; zij fungeert juist als een prikkel om te kiezen voor een eenvoudige studie, die zonder veel moeite binnen de nominale studieduur kan worden gerond. En net als in Duitsland kan het volgen van een bèta-opleiding worden gestimuleerd met een lager collegegeld. Bedrijven kunnen beurzen verstrekken aan studenten.

Het topteam bepleit tevens uitvoering van de structurele onderwijshervormingen, zoals verwoord in het advies van de Commissie Veerman, met name ook de vorming van Centra voor Innovatief Vakmanschap (MBO) en Centres of Excellence (HBO). De activiteiten van het Platform Bèta Techniek moeten bovendien worden gecontinueerd.

2.4 Maatschappelijke uitdagingen en duurzaamheid

2.4.1 De overheid als innovator...

De topsector HTSM biedt technologische oplossingen in alle domeinen van de maatschappelijke agenda. Hiervan zijn diverse aansprekende voorbeelden te geven (zie paragraaf 2.2). In het zoeken naar oplossingen van maatschappelijke uitdagingen en duurzaamheid is een belangrijke rol weggelegd voor de overheid. De samenwerking met de topsector HTSM en de overheid (Defensie, Rijkswaterstaat) laat aansprekende resultaten zien. De overheid kan echter nog veel meer een beroep doen op de topsector HTSM om maatschappelijke vraagstukken op te lossen. Ook kan de dienstverlening van de overheid zelf verbeterd worden door nieuwe technieken. Dergelijke projecten kunnen bovendien de topsector HTSM internationaal in de etalage plaatsen, zoals dat met de Deltawerken het geval is geweest.

Door innovatiegericht inkopen kan de overheid een belangrijke rol spelen bij het realiseren van innovatieve en kosteneffectieve oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen. In Nederland maar ook in Europa worden overheidsinkopen nog onvoldoende benut voor het oplossen van maatschappelijke vraagstukken, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de VS. In 2007 werd door de Amerikaanse overheid (exclusief defensie) voor ruim € 14 miljard innovatiegericht aanbesteed, terwijl dit bedrag voor de EU bleef steken op ruim € 2 miljard. Hier is dus nog een wereld te winnen.

De mogelijkheden voor innovatiegericht inkopen zijn evident. In Nederland wordt jaarlijks ongeveer €70 miljard door de overheid aanbesteed, waarvan € 15 miljard door de rijksoverheid en € 55 miljard door decentrale overheden. De grootste

aanbesteders bij de rijksoverheid zijn Defensie, Rijkswaterstaat en de Rijksgebouwendienst. Binnen de rijksoverheid zijn er verschillende departementen die interesse tonen voor technologische oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken op het terrein van duurzaamheid, gezondheidszorg, mobiliteit, veiligheid en energie. Sensors en sensornetwerken spelen daarbij vaak een rol.

Er zijn concrete voorbeelden van plaatsen waar de overheid de ontwikkelingen in de topsector kan versnellen. Het topteam ondersteunt de volgende initiatieven. Wegbeheerders, waaronder Rijkswaterstaat, zijn essentiële medespelers in de ontwikkeling van intelligente systemen voor verkeersmanagement. Om zulke systeem te kunnen onderzoeken is een permanente testomgeving in de publieke omgeving een essentieel element. In dit verband is de *Dutch Integrated Testsite for Co-operative Mobility* (snelweg A270 Eindhoven-Helmond) en het stimuleringsprogramma elektrisch rijden een voorbeeld. Op het gebied van duurzaamheid kan de overheid bijdragen door de marinebasis Den Helder, met 20% van het totaal de grootste publieke gebruiker van energie, aan te wijzen als proeftuin voor energiezuinige gebouwen en verlichting. In Nederland worden revolutionaire onderhoudsconcepten voor vliegtuigen ontwikkeld. De overheid kan dit versterken door de luchtbasis Woensdrecht in te richten als internationale hub.

2.4.2 Een streefgetal voor innovatiegericht inkopen...

De Europese Commissie heeft innovatiegericht inkopen door de overheid als speerpunt benoemd. Het is van belang dat Nederland hierop aansluit. Het topteam stelt voor om een einde te maken aan de vrijblijvendheid en een streefgetal voor innovatiegericht inkopen te introduceren van 2,5% van alle overheidsaankopen en aanbestedingen per 2015. Bij een totale inkoop door de overheid van € 70 miljard per jaar komt dit neer op een jaarlijkse impuls van € 1.750 miljoen. Een dergelijke omvangrijke stimulans voor onderzoek, ontwikkeling, marktintroductie en inkoop zal ook doorwerken in de exportprestaties. Het topteam adviseert een coördinerend bewindspersoon verantwoordelijk te maken voor deze doelstelling.

Naast de overheden, met inbegrip van waterschappen, kunnen ook zorgverzekeraars, zorgaanbieders, onderwijs- en kennisinstellingen en bedrijven (Schiphol, grote bedrijven in de andere topsectoren) een belangrijke rol vervullen bij innovatiegerichte inkoop. De overheden kunnen daarbij helpen door vraagbundeling en door matchmaking van vraag en aanbod. Het inkoopbeleid van de overheid blijkt in de praktijk dermate gedecentraliseerd te zijn dat mogelijke voordelen van een gebundeld innovatiegericht inkoopbeleid nog niet worden behaald.

2.4.3 Knelpunten in het innovatiegericht inkooptraject aanpakken...

Het topteam adviseert de volgende knelpunten aan te pakken om zo overheden en bedrijven bij innovatiegericht inkopen nader tot elkaar te brengen:

Innovatiegericht inkopen brengt risico's met zich mee. Er zullen prikkels moeten komen binnen de overheid om risico's gecalculeerd te nemen.

Doordat de overheid vaak weinig kennis heeft van techniek wordt er dikwijls niet in de eerste plaats gedacht aan technologische oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken. De overheid heeft ook nog weinig ervaring met innovatiegericht aanbesteden. De affiniteit met techniek binnen de overheid zal moeten toenemen (meer technici als in koper), evenals de professionaliteit op het gebied van innovatiegericht inkopen. Het kenniscentrum Pianoo kan daaraan zichtbaar bijdragen.

Voor het HTSM bedrijfsleven is bovendien betere coördinatie in aanbestedingstrajecten tussen de betrokken overheden van groot belang. De huidige gedecentraliseerde besluitvorming leidt tot onnodige fragmentatie van de vraag en frustraties bij toeleveranciers.

2.4.4 Start met zorgvuldig gekozen pilots en borg het succes...

Het topteam adviseert om voortvarend aan de slag te gaan met aansprekende projecten, zoals die in paragraaf 2.4.1 zijn genoemd. Daarnaast loopt het Het Small Business Innovation Research (SBIR) programma inmiddels 7 jaar, waarbij circa 350 onderzoekscontracten zijn afgesloten tussen overheid en bedrijven. De SBIR is een beproefde maar nog kleinschalige aanpak. Het topteam adviseert een bredere uitrol van de SBIR. Op basis van 'best practices' en de introductie

van het eerdergenoemde streefgetal van 2,5% van de inkopen en aanbestedingen dient innovatiegericht inkopen in een stroomversnelling te worden gebracht.

2.4.5 HTSM levert een belangrijke bijdrage aan duurzaamheid.....

De topsector HTSM levert een belangrijke bijdrage aan duurzaamheid. Allereerst door de ontwikkeling van energiezuinige concepten. In de automotive wordt bijvoorbeeld gewerkt aan het terugdringen van energieverbruik en CO₂-uitstoot door het gebruik van lichtere materialen en door optimalisatie van de aandrijftechnologie, zowel bij verbrandingsmotoren als door elektrische of hybride aandrijving. Elektrisch rijden brengt daarnaast geheel nieuwe uitdagingen met zich mee op het gebied van energieopslag in accu's, smart grids e.d. Ontwikkelingen op het gebied van coöperatieve mobility zullen in de toekomst bijdragen aan een goede doorstroming, veiligheid en duurzaamheid. Ook in de luchtvaartsector speelt het terugdringen van emissies en brandstofverbruik een belangrijke rol in de R&D voor motoren en materialen. Op het gebied van verlichting staat na jaren van ontwikkeling de energiezuinige (O)LED-verlichting op het punt om door te breken bij het grote publiek.

De bijdrage van HTSM aan duurzaamheid strekt zich ook uit tot de ontwikkeling van zogenaamde *green machines*, energiezuinige machines en productiesystemen voor bijvoorbeeld elektronica die gemaakt worden met milieuvriendelijke materialen die optimaal kunnen worden hergebruikt.

Naast de ontwikkeling van energiezuinige concepten levert HTSM een bijdrage aan de duurzame opwekking van energie. Vooral de opwekking en opslag van zonne-energie biedt kansen voor de sector en voor het milieu. Dit geldt zowel voor de optimalisering van zonnecellen en -panelen als voor de ontwikkeling van productie-apparatuur voor de opwekking van zonne-energie.

Tot slot speelt duurzaamheid een belangrijke rol bij de productieprocessen binnen de sector. Hierbij gaat het om het tot stand brengen van duurzaam gesloten hightech ketens met een minimaal energieverbruik tijdens het productieproces en een optimaal hergebruik van materialen die het milieu zo min mogelijk belasten.

2.5 Buitenlandbeleid

2.5.1 Ondernemen op mondiale schaal...

De Nederlandse HTSM sector concurreert op mondiale schaal en is afhankelijk van de ontwikkelingen op de wereldmarkt. De afgelopen jaren stonden sterk in het teken van de economische crisis, waardoor in een aantal belangrijke segmenten de markt maandenlang helemaal wegviel. Begin 2011 is de wereldhandel weer op het niveau van voor de crisis met positieve gevolgen voor de omzet, R&D-investeringen en werkgelegenheid. In de sterk concurrerende en veranderende HTSM wereldmarkt is internationaal ondernemen meer dan export alleen. Internationale R&D- en clustersamenwerking, het aantrekken van buitenlands talent en investeringen dragen hieraan bij. Zo zijn buitenlandse investeringen in de topsector HTSM de afgelopen drie jaren toegenomen tot € 500-600 miljoen in 2010.³ Overnames en fusies van bedrijven hebben hierin een significante rol gespeeld.

2.5.2 Opkomende markten zijn belangrijk voor de Nederlandse export...

Opkomende markten zijn sterke exportgroeimarkten voor Nederlandse hightech bedrijven. Voor de grote bedrijven vormen in de BRIC-landen (Brazilië, Rusland, India en China), maar ook Korea en Taiwan de grootste groeimarkten. Deze landen investeren bovendien fors in (hightech) productiefaciliteiten, kennis, innovatie en infrastructuur. In de nabije toekomst zullen de opkomende markten ook voor het MKB belangrijker worden.

Veel MKB toeleveranciers realiseren hun afzet in het buitenland waaronder bij buitenlandse vestigingen van grote Nederlandse bedrijven. Voor deze grote groep zijn de ons omringende landen in Europa (Duitsland, Verenigd Koninkrijk, België en Frankrijk) belangrijke groeimarkten, bijvoorbeeld in de auto-, luchtvaart- en energie-industrie.⁴ Daarnaast

³ NFIA jaarverslagen 2008 - 2010

⁴ FME-CWM Enquête Internationaal Ondernemen

blijven de VS een belangrijke technologie- en handelspartner voor de meest innovatieve bedrijven in de topsector, zowel voor de grote bedrijven als voor het MKB.

In de opkomende markten spelen overheden een dominante rol. Dat maakt een actieve rol van de Nederlandse overheid onontkoombaar. Maar ook in de ons omringende landen en in de VS is internationaal ondernemen geen vanzelfsprekendheid. Handelsbarrières en het ontbreken van een *level playing field* vormen belemmeringen voor Nederlandse bedrijven. Daarin spelen (oneerlijke) douaneprocedures en (te hoge) importtarieven een rol, maar ook belemmeringen voor (R&D-)investeringen en de bescherming van intellectueel eigendom. MKB bedrijven hebben soms een beperkte kennis van de lokale marktpraktijken en marktmogelijkheden en een moeilijke toegang tot de juiste (lokale) partijen. Maar ook interne regelgeving, standaarden en certificatie, en taal- en cultuurverschillen werken belemmerend om efficiënt internationaal te kunnen ondernemen.

2.5.3 Holland High Tech als branding....

Nederland staat internationaal vooral bekend als het land van kaas, tulpen en windmolens. Niet als het land van hightech. Gezien de internationale track record van Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen en de bijdrage van deze sector aan het BNP, is een sterker imago van Nederland als hightech land gerechtvaardigd. Een duidelijker hightech imago als Holland High Tech biedt nieuwe mogelijkheden voor het aantrekken van (kennisintensieve) buitenlandse investeringen en toptalent in de sector.

Ieder jaar vinden zeker 200 buitenlandse missies vanuit Nederland plaats door lokale, regionale en landelijke organisaties (bedrijven, kennisinstellingen en overheden). De diverse missies staan veelal los van elkaar en promoten vaak alleen de lokale (hightech) sterktes met corresponderende branding (logo's, promotiemateriaal, etc.) Het ontbreekt echter aan een nationale hightech branding. Voor een klein land als Nederland is het suboptimaal bij buitenlandse missies alleen regio's te promoten, zeker waar het de zeer internationaal georiënteerde topsector HTSM betreft. Meer coördinatie is daarom gewenst.

2.5.4 Een 'gouden driehoek' aanpak voor de topsector HTSM in opkomende markten...

De hightech sector kan haar kansen in groeimarkten effectiever benutten door het ontwikkelen en uitvoeren van een strategisch integraal plan waarbij overheid, bedrijven en kennisinstellingen nauw samenwerken. Economische diplomatie en een gezamenlijke aanpak in de 'gouden driehoek' om bedrijven te ondersteunen, knelpunten aan te pakken en kansen uit te bouwen door het benutten van elkaars kennis en netwerken. Het plan moet doelgericht en meerjarig inzetten op een combinatie van R&D-samenwerking, handelsbevordering en acquisitieactiviteiten. Om deze aanpak verder te ontwikkelen en uit te voeren is de inzet van het postennet (TWA, economische afdelingen en NFIA) nodig.

2.5.5 Holland High Tech House en gecoördineerde branding en acquisitie...

Met de lancering van Holland High Tech House, een virtueel promotiecentrum met inhoudelijke ondersteuning van het bedrijfsleven, kan het belang van Nederland hightech land beter dan tot nu toe internationaal zichtbaar gemaakt en uitgedragen worden. Het Holland High Tech House vergemakkelijkt bovendien het opbouwen van internationale relaties. Met een Holland High Tech House, onder coördinatie van de TWA, kunnen alle spelers in de topsector hun sterktes promoten. Daarbij zullen de uitgaven aan hightech promotie gemiddeld lager uitvallen dan een serie van 'one-off' promotionele activiteiten. In BRIC-landen biedt het een uitvalsbasis voor MKB-bedrijven om hun producten te tonen en om potentiële investeerders en lokale overheidsvertegenwoordigers te ontvangen.

Een Holland High Tech House gecombineerd met een landelijk gecoördineerde branding- en acquisitiestrategie zal Nederland als hightech land wereldwijd veel sterker op de kaart zetten. Promoting van het sterke Nederlandse HTSM ecosysteem van HTSM toeleveranciers en kennisspelers zal tevens een bijdrage leveren aan het aantrekken van buitenlandse investeringen en buitenlands talent naar Nederland. Deze branding- en acquisitiestrategie dient tevens de coördinatie van buitenlandse missies te omvatten, in overleg met en met inbreng van regionale organisaties. Het benoemen van HTSM, naast chemie en agrofood, als een van de focusgebieden van het Cluster Strategische Acquisitie van de NFIA kan bij het ontwikkelen van deze strategie een duidelijke bijdrage leveren.

