

28 mei 2019

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Een vergelijking van tien focuslanden

Chiel Scholten, Ivette Oomens, Elma Dujso en Geert van der Veen

Inhoudsopgave

Samenvatting en algemene reflecties	1
Introductie: over sleuteltechnologieën en dit onderzoek	4
Overkoepelende analyse: sleuteltechnologieën in tien focuslanden	6
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Denemarken	15
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Duitsland	19
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën door de Europese Commissie	25
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Frankrijk	30
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Japan	35
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Nederland	40
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Singapore	49
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in het Verenigd Koninkrijk	56
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in de Verenigde Staten	62
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Vlaanderen	67
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Zuid-Korea	72
Bijlagen	75

Samenvatting en algemene reflecties

In deze studie zijn de publieke investeringen in sleuteltechnologieën door nationale overheden in tien landen geanalyseerd. De onderzochte focuslanden zijn Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Nederland, Vlaanderen, Verenigd Koninkrijk, Verenigde Staten, Singapore, Zuid-Korea en Japan. Verder is er gekeken naar de publieke investeringen van de Europese Commissie. Hieronder volgen de belangrijkste uitkomsten van deze studie.

Omvang publieke investeringen in sleuteltechnologieën

De omvang van de publieke up-front investeringen in sleuteltechnologieën verschillen sterk per land. De meeste focuslanden investeren enkele tienden procenten van hun BBP aan sleuteltechnologieën. De investeringen variëren daarmee van enkele honderden miljoenen euro's per jaar tot enkele tientallen miljarden euro's per jaar. De aankomende jaren zullen naar verwachting deze investeringen in de meeste focuslanden toenemen.

Reflectie van Technopolis Group

- Expliciete up-front investeringen in sleuteltechnologieën zijn in Nederland nu beperkt, veel beperkter dan in de meeste andere landen.
- In Nederland is het instrumentarium voor innovatie echter sterk gefocust op bottom-up sturing (net als in Frankrijk). Mogelijk wordt vanuit deze instrumenten wel in sleuteltechnologieën geïnvesteerd. Cijfers hierover zijn echter niet beschikbaar. Omvangrijke fiscale instrumenten leggen de sturing op innovatie, en de investeringen daarin, bij het bedrijfsleven. Dat bevordert een focus op de kortere termijn. Dit lijkt niet aan te sluiten bij het gericht ontwikkelen van sleuteltechnologieën.
- Vanuit de Topsectormiddelen voor publiek-private samenwerking (PPS-toeslag) wordt wel in sleuteltechnologie geïnvesteerd (volgens

RVO ca. 50%), maar dat is, gezien de totale jaarlijkse omvang van de PPS-middelen (gemiddeld ca. 63 miljoen per jaar in 2013-2016), nog steeds beperkter dan in de meeste focuslanden.

- Om de positie op het gebied van sleuteltechnologieën te behouden, ligt het voor de hand om op zijn minst mee te gaan met de ontwikkeling in andere focuslanden: investeringen van één tot enkele tienden procenten van het BBP. Een tiende van het BBP van Nederland bedraagt €792 miljoen per jaar. Om dat te bereiken, zou het Rijk €648 miljoen per jaar extra moeten investeren in sleuteltechnologieën. Nederland loopt dan in pas met de onderzochte focuslanden (m.u.v. Duitsland en Singapore).
- Als additionele up-front middelen voor sleuteltechnologieën niet realiseerbaar zijn, kan ook worden overwogen middelen uit generieke fiscale instrumenten te verschuiven naar specifieke instrumenten.

De Europese context

Ook de Europese Commissie investeert in sleuteltechnologieën. In het Europese kaderprogramma voor onderzoek en innovatie, Horizon 2020, hebben sleuteltechnologieën een belangrijke plek. Ook in Horizon Europe – de opvolger van Horizon 2020 – zullen naar verwachting sleuteltechnologieën een belangrijke rol spelen. Jaarlijks investeert de Europese Commissie zo'n €15 miljard up-front aan projecten en initiatieven rondom sleuteltechnologieën. De Europese Commissie legt daarbij de link met Grand Challenges (maatschappelijke uitdagingen). Daarnaast vormt de Europese economie (groei en banen) en concurrentiepositie het kader waarbinnen de Europese Commissie investeert in sleuteltechnologieën.

Reflectie van Technopolis Group

- Voor kleine landen als Nederland is het logisch om internationaal samen te werken op het gebied van sleuteltechnologieën. Hierdoor wordt eerder de kritische massa bereikt. Dit kan op EU-niveau, maar ook bilateraal. Duitsland heeft een dergelijke aanpak.

Verdeling van investeringen en publiek-privaat commitment

In de tien focuslanden spelen ministeries en (innovatie)agentschappen een belangrijke rol in de verdeling van publieke investeringen in sleuteltechnologieën. Daarnaast zijn er ook publiek-private gremia die meebeslissen over de strategische allocatie van middelen en op voorhand betrokken zijn bij de beleidsvorming rondom sleuteltechnologieën. Er is regelmatig sprake van meerjarig publiek-privaat commitment in deze gremia, maar ook in de vorm van gezamenlijke clusters, instituten of programma's. In alle landen levert de industrie cofinanciering, altijd op projectbasis en soms ook op programmaniveau.

De investeringen worden doorgaans uitgezet via subsidieoproepen (binnen een vooraf vastgesteld kader voor één of meer sleuteltechnologieën) of rechtstreeks toegekend aan initiatieven, zoals clusters of instituten. In sommige landen worden middelen ook meer regionaal uitgezet, bijvoorbeeld via deel- of lidstaten.

Reflectie van Technopolis Group

- In de focuslanden komen twee aanpakken voor up-front investeringen in sleuteltechnologieën naar voren:
 1. Men kiest op basis van een analyse – vaak met de triple-helix – top-down een aantal sleuteltechnologieën in beleid en stuurt daarop. Zo ontstaan er nieuwe initiatieven voor deze sleuteltechnologieën. Dit biedt sturing en vergroot de kans op het bereiken van kritische massa. Het biedt echter minder flexibiliteit en aanpassingsvermogen aan ontwikkelingen/kansen in wetenschap en industrie. Dit gebeurt o.a. in Singapore, Japan, Zuid-Korea en Duitsland.

2. Men faciliteert het ontstaan van bottom-up initiatieven in de triple-helix voor sleuteltechnologieën in den brede. Vervolgens kiest men voor kansrijke initiatieven en legt die vast in beleid als keuze voor up-front investeringen. Dit biedt weinig sturing, maar veel flexibiliteit en aanpassingsvermogen aan ontwikkelingen/kansen in wetenschap en industrie. Dit gebeurt o.a. in Nederland en Vlaanderen.

Besteding van publieke investeringen

De investeringen worden besteed aan zowel fundamenteel (wetenschappelijk) onderzoek als aan meer toegepast onderzoek en innovatie. Het betreft dus zowel lage als hoge TRL's. Bestedingen gaan in elk land naar individuele R&D-programma's en -projecten, maar ook regelmatig naar publiek-private clusters, netwerken en instituten op het gebied van sleuteltechnologieën. Ook investeren diverse focuslanden in R&D-infrastructuur om hoogstaande R&D op het gebied van sleuteltechnologieën mogelijk te maken. Sommige landen investeren daarnaast specifiek in *human capital* en versterking van het high-tech ecosysteem voor start-ups.

Reflectie van Technopolis Group

- Het ontwikkelen van expertise op sleuteltechnologieën en daarvan de vruchten plukken, is een langdurig proces. Daarbij horen een langetermijnvisie en langjarige instrumenten. Voor het ontwikkelen van nieuwe expertise en het vooroplopen op sleuteltechnologieën lenen instituten zich goed. In landen zoals Vlaanderen en het Verenigd Koninkrijk wordt daar veelvuldig gebruik van gemaakt.
- Dergelijke instituten kunnen niet volledig door de markt gedragen worden en hebben continu financiering nodig om zich te blijven vernieuwen. Het is daarom verstandig om reeds bij de start na te denken over een financieringsmechanisme dat excellentie bevordert en (ook na 10 jaar, bij goed functioneren) continuïteit biedt.
- Veel landen ontwikkelen nieuwe instrumenten – vaak specifieke programma's – om in sleuteltechnologieën te investeren. Programma's voor investeringen in sleuteltechnologieën in

Nederland zijn heel beperkt in omvang en scope. Veelal worden deze gefinancierd vanuit bredere programma's die niet specifiek gericht zijn op de langere termijn en die daardoor in beperkte mate continuïteit bieden.

- Nieuwe instrumenten hoeven echter niet altijd de beste oplossing te zijn. Vergeet daarom niet bestaande initiatieven – denk in Nederland aan MESA+, Holst Centre of M2i – en maak daar optimaal gebruik van.
- Voor sleuteltechnologieën is *human capital* vaak een knelpunt, dat is ook de reden dat sommige landen daarin expliciet investeren. Ook in Nederland zijn technische (onderzoeks)functies lastig in te vullen en worden hiervoor buitenlandse werknemers aangetrokken. Wanneer publieke investeringen in sleuteltechnologieën worden vergroot, mag daarom de dimensie *human capital* niet ontbreken.

Keuze voor sleuteltechnologieën en bijbehorende overwegingen

Veel focuslanden kiezen expliciet voor 5-6 sleuteltechnologieën in hun innovatiebeleid. Alleen Duitsland, Frankrijk en de EU kiezen voor alle sleuteltechnologieën, vanwege het belang voor hun brede economie en maakindustrie. Singapore en Denemarken maken scherpe keuzes, gebaseerd op bestaande lokale sterktes (om op voort te bouwen) en zwaktes (om te versterken) en specifieke regionale uitdagingen.