2.5.6 Ontwikkelingssamenwerking met HTSM biedt nieuwe kansen

De HTSM topsector ontwikkelt producten en technologieën die bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken op het terrein van water en voedselzekerheid, gezondheidszorg, stabiliteit en veiligheid, energie en mobiliteit. De focus bij ontwikkelingssamenwerking (OS) op water en voedselzekerheid is interessant, maar er liggen voor de sector ook kansen op andere urgente maatschappelijke thema's. Om de huidige focus te verbreden naar deze thema's en naar innovatieve oplossingen, is het nodig de ontwikkeling en implementatie van OS-programma's zoals ORIO (infrastructurele projecten), PSI (investeringsprojecten) en het 'Base of the Pyramid' Innovation Center (PPS innovatieprojecten) beter aan te laten sluiten bij de Nederlandse hightech expertises. Het gaat daarbij om 20% van in totaal € 300 miljoen voor OS geormerkte middelen, ofwel € 60 miljoen per jaar.

Producten en technologieën die door ontwikkelingslanden worden ingekocht met Nederlandse financiële hulp kunnen meer gericht worden op investeringen in de toekomstige zelfredzaamheid en economische ontwikkeling van ontwikkelingslanden. Door hierbij verbindingen met de HTSM industrie te leggen, kunnen win-win situaties gecreëerd worden waarbij zowel de belangen van de betreffende ontwikkelingslanden als Nederland gediend worden. Een voorbeeld is het doen van een investering in productiefaciliteiten waarmee landen in staat worden gesteld zelf bussen te onderhouden en te produceren met technologie van Nederlandse oorsprong. Maar ook projecten waarbij Nederlandse en lokale kennisinstellingen deelnemen. Dit soort innovatieve samenwerkingsprojecten met de HTSM topsector vereisen mogelijk ook nieuwe OS-instrumenten. Het zou goed zijn om daarvoor binnen de € 300 miljoen aan private sector OS-middelen ruimte te creëren voor nieuwe programma's die zowel aansluiten op OS-prioriteiten, als op prioriteiten van de Nederlandse private sector. Het is van belang dat de technologie in ontwikkelingslanden niet alleen aansluit op de vraag, maar ook adequaat kan worden onderhouden.

2.6 Generieke randvoorwaarden en regio's

2.6.1. Europees: level playing field...

Bedrijven noemen het garanderen van een *level playing field* als een zorg. Het is van belang dat er bij regelgeving – bijvoorbeeld voor het klimaatbeleid en de CO₂-emissiehandel - sprake is van een Europees *level playing field*. Nationale koppen op Europese regelgeving moeten in principe voorkomen worden. Daarnaast vormt de toegang en beschikbaarheid van grondstoffen een groeiend aandachtspunt. Zonder een gelijk speelveld zullen Nederlandse bedrijven het zwaar krijgen.

2.6.2 Nationaal: een goed vestigingsklimaat...

Een goed vestigingsklimaat is van belang voor alle bedrijven, dus ook voor de bedrijven uit de topsector HTSM. Hiertoe behoren ondermeer de fiscale- en administratieve lastendruk, bereikbaarheid, aantrekkelijke werklocaties zoals campussen en het woon- en leefklimaat. Administratieve lasten dienen tot een minimum te worden beperkt. Dit is vooral van belang voor het MKB. Hetzelfde geldt voor een goede en snelle dienstverlening van overheden aan bedrijven, bijvoorbeeld via Ondernemerspleinen. Een excellente internationale bereikbaarheid is voor de Brainport Zuidoost-Nederland en Twente van bijzonder belang. De grote internationale oriëntatie van de topsector HTSM vergt aandacht voor het woon- en leefklimaat voor *expats*.

2.6.3 Regionaal: clusters versterken...

De topsector HTSM heeft een onmiskenbaar zwaartepunt in de regio Brainport. Er zijn ook belangrijke concentraties van bedrijven en kennisinstellingen in de regio's Twente en Delft. Maar ook buiten de regio's met een TU bevinden zich parels, waaronder ASTRON, Tata in de IJmondregio, en Composietenlab Marknesse. De regio's hebben alle plannen voor verdere versterking met Brainport 2020, Businessplan Twente, DOME, Compoworld, en Avirolanda als voorbeelden. Regionale clusters zijn vooral voor de aansluiting van het MKB van belang. Het zijn de regio's Zuidoost-Nederland en Twente die de meest concrete investeringsagenda's hebben geformuleerd om de topsector HTSM te ondersteunen. Het is essentieel dat deze agenda's en plannen goed aansluiten bij nationale kaders en dat goede verbanden gelegd worden tussen de regio's onderling. In het wereldwijde speelveld van HTSM is samenwerking van alle partijen en competenties noodzaak. Nederland is te klein om zich versnippering binnen de landsgrenzen te kunnen veroorloven.

2.6.4 Decentrale overheden betrekken bij de topsectorenaanpak...

Decentrale overheden leveren een belangrijke bijdrage aan valorisatie middels de regionale ontwikkelingsmaatschappijen, inzet van eigen middelen en deelname aan Europese regionale programma's. Daarnaast waken decentrale overheden voor instandhouding van de ecosystemen rond hoogwaardige clusters, ondermeer door te investeren in campussen (High Tech Campus Eindhoven, Automotive Campus Helmond, Kennispark Twente, etc.). De problematiek op de arbeidsmarkt zal voor een belangrijk deel regionaal moeten worden opgelost door een aantrekkelijk leefklimaat te bieden voor internationale kenniswerkers, maar ook door regionale samenwerking tussen overheden, bedrijven en onderwijs. De bereikbaarheid van Zuidoost-Nederland en Twente is een gezamenlijke opgave voor alle overheden. Een goede samenwerking tussen centrale en decentrale overheden is dan ook essentieel.

Box 4: Space

Space wordt als domein meegenomen onder de topsector HTSM omdat het daar de meeste raakvlakken mee heeft. In Europa is ESA de belangrijkste organisatie op het gebied van *space*, vergelijkbaar met initiatieven als CERN en ITER, grote internationale onderzoeksprogramma's met een lange termijn economische *scope*.

ESA is een intergouvernementele organisatie, met een jaarlijks budget van circa € 3 miljard. De grootste ESA-vestiging is het technologiecentrum ESTEC in Noordwijk. De directe en indirecte spin-off van ESTEC op de Nederlandse economie is significant. De jaarlijkse bijdrage van Nederland aan ESA bestaat uit een jaarlijkse contributie van ongeveer € 35 miljoen voor de basisinfrastructuur en ongeveer € 50 miljoen voor politiek en technologisch gedreven programma's, zoals aardobservatie en launchers. Bij het gunnen van opdrachten aan bedrijven wordt rekening gehouden met de budgetten die landen beschikbaar hebben gesteld. Nederland kent een aantal internationale topspelers in *Space*, waaronder de NWO instituten ASTRON (strikt genomen geen *space* maar *groundbased astronomy*) en SRON, TNO-Space, de TUD, en het GTI NLR. Ook zijn er gespecialiseerde hoogwaardige bedrijven in Nederland die opdrachten voor ESA uitvoeren, vooral MKB. *Dutch Space* is hiervan de meest bekende. Ook via het EU-kaderprogramma wordt jaarlijks in Nederland enkele miljoenen in *Space* geïnvesteerd.

Spacetechnologie bevindt zich vaak op de grenzen van het mogelijke. Opgebouwde kennis wordt ook toegepast in andere sectoren, zoals de semiconductorindustrie en medische instrumentatie. Toepassingen van ruimtevaart zitten al diep geworteld in onze maatschappij, zoals satellietcommunicatie en mobiele navigatiesystemen (GPS/Tomtom). Er komen steeds meer satellieten bij die relevante gegevens verzamelen over de aarde, met toepassingen in HTSM en andere sectoren. Voorbeelden zijn precisielandbouw, waterbeheer, luchtkwaliteit en goederenvervoer.

De jaarlijkse overheidsbijdragen aan ESA zijn internationaal verband overeengekomen nationale afdrachten aan een Europese (in Nederland gevestigde) instelling. Het topteam stelt voor om deze afdracht als directe overheidstaak te positioneren, vergelijkbaar met de compensatieregelingen voor de defensie-industrie. Een goede samenwerking tussen de Nederlandse *Space* onderzoekers en industrie met de rest van de HTSM topsector is nodig om optimaal in te kunnen spelen op nieuwe bedrijvigheid.

Box 5: Intellectueel Eigendom – naar een generiek model van IP-overdracht

Bescherming van Intellectueel eigendom (*Intellectual Property*, ofwel IP) is nodig om nieuwe kennis op te markt te kunnen brengen en daarmee welvaart te creëren. Dat vraagt om een goede manier om kennis te beschermen, maar in publiek-private samenwerkingsverbanden kan IP-bescherming ook tot problemen leiden, omdat drijfveren en belangen soms tegenstrijdig zijn. Bijvoorbeeld, een universitaire onderzoeker heeft er belang bij om als eerste te publiceren, terwijl een bedrijf juist eerst de kennis wil vastleggen. Een onderzoeksinstituut heeft er belang bij om kennis te gebruiken in toekomstig onderzoek, terwijl een bedrijf eigenaar wil zijn van kennis om zo een concurrentievoordeel te behalen. In publiek-private samenwerkingsverbanden komen deze belangen samen en kunnen ze botsen. Afspraken vooraf zijn daarom essentieel.

De laatste jaren hebben veel kennisinstellingen hun IP-beleid verbeterd en geprofessionaliseerd. Het probleem is echter dat voor een kennisinstelling een patent pas waarde krijgt als een commerciële partij het verwerkt heeft in een product. Dit kan via het overdragen van het patent of door licenseren, al dan niet via een *start-up* bedrijf vanuit de kennisinstelling.

Bij de overdracht van kennis die met publiek geld is gegenereerd, geldt volgens Europese regels dat dit moet worden gebeuren onder marktconforme voorwaarden. Echter, een dergelijke markt is er pas als het product ontwikkeld is.

Het is gewenst dat op korte termijn voor de hele topsector een generiek model voor IP-overdracht tussen kennisinstellingen en bedrijven wordt vastgelegd. De bestaande kaderafspraken tussen bedrijven als ASML, Philips en NXP met de 3TU en STW bieden daarvoor een goede basis, samen met de ervaringen in de TTI-georiënteerde programma's van Holst Centre, ESI en M2i, en ook de Point-One Universiteit-Industrie Interactie. Licentievervalsing lijkt hierin een voor de hand liggende invulling.

Box 6: Brainport 2020

Zuidoost-Nederland, met Eindhoven als spil, vormt een belangrijk concentratiepunt voor de topsector HTSM. Met Brainport 2020 heeft de regio op verzoek van het Rijk een stap gezet om te komen tot een integrale uitvoeringsagenda, waarmee de regio de ambitie om uit te groeien tot een technologische topregio kan waarmaken. In Brainport 2020 formuleren bedrijven, kennisinstellingen en overheden wat van Zuidoost-Nederland verwacht mag worden om de doelstellingen van het kabinet om tot de internationale top te behoren te bereiken. De opgezette strategie is integraal en gericht op zowel arbeidsmarkt, kennis en innovatie, bedrijvigheid en omgevingskwaliteit, alsmede op de bestuurlijke borging hiervan. Op ieder van deze domeinen zijn concrete acties opgesteld en verantwoordelijken voor de uitvoering ervan aangewezen. De betrokken decentrale overheden, bedrijven en kennisinstellingen hebben aangegeven tot 2015 een bedrag dat oploopt tot € 2 miljard te willen investeren in onderliggende acties. Provincies en gemeenten willen hiervan € 500 miljoen dragen.

Box 7. Hlsarna

Tata Steel in IJmuiden behoort tot de meest innovatieve en energie-efficiënte staalbedrijven ter wereld. Het heeft een eigen research afdeling die in samenwerking met andere staalbedrijven onderzoek uitvoert naar duurzame innovaties. Het bedrijf is één van de stuwende krachten achter het M2i-programma. Om te kunnen blijven concurreren met de beste staalbedrijven ter wereld heeft het bedrijf ambitieuze doelen gesteld op het gebied van onder meer veiligheid, kwaliteit en kostenperformance. De innovatiestrategie is gericht op het ontwikkelen van sterkere, lichtere staalsoorten en duurzame coatings, het leveren van stalen producten die in de gebruiksfase grote energie- en milieuvordelen bieden, het verduurzamen van de productieprocessen en het maximaliseren van recycling als antwoord op de grondstoffenschaarste. Een belangrijke ontwikkeling op het gebied van procestechologie is Hlsarna, waarmee direct uit grondstoffen ijzer kan worden gemaakt met potentieel 20% minder CO₂-uitstoot. Ook op het gebied van productontwikkeling worden doorlopend innovaties gepleegd. Tata Steel werkt aan lichtere staalsoorten met minder CO₂-uitstoot in de gebruiksfase, bijvoorbeeld in de automotive. Ook werkt het bedrijf aan staalsoorten met bijzondere magnetische eigenschappen, die energieverlies in elektrische apparaten kunnen beperken, en aan nieuwe materialen voor opslag van energie in wanden.

3. Organisatie

3.1 Regie

3.1.1 Een regiegroep HTSM geeft richting aan de topsector ...

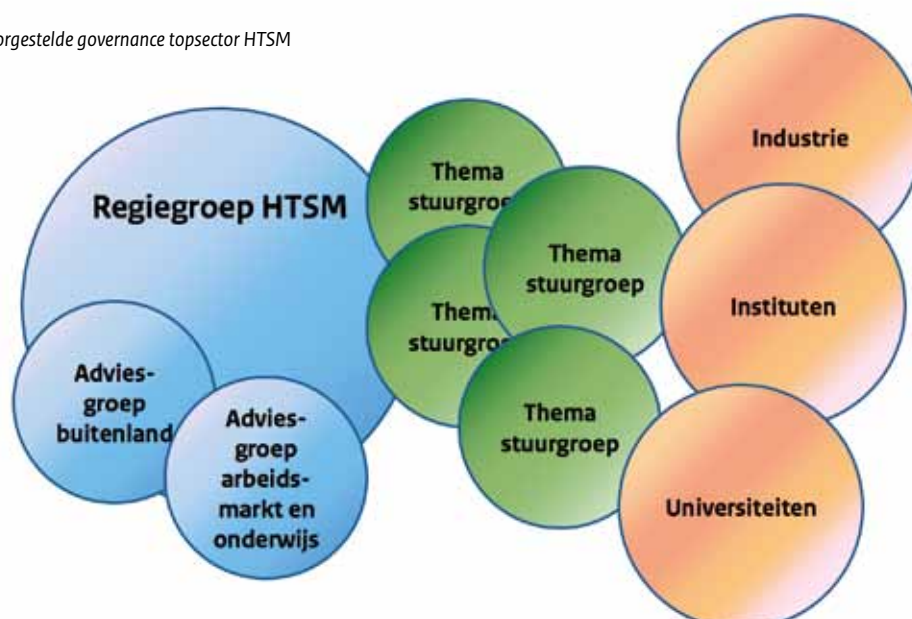
Voor de coördinatie en supervisie van de gezamenlijke activiteiten binnen de topsector wordt een regiegroep HTSM opgericht. De regiegroep bestaat uit ervaren professionals die de topsector van binnenuit kennen en op draagvlak kunnen rekenen. Er wordt gedacht aan een regiegroep met 8 leden, afkomstig uit het bedrijfsleven (grote bedrijven en MKB), kennisinstellingen en overheden.

Er komt een onafhankelijke voorzitter, die ook naar de buitenwereld het ‘gezicht’ zal vormen van de topsector. De Minister van EL&I benoemt de leden van de regiegroep. De regiegroep heeft de volgende basistaken:

- *Visie en missie.* De regiegroep vertegenwoordigt de visie en missie van HTSM, en is aanspreekpunt en spreekbuis voor de topsector. De regiegroep is verantwoordelijk voor de positionering, profilering en communicatie naar alle partijen, nationaal en internationaal.
- *Organisatie en inrichting.* De regiegroep ziet toe op de inrichting van een duurzame innovatie-infrastructuur voor de topsector in Nederland, van kennis en kunde tot kassa. Aandachtspunten daarin zijn onder meer effectieve publiek-private samenwerking, onderwijs en arbeidsmarkt, internationale programmering, profilering en regelgeving.
- *Prioriteiten en aansturing.* De regiegroep zorgt voor de totstandkoming en handhaving van een effectieve aansturing voor HTSM onderzoek in het publiek-private domein. Hiertoe initieert en bekrachtigt de regiegroep thematische meerjarenroadmaps vanuit het veld. Deze kunnen zowel technologieën als markten betreffen. De regiegroep stelt prioriteiten en zorgt voor synergie en afstemming tussen de thema's, waar relevant ook met andere topsectoren. Daarbij moet de regiegroep borgen dat het MKB, starters, snelle groeiers en nieuwe technologieën voldoende kansen krijgen. Het belang van openheid vraagt om delicaat balanceren tussen de internationale innovatie slagkracht van de bestaande productieketens en het vernieuwend vermogen van uitdagers.

Voor de invulling van haar activiteiten wordt de regiegroep ondersteund door *horizontale adviesgroepen* (voor thema's als buitenland, innovatief aanbesteden door overheden en publiek-private samenwerkingsmodellen) en *thematische stuurgroepen* voor de aansturing van onderzoek. Het is mogelijk om stuurgroepen in te richten voor het aansturen van gezamenlijke activiteiten van businessclusters en voor regionale activiteiten. De regiegroep geeft aan of stuurgroepen en adviesgroepen aansluiten bij de missie en taken van de regiegroep.

Figuur 3.1: Voorgestelde governance topsector HTSM



3.1.2 Thematische stuurgroepen brengen de spelers in het veld bijeen...

Onder verantwoordelijkheid van de regiegroep neemt het bedrijfsleven het initiatief voor thematische stuurgroepen, waarin participerende industrieën, instituten, en universiteiten zijn vertegenwoordigd. Deze stuurgroepen maken zoveel mogelijk gebruik van bestaande structuren in innovatienetwerken en bedrijvensclusters voor de topsector HTSM. Binnen haar thematisch werkgebied heeft iedere stuurgroep de volgende basistaken:

- Toekomstvisie. De stuurgroep ontwikkelt en actualiseert de onderzoeksroadmaps, en zorgt voor adequate afstemming en koppeling van actuele onderzoeksvragen aan toekomstige marktrealisatie.
- Implementatie. De stuurgroep draagt zorg voor het effectief laten uitvoeren van de onderzoeksroadmaps. Dit omvat de vertaling van roadmaps naar concrete onderzoeksprogramma's, met deelnemers en budgetplannen, alsmede het zoeken naar passende financiering voor publiek-private samenwerking bij bedrijven, kennisinstellingen en overheden (EU, nationaal, regionaal).
- Monitoring. De stuurgroep ziet toe op de uitvoering en implementatie van de onderzoeksroadmaps.

Hieronder volgt een – niet uitputtend – aantal voorbeelden van thematische netwerken, met innovatieroadmaps en voorstellen voor nieuwe onderzoeksprogramma's. Het betreft in alle gevallen groepen van grote bedrijven, MKB, kennisinstellingen en andere organisaties (zoals regionale ontwikkelingsmaatschappijen). In bijlage 7 worden nadere details weergegeven. Het topsector actieplan, zie 3.2, geeft de tijdlijn voor advies over mogelijke invulling.

Point-One Hightech netwerk

Het Point-One netwerk richt zich op innovatieve oplossingen uit de technologieën micro- en nano-elektronica, embedded (software) systemen en mechatronica, met toepassingen in gezondheid en leefomgeving, energie, transport en logistiek, veiligheid, en ICT apparatuur en componenten. Veel van de R&D activiteiten zijn internationaal, en vaak in het kader van de Eureka Clusters en ICT JTI's. In het netwerk wordt samengewerkt met onder meer Holst Centre, ESI, en TNO 'Hightech Systemen en Materialen'. Ambitie van de Point-One roadmap is een R&D investering van alle partijen van € 190 miljoen/jaar, waarvan € 130 miljoen/jaar internationaal. Daarnaast zijn de volgende programma's voorgesteld:

- CFT2.0 Mechatronica Instituut, productietechnologie voor hightech systemen (€ 5 miljoen/jaar)
- Grand Challenges in Mixed Signal Electronics, doorbraken in terahertz en zero-power circuits
- Chipsproductie op de toekomstige 450nm substraten, samen met IMEC België
- Smart City Den Helder, duurzame energiebesparing in verlichting en gebouwen
- High Tech Photonics Delta, fotonica voor ICT, samen met IMEC België

HTAS Automotive netwerk

De spelers in HTAS Automotive zetten in op projecten voor integrale mobiliteitsoplossingen en duurzaam wegtransport, in nauwe samenwerking met wegbeheerders. Er wordt nauw samengewerkt met de automotive groepen bij TU en HBO, en met TNO 'Betrouwbaar verkeerssysteem' en 'Veilige en schone transportmiddelen'. Ambitie is een onderzoeksprogramma (PPP Automotive) van € 60 miljoen/jaar, met daarin opgenomen een nieuw topinstituut.

Geavanceerde materialen netwerk

In het thema geavanceerde materialen valt een breed palet aan applicaties, met duurzaamheid als verbindende factor. Er wordt samengewerkt in het M2i programma, met TNO 'Hightech Systemen en Materialen', en in een aantal projecten bij de NWO-FOM instituten Rijnhuizen en AMOLF. Daarnaast zijn de volgende programma's voorgesteld:

- ITMP, Instituut voor hightech Textiel Materialen en Processen (€ 2 miljoen/jaar)
- Hlsarna, direct ijzer winnen uit erts en kolen met 20% minder CO₂-uitstoot

Aerospace netwerk

Het lucht- en ruimtevaart netwerk omvat activiteiten van vliegtuigonderhoud tot bouw van satellieten en geoinformatiediensten. Samenwerking vindt plaats rondom NLR en TNO Space, het ESA onderzoekscentrum ESTEC, en een aantal projecten bij de NWO instituten ASTRON en SRON. Ambitie van de Luchtvaart 2020 roadmap is een R&D investering van alle partijen van € 30 mln/jaar. Daarnaast zijn de volgende programma's voorgesteld:

- TAPAS, thermoplastische composieten voor lichte en duurzame vliegtuigdelen
- Aviolanda, Europees support centre voor militaire MRO (*maintenance, repair and overhaul*)

Veiligheid netwerk

In het thema veiligheid wordt samengewerkt op hightech systemen en componenten voor zowel civiele als militaire toepassingen. Met ministerie van Defensie is een zeer belangrijke medespeler en mede-investeerder, in toenemend mate ook het ministerie van Veiligheid en Justitie (met name cybercriminaliteit). Grootste kennisinstelling is TNO 'Wereldwijd inzetbare krijgsmacht' en 'Veilige maatschappij'.

Nanotechnologie netwerk

In dit zeer brede netwerk wordt samengewerkt over meerdere topsectoren. NanoNextNL neemt een centrale rol in. Meer details zijn te vinden in de box Nanotechnologie en de betreffende bijlage.

ICT netwerk

Dit netwerk is nauw verweven met alle deelgebieden van HTSM. Net als in nanotechnologie wordt samengewerkt over meerdere topsectoren. Meer details zijn te vinden in de box 3 (ICT) en de betreffende bijlage 5. Daarnaast zijn de volgende programma's voorgesteld:

- DOME, verwerken en transporten van terabit datastromen uit radioastronomie (€ 5 miljoen/jaar)
- ICT for Brain, Body and Behavior (i3B), menselijke interactie in auto's en vliegtuigen.

Solliance zonne-energie netwerk

Het Solliance netwerk richt zich op hightech materialen en productiemiddelen voor zonnepanelen en op slimme oplossingen voor integratie van zonnestroom in de gebouwde omgeving. Er wordt samengewerkt met partijen uit de topsectoren HTSM en Energie, waaronder TNO, Holst Centre en ECN.

3.2 Actieplan

Dit advies bevat een groot aantal actiepunten die ingrijpende gevolgen zullen hebben voor bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Op de korte, middellange en lange termijn kunnen de volgende mijlpalen worden onderscheiden.

Korte termijn	Mijlpaal	Wie
Oktober 2011	Benoeming leden regieorgaan HTSM	Rijksoverheid, in overleg met bedrijfsleven en kennisinstellingen
December 2011	Start themastuurgroepen rond technologie- en marktgebieden (zie paragraaf 3.1.2)	Bedrijfsleven en kennisinstellingen, bij goedkeuring regiegroep HTSM
December 2011	Start regionale adviesgroepen met focus op onderwijs-, arbeidsmarkt en het MKB, tenminste in Zuidoost-Brabant en Twente	Bedrijfsleven, onderwijsinstellingen, regionale overheid, bij goedkeuring regiegroep HTSM
December 2011	Start adviesgroep buitenland	Bedrijfsleven, kennisinstellingen en rijksoverheid, bij goedkeuring regiegroep HTSM
December 2011	Start innovatieprojecten Rijkswaterstaat (in overleg met HTAS en Point One)	Rijkswaterstaat, bedrijfsleven
Juni 2012	Themastuurgroepen ronden roadmaps en voorstellen financiering af	Themastuurgroepen
Juni 2012	Regionale adviesgroepen ronden plan van aanpak onderwijs en arbeidsmarkt af. Start uitvoering	Bedrijfsleven, onderwijsinstellingen, regionale overheid, bij goedkeuring regiegroep HTSM
Juni 2012	Adviesgroep buitenland rondt strategisch actieplan af. Start uitvoering	Bedrijfsleven, kennisinstellingen en rijksoverheid, bij goedkeuring regiegroep HTSM
Oktober 2012	Besluitvorming over voorstellen financiering roadmaps van themastuurgroepen	Bedrijven (consortia), kennisinstellingen (o.a. NWO, TNO, NLR, universiteiten), rijksoverheid, bij goedkeuring regiegroep HTSM
Oktober 2012	Start innovatieprojecten bij andere aanbestedende overheden (V&I, Defensie, BZK)	Rijksoverheid, bedrijfsleven
Middellange termijn		
2013 – 2015	Implementatie roadmaps en uitbouw technologie- en businessnetwerken richting bedrijfsleven, EU en kennisinstellingen. Eerste onderzoeksresultaten komen beschikbaar.	Themastuurgroepen
2013 - 2015	Uitwerking nieuwe initiatieven voor technologie- en marktclusters via themastuurgroepen	Bedrijfsleven en kennisinstellingen, bij goedkeuring regiegroep HTSM
2013- 2015	Eerste resultaten op regionaal niveau voor onderwijs- en arbeidsmarkt, inclusief start <i>Centres of Excellence</i> en Centra voor Innovatief Vakmanschap in ZO-Brabant en Twente. Uitbouw naar andere regio's. Nationale maatregelen: uitwerking Cie Veerman, collegegelddifferentiatie en lagere lasten buitenlandse kenniswerkers.	Bedrijfsleven, onderwijsinstellingen, regionale en nationale overheid, bij goedkeuring regiegroep HTSM
2013 - 2015	Eerste resultaten strategisch actieplan buitenland, waaronder lancering van het concept Holland High Tech House als onderdeel van internationale HTSM 'branding' campagne.	Bedrijfsleven, kennisinstellingen en rijksoverheid, bij goedkeuring regiegroep HTSM
2013 - 2015	Eerste resultaten innovatieve inkooptrajecten en verdere uitbouw richting andere departementen en decentrale overheden.	Rijksoverheid, bedrijfsleven en andere overheden.
Lange termijn		
2015	€ 1152 miljoen investering in publiek-private samenwerking op basis van gezamenlijke roadmaps van technologie- en marktclusters	Bedrijven (€ 508 miljoen), rijksoverheid (€ 368 miljoen), <i>matching</i> universiteiten (€ 175 miljoen), EU (€ 101 miljoen)
2015	Circa 400.000 werknemers werkzaam in HTSM	Bedrijven, onderwijsinstellingen, overheden
2015	2,5% overheidsaanbestedingen rijksoverheid innovatief	Rijksoverheid
2015	Gouden driehoek trekt samen op in buitenland en ontwikkelt samen hulpprogramma's.	Bedrijven, kennisinstellingen overheden
2020	Toegevoegde waarde HTSM € 35 miljard	

Bronnen

Naam auteur/ organisatie	Titel	Jaar
Agoria	R&D Cost Champion of Europe? A feasible challenge!	2011
ASTRON, IBM	Position paper SKA, DOME	2011
Aviolanda	Business Case Aviolanda Woensdrecht	2011
Berenschot	HTSM kengetallen	2011
Boer & Croon	Enquête Brainport Industries	2011
Brainport Development NV	Brainport 2020	2011
CATRENE e.a.	Joint letter CATRENE, ITEA2, AENEAS and ARTEMIS-IA	2011
Commissie Maatschappelijke Dialoog Nanotechnologie	Verantwoord verder met nanotechnologie	2011
Dialogic	Eindevaluatie vraagsturing TNO en GTI 's	2011
Dutch Aero Engine Cluster	Position paper vliegtuigmotoren	2011
Dutch Institute World Class Maintenance	Position paper Maintenance	2011
Dutch Space e.a.	Boegbeeldproject Ruimtevaart SPEX2EARTH	2011
ECN	Position paper PV	2011
FEI	Speerpunten van FEI aangaande innovatie in de triple helix; visie voor 2020	2011
FME-CWM	Duurzaamheidskompas	2011
FME-CWM	FME standpunt bedrijfslevenbeleid	2011
FMTC	Innovating Together for Superior Machines	2010
HTAS	Automotive: topgebied binnen HTSM	2011
IMDI	Technologie voor een duurzame gezondheidszorg	2010
Independent Experts	Mid-Term Evaluation of the Risk-Sharing Financial Facility	2010
ING	My industry 2030, Nederland gaat het maken	2011
Innovatiedriehoek	Business Plan High Tech Twente	2011
ITEA2 e.a.	Internationale samenwerking en de Topsector High Tech Systems	2011
ITMP	Position paper Instituut Textiele Materialen en Processen 2011	2011
LIS	Businessplan van het Centrum voor Productietechnologie	2010
LRN	Ruimtevaart: de innovatiemotor voor concurrentievermogen ten dienste van de samenleving	2011
LRN	Visie 2020 Vliegtuigbouw en instandhouding.	2011
Maas, J.W.	De kracht van ICT-innovatie	2011
M2i	Position paper M2i	2011
Ministerie van EZ	Ervaringen van het MKB m.b.t. aanbestedingen door de overheid	2010
Ministerie van EL&I	Bedrijfslevenbrief, Naar de Top	2011
Nationaal Initiatief Hersenen en Cognitie	Position paper	2011
Noldus, L. e.a.	ICT for Brain, Body & Behavior	2011
NOWT	Wetenschaps- en Technologie Indicatoren 2010	2010
NSO	Position paper Space en de topsectoren	2011
NWO	NWO Factsheets Topsectoren	2011
Oost NV	Position paper High Tech Systems Twente	2011
Persbericht	Duits kennisbeleid haaks op Nederland	2011
Platform Beta Techniek	Commissierapport ROC Eindhoven	2011
Platform Beta Techniek	Factsheet HTSM	2011
Point-One, HTAS, M2i	HTSM Visiedocument	2010
Point-One	Point-One Phase2 Multi-annual Roadmap and Annual Plan 2011	2011
Point-One Program Council	Notitie over het innovatiebeleid	2011
M. Prins, H. van Latesteijn	R&D programma Priva en Business Idee Farm City Heerlen	2011
Sol, E.J.	Waar verdient Nederland over 10-40 jaar haar geld mee?	2011
SpaceNed e.a.	Position paper Ruimtevaart	2011
STW	STW Perspectiefprogramma 's en FOM Industrial Partnership Programmes	2011
Thales	Position Paper Thales Nederland B.V.	2011
Thales, Mindef, TNO, NIDV	Hightech voor een open en veilige samenleving	2011
TATA Steel	Position paper hightech materialen	2011
TNO	High Tech Materials and Systems 2020	2011
TNO	High Tech Systems, naar een brede verankering en bestendiging van de wereldtoppositie 2011	2011
TNO	Space en de topsectoren	2011
TNO	Topsectoren en TNO. Position papers 2011	2011
TU/e	TU/e wereldtop qua onderzoekssamenwerking met bedrijfsleven, University Industry Research Cooperation, Scoreboard 2011	2011
Verbeek, H.	Creating Value in the Dutch High Tech Photonics Delta	2011
3TU	Position paper 3TU	2011