Over het algemeen liggen er bij de focuslanden voornamelijk economische en maatschappelijke redenen achter de keuze voor sleuteltechnologieën. Het gaat dan vooral om het versterken en behouden van de concurrentiepositie, het ondersteunen van de industrie en het behouden van welvaart en banen. Ook in Nederland zijn in het huidige regeerakkoord de economische kansen voor sleuteltechnologieën benoemd. Maatschappelijk leggen veel focuslanden de link tussen maatschappelijke uitdagingen en oplossingen die sleuteltechnologieën daarvoor kunnen bieden, bijvoorbeeld op het gebied van duurzame

mobiliteit en gezond ouder worden. In sommige landen spelen ook geopolitieke redenen een rol – zo wil de VS minder afhankelijk zijn van het buitenland, America First – en politieke ambities – Singapore wil bijvoorbeeld een 'smart nation' worden en arbeidsmigratie door het inzetten van robots beperken.

Reflectie van Technopolis Group

- Sleuteltechnologieën zijn per definitie breed en generiek. Daar waar met sleuteltechnologieën gewerkt wordt aan concrete toepassingen of toepassingsrichtingen, is er een link te leggen met maatschappelijke uitdagingen. Veel landen leggen die link dan ook, waaronder de EU, Nederland en Duitsland. Voordat er echter aan toepassingen gewerkt kan worden, moet er geïnvesteerd worden in onderzoek en ontwikkeling op lagere TRL-niveaus.
- In diverse landen (incl. de EU) worden artificial intelligence en cyber security als aparte sleuteltechnologieën onderscheiden. Nederland kiest voor de bredere paraplu van digital technologies¹. Hierdoor loopt Nederland het risico dat op deze technologieën te weinig kritische massa wordt ontwikkeld.

Leeswijzer

In deze beknopte rapportage vindt u allereerst een korte introductie op de studie, waarin het gehanteerde raamwerk voor sleuteltechnologieën en de gebruikte aanpak en methoden staan beschreven. Daarna volgt een analyse van de resultaten over alle tien focuslanden waarin de onderzoeksvragen worden beantwoord. In de hoofdstukken daarna volgen de individuele landenfiches waarin de onderzoeksvragen per land uitgebreid aan de orde komen. In de bijlage treft u tot slot nog een lijst van gebruikte afkortingen en definities, alsmede de onderzoeksvragen en geïnterviewde personen.

¹ Zie onder andere het Actieplan Digitale Connectiviteit (2018) van het ministerie van EZK.

Introductie: over sleuteltechnologieën en dit onderzoek

In deze internationale vergelijking zijn de publieke investeringen in sleuteltechnologieën van tien focuslanden in kaart gebracht door Technopolis Group, in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Hierbij gaat het steeds om de **up-front** publieke investeringen op nationaal niveau.

Onder up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën verstaan we alle investeringen door nationale overheden of overheidsorganisaties waarbij er vooraf sprake is geweest van een expliciete keuze om te investeren in (één of meerdere van) deze specifieke technologieën—ongeacht of het initiatief top-down of bottom-up is ontstaan. Het gaat dan om expliciete keuzes die vastgelegd zijn in beleid, convenanten en programma's die specifiek gericht zijn op één of meerdere sleuteltechnologieën. Daarmee vindt er een zekere sturing plaats op sleuteltechnologieën. Investerings uit generieke (niet expliciet op sleuteltechnologie gerichte) instrumenten vallen daarom niet onder up-front investeringen in deze studie.

Ter introductie vindt u in dit hoofdstuk meer informatie over de onderzoeksoopdracht, de focuslanden, de sleuteltechnologieën en de aanpak en methoden van deze studie.

Sleuteltechnologieën

Sleuteltechnologieën zijn technologieën die aan de basis staan van innovaties in bijna alle industriële sectoren. Deze technologieën hebben de potentie om bij te dragen aan economische groei, nieuwe banen, verbetering van de concurrentiepositie van de industrie en aan maatschappelijke missies.²

In deze studie bestuderen we acht sleuteltechnologieën (ST's) zoals geïdentificeerd door o.a. Elsevier Research, NWO en TNO en de WO-

HLG. Deze acht sleuteltechnologieën (clusters van specifieke technologieën) zijn weergegeven in Tabel 1 in de grijs gemarkeerde kolom. In deze tabel staat ook de veelgebruikte classificatie van sleuteltechnologieën van de EU en de indeling van sleuteltechnologieën zoals die in het huidige regeerakkoord (2017) is opgenomen. De drie classificeringen zijn in deze tabel horizontaal aan elkaar gerelateerd.

Tabel 1 Overzicht van verschillende classificaties van sleuteltechnologieën en de relaties daartussen

Nieuwe ST's EU	ST's Elsevier Research, NWO, TNO en WO-HLG	Regeerakkoord Rutte III
Micro-Nanoelectronics and Photonics	Photonics and Light	Fotonica
	Quantum technologies	Kwantumtechnologie
Advanced materials and nanotechnologies	Nano-technologies	Nanotechnologie
	Advanced Materials technologies	High-tech
	Chemical technologies	
Life Sciences Technologies	Life science technologies	High-tech
Advanced Manufacturing Technologies.	Engineering and Fabrication technologies	
Artificial Intelligence	Digital technologies	
Digital security & Connectivity		

Technopolis Group, 2018

² Zie: http://ec.europa.eu/growth/industry/policy/key-enabling-technologies_en.