Afkortingen

BRIC	Brazilië, Rusland, India, China
ESA	European Space Agency
ESTEC	European Space Research and Technology Centre
EU	Europese Unie
FME	Federatie voor de Metaal- en Elektrotechnische Industrie
EL&I	Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
GTI	Groot Technologisch Instituut
HBO	Hoger Beroepsonderwijs
HTAS	Hightech Automotive Systems
HTS	Hogere Technische School
HTSM	High Tech Systemen en Materialen
IMEC	Interuniversity Micro-Electronics Center (Leuven)
ICT	Informatie- en Communicatietechnologie
KIC	Knowledge and Innovation Communities
KNAW	Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
MKB	Midden- en Kleinbedrijf
MBO	Middelbaar Beroepsonderwijs
MTS	Middelbare Technische School
NFIA	Netherlands Foreign Investment Agency
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
OEM	Original Equipment Manufacturer
PPS	Publiek-Private Samenwerking
ROC	Regionaal Opleidingen Centrum
R&D	Research & Development
SRA	Strategic Research Agenda
TNO	Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TTI	Technologische Topinstituut
TU	Technische Universiteit
VMBO	Vorbereidend Middelbaar Beroepsonderwijs
WO	Wetenschappelijk Onderwijs

Bijlage 1: Samenstelling topteam High Tech Systemen en Materialen

Voorzitter

A.H. (Amandus) Lundqvist

Voorzitter Stichting Surf, voorheen voorzitter CvB Technische Universiteit Eindhoven en CEO IBM Nederland

Leden

Wetenschap

D.H.A. (Dave) Blank

Hoogleraar Universiteit Twente. Wetenschappelijk directeur MESA+

Overheid

W.J. (Willem) Zwolve, tot 30 april H. (Hans) de Groene

Directeur bij het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Midden- en kleinbedrijf

M.H. (Marc) Hendrikse

CEO NTS Group

Secretariaat

Overheid

E. (Eelco) van der Eijk

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Overheid

E.H. (Eric) van Kooij

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Bedrijfsleven

A.J. (Fred) van Roosmalen

NXP Semiconductors

Wetenschap

E.E.W. (Eppo) Bruins

Technologiestichting STW

Wetenschap

A.J.A. (Arnold) Stokking

TNO

Eindredactie

F.A. (Frans) van der Zee

Bijlage 2: Opdrachtbrief topteam High Tech Systemen en Materialen

	Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
> Retouradres Postbus 20101 2500 EC Den Haag	
Stichting Surf T.a.v de heer A.H. Lundqvist Postbus 2290 3500 GG UTRECHT	Directoraat-generaal Ondernemen en Inno Directie Ruimtelijk Econ Beleid Bezoekadres Bezuidenhoutseweg 20 2594 AV Den Haag Postadres Postbus 20101 2500 EC Den Haag Factuuradres Postbus 16180 2500 BD Den Haag T 070 379 8911 (algem www.rijksoverheid.nl/ef Behandeld door mevr. P. Verkerk-Derks T 070 379 7887 F 070 347 4081 p.derksen@minex.nl Ons kenmerk OI/REB / 11020711 Bijlage(n) 2
Datum 18 FEB 2011	
Betreft Topteam en terms of reference topsector High Tech	
Geachte heer Lundqvist, Beste Amandus,	
<p>Het is mij een groot genoegen dat u met mij en mijn collega ministers wilt werken aan de concurrentiekracht van Nederland en het bereiken van duurzame economische groei. Ik ben daarom zeer verheugd dat u zich bereid heeft verklaard het topteam High Tech voor te zitten. Dit team zal bestaan uit vier leden, naast u gaat het om een vooraanstaand wetenschapper, een innovatief MKB-er en een topambtenaar. In overleg met mij kunt u uw team samenstellen.</p> <p>Ik wil het bedrijfslevenbeleid in deze kabinetsperiode een nieuwe impuls geven. De eerste plannen hiervoor heb ik recent aan het parlement gestuurd. Nieuw is dat het kabinet haar beleid zal richten op topsectoren: agro-food, tuinbouw en uitgangsmaterialen, high tech, energie, logistiek, creatieve industrie, life sciences, chemie en water. Deze sectoren kenmerken zich door een sterke en kansrijke internationale marktpositie, een stevige kennisintensiteit, intensieve samenwerking tussen ondernemers en kennisinstellingen en de potentie een innovatieve bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen te leveren. Het kabinet zal de komende periode over de volle breedte van zijn beleid inzetten op het versterken van de randvoorwaarden voor deze topsectoren.</p> <p>Nieuw is ook de aanpak. Het kabinet zoekt naar mogelijkheden om samen met u de positie van deze topsectoren de komende jaren verder te verankeren. De expertise en de betrokkenheid van alle partijen - bedrijfsleven, kennisinstellingen en (decentrale) overheid, waaronder mogelijk de ROM's - is nodig om van de topsectorenaanpak een succes te maken. De fundamenten die we de afgelopen jaren hebben gelegd (zoals bij de aanpak in de Brainport Zuidoost Nederland), wil ik verder versterken door samen te werken zonder daarbij verantwoordelijkheden uit het oog te verliezen. Ieder levert vanuit zijn eigen positie een bijdrage aan de ontwikkeling van de topsectoren. Ik wil namens het kabinet het bedrijfsleven en de kennisinstellingen nadrukkelijk vragen om samen met de overheid een concrete actieagenda voor de sectoren op te stellen. Daarvoor vraag ik per topsector een topteam om na te denken over de knelpunten en uitdagingen voor de komende jaren en de actieagenda die daarvoor nodig is.</p>	
Pagina 1 van 1	

**Directoraat-generaal
Ondernemen en Innovatie**
Directie Ruimtelijk Economisch
Beleid

Ons kenmerk
OI/REB / 11020711

Wat vragen wij u? In de eerste plaats dat u leiding geeft aan het topteam en met dit team een visie ontwikkelt over uw topsector in 2020. In de tweede plaats wil ik weten wat er voor nodig is om daar te komen. Dat kan gaan om het wegnemen van knelpunten, maar ook om het aangeven van de kansen die we als Nederland moeten pakken. En wat bedrijfsleven, wetenschap en overheid al dan niet in gezamenlijke actie moeten doen om concurrentiekracht te versterken en maatschappelijke uitdagingen het hoofd te bieden. De actieagenda die hieruit voortvloeit, komt met oplossingen waar de hele sector baat bij heeft.

Kortom, uw advies is mede bepalend voor de toekomstagenda van uw topsector. Bijgevoegd kunt u meer gespecificeerd lezen wat het kabinet graag in uw advies aan de orde wil zien komen, de 'terms of reference' voor uw werkzaamheden. In een instellingsbesluit zal de taakomschrijving, de samenstelling van de topteams en een eventuele vergoeding conform het bepaalde in de Wet vergoedingen adviescolleges en commissies geformaliseerd worden. Ik zal u hierover zo spoedig mogelijk nader berichten.

Ik kijk uit naar onze samenwerking en zie uw advies graag voor 20 mei 2011 tegemoet.

Hoogachtend,



drs. M.J.M. Verhagen
Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Bijlage 3: Proces totstandkoming advies topteam High Tech Systemen en Materialen

In februari 2011 werd Amandus Lundqvist gevraagd om als Boegbeeld de minister te adviseren met een strategische actiegerichte agenda voor de topsector hightech systemen en materialen. Daarbij werd Lundqvist bijgestaan door Marc Hendrikse (namens het MKB), Dave Blank (namens de kennisinstellingen) en Willem Zwolve (namens de overheid, als opvolger van de huidige NWO directeur Hans de Groene). Dit advies is tot stand gekomen na intensief contact met belangrijke *stakeholders* van de Nederlandse hightech industrie, het technisch onderwijs, kennisinstellingen en universiteiten en overheden.

Intensieve interactie met het veld

In vier regionale workshops zijn vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven en de kennisinstellingen bij elkaar geweest om een inhoudelijke bijdrage te leveren voor dit advies. Deze workshops werden gehouden in alle delen van het land: op 25 maart in Hengelo, op 8 april in Delft, op 13 april in Den Bosch en op 29 april in Groningen.

Naast deze workshops heeft Point-One in samenwerking met HTAS, M2i, Holst Centre, ESI en Lucht- en Ruimtevaart Nederland een groot landelijk *event* georganiseerd op 13 april in Den Bosch. Daarmee bouwt het topteam HTSM voort op de goede basis die is gelegd in eerdere publiek-private programma's. Circa 450 vertegenwoordigers uit deze topsector kwamen in Den Bosch bijeen om hun bijdrage te leveren aan dit advies. Van grote OEM's tot kleine MKB bedrijven. Vanuit kennisinstellingen. En vanuit verschillende overheden.

De afgelopen maanden hebben de leden van het topteam tevens tientallen bedrijven en kennisinstellingen bezocht. En hebben talrijke individuele bedrijven, bedrijven koepels, kennisinstellingen en andere relevante organisaties hun individuele aanbevelingen op schrift gestuurd naar het topteam.

Al deze input is zo goed mogelijk meegewogen in het eindadvies. Het topteam meent dat de hoofdlijnen van dit advies op draagvlak kunnen rekenen van veel *stakeholders* in deze topsector. Om de contouren van het advies vroegtijdig te toetsen is de brede consultatieronde met het veld op 12 mei afgesloten met een *captain's dinner*. Enkele prominente kopstukken uit de hightech sector bespraken de eerste resultaten van het advies met de topteamleden. Zij bevestigden de richting en inzet van het eindadvies.

Centrale vraagstelling: hoe verdienen we in 2020 ons geld

In al deze bijeenkomsten was de centrale vraagstelling steeds: "waar verdienen we in 2020 ons geld mee?" Deze vraag werd beantwoord langs de deelvragen:

- Wat zijn de grootste kansen en knelpunten? En welke inzet vraagt dit van ons? Dit op het gebied van: onderzoek en innovatie, scholing en arbeidsmarkt, buitenland strategie, regionale en sectorale randvoorwaarden, en duurzaamheid en maatschappelijke effecten.
- Wat kunt u zelf doen met betrekking tot deze knelpunten?
- Wat is in uw visie de rol van de overheid met betrekking tot de belangrijkste knelpunten?

Ondersteund met kwantitatieve en kwalitatieve data

Deze uitkomsten zijn cijfermatig ondersteund door Berenschot met actuele sector- en arbeidsmarktgegevens. En tevens kwalitatief ondersteund middels een schriftelijke enquête uitgezet via kanalen als Brainport Industries (Boer & Croon Enquête Brainport Industries) en Point-One.

Voorgelegd aan verschillende relevante departementen

EL&I en AgentschapNL hebben de uitkomst en resultaten van het advies tussentijds besproken met verschillende relevante departementen, waaronder I&M, Defensie, BZK, VenJ, VWS, EL&I, OCW, FIN en BuZa. Dit om hun betrokkenheid in het proces te borgen en in een vroeg stadium te toetsen in hoeverre de hightech ambities kunnen bijdragen aan de verschillende beleidsagenda's van de vakdepartementen.

Bijlage 4: Nanotechnologie in de topsectoren

Nanotechnologie wordt beschouwd als de belangrijkste technologie van de 21ste eeuw. Dit inzicht is gebaseerd op de vaak ongekende mogelijkheden die nanotechnologie met zich meebrengt, maar bovenal omdat verwacht wordt dat nanotechnologie een grote bijdrage kan leveren aan verschillende mondiale problemen, zoals het energievraagstuk en de wereldgezondheid.

In de beginjaren is de halfgeleiderbranche de grote drijvende kracht binnen de nanotechnologie geweest. In de micro-elektronica vindt een voortschrijdend proces van miniaturisatie plaats. Bij de productie van computerchips slaagt men er via lithografische technieken in om steeds kleinere structuren te realiseren. In de laatste dertig jaar is de dichtheid van transistoren op een chip elke anderhalf jaar verdubbeld. Dit staat bekend als de wet van Moore. Deze wet komt binnenkort tot zijn eind, en nieuwe ideeën en technologieën worden noodzakelijk. Dit nieuwe tijdperk binnen de elektronica noemen we 'beyond Moore'. Nano-elektronica zal veel efficiënter met energie omgaan door het toepassen van licht als informatiedrager of door het gebruik van plastic elektronica. Nanotechnologie zal de technologie zijn die hightech systemen nieuwe impulsen zal geven. In eerste instantie in de halfgeleider industrie, denk aan ASML (apparatuur voor het maken van chips met nanostructuren), FEI (microscopen die nanostructuren zichtbaar maken en kunnen manipuleren), NXP (consumenten elektronica).

In het afgelopen decennium zijn nanotechnologie en biologie steeds vaker een sterk koppel gaan vormen. Levende cellen zitten vol met uit eiwitmoleculen opgebouwde 'machines' en andere structuren met nanometerafmetingen. Fysici, biologen en technici laten zich bij hun onderzoek en bij het ontwerpen van toepassingen dan ook steeds meer door biotische systemen inspireren. Anderzijds kunnen de nanotechnologische ontwikkelingen door nieuwe onderzoeksmethoden, technieken en instrumentatie een impuls geven aan het bio- en medisch onderzoek. Dat gebeurt bijvoorbeeld in een "laboratorium-op-een-chip", waarmee in zeer korte tijd en op zeer eenvoudige wijze de samenstelling van kleine hoeveelheden lichaamsmateriaal bepaald kan worden: de basis voor moleculaire geneeskunde. Denk hierbij ook aan het ontwikkelen van nieuwe medicijnen, het vroegtijdig opsporen van virussen, het controleren en doceren van medicijntoevoer, en aan intelligente chirurgische apparatuur.

De laatste jaren is de mens steeds beter in staat om op een gecontroleerde manier materialen met zeer kleine afmetingen te maken. Daarmee ontstaat de mogelijkheid om de bijzondere eigenschappen van nanomaterialen te exploiteren. Materialen die gemodificeerd zijn met behulp van nanotechnologie leiden tot efficiëntere zonnecellen, brandstofcellen en batterijen. Ook zijn er milieutoepassingen (katalysatoren, membranen), en toepassingen in informatieopslag (kwantumdots, multiferroics) en informatietransport (fotonische kristallen). Op dit gebied heeft Nederland een internationale reputatie en veel Nederlandse bedrijven (multinationals, MKB) en kennisinstellingen die richten zich op deze nieuwe materialen.

Uit bovenstaande blijkt dat nanotechnologie aan de oorsprong staat van veel nieuwe ontwikkelingen binnen hightech systemen en materialen. Daarnaast doet de nanotechnologie haar intrede in verschillende applicatiegebieden, variërend van voedsel, gezondheid, energievoorziening, tot bijvoorbeeld waterzuivering. Het is de reden dat nanotechnologie ook van toepassing is voor andere topsectoren. In deze notitie worden die kansen benoemd aan de hand van enkele voorbeelden.

Structurele financiering is nodig om de positie van Nederland te handhaven, en uit te breiden naar toepassingsgebieden waarin zich het komende decennium belangrijke nieuwe kansen voordoen. De financiering zal besteed moeten worden aan onderzoek, infrastructuur, open innovatie (met name ten behoeve van het MKB) en analyse van de impact van de nanotechnologie op onze maatschappij (veiligheid, risico's, privacy, voorlichting, inbedding in onderwijs). In de strategische agenda van het Nederlands Nano Initiatief is aan de hand van verschillende studies betreffende de investeringen wereldwijd op het gebied van de nanotechnologie en de ervaringen opgedaan met eerdere initiatieven op het gebied van nanotechnologie (NanoNed, NWO, EU) een schatting gemaakt voor een impuls in publiekprivate samenwerking. Om de doelstellingen van deze NNI strategische researchagenda te realiseren is van de betrokken partijen, overheid, kennisinstellingen, betrokken industrie en maatschappelijke instantie, een structurele investering van €100 mln per jaar tot 2020, te verdelen over overheid 50%, bedrijfsleven 20%, kennisinstellingen 15% en nano-initiatieven NWO & EU 15%. Deze €100 mln per jaar zal verdeeld moeten worden over verschillende gebieden, te weten risico-analyse & impact 15%, infrastructuur & open innovatie 20%, generiek onderzoek 20%, applicatiegericht onderzoek 25%, publiekprivate programma's 10% en *human capital* 10%. Deze impuls voor de nanotechnologie is exclusief de investeringen die bedrijven plegen in hun strategisch onderzoeksprogramma's, die vooral bij onze multinationals, ook internationaal gericht zijn.

Door de toekenning van het FES programma HTSM, NL Grootschalige Infrastructuur, NWO-NANO wordt voor de komende 5 jaren 65% van de SRA NNI afgedekt. Voor een volledige realisatie van de strategische agenda is additioneel een budget van €35 mln per jaar nodig.

Tabel IV.1. Benodigde, realisatie en nog te realiseren middelen uit de Strategische OnderzoeksAgenda van het Nederlands Nano Initiatief (in mln euro's)

	2010-2020 (SRA)	2010-2015 (realisatie)	2010-2015
Overheid	50	30	20
bedrijfsleven	20	10	10
kennisinstellingen	15	15	
NWO-NANO & EU	15	10	5

High Tech Systemen & Materialen

De Wet van Moore heeft decennia lang de ontwikkeling binnen de informatie- en communicatietechnologie gedomineerd. Technologische *roadmaps* gaan uit van een verdubbeling van het aantal transistoren op een silicium-chippoppervlak per anderhalf jaar. Deze vooruitgang heeft onze maatschappij op ongekende wijze veranderd. Mobiele communicatie, intelligente consumentenelektronica en het internet zijn uit ons dagelijkse leven niet meer weg te denken. Bovenstaande ontwikkelingen krijgen nu wel te maken met fundamentele grenzen omdat structuren dusdanig atomair klein zijn dat huidige principes niet langer werkzaam zijn.

Complementair aan de voortschrijdende miniaturisatie in de HTSM-industrie worden zowel nieuwe functionaliteiten als integratie van verschillende functionaliteiten op een enkel chippoppervlak verlangd. Nieuwe concepten binnen de nanotechnologie zijn bij uitstek geschikt aan deze toekomstige ontwikkeling bij te dragen. Door het implementeren van nieuwe optische-, elektrische- en magnetische verschijnselen op nanometerschaal, en de engineering van structuren op atomaire en moleculaire schaal, zullen nieuwe toepassingen met een grote maatschappelijke en economische reikwijdte beschikbaar komen. Deze revolutionaire ontwikkeling wordt aangeduid met de term "Beyond Moore". Daarbinnen zullen niet alleen de mogelijkheden van de hardware zelf, maar ook de interactie tussen mens en technologie, almede maatschappelijke relevantie, geheel nieuw gedefinieerd worden.

Ontwikkelen van nieuwe materialen is essentieel om de ontwikkelingen te realiseren. Hierbij wordt de functionaliteit van het materiaal steeds belangrijker. Een goed voorbeeld is de ontdekking van grafeen en de bijzondere eigenschappen die deze koolstof monolaag heeft. Mogelijk een nieuwe bouwsteen voor verdere ontwikkeling van nano-elektronica.

Voor het realiseren van toekomstige doorbraken is het essentieel om op evenwichtige wijze zowel grensverleggend wetenschappelijke onderzoek, als meer toepassingsgedreven activiteiten te ondersteunen; in een hecht samenwerkingsverband en met oog voor de maatschappelijke en economische context. Een grote uitdaging binnen "Beyond Moore" is het vervaardigen van nieuwe complexe structuren op een goedkope wijze, zoals het repliceren via stempeltechnieken, gebruikmakend van zelfassemblerende moleculen.

De 'Beyond Moore' strategisch researchagenda sluit aan bij de onderzoeksagenda's van lopende Nederlandse en Europese initiatieven. Bij het Europese Technologieplatform ENIAC staat CMOS-schaling centraal, maar gaat toenemende aandacht uit naar ontwikkelingen die voortbouwen op, en verder gaan dan CMOS, zoals 'More than Moore' en 'Beyond CMOS'. Deze activiteiten zijn gericht op de ontwikkeling van *nanodevices* en componenten die ontstaan uit de convergentie van verschillende disciplines, e.g. nano-bio. De 'More than Moore' activiteiten krijgen ook een centrale plaats in het Point-One research agenda. Het Europees platform op 'Smart Systems' (EPoSS) richt zich op 'More than Moore' met name op de integratie van verschillende complementaire technologieën voor de realisatie van 'Systems in Package'. De 'Beyond Moore' onderzoekslijn binnen NanoNextNL levert fundamentele bouwblokken voor bovennoemde agenda's. Dit verzekert aansluiting bij industriële initiatieven en project-opportunities op Europees niveau.

Nederland staat bekend om de grote expertise op het gebied van fundamenteel en strategisch technologisch relevant onderzoek aan device-gerichte verschijnselen op nanometerschaal. Vooraanstaande academische centra op dat gebied participeren binnen NanoNextNL. Anderzijds kent Nederland een historie van grensverleggend hightech onderzoek en industriële activiteiten (bijv. Philips, NXP, ASML), momenteel mede geïmplementeerd in innovatieprogramma's zoals

Point-One. Grensverleggend onderzoek naar specifiek gekozen enabling technologies zal zorg dragen voor generieke kennis, en garandeert een continue stroom aan ideeën voor het realiseren van innovatieve applicaties.

Belangrijke ontwikkelingen binnen High Tech Systemen en Materialen zoals aangegeven in de strategische agenda van het Nederlands Nano Initiatief zijn:

NanoSensoren

Het meten van op nanoschaal zal essentieel zijn voor een veelvoud aan revolutionaire technologieën. “Smart sensors”, sensoren met extreem hoge gevoeligheid en specificiteit, maken gebruik van de combinatie van optische, elektrische en magnetische principes en biocompatibiliteit. Belangrijke toepassingen op de korte termijn variëren en van *healthcare* toepassingen tot toepassingen binnen het domein van mobiliteit en veiligheid. Tijdshorizon is 3 tot 5 jaren.

NanoPower, Lighting & Actuatoren

Voor veel mobiele toepassingen van nanotechnologie speelt een efficiënte energievoorziening een cruciale rol. Zo is bijvoorbeeld de ontwikkeling van *ambient intelligence* volledig afhankelijk van de beschikbaarheid van mobiele *power sources*. Het verder vergroten van de efficiëntie van LEDs en vaste-stof lasers loopt hier parallel mee. Tijdshorizon is 3 tot 5 jaren.

Informatietransport, -verwerking en -opslag

Unieke concepten uit de nanotechnologie zullen de mogelijkheden van informatietransport, -verwerking en -opslag in de komende decennia nogmaals veeleenvoudigen. Nieuwe dragers van informatie (elektronica gebaseerd op grafene, de “spin” van elektronen, fotonische schakelingen of enkel-moleculaire bouwstenen) zullen leiden tot compactere schakelingen, een grotere bandbreedte, een lager energiegebruik en mogelijk goedkopere elektronische componenten. Nieuwe strategieën, gebruikmakend van kwantuminformatie, zouden kunnen bijdragen aan het efficiënt oplossen van complexe vraagstukken en veilige data-encryptie. De tijdshorizon is voor deze ontwikkelingen 5 tot 10 jaar.

BioInterfacing

Misschien wel de meest uitdagende toepassing van nano-elektronica en fotonica is de communicatie met biologische systemen. Droomsenario's binnen biomedische toepassingen zullen echter afhankelijk zijn van doorbraken op het gebied van de hardware, met name het controleren en manipuleren van processen op de grens tussen de elektronische schakeling en biomoleculen. Stimulering van dit gebied is essentieel als Nederland een vooraanstaande rol op het gebied van “molecular medicine” wil blijven spelen. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Chemie

Chemie is één van de basisdisciplines voor de nanotechnologie. Daarnaast is de chemie een sterke industriële sector waar nieuwe nanotechnologische toepassingen hun weg vinden in de overige topsectoren. De recente ontwikkelingen op het gebied van het vervaardigen en karakteriseren van nanoschaal-objecten maken het mogelijk allerlei nieuwe materialen met speciale functionele eigenschappen te ontwerpen en te synthetiseren. De chemie speelt hierbij een essentiële rol. Toepassingen zijn sterkere of juist soepelere materialen, materialen met een hoge elektrische weerstand en lagere thermische weerstand. De mogelijkheden zijn vrijwel onbeperkt, vooral bij de koppeling tussen levende cellen met specifieke functionele nanodeeltjes, nano-oppervlakken of nanostructuren. Kunstmatig ingebrachte (an)organische deeltjes of oppervlakken kunnen de diverse onderdelen van een cel zodanig beïnvloeden dat er een geheel nieuwe functionaliteit ontstaat, zoals fluorescentie, magnetisme of zelfs de productie van nieuwe biomaterialen. Andersom kunnen eiwitten, virussen of cellen in nanosystemen verwerkt worden. Deze koppelingen bieden veel wetenschappelijke en commerciële aanknopingspunten.

Naast DNA, op zich een macromolecule, vindt er steeds meer onderzoek plaats naar op peptide en proteïne gebaseerde nanomaterialen. Proteïnen zijn natuurlijke moleculen die unieke functionaliteit en potentiële toepassingen op zowel biologische als materiële gebieden hebben. Nanomaterialen die uit proteïnen worden afgeleid, vaak eiwit- nanodeeltjes, zijn biologisch afbreekbaar, metabolisch en kunnen ook voor oppervlaktemodificering en covalent hechten van drugs of liganders gebruikt worden.

De natuur heeft, gebruikmakend van chemische en fysieke eigenschappen van moleculen zoals proteïnen en lipides, manieren ontwikkeld om nanostructuren te maken. Het nabootsen van de natuur levert nanomachines op, die ingezet kunnen worden voor bijvoorbeeld energieopslag of -overbrenging en het aansturen (transporteren) van DNA- structuren.

Binnen de SRA van het Nederlands Nano Initiatief zijn de volgende onderzoeklijnen voorgesteld:

Supramoleculaire chemie

Voor een verdere ontwikkeling van dit gebied zullen nieuwe ontwikkelingen in synthese en supramoleculaire chemie nodig zijn: ontwikkeling van nano-assemblages, ontwikkeling van hybride materialen, functionaliseren van nanostructuren, functionele interfacing van nanostructuren met oppervlakken, controle over positie, specificiteit, oriëntatie en functie van nanostructuren op oppervlakken, assemblage van nanostructuren, etc.

Construeren van nano-architecturen

Ondanks aanzienlijke inspanningen in het verleden zal meer chemieonderzoek verricht moeten worden op het gebied van gecontroleerde groei van deeltjes en/of oppervlakten met de gewenste eigenschappen. Te denken valt aan materialen die biologisch of biocompatibel zijn zoals proteïnen, DNA/RNA en virus capsules als componenten in nanosystemen en als nanoreactoren, een gebied dat aanzienlijk potentieel heeft en tot op heden onderbelicht. Zelfgeassembleerde en zelfgeorganiseerde systemen voor functionele colloïden, materialen en oppervlakten om materialen met een bepaalde moleculaire orde en een hiërarchische zelforganisatie te maken en uiteindelijk de assemblage.

Onderzoek naar de fabricatie en eigenschappen van nanomaterialen

Het bestuderen van de mechanische, elektronische en optische eigenschappen van individuele nanodeeltjes (met inbegrip van moleculen van quantum dots en enzymen) blijft een belangrijk aandachtsgebied. Naast die studie van individuele nanodeeltjes moeten ook de eigenschappen van moleculaire materialen die samengesteld zijn uit nanodeeltjes worden onderzocht. Nieuwe fabricatietechnieken maken het mogelijk om nieuwe materialen te ontwerpen en te construeren. Veel van deze nieuwe materialen zullen hun toepassing vinden in "Beyond Moore".

Life Sciences

Een levend systeem wordt gedreven door processen op de nanoschaal. Het is dan ook niet opmerkelijk dat de combinatie van Life Sciences en nanotechnologie grote beloftes inhoudt. Begrijpen hoe de biochemie op nanoniveau werkt, hoe functionaliteit afhangt van nanostructuur en welke interacties op dat schaalniveau hoe verlopen is de basis om processen in levende systemen te beïnvloeden en problemen te kunnen oplossen. Een belangrijk toepassingsgebied van deze combinatie is nanomedicine.

Een ziekte begint op het biomoleculaire en cellulaire niveau, op de lengteschaal van 1-100 nm. Waar het om draait in de geneeskunde, is vroege diagnostiek en op de patiënt toegesneden behandeling. En dat vereist kennis van processen en interventie op die schaal. Met de snelle vooruitgang in moleculaire biologie en geneeskunde, gekoppeld aan de progressie in de experimentele technologie, wordt de moleculaire schaal nu toegankelijk.

Nanomedicine gaat over de toepassing van nanotechnologie in de moleculaire biologie en geneeskunde. De wetenschappelijke en (experimentele) technologische ontwikkelingen zijn zodanig dat de detectie en aanpak van ziektes en erfelijke afwijkingen op celniveau binnen bereik beginnen te komen. Biomoleculaire en (an)organische systemen met nieuwe eigenschappen kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden voor afbeelding (*imaging*) in een cel, of voor het heel specifiek lokaal afleveren van medicijnen. Een stap verder is het inzetten van complexere structuren voor diagnose en behandeling. Met *nanodevices* kan moleculaire diagnostiek en *imaging* met therapie gecombineerd worden. Implantaten kunnen passieve en actieve functionele onderdelen krijgen die voor locale analyse en plaats- en/of tijdsgerichte medicijnafgifte zorgen, of kunnen zorgen voor het draadloos melden van voortgang van of problemen met de behandeling. Biosensoren kunnen door nanotechnologie veel breder worden ingezet, doordat ze gebruiksvriendelijker, goedkoper en sneller kunnen worden dan traditionele apparatuur, en slechts minimale hoeveelheden sample nodig hebben. Diagnostiek daar waar de informatie nodig is in het ziekenhuis, ambulance of huisarts, en zelfs thuisdiagnostiek wordt hierdoor toegankelijk. Biosensoren die zeer kleine veranderingen in de moleculaire samenstelling van bijvoorbeeld bloed kunnen detecteren, zoals verhoogde aanwezigheid van eiwitten of antilichamen, helpen bij het stellen van vroegtijdige diagnoses. Bepaling van nucleïnezuren in lichaamsmateriaal van patiënten stelt medici in staat op de individuele patiënt toegesneden behandelingen aan te bieden. Op middellange termijn zullen moleculaire machines en slimme op nano gebaseerde geminiaturiseerde hulpmiddelen hun intrede doen binnen het medische arsenaal en artsen potentiële aangrijpingspunten geven om ziektes beter te behandelen en ziektesymptomen beter te bestrijden en (chronische) patiënten een betere kwaliteit van leven te geven.