De onderzoeksopdracht

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft Technopolis Group gevraagd om een beknopte analyse te maken van de up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën in tien focuslanden.

1. Denemarken
2. Duitsland
3. Frankrijk
4. Nederland
5. Vlaanderen
6. Verenigd Koninkrijk
7. Verenigde Staten
8. Singapore
9. Zuid-Korea
10. Japan

De analyse moet inzicht geven in de omvang van de up-front publieke investeringen en in beleidskeuzes die de focuslanden hebben gemaakt bij hun investeringen in sleuteltechnologieën. De specifieke onderzoeksvragen zijn opgenomen in de bijlage van deze rapportage.

Hoewel ook overige publieke investeringen in sleuteltechnologieën door de focuslanden de interesse hebben van het ministerie van EZK, heeft het ministerie ervoor gekozen dit onderzoek te beperken tot up-front investeringen. De reden hiervoor is dat de volle breedte aan investeringen bijna niet te onderzoeken is (up-front investeringen meten

is al moeilijk genoeg), wat de internationale vergelijkbaarheid erg lastig maakt. Daarnaast speelde mee dat het ministerie van EZK vermoedde dat diverse landen hun up-front investeringen in sleuteltechnologieën recent hebben verhoogd of willen verhogen. Dit onderzoek richt zich daarom alleen op up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën.

De internationale vergelijking in deze studie dient als input voor de besluitvorming rondom sleuteltechnologieën binnen het missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid, o.a. wat betreft de keuze van sleuteltechnologieën en de omvang van publieke investeringen daarin, om concurrerend te blijven met andere landen. De aanleiding voor deze studie vormt de herziening van het nationale innovatiebeleid in Nederland (het Topsectorenbeleid) waarin maatschappelijke opgaven (missies) en sleuteltechnologieën centraal zullen staan.

Gehanteerde aanpak en methoden

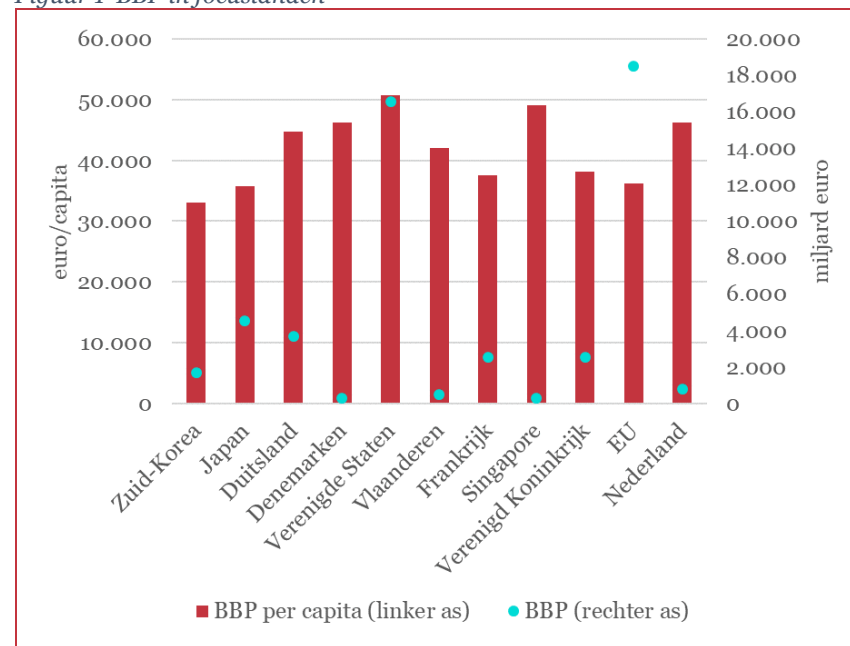
Deze beknopte internationale vergelijking is uitgevoerd op basis van deskstudie en interviews. In de bijlage is weergegeven welke onderzoeksmethode(n) er per onderzoeksvraag zijn gebruikt en wie er zijn geïnterviewd. Voor deze studie is een internationaal team ingezet van medewerkers van Technopolis Group uit Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, Zweden (voor Denemarken) en Nederland. Daarnaast hebben we een beroep kunnen doen op de Innovatie Attachees van RVO. De informatie is per land verwerkt in landenfiches, op basis waarvan we een overkoepelende analyse hebben gemaakt. Deze overkoepelende analyse is weergegeven in het volgende hoofdstuk. De daaropvolgende hoofdstukken bevatten de landenfiches.