Het succes van nanotechnologie binnen de topsector lifesciences zal in het bijzonder afhangen van drie factoren. Ten eerste: de mate waarin biofysici, biochemici, en biologen erin slagen een fundamenteel begrip te krijgen van het functioneren van een cel en de daarbij horende fundamentele bouwstenen en chemische processen, in relatie tot de rol die cellen spelen in het functioneren van levensprocessen en het ontstaan van ziekte. Ten tweede: hoe succesvol fysici, chemici, biologen en farmaceuten zijn in het maken van nieuwe nanostructuren met behulp van *top-down* en *bottom-up* methodes, die interacties kunnen aangaan met relevante biologische componenten. De uitdaging hier ligt in de combinatie van observaties uit de levende natuur, en de vertaling daarvan naar functionele synthetische constructen, nano-elektronische componenten en kunstmatige moleculaire machines. Ten derde: het vertalen van de observaties en nanotechnologische innovaties naar medische toepassingen met een klinische meerwaarde en andere toepassingsgebieden.

Binnen life sciences zijn de volgende onderzoekslijnen voorgesteld:

Onttrafelen van de oorzaak en ontwikkeling van ziekte

Het begrijpen van fundamentele processen en oorzaken achter bepaalde ziektes. Onderzoek aan receptoren en aangrijppingspunten voor therapeutica. Het identificeren van moleculen die karakteristiek zijn voor aanleg voor of ontstaan van ziekte, de zogenaamde biomarkers. Het ontwikkelen van nanosensoren voor onderzoek binnenin een cel (ontwikkelen van nanonaalden, fluorescerende probes). Implanterbare sensoren en regulerende *devices*. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Nanotechnologie voor diagnostiek

Lab-on-a-chip en andere geminiaturiseerde biosensing systemen die snel en nauwkeurig verschillende (bio)markers kunnen detecteren. Daarnaast het ontwikkelen van nanodeeltjes en biologisch-chemische nanoconstructen die de diagnostiek nog specifiek en nauwkeuriger kunnen maken. Geïntegreerde chemo- en biosensoren voor bepaling van meerdere types analyses. Tijdshorizon is 3 tot 10 jaar.

Moleculaire imaging

Een belangrijk veld waarvoor contrastmiddelen moeten worden ontwikkeld, al dan niet voorzien van medicijnen, die specificiteit en ruimteoplossend vermogen vergroten, en functionele karakterisatie mogelijk maken. Daarnaast moet onderzoek verricht worden naar weefselspecifieke contrastmiddelen, die het opsporen van bepaalde types weefsels en afwijkingen daarin verbeteren en een beter contrast geven. Hetzelfde geldt voor agents die ziektespecifieke informatie kunnen leveren. Veel kan ook verwacht worden van real-time imaging, waarmee bijvoorbeeld pH-verandering, proteïne-interactie, of ionenkanalen in cellen zichtbaar gemaakt kunnen worden en waarmee de effecten van medicijnen op hun omgeving of zelfs op celniveau kunnen worden bestudeerd. Molecular imaging maakt niet-invasieve diagnostiek en bestudering van ziekteprocessen mogelijk, en geeft de mogelijkheid de juiste therapie te selecteren en de uitwerking van therapie vast te stellen. Tijdshorizon is 3 tot 10 jaar.

Nanotechnologie voor gerichte drugafgifte

Het ontwikkelen van materialen en devices die lokaal en gericht de toediening van medicijnen kunnen verzorgen. Injecteerbare toedieningsystemen zoals depots en colloïdale medicijn dragers, alsmede minimaal invasieve transdermale- en implanterbare devices. Deze systemen maken plaats- en tijgecontroleerde afgifte van farmaceutica en biotechnologische medicijnen (proteïnen, vaccins, nucleotides) mogelijk. Het combineren van dergelijke nanomedicamenten met fysische technologieën om de effectiviteit in de patient te verbeteren, zoals bv. de toepassing van ultrasound golven om afgifte van farma uit nanomedicijnen te 'triggeren'. Probes tbv imaging-guided therapy die processen zoals drug release en therapeutische activiteit kunnen monitoren. In de applicatie kan gedacht worden aan de toediening van biotechnologische medicijnen en vaccins met een beperkte stabiliteit en oplosbaarheid, of met significante nevenwerkingen. Veiligheidsonderzoek naar immuuntoxicologische/immunogene effecten van dergelijke medicamenten, en ontwikkeling van methoden ter preventie. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Nanotechnologie voor reconstructive medicine

Het gebied waar intelligente biomaterialen voor in-vitro en in-vivo controle van het herstelproces gebruikt kunnen worden. Intelligente implantaten kunnen worden uitgerust met nano-elektronica voor draadloze communicatie. Toepassing van biomaterialen voor herstel en reparatie van defecte lichaamsfuncties, bijvoorbeeld door het aanpassen van functies van cellen, spieren, door het maken van structuren voor filtratie van lichaamsvloeistoffen of voor de productie van hormonen. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Agrofood en tuinbouw

Goede voeding en gezondheid gaan vaak samen. De steeds ouder wordende bevolking, gezondheid, kosten van gezondheidszorg etc., vragen om innovaties die voorkomen dat gezondheidsproblemen optreden (preventieve gezondheidszorg) en bijdragen aan de kwaliteit van leven.

Vergrijzing en de problemen die gerelateerd zijn aan overgewicht zullen de komende jaren een enorme impact hebben op de maatschappij (kosten van de gezondheidszorg, arbeidsproductiviteit). De voedingsmiddelenindustrie voelt zich hierdoor uitgedaagd om met producten te komen die voldoen aan de laatste inzichten op het gebied van gezonde voeding, maar wel verkocht worden. Dat betekent dat dergelijke voedingsmiddelen tegelijkertijd moeten voldoen aan de strenge eisen die de consument stelt op het gebied van smaak, gemak en voedselveiligheid. Samen vormt dit een enorme technologische uitdaging. Nanotechnologie kan op een aantal terreinen helpen deze uitdaging aan te gaan.

Inkapseling van nutriënten is een toepassing waarbij nanotechnologie wordt gebruikt om een wand van een capsule te maken die nieuwe mogelijkheden biedt om de inhoud vrij te laten komen. Men is dan in staat bepaalde ingrediënten in te kapselen in micro- of nanocapsules. Deze capsules zorgen ervoor dat een reactie met de omgeving of andere stoffen in het product uitblijft, dat een eventuele onplezierige smaak wordt vermeden, dat de stoffen daar vrijkomen waar ze het meeste effect hebben, en dat ze beter door het maag-darmkanaal kunnen worden opgenomen. Een duidelijke link ligt hier naar nanomedicine, waar het toedienen van medicijnen veel nauwkeuriger en sneller kan worden toegepast, bijvoorbeeld niet via de spijsvertering of injecteren, maar via de longen of de huid. Bij nieuwe textieltoepassingen wordt dit laatste al toegepast.

De kwaliteit en veiligheid van voedsel is nog nooit zo goed geweest in geïndustrialiseerde landen als nu. Toch is er nog altijd ruimte voor verbetering, blijkt uit gegevens over doktersbezoek en ziekenhuisopname ten gevolge van het eten van verkeerd of bedorven voedsel. Nanotechnologie stelt ons in staat om sneller, gevoeliger en specifieker te meten en te bepalen of er een kwaliteitsprobleem is met bepaalde voedselproducten.

Nanotechnologie zal zeker een rol spelen bij de verpakkingindustrie. Langer bewaartijden van voedselproducten en meer informatie over de kwaliteit van het verpakte product zijn daarbij de doelen. Het toepassen van RFID-tags (Radio Frequency Identification labels) zal uitgebreid worden met directe informatie over het product of het volgtraject van productie naar consument. Nano-gestructureerde membranen worden o.a. gebruikt voor het gedoseerd toedienen van vloeistoffen, gassen en medicijnen of het filteren van bacteriën of enzymen uit een vloeistof.

Er zijn vele toepassingen van nanotechnologie in de tuinbouw. Voorbeelden zijn: sensoren voor vroege plaagdetectie in kassen en precisielandbouwconcepten, coatings voor kasdekken die vervuiling en reflectie tegengaan (Claryl van DSM), en encapsulatie van bestrijdingsmiddelen en meststoffen voor een meer optimale afgifte. In breder hightech perspectief zijn er diverse raakvlakken tussen de Topsectoren Tuinbouw en High Tech, zoals robotica, embedded systemen, high throughput systemen, meet- en regelsystemen, etc.

Binnen de strategische agenda van het Nederlands Nanolinitiatief worden vier kansrijke thema's voor de Nederlandse voedingsmiddelenindustrie aangegeven, waarin de nano- en microtechnologie een belangrijke rol spelen en die tevens van belang zijn voor de gezondheid. Uit deze thema's blijkt dat niet alleen proces- en productinnovaties met nanotechnologie kostenvoordelen kunnen opleveren, maar dat dankzij de technologie die nu in ontwikkeling is, het ook mogelijk wordt ingrediënten te combineren, die nu nog niet samen verwerkt kunnen worden. De toepassing van nanotechnologie in voeding en gezondheid biedt duidelijk voordelen, ook voor de individuele consument. Koud steriliseren van voedsel met gevoelige ingrediënten, geprogrammeerde en in de tijd gefaseerde afgifte van smaak- en geurstoffen, geavanceerde lokale bereiding van voedsel, het zijn slechts enkele voorbeelden van de mogelijkheden die in de toekomst bestudeerd en ontwikkeld moeten worden.

Filteren en fractioneren

Het ontwikkelen van procestechnologische componenten in de vorm van zeven en filters. Toepassingsmogelijkheden liggen onder andere bij het zuiveren en filteren van grondstoffen en halffabricaten, bij gefractioneerd scheiden en bij koud steriliseren of pasteuriseren. Ook kan men denken aan apparatuur die ongezonde bestanddelen (zoals verzadigde vetten) vervangt door gezondere bestanddelen (onverzadigde vetten of vetvervangers). Tijdshorizon is 3 tot 5 jaar.

Sensor/detectiesystemen en processing

Het ontwikkelen van sensoren die – sneller en goedkoper dan nu – de kwaliteit van voeding meten, het productieproces monitoren en microbiële en andere soorten verontreiniging tijdig detecteren. Deze ontwikkeling kan ook in de vorm van apparaten die lokaal (op de boerderij of bij de consument) operationeel zijn (filteren, mengen, emulgeren, geïndividualiseerde voeding). Tijdshorizon is 3 tot 10 jaar.

Emulsies, textuur en afgiftesystemen

Het vervaardigen van voedingsmiddelen met een andere textuur en/of een andere samenstelling. Het gaat dan bijvoorbeeld om dubbele emulsies (water-in-vet-in-water). Daarmee wordt bereiding van ingrediënten met een zeer laag vetgehalte mogelijk. Afgifte systemen zijn toepassingen waarbij functionele ingrediënten zoals vitamines nauwkeurig gedoseerd en geprogrammeerd vrijkomen, bijvoorbeeld tijdens het eten (geurstoffen) of in het lichaam (kwetsbare nutriënten). Daarnaast kan het verbeteren van de oplosbaarheid van nutriënten of medicijnen d.m.v. nano-encapsulatie hun effectiviteit sterk verhogen. Tijdshorizon is 3 tot 5 jaar.

Verpakking & Logistiek

Dit thema kent twee benaderingen. De ene is om ingrediënten van voedsel beter te verpakken, bijvoorbeeld als bescherming tegen oxidatie of tegen licht. De tweede is de koppeling van verpakking met sensoren en/of RFID's. Sensoren kunnen de status van het product in de verpakking signaleren en in combinatie met actuatoren waar mogelijk zelf corrigeren. RFID's kunnen informatie dragen over de samenstelling, herkomst en/of de actuele status van voedingsmiddelen (zoals het vitaminegehalte of de hardheid van fruit). Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Energie

Een applicatie waarin nanotechnologie een steeds belangrijkere rol speelt is energievoorziening. In het essay 'Duurzame energie dichterbij met nanotechnologie' (geschreven in opdracht van het Rathenau Instituut) worden de mogelijkheden verkend die nanotechnologie kan hebben voor de energievoorziening. Het is gebaseerd op interviews met een tiental Nederlandse onderzoekers en adviseurs, wier deskundigheid uiteenloopt van katalyse tot netwerken en van steenkool tot zonne-energie.

Het blijkt dat nanotechnologie duidelijk van betekenis kan zijn voor de energievoorziening. Een beter begrip van fysisch/chemische interacties op nanoschaal kan de sleutel zijn tot grote stappen in de prestatieverbetering van energieconversie- en opslagsystemen, maar is ook van eminent belang in de zoektocht naar nieuwe materialen voor energietoepassingen. Van een groot aantal chemische elementen die nu worden ingezet voor bijvoorbeeld zonnecellen, statische magneten (in windmolens), of moderne batterijen is de beschikbaarheid een (zeer) beperkende factor in het licht van een mondiale omschakeling naar duurzame energiesystemen. Ook de toenemende vraag naar een metaal als koper voor de groeiende inzet van elektriciteit als energiedrager is bijvoorbeeld een punt van zorg, waar tijdig oplossingen voor gezocht dienen te worden.

Verder is nanotechnologie van essentieel belang bij de ontwikkeling en verbetering van omzettingsreacties, zoals van aardgas in diesel en van zonlicht in elektriciteit of waterstof. Ook de opslag van elektriciteit in batterijen of in waterstof is zeer gebaat bij ontwikkelingen in de nanotechnologie (met name katalyse, ionengeleiding en hydrides) omdat dit nieuwe, beter toepasbare, en goedkopere materialen mogelijk maakt. Daarnaast levert nanotechnologie ook een bijdrage aan het zuiniger omgaan met energie. Bijvoorbeeld door de ontwikkeling van lichtere materialen en van LEDs (light emitting diodes). De belangrijkste economische groeiemarkt van nanotechnologie op dit terrein ligt in energiebesparende technologieën die gebruik maken van geavanceerde materialen, naast de meer voor de hand liggende zaken als nieuwe materialen voor energieopslag via batterijtechnologie, waterstofopslag en brandstofcellen.

Op langere termijn kan op het gebied van zonne-energie veel verwacht worden, bijvoorbeeld quantum dot structuren die kunnen zorgen voor een duidelijke verbetering van het rendement. Onderzoek vindt plaats op het gebied van de Grätzel-zonnecel, een cel gebaseerd op nanodeeltjes en organische zonnecellen. Om het rendement te verhogen zullen nieuwe kleurstoffen, zoals (bio)-dyes moeten worden gevonden.

Nanogestructureerde materialen, zoals membranen, vinden hun toepassing in het scheiden van gassen (bijvoorbeeld CO₂ en pervaporatie) of beïnvloeding van bacteriën in biomassa processen.

De transitie naar een duurzame energiehuishouding is een zeer langdurig proces waarbij verbetering en toepassing van bestaande technologieën voor energieopwekking (meer precies: energieomzetting), -distributie, -opslag en -gebruik nodig zijn, maar ook de ontwikkeling en implementatie van nieuwe technologieën. Nanotechnologie zal een belangrijke rol spelen in beide categorieën door de werking te verbeteren of de kosten te verlagen van bestaande technologieën. Daarnaast zal nanotechnologie ook de basis vormen van geheel nieuwe systemen, met de belofte van uitstekende werking en/of zeer lage kosten. Verder kan nanotechnologie nieuwe toepassingsmogelijkheden creëren en de duurzaamheid verbeteren.