Overkoepelende analyse: sleuteltechnologieën in tien focuslanden

Verschillen in investeringen in R&D

De focuslanden verschillen nogal van elkaar in hun economisch profiel en R&D-profiel. Veelal worden hiervoor indicatoren gebruikt die afgeleid zijn van het BBP. Een overzicht van het BBP van de focuslanden is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 BBP in focuslanden



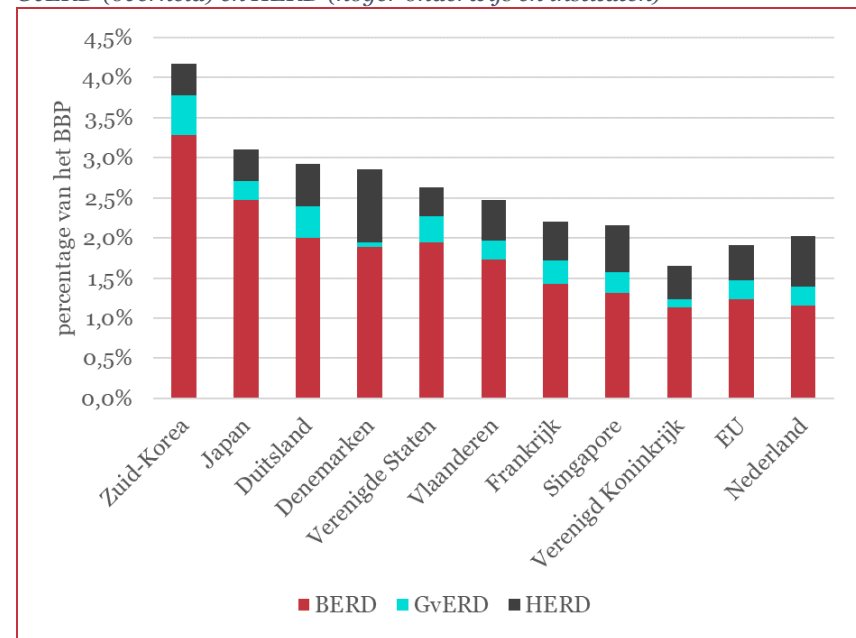
Technopolis Group, 2019, op basis van OESO en World Bank data (2017)

- De totale investeringen in R&D (GERD) in de focuslanden bedroegen in 2017 tussen de 1,7% en 4,2% van het BBP. Behalve het Verenigd

Koninkrijk investeren alle focuslanden meer dan het Europees gemiddelde in R&D. Zie Figuur 2.

- In absolute getallen waren de totale investeringen in R&D in de Verenigde Staten in 2017 het grootst met €454 miljard en in Singapore het minst met €6 miljard. Ter vergelijking: In Nederland bedroegen de totale R&D-investeringen in 2017 ongeveer €15 miljard.

Figuur 2 R&D in focuslanden: GERD (totaal) uitgesplitst in BERD (bedrijven), GvERD (overheid) en HERD (hoger onderwijs en instituten)³



Technopolis Group, 2019, op basis van OESO en World Bank data (2016/17)

³ Zie voor de volledige definitie van GERD, BERD, GvERD en HERD pagina 63 in de bijlage.

- De meeste investeringen in R&D zijn in alle landen afkomstig uit de private sector (BERD: gemiddeld 1,9% van het BBP). In alle focuslanden bedragen investeringen uit de private sector (‘het bedrijfsleven’) meer dan 60% van alle investeringen in R&D. Hierbij gaat het vaak om toegepast onderzoek en innovatie.
- In de meeste focuslanden zijn de investeringen van hoger onderwijsorganisatie in R&D (HERD: gemiddeld 0,5% van het BBP) groter dan die van de overheden.⁴ Alleen in Zuid-Korea is dat niet het geval. Hierbij gaat het vaak om fundamenteel onderzoek.
- Een gedeelte van de investeringen in R&D (GvERD: gemiddeld 0,3% van het BBP) zijn afkomstig van de publieke sector (‘de overheid’). Met minder dan 13% in alle focuslanden is dit het kleinste deel van de totale investeringen in R&D. Hierbij gaat het vaak om een combinatie van fundamenteel en toegepast onderzoek en het stimuleren van innovatie.

In deze studie kijken we naar de publieke investeringen in sleuteltechnologieën als onderdeel van de nationale investeringen in R&D. Als we spreken over publieke investeringen gaat het in de regel om up-front investeringen: we beschouwen sleuteltechnologieën waarvoor expliciet in nationaal beleid is gekozen en waaraan **up-front** publieke investeringen worden toegekend. De bedragen die in deze studie worden genoemd betreffen dan ook alleen de up-front investeringen in sleuteltechnologieën. In deze studie zijn daarom investeringen die, bijvoorbeeld, vanuit generiek innovatiebeleid, door regio’s of door kennisinstellingen bij sleuteltechnologieën landen niet meegenomen

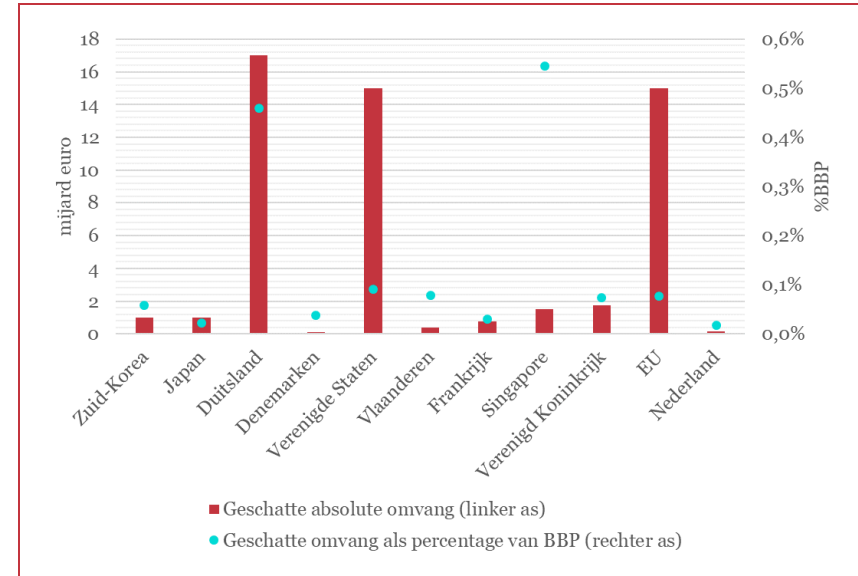
Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

De omvang van nationale publieke up-front investeringen⁵ in sleuteltechnologieën verschilt per land. Bij sommige landen gaat het jaarlijks

⁴ We merken hierbij op dat een deel van deze hoger onderwijsinstellingen investeringen doen met middelen die zij van de overheid hebben ontvangen, aangezien veel hoger onderwijsinstellingen deels publiek worden gefinancierd. Om die reden scharen beleidsmakers soms HERD en GvERD tezamen onder publieke investeringen in R&D.

om enkele honderden miljoenen euro’s (Denemarken, Vlaanderen en Nederland), bij andere landen om tientallen miljarden (Duitsland, VS en EU). Figuur 3 geeft hiervan een overzicht.

Figuur 3 Jaarlijkse up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën per land



Technopolis Group, 2019

Het overzicht in Figuur 3 geeft alleen een beeld van de up-front investeringen. Sommige landen, waaronder Nederland en Frankrijk, investeren voornamelijk bottom-up – via een meer generiek (veelal fiscaal) instrumentarium – in sleuteltechnologieën. Een analyse daarvan heeft wel de interesse van het ministerie van EZK, maar is lastig te maken en valt daarom buiten deze studie⁶. In deze landen is er minder sprake

⁵ Het gaat hierbij nadrukkelijk om investeringen van nationale overheden en nationale overheidsorganisaties – zoals ministeries, agentschappen, onderzoeksfinanciers/fondsen – en niet om de publieke investeringen van regionale overheden of deelstaten.

⁶ Zie pagina 5 (onder “De onderzoeksopdracht”) voor een verdere toelichting op de afbakening van deze studie.

van strategische sturing op sleuteltechnologieën door de nationale overheid. Daardoor zijn de up-front investeringen in landen als Nederland en Frankrijk beperkt in vergelijking tot andere landen. Er zullen dus meer investeringen in sleuteltechnologieën zijn in de focuslanden dan deze analyse zichtbaar maakt.

Hoewel de omvang van de up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën in deze studie zo goed mogelijk achterhaald is, is deze niet voor elk land compleet. Met name ons beeld van de up-front investeringen in Japan en Zuid-Korea is minder volledig dan dat voor andere landen.⁷ In alle gevallen gaat het om zo nauwkeurig mogelijke schattingen op basis van beschikbare en toegankelijke bronnen.

- In absolute omvang zijn de jaarlijkse publieke investeringen van de Europese Commissie en Duitsland het grootst (rond de €15 miljard per jaar). Ook de VS besteden jaarlijks tientallen miljarden euro's aan programma's die betrekking hebben op sleuteltechnologieën.
- Denemarken levert met zo'n €100 miljoen euro per jaar de kleinste publieke investering in sleuteltechnologieën, gevolgd door Nederland met zo'n €140 miljoen per jaar.
- Opvallend is dat Frankrijk, als een van de grotere economieën in Europa, vrij weinig up-front investeert in sleuteltechnologieën. Het land vindt sleuteltechnologieën belangrijk, maar heeft vooral een generiek innovatie-instrumentarium.
- Op basis van de beschikbare gegevens lijken de overheden van Japan en Zuid-Korea relatief weinig te investeren in sleuteltechnologieën. Door beperkte beschikbaarheid van informatie, kan dat hoger zijn.

In percentage van het BBP gaat dan voor de meeste landen om investeringen van enkele tienden procenten van het BBP (zie Figuur 3).

⁷ Hier is sprake van een onderschatting: deze landen geven veel geld uit aan R&D, maar up-front hebben we dat voor sleuteltechnologieën maar beperkt kunnen vaststellen. Ten dele zal hier de verklaring liggen in investeringen die via generieke programma's lopen.