De volgende onderzoeklijnen worden voorgesteld in de strategische agenda:

Efficiënte opwekking van duurzame energie

Bij het efficiënt opwekken van elektriciteit via fotovoltaïsche conversie zullen verbeterde en geheel nieuwe typen zonnecellen ontwikkeld moeten worden. Mogelijkheden in relatie tot nanotechnologie zijn quantum-dotstructuren die voor een verbetering van het omzettingsrendement kunnen zorgen door manipulatie ("shaping") van het zonnenspectrum, betere benutting van het hoogenergetisch licht, geoptimaliseerde absorptie-eigenschappen, etc. Daarnaast zullen nanogestructureerde (hybride) materialen de mogelijkheid bieden om zeer goedkope (en in sommige gevallen lage-kwaliteit) materialen te gebruiken door minimalisatie van de transportafstanden in de cel, verbeterde lichthuishouding, etc. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Zonne-energie voor het opwekken van warmte

Zonnecollectoren kunnen verbeterd worden door het toepassen van spectraal selectieve lagen (zeer hoge absorptie van licht in combinatie met lage uitstraling van warmte) of warmteoverdrachtslagen (uitstekende overdracht van warmte tussen verschillende media). Tijdshorizon is 3 tot 5 jaar.

Zonne-energie productie van brandstoffen

Waterstof is hier een goed voorbeeld. Nanotechnologie speelt een rol door het toepassen van katalytisch actieve, nanogestructureerde materialen. Deze materialen moeten het zonlicht maximaal absorberen en omzetten in ladingsdragers. Verder moeten er stabiele katalysatoren gevonden worden die de energetische verliezen minimaliseren.

Een belangrijke nieuwe ontwikkeling is de omzetting van zonlicht naar brandstof met geïntegreerde nanosystemen op basis van efficiënte multi-elektron katalyseprocessen, afgeleid van de fotosyntheseprocessen in de levende natuur. De fundamentele uitdaging is om de energie-, tijd- en lengteschalen te vinden waarop katalyse efficiënt verloopt en toegepast kan worden voor het maken van fotoanodes voor het splitsen van water en fotokathodes voor de synthese van waterstof of methanol uit CO₂. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Windenergie

Bij deze vorm van energie kunnen we ontwikkelingen verwachten in "zelfreparerende" en zelfreinigende materialen (Mzi, IOP Self Healing Materials) die zorgen voor een langere levensduur en verbeterd gedrag. Voor bijvoorbeeld windparken in zee zullen corrosiesensoren belangrijk worden. Tijdshorizon is 3 tot 5 jaar.

Efficiënt energiegebruik door secundaire conversie van energie en scheiding van stoffen

Een wezenlijk onderdeel binnen dit thema is het bestuderen en toepassen van nanogestructureerde materialen voor scheidingtoepassingen, waaronder CO₂-afvangst en pervaporatie (scheiding van mengsels). Nanogestructureerde materialen vormen ook de basis van nieuwe katalysatoren voor brandstofbereiding uit biomassa. Nanomaterialen zullen worden toegepast voor het opwaarderen van cellulose (biomassa uit houtachtige gewassen) en t.b.v. biokatalyse voor de bereiding van producten uit biomassa en beïnvloeding van bacteriën voor de verbetering van ethanolsynthese. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Nanotechnologie voor energieopslag

Elektrochemische opslag van ionen heeft een efficiëntie van boven de 90%. Echter voor elektrisch vervoer zijn snellere laadsystemen nodig, en voor statische opslag (om het verschil tussen aanbod en gebruik van zon en wind energie op te nemen) zijn de huidige systemen te duur en elementen te schaars. Nano structuren bieden voor beide problemen enorm perspectief: Voor lithium-ion batterijen kunnen de oplaad tijden worden verkort, de opslagcapaciteit vergroot door nieuwe opslag mechanismen. Voor statische elektrochemische opslag maken nanostructuren nieuwe technologieën mogelijk op basis van Na-ionen en Mg-ionen. Ook nanogestructureerde materialen voor waterstofopslag bieden nieuwe

perspectieven voor verbetering van de opslag eigenschappen. Daarnaast zijn nano structuren van groot belang in katalytisch actieve materialen voor waterstofproductie alsmede in materialen die snel en efficiënt grote hoeveelheden warmte kunnen opnemen en afstaan. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Anorganische en organische LEDs met zeer hoge efficiëntie

LEDs zijn nanostructuren, waarin elektrisch vermogen in licht wordt omgezet. Nanotechnologie biedt kansen om de efficiëntie van LEDs nog verder te verhogen, gebruikmakend van economisch aantrekkelijke fabricagemethoden. Tijdshorizon is 3 tot 5 jaar.

Schoon water

Met nanotechnologie kan (vervuild) oppervlaktewater worden omgezet in water van de gewenste kwaliteit. Membranen filteren stofdeeltjes, micro-organismen en organisch materiaal uit het water. Met nanotechnologie is het mogelijk om de poriën in de ultrafijne membranen met nog grotere precisie te maken, zodat bijna 100 procent van alle micro-organismen eruit wordt verwijderd. De mogelijkheid om de poriëngrootte in te stellen, zodat een keuze gemaakt kan worden welke deeltjesgrootte wordt doorgelaten en welke niet. Hetzelfde vindt plaats met deeltjes die neutraal of geladen zijn. Om zoutionen te kunnen filtreren moet nog een flinke stap gemaakt worden: niet alleen de filtratie is van belang, ook de hoeveelheid water dat zo gezuiverd wordt is van belang als we dit willen toepassen in regio's die niet over voldoende veilig drinkwater beschikken. Overigens dient hierbij te worden opgemerkt dat ontwikkelingslanden alleen van deze toepassingen kunnen profiteren als de technologie op een betaalbare manier beschikbaar komt.

Een andere vorm van waterzuivering is het binden van ongewenste componenten aan nanodeeltjes. Vervolgens dienen de deeltjes te worden gescheiden door de eerder genoemde membranen, maar dit is ook mogelijk door magnetische scheiding wanneer we magnetische deeltjes gebruiken.

Sensing (meten en monitoren) van waterkwaliteit wordt als belangrijkste onderzoekslijn gezien. Dit vloeit voort uit het gegeven dat bewaking van de waterkwaliteit door snelle detectie van zowel pathogenen als toxische stoffen in drink-, afval- en oppervlaktewater maatschappelijk zeer relevant is en dat dergelijke detectiemethoden op dit moment onvoldoende of niet voorhanden zijn. Omdat nanotechnologie bij uitstek geschikt is om snel en zeer selectief kleine hoeveelheden verontreinigingen en pathogenen te detecteren (genomics, selectieve adsorptie aan nanodeeltjes met zeer groot specifiek oppervlak, optofluidics, lab-on-a-chip systemen), wordt hier veel van verwacht.

In Nederland (met name Wetsus instituut) is een aantal onderzoeksgebieden gedefinieerd betreffende schoon water die direct aansluiten bij de ontwikkelingen binnen nanotechnologie. In de strategische agenda van het NNI worden de volgende onderzoekslijnen voorgesteld.

Detectie tijdens proces- en drinkwater en de zuivering van afvalwater

Hierbij is remote monitoren noodzakelijk, ontwikkeling van efficiënte en goedkope detectieapparatuur voor hergebruik van licht vervuild huishoudelijk water. Nieuwe sensorconcepten voor contaminanten. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Hergebruik zout afvalwater

Onder andere ontwikkeling van bioconversies bij hoge zoutconcentraties, zodat het schone zoute water opnieuw gebruikt kan worden of op een veilige manier geloosd kan worden. Nanotechnologie kan een rol spelen bij de ontwikkeling van corrosiebestendige materialen voor deze processen. Tijdshorizon is 3 tot 5 jaar.

Verwijdering van zouten

De ontwikkeling van selectieve membranen voor scheiding van specifieke componenten. Alternatieven voor membraanprocessen zoals de ontwikkeling van adsorptieprocessen met (nano-) deeltjes voorzien van gefunctionaliseerde oppervlakten. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Membraanbioreactoren

Vermindering van de energieflux, verhoging van de flux door het voorkómen van vervuiling, het ontwikkelen van nieuwe toepassingen. Nanofluidica voor bestuderen van transportverschijnselen. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Fouling van membranen voor bereiding van drink- en proceswater

Methoden ontwikkelen voor het (in situ) meten van de ophoping van deeltjes aan het membraanoppervlak (biofilms, cakevorming en vervuiling). Chemische en fysische methoden ontwikkelen die vervuilde membranen weer kunnen reinigen. Nieuwe membraanfunctionaliteiten t.b.v. self-recycling, en voorkomen van vervuiling door gebruik te maken van coatings. Tijdshorizon is 3 tot 10 jaar.

Energiewinning uit water

Hergebruik van vervuiling uit water voor de productie van energie, elektriciteit of waterstof. Ontwikkeling van biocompatibele elektroden, selectieve membranen, geactiveerde elektroden zijn onderdelen waaraan nanotechnologie belangrijke bijdragen kan leveren. Tijdshorizon is 5 tot 10 jaar.

Bijlage 5: Wetenschappelijke uitdagingen voor het ICT-onderzoek

ICT is een *enabling technology* voor de meeste topsectoren. Bij nieuwe toepassingen in deze topsectoren spelen ICT-voorzieningen een sleutelrol. Bij het ontwikkelen van nieuwe ICT-systemen komen echter generieke vraagstukken naar voren, die leidend voor nieuwe onderzoeksroadmaps kunnen zijn. Deze bijlage beschrijft een aantal kernvraagstukken voor een ambitieuze ICT-onderzoeksagenda.

1. Embedded Systemen

In de toekomst vormen *embedded systems* het zenuwstelsel van alle hightech systemen. Uitdagingen voor het ontwerp van dit soort *embedded systems* zijn het omgaan met multidisciplinariteit in het ontwerpproces (informatica, hardware, software, elektronica, mechatronica, control), het kunnen ontwerpen van systemen van toenemende complexiteit en schaal, het a priori kunnen garanderen van extrafunctionele eigenschappen zoals prestaties, energieverbruik en betrouwbaarheid, en het kunnen integreren van onafhankelijk ontworpen deelsystemen (open design). Geïntegreerde modelgedreven ontwerpmethoden, test en integratie van *embedded systems* zullen aan belang moeten winnen. Echter, deze methoden staan nog in de kinderschoenen.

2. Remote diagnostics: Slim gebruik maken van gebruiksgegevens

Systemen uiteenlopend van de medische apparatuur van Philips en de wafersteppers van ASML tot de bagageafhandelingsystemen van Vanderlande en high-end copiers van Océ registreren in toenemende mate informatie over het daadwerkelijke gebruik. Het is een uitdaging deze informatie te gebruiken om de *performance* te verbeteren en de betrouwbaarheid te vergroten. In toenemende mate hebben zowel de fabrikant als de eindgebruiker de beschikking over *event data*. Vanwege de enorme omvang van deze data en de complexiteit van de genoemde hightech systemen zijn bestaande technieken voor data-analyse slechts in beperkte mate toepasbaar. Er zijn doorbraken nodig op het gebied van data- en *process-mining* om te ontdekken wat de oorzaak is van bepaalde storingen en hoe de prestaties verbeterend kunnen worden. Alleen op deze manier kan *event data* omgezet worden in echt bruikbare kennis.

3. Model-driven software development voor het verbeteren van flexibiliteit en betrouwbaarheid

Hightech systemen worden steeds complexer en de snelheid waarmee nieuwe (versies van) producten om de markt komen neemt nog steeds toe. Traditionele manieren van softwareontwikkeling schieten daarbij tekort. In de afgelopen decennia is er consensus ontstaan dat complexe systemen eerst gemodelleerd en geanalyseerd moeten worden. Echter tot voor kort werden modelgedreven aanpakken nauwelijks gebruikt in de praktijk. Dit is nu aan het kantelen. Het is sinds kort mogelijk om modellen van complexe hightech systemen te analyseren en vervolgens te gebruiken als startpunt voor realisatie. Dit is niet alleen belangrijk om de betrouwbaarheid van systemen te garanderen: het is ook een noodzakelijke voorwaarde om systemen flexibel, configureerbaar en adaptief te maken.

4. Sensornetwerken

De grote uitdagingen van sensornetwerken betreffen zowel het ontwerp van deze systemen met belangrijke onderwerpen als efficiëntie, zelfredzaamheid, betrouwbaarheid, en omgaan met onzekerheid; als ook het benutten en gebruik van dergelijke gedistribueerde sensor en control systemen.

We identificeren de volgende thema's en bijbehorende uitdagingen:

- Data - betreft *system engineering* aspecten en platformen. Uitdagingen omvatten onder andere het efficiënt gebruik van (zeer) beperkte middelen (zoals energie, geheugen, en processorcapaciteit), en robuuste, cognitieve, draadloze communicatie.
- Informatie – betreft met name *distributed processing* en netwerken. Uitdagingen omvatten zowel gedistribueerde data processing en *reasoning*, als het ontwerp en de beheersbaarheid van (grootschalige) netwerken. Specifieke aspecten betreffen onder andere schaalbaarheid, onzekerheid, dynamiek, en het verwerken van gedistribueerde (onbetrouwbare) data.
- Control - betreft complexiteit en beheersbaarheid in de architectuur, services, tools en middleware. Specifieke aspecten betreffen onder andere geschikte programmeer-paradigma's, modellering, en proces/resource allocatie en migratie.

5. Communicatietechnologie

Bij communicatiesystemen kan onderscheid gemaakt worden tussen draadloze en vaste netwerken. Bij draadloze netwerken zullen de uitdagingen op drie deelvlakken liggen, co-existentie van de vele communicatiesystemen (met werk op het gebied van cognitieve radio en *software-defined* radio), data communicatie met zeer hoge bandbreedte (onder andere onderzoek op zeer hoge frequenties - THz) en de reductie in energiegebruik en het minimaliseren van de elektromagnetische straling (onder andere door *smart* antennes, extreem zuinige communicatiesystemen, en nieuwe communicatieprotocollen). Bij vaste netwerken liggen de uitdagingen vooral op de verdere ontwikkeling van optische technieken, zoals *lambda*, *burst* en *optical packet switching*. Ook het bestaande Internet zal zich echter verder ontwikkelen door Ipv6, web-services, P2P en cloud technieken. Daarnaast ontstaan er aparte netwerken voor kritische toepassingsgebieden, zoals *car-to-car*, SCADA, en *embedded* netwerken. Omdat het Internet een wereldomvattend systeem is dat ruwweg een miljard gebruikers kent, zijn er niet alleen ontwerp, maar ook operationele uitdagingen. In deze laatste categorie is vooral de beveiliging van belang (zoals *intrusion detection*) en de vraag hoe het beheer geautomatiseerd kan worden (*self-management*). In alle gevallen speelt energiezuinigheid een belangrijke rol.

6. Security

Hightech systemen vormen in toenemende mate een onderdeel van grotere systemen die via netwerken met elkaar verbonden zijn, bijvoorbeeld voor de procesbesturing van een kernenergiecentrale. Om de kosten laag te houden worden meestal standaardcomponenten gebruikt, zoals Windows PC's, en *smart phones*. Echter, standaard componenten bevatten standaard kwetsbaarheden die door vriend en vijand genadeloos worden uitgebuit. Zo is recent het zeer gevaarlijke Stuxnet virus gelanceerd dat het gemunt had op Iraanse kerncentrales. Dat lijkt een bijzonder geval, maar het tegendeel is waar. Uit recent onderzoek is gebleken dat minimaal één op de 10 PC's wereldwijd niet door de eigenaar maar door criminelen wordt beheerd. Zonder nadrukkelijke aandacht voor informatiebeveiliging spreidt het probleem zich uit van PC's via *smart phones* tot alle *embedded* systemen. Er is baanbrekend onderzoek nodig naar informatiebeveiliging om het tij te keren.

7. Dependability

Omdat ICT-systemen in brede zin, veelal bepalende rol krijgen in HTS, is de betrouwbaarheid (*dependability*) van ICT-systemen cruciaal. Daarbij komt dat de betrouwbaarheid van hardware door steeds kleinere *feature size* niet toeneemt, en ook draadloze communicatie (bij lage energieniveaus) niet altijd betrouwbaar is. Uitdagingen liggen dan ook vooral in het ontwikkelen van methoden en technieken om de betrouwbaarheid op systeemniveau te vergroten. Belangrijke exponenten daarvan zijn betere *model-driven* hardware/software (co-)design methoden, adaptieve methoden voor het toepassen van redundantietechnieken, methoden voor formele verificatie en verbeterde methoden voor *system engineering*.