⁸ Deze waarden zijn iets groter dan de GvERD van de OESO. Dat heeft hoogstwaarschijnlijk te maken met een verschillend basisjaar (en dus andere BBP), toename van investeringen

- Singapore is als percentage van het BBP de grootste investeerder in sleuteltechnologie (0,54%). Duitsland en de EU blijven ook relatief, ten opzichte van het BBP, grote investeerders in sleuteltechnologieën.⁸
- Japan is als percentage van het BBP nog steeds een kleine investeerder in sleuteltechnologieën (0,02%) op basis van de beschikbare gegevens. Nederland scoort als percentage van het BBP even hoog, terwijl Denemarken iets beter scoort, maar nog steeds een kleine publieke investeerder is.
- Opvallend is dat de Europese Commissie en de Verenigde Staten als percentage van het BBP relatief middelmatige publieke investeerders in sleuteltechnologieën zijn, terwijl in absolute investeringen zij vrij grote publieke investeerders zijn.

De verschillen tussen de onderzochte publieke investeringen in sleuteltechnologieën in focuslanden zijn primair te herleiden tot verschillende beleidskeuzes. De ene overheid vindt het belangrijker om expliciet te sturen op sleuteltechnologieën dan de andere en investeert daarom meer of minder up-front in sleuteltechnologieën. Daarnaast spelen in deze cijfers ook verschillen in bronnen van investeringen een rol – publiek versus privaat en nationaal versus regionaal – en het al dan niet aanwezig zijn van innovatiestrategieën en innovatiebudgetten specifiek gericht op sleuteltechnologieën. Immers, in alle landen is er ook sprake van niet-expliciete, indirecte investeringen in sleuteltechnologieën, maar die zijn in deze analyse niet meegenomen.

In het nationale beleid in Nederland zijn er op dit moment beperkte up-front investeringen in sleuteltechnologieën. Nederland investeert vooral bottom-up in sleuteltechnologieën, voornamelijk via de PPS-toeslag⁹, via NWO en (waarschijnlijk) de WBSO. In het Topsectorenbeleid

in R&D en methodologie. Anderzijds kan dit ook duiden op een overschatting van de publieke investeringen in sleuteltechnologieën, doordat cijfers niet altijd uit te splitsen zijn.

⁹ Uit een analyse van RVO blijkt dat bijna 50% van alle toegekende PPS-middelen betrekking heeft op een sleuteltechnologie, dat komt neer op zo'n €117 miljoen over de periode 2013-2016. Zie: www.bedrijvenbeleidinbeeld.nl/bedrijvenbeleid/missiegedreven-topsectoren-en-innovatiebeleid/hoe-staat-nl-ervoor/sleuteltechnologieen.

worden sleuteltechnologieën nu expliciet benoemd, maar er zijn nog geen directe investeringen aan gekoppeld. Up-front investeringen zijn maar beperkt programmatisch en veelal gebaseerd op het cofinancieren van bottom-up initiatieven, zoals QuTech en PhotonDelta. Naast het ministerie van EZK is NWO medefinancier van QuTech en PhotonDelta en heeft ook enkele programma's die zich expliciet richten op een of meerdere sleuteltechnologieën en een eigen instituut zoals ARCNL. Defensie levert daarnaast ook een bijdrage aan up-front investeringen in sleuteltechnologieën, met een nadruk op digital technologies, en ook OCW doet dat in beperkte mate via twee routes van de Nationale Wetenschapsagenda.

Keuze voor sleuteltechnologieën in focuslanden

De tien focuslanden en de EU kiezen voor verschillende combinaties van sleuteltechnologieën in hun nationale beleid. Veel landen gebruiken de term sleuteltechnologie niet, maar verwijzen wel naar technologieën die onder dat begrip vallen (zie nogmaals Tabel 1). Tabel 2 geeft een overzicht van alle acht sleuteltechnologieën en het aantal landen dat in nationaal beleid expliciet heeft gekozen voor een bepaalde sleuteltechnologie.

- Opvallend is dat alle focuslanden, inclusief de EU, kiezen voor digital technologies en life science technologies. Elk land investeert up-front in deze sleuteltechnologieën. Veel landen zien het belang van deze sleuteltechnologieën voor hun economie en voor (hun) maatschappelijke uitdagingen.
- Slechts een aantal landen kiest in beleid expliciet voor chemical technologies (vier) en photonics and light (vijf). Aan deze keuzes zijn concrete publieke investeringen verbonden. Bij photonics and light gaat het alleen om Europese landen. Chemical technologies lijken veelal indirect onder andere (sleutel)technologieën geschaard en krijgt zelden een expliciete benoeming in beleid.