8. Computerarchitectuur en Smart Grids

Belangrijke uitdagingen gerelateerd aan computerarchitectuur zijn:

- Prestatiewinst in ICT kan in de toekomst alleen nog maar bereikt worden door meer parallel te doen. Een grote uitdaging is het programmeren van parallele (*multi-core*) architecturen. Bij *embedded* systemen komt daar nog bij dat niet alle processoren gelijk zijn, het *resource*gebruik beperkt is (geheugengebruik, energiebudget, etc.) en dat er *real-time* eisen zijn.
- De huidige toename van het energieverbruik is voor een groot deel te wijten aan het toenemende energieverbruik van ICT-systemen. Een uitdaging is het reduceren van het energieverbruik van ICT-systemen. Daarnaast kan ICT in de toekomst ook een bijdrage leveren aan het reduceren van energie verbruik van andere systemen (bijvoorbeeld middels energiemangement in gebouwen en *Smart Grids*)
- Doordat de samenleving als geheel steeds afhankelijker wordt van ICT is een belangrijke uitdaging het verhogen van de betrouwbaarheid van ICT ondanks de aanwezigheid van falende componenten (bv. software, processoren, geheugens of communicatielijnen die foutief gedrag vertonen).

9. Robotica

RoboNED heeft een analyse afgerond van de mogelijke bijdragen van robotica aan maatschappelijke vraagstukken en de economische potentie die daarmee samenhangt. Naar verwachting zal robotica de meeste potenties kunnen hebben voor de zorgsector, land- en tuinbouw, de bouw en inspectiewerkzaamheden. Daarvoor is wel onderzoek en ontwikkeling nodig om deze hightech systemen te integreren met bijvoorbeeld de toepassing van nieuwe materialen. Sleuteltechnologieën in dit verband zijn: sensortechnologie, navigatie en besturing, mechanisch ontwerp en besturing, actuatoren, mens-machine interactie en veiligheid. Bijvoorbeeld, navigatie en besturing zijn noodzakelijk voor systemen die autonoom en veilig moeten kunnen functioneren in een ongestructureerde omgeving. Een dergelijke 'robuuste autonomie' is niet

vanzelfsprekend en het ontwikkelen van werkelijk betrouwbare systemen misschien wel de grote uitdaging voor robotica. Softwareontwikkeling is daarvoor essentieel.

Een hoger niveau van mens-machine interactie vraagt ook nieuwe communicatiestrategieën, omdat robots moeten kunnen bewegen zonder mensen iets toe te brengen. Dat vraagt om nieuwe actuator concepten en nieuwe besturingsmechanismen. Het veilig gebruik van robots zal naar verwachting dan ook nieuwe juridische vraagstukken oproepen en nieuwe eisen stellen aan certificeringsmethoden. Biomimetische redeneermethoden moeten verder worden ontwikkeld. Uiteindelijk zal een juiste mens-machine interactie de basis vormen voor een doorbraak van robotica, zoals de *smartphone*-industrie heeft laten zien.

10. Mens-machine interactie

Interactie met en in sensor-uitgeruste omgevingen begint een belangrijke rol te spelen in mens-computer interactie. Interactie is soms expliciet, geïnitieerd door de gebruiker, soms impliciet, waarbij de omgeving op grond van waarnemingen beslissingen neemt. De omgeving kan pro-actief optreden door activiteiten en wensen te voorspellen en daarop te anticiperen.

De afgelopen jaren is deze ontwikkeling aangevuld met *wearables*, intelligente kleding, en persoonlijke communicatiemiddelen. Een volgende stap was het paradigma van *tangible interfaces*: objecten met al of niet ingebouwde interactie-intelligentie die fysiek in een intelligente omgeving gemanipuleerd kunnen worden en waar aan de waargenomen manipulatie betekenis gekoppeld kan worden.

Als volgende generatie van interfaces wordt gekeken naar *smart material interfaces*. Daarbij gaat het niet om ingebouwde micro-elektronica in objecten, maar om materialen en materiaaleigenschappen die op al of niet door een gebruiker teweeggebrachte omgevingsveranderingen reageren en informatie kunnen verwerken. Kleur, vorm en *texture* kunnen gecontroleerd veranderen op grond van externe stimuli zoals elektriciteit, magnetisme, licht, druk en temperatuur en daar kan computationele functionaliteit aan toegekend worden. NiTiNol, *chromogenic* materiaal en terfenol-D zijn voorbeelden van materiaal dat voor *smart material interfaces* gebruikt kan worden.

Voor mens-machine interactie onderzoekers ligt de taak om het onderzoek naar *smart materials* zodanig te beïnvloeden dat interfaceaspecten en computationele functionaliteit meer vorm krijgt, dat het paradigma van *smart material interfaces* plaats krijgt naast de *tangible interfaces*, en dat door middel van slim ontwerp eerste toepassingen zichtbaar worden en dat gebruikerservaringen geëvalueerd kunnen worden.

Bijlage 6: Financiering HTSM onderzoek: huidige situatie en voorstel topteam HTSM

Tabel VI.1: Huidige financiering HTSM onderzoek (in mln euro*)

	Bijdrage bedrijven	Bijdrage rijksoverheid	Matching universiteiten	Bijdrage EU	Totaal investeringen
NWO	60	130	130		320
TNO/GTI	175	60			235
Programmatisch beleid	245	175	15	9	444
EU projecten	8		p.m.	92	100
	488	365	145	101	1099

Tabel VI.2: Voorstel financiering HTSM onderzoek in 2015 (in mln euro*)

	Bijdrage bedrijven	Bijdrage rijksoverheid	Matching Universiteiten	Bijdrage EU	Totaal investeringen
NWO+	80	175	175		430
TNO+/GTI	210	103			313
Internationale R&D projecten	35	20		9	64
RDA	175	70			245
EU projecten	8		p.m.	92	100
	508	368	175	101	1152

Bron: topteam HTSM. * Gemiddelde kasstromen op jaarbasis, in prijzen 2011.

Toelichting tabel VI.1: NWO: onderzoek universiteiten en instituten gefinancierd vanuit NWO (inclusief STW). TNO/GTI: onderzoek bij NLR en relevante TNO thema's. Programmatisch beleid: projecten vanuit Holst Centre, ESI, Mzi, Point-One, HTAS, FES, BSIK, Smartmix, en Pieken-in-de-Delta. EU projecten: projecten vanuit het EU-kaderprogramma.

De *in-kind* bijdragen van bedrijven in NWO en TNO/GTI zijn een schatting, evenals de matching bij de kennisinstellingen voor de financiering van universitaire infrastructuur. Niet opgenomen zijn de geschatte fiscale voordelen uit de WBSO (€ 150 miljoen), de door de overheid aan TNO en NLR opgedragen taken (respectievelijk € 40 en € 30 miljoen), directe bijdragen uit de regio en innovatiekredieten. Ook niet meegenomen is de jaarlijkse overheidsbijdrage aan ESA (€ 35 miljoen vaste contributie en € 50 miljoen aan specifieke projecten).

Toelichting tabel VI.2: NWO+: onderzoek universiteiten en instituten gefinancierd vanuit NWO (inclusief STW) volgens vernieuwde werkwijze, inclusief Mzi/ESI. TNO+/GTI: onderzoek bij TNO, relevante TNO thema's en NLR volgens vernieuwde werkwijze, inclusief Holst Centre. Internationale R&D projecten: matching van Europese programma's. RDA: nieuwe fiscale maatregel voor R&D stimulering. EU projecten: projecten vanuit het EU-kaderprogramma.

Bijlage 7: Publiek-private samenwerkingsinitiatieven in de hightech (ter illustratie)

Het advies van het topteam hightech inzake publiek-private samenwerkingsinitiatieven bouwt voort op de bestaande netwerken en initiatieven in de sector. Netwerken rondom overheidsprogramma's als Point-One, HTAS Automotive, Mzi materialen, lucht- en ruimtevaart, STW Perspectief en Pieken in de Delta. Publiek-private samenwerkingen met stevige ambities en een sterk financieel *commitment*. Onderstaande initiatieven, variërend van innovatie-agenda's tot grootschalige R&D projecten, zijn enkele voorbeelden die de afgelopen maanden zijn voorgelegd zijn aan het topteam. Zij illustreren de ambitie van de sector.

Integrale Innovatie Agenda's:

Point-One hightech netwerk

- *Point One Phase 2: Multi-annual Roadmap and Annual Plan 2011*

Roadmap gedragen door een groot deel van de hightech industrie op thema's als gezondheid, energie, veiligheid, en ICT. Kerntechnologieën zijn nano-elektronica, embedded systemen en mechatronica. Onderzoeksactiviteiten verbonden met belangrijke Europese initiatieven. In nauwe samenwerking met Holst Centre, ESI, en TNO.

Lucht- en Ruimtevaart Nederland netwerk

- *Van Goed naar Top(sector): Visie Luchtvaart 2020*

Roadmap gedragen door de luchtvaartsector in nauwe samenwerking met kennisinstellingen als NLR en de TU Delft. Business cases richten zich o.a. op lichte en duurzame vliegtuigen door nieuwe materialen en motortechnologie.

High Tech Automotive Systems netwerk

- *PPP Automotive: AutomotiveNL*

Roadmap gedragen door de *automotive* sector in nauwe samenwerking met de 3 TU's en TNO. De ambitie is om te komen tot een nieuw topinstituut dat zich richt op mobiliteitsoplossingen en duurzaam transport. Business cases richten zich op gebieden als navigatiesystemen, aandrijfsystemen, verbrandingsmotoren en elektrische auto's.

Geavanceerde materialen netwerk

- *Mzi: Succesvolle innovatie door publiekprivate samenwerking*

Roadmap op het gebied van hightech materialen uit verschillende marktdomeinen. De ambitie is om van de bestaande marktdomeinen naar themagebieden te gaan met een *enabling* karakter voor industrie en samenleving. Denk daarbij aan materiaaloplossingen voor: energietransitie, grondstoffenproblematiek, klimaat/milieu, en veiligheid.

R&D (boegbeeld)projecten:

- *Dome (ICT): m.n. ASTRON en IBM*

Ontwikkelingen in radioastronomie, sensortechnologie en dataverwerking hebben geleid tot de uitwerking van het Dome project. Het onderzoek richt zich op het drastisch terugdringen van het energiegebruik in grote computers (extreme performance tegen lage energiekosten), het permanent verwerken van gigantische stromen aan informatie en het realiseren van optische verbindingstechnologie voor supersnel gegevenstransport.

- *450mm (Nano-elektronica): m.n. ASML + ecosysteem*

Zowel consumentenelektronica als professionele medische apparatuur worden steeds geavanceerder. Grote technologische uitdagingen zijn te vinden op het gebied van lithografische processen, mechatronica, of bij het verpakken van halfgeleiders. Het zijn technologische specialisaties waar Nederland in voorop loopt. Samen met het Vlaamse onderzoeksinstituut IMEC heeft de Nederlandse machinebouw industrie de ambitie om het voortouw te nemen in de nieuwe generatie wafers met een doorsnede van 450 mm.

- *Instituut voor hightech Textiel Materialen en Processen: m.n. Ten Cate*

Initiatief van een aantal bedrijven om een instituut – het ITMP - op te zetten dat exploratief- en toegepast onderzoek doet op het terrein van materialen en processen. Specifieke toepassinggebieden zijn te vinden in gestructureerde functionele materialen, zoals technisch textile. De focus is op business cases met een korte *time-to-market*.

- *'Smart City' Den Helder (Energie): m.n. Philips*

De marinebasis in Den Helder verbruikt veel energie. De marinebasis kan als proeftuin fungeren om te experimenteren met intelligente netten en energiezuinige verlichtingssystemen als opstap naar een nieuwe 'smart city' concept. Tegelijkertijd kunnen resultaten uit eerdere Point One projecten worden benut.

- *Van Goed naar Top in Ruimtevaart: m.n. LNR*

Roadmap voor de ruimtevaartsector met bedrijven en instellingen als de TU's, TNO, NLR en SRON. Business cases richten zich op klimaat, veiligheid, transport en communicatie.

- *ICT for Brain, Body & Behavior i3B (ICT): m.n. Noldus en aantal MKB'ers*

Het i3B is een plan van een aantal hightech MKB bedrijven om te komen tot een gemeenschappelijke researchfaciliteit ten behoeve van de ontwikkeling van meet- en analysesystemen voor hersenen, cognitie, fysiologie en gedrag. Toepassingen zijn onder meer te vinden in mens-systeem interactie bij het ontwerp van auto's, vliegtuigcockpits, en andere producten met een complexe user interface.

- *Solliance (Energie): m.n. TNO, ECN, Holst, TU/e*

De productie van elektriciteit met zonnecellen wint snel aan populariteit dankzij verbeterde efficiëntie en rendement. Dit is een direct gevolg van onderzoek en ontwikkeling in de HTSM sector. Intensieve samenwerking met het bedrijfsleven zal de komende jaren leiden tot grootschalige bedrijvigheid op het gebied van machinebouw voor zonnepaneel fabrikanten en oplossingen voor integratie van zonne energie in de gebouwde omgeving.

- *Farmcity Heerlen: m.n. Priva, Philips, WUR, Plantlab en TU Delft*

Het initiatief is om het oude CBS kantoor in Heerlen om te vormen tot een productielocatie voor verse agrarische producten. Mogelijk in samenwerking met het topteam water. FarmCity zal als etalage dienen voor wat Agro Nederland aan bestaande technieken in huis heeft. Het verbruik van water en energie zal beperkt zijn. Gewasbeschermingsmiddelen zal achterwege blijven. Landen als China en Turkije hebben belangstelling.

- *High Tech Photonics Delta (Opto-elektronica): m.n. TNO, IMEC, TU/e, Lionix*

Het is de ambitie om de geavanceerde kennis in Nederland op het gebied van fotonica te bundelen met micro-elektronica en samen met de expertise op dit terrein in Vlaanderen de mogelijkheid uit te werken om een nieuw kennisinstituut op het gebied van fotonica op te zetten. Ook binnen Europa is fotonica aangewezen als een Key Enabling Technology (KET).

- *CFT 2.0 Mechatronica Instituut: m.n. NTS, Sioux, Frencken*

Een gezamenlijk instituut voor industriële competentie ontwikkeling. Dit instituut voert de regie over het onderzoek naar nieuwe productie technologieën, organisatie aspecten, precompetitieve kennisontwikkeling en engineering competenties op het gebied van mechatronica en hightech systeembouw. Deze kennis zal verspreid worden in de keten.

R&D (technisch-wetenschappelijke)projecten:

De STW perspectief programma's en de FOM Industrial Partnership programma's (IPP) zijn voorbeelden van nauwe samenwerkingen tussen wetenschappers en het bedrijfsleven

STW-Perspectief programma's (vraagsturing door consortia van bedrijven)

- Autonomous Sensor Systems (ASSYS)
- Generic Technology of Integrated Photonics (GTIP)
- Smart Optics Systems (SoS)
- Smart Systems in Package (SmartSiP)
- Thin Film Nanomanufacturing (TFN)

FOM-Industrial Partnership Programmes (vraagsturing door één of enkele bedrijven)

- Joint Solar Programme
- Extreme UV multilayer optics
- Microscopy and modification of nano-structures with focused electron and ion beams
- Size dependent material properties
- Magnetocaloric materials not only for cooling applications
- Contact line control during wetting and dewetting
- Controlling photon and plasma induced processes at EUV optical surfaces
- Improved solid-state light sources
- Spectroscopic analysis of particles in water