¹⁰ In het Nederlandse regeerakkoord en het vernieuwde missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid worden chemical technologies en engineering and fabrication technologies

Tabel 2 Meeste gekozen sleuteltechnologieën in focuslanden en EU

	Zuid-Korea	Japan	Duitsland	Denemarken	VS	Vlaanderen	Frankrijk	Singapore	VK	EU	Nederland ¹⁰	Totaal
Chemical technologies	■		■				■			■		4
Photonics and Light			■			■	■			■	■	5
Advanced Materials technologies		■	■		■	■	■	■	■	■	■	9
Quantum technologies		■	■		■		■		■	■	■	7
Nanotechnologies	■	■	■		■	■				■	■	8
Life science technologies	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	11
Engineering and Fabrication technologies	■		■		■	■	■	■	■	■		8
Digital technologies	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	11
Totaal	5	5	8	2	6	6	8	4	5	8	6	

Technopolis Group, 2019

De expliciete keuze voor het aantal sleuteltechnologieën in nationaal beleid verschilt eveneens per land. Sommige focuslanden maken scherpere keuzes en kiezen ervoor om te focussen op twee tot vijf sleuteltechnologieën. Anderen kiezen (bijna) niet. Duitsland en de EU kiezen er bijvoorbeeld expliciet voor om in alle sleuteltechnologieën up-front te investeren. Frankrijk maakt die keuze ook, maar doet dat vooral door in beperkte mate publiek-private clusters op sleuteltechnologieën te

wel genoemd, maar daaraan zijn vooralsnog geen concrete (up-front) investeringen verbonden.

ondersteunen. Opvallend is dat kleinere landen, zoals Denemarken en Singapore, scherpere keuzes maken: ze kiezen voor minder sleuteltechnologieën dan grotere landen.

- Denemarken en Singapore kiezen in hun beleid voor de minste sleuteltechnologieën. Denemarken kiest in beleid alleen expliciet voor twee sleuteltechnologieën, namelijk life science technologies – waarin het zeer sterk is – en digital technologies – waarin het sterktes wil opbouwen. Singapore focust op vier sleuteltechnologieën, waarbij de meeste aandacht uitgaat naar digital technologies.
- Duitsland, Frankrijk en de Europese Commissie kiezen juist voor alle sleuteltechnologieën. Dat is een expliciete keuze. Duitsland ziet het belang van alle sleuteltechnologieën voor haar industrie en heeft besloten fors te investeren in sleuteltechnologieën. Frankrijk doet dat vooral om het concurrentievermogen – deels regionaal – te versterken. Op EU-niveau nemen sleuteltechnologieën ook een belangrijke plek in het R&D-beleid.
- De meeste landen kiezen echter voor 5-6 sleuteltechnologieën die vaak aansluiten bij de sterktes van het land of die belangrijk geacht worden voor de maatschappelijke uitdagingen in het land.

In Nederland wordt er vooralsnog in het nationale innovatiebeleid geen expliciete keuze gemaakt voor enkele of meerdere sleuteltechnologieën. Wel is er meer aandacht voor sleuteltechnologieën en worden ze allemaal benoemd in het Topsectorenbeleid en het huidige regeerakkoord¹¹. De up-front investeringen in sleuteltechnologieën zijn momenteel nog beperkt en gericht op zes sleuteltechnologieën.

Belangrijkste overwegingen in de keuze voor sleuteltechnologieën

Landen hebben verschillende overwegingen om publieke middelen te investeren in bepaalde sleuteltechnologieën. Veel voorkomende redenen voor deze investeringen zijn maatschappelijke uitdagingen, geopolitieke

doelstellingen of het versterken van de concurrentiepositie. In alle landen spelen economische redenen, zoals concurrentiepositie, een belangrijke rol. Veel landen hebben ook een koppeling tussen sleuteltechnologieën en hun mogelijke bijdrage aan maatschappelijk uitdagingen gelegd. De belangrijkste overwegingen bij het kiezen van sleuteltechnologieën hebben we hieronder geclusterd op basis van de expliciete keuze voor alle, veel of enkele sleuteltechnologieën in het nationale beleid.

- EU en Duitsland kiezen expliciet voor **alle sleuteltechnologieën**. De belangrijkste redenen voor deze keuze zijn:
 - **Economie in den brede versterken:** Duitsland ziet sleuteltechnologieën als zeer belangrijk voor haar (maak)industrie – het hart van de Duitse economie. Door te investeren in sleuteltechnologieën wil Duitsland de economie versterken, banen voor de toekomst behouden en zo de welvaart van het land veiligstellen. Ook in de EU investeert men in alle sleuteltechnologieën vanuit breed economisch perspectief: voor banen, economische groei en versterking van de Europese concurrentiepositie. Frankrijk investeert vooral in clusters om de concurrentiepositie van regionale industrieën te versterken.
 - **Diversiteit aan maatschappelijke uitdagingen:** Het innovatiebeleid in Duitsland is sterk gericht op maatschappelijke uitdagingen, waarvoor sleuteltechnologieën als belangrijk worden gezien en oplossingen kunnen bieden. Ook in de EU zijn ‘Societal Challenges’ gedefinieerd waarbij sleuteltechnologieën oplossingen kunnen bieden.
- De focuslanden die expliciet kiezen voor **veel sleuteltechnologieën** in beleid (vijf of meer) zijn het Verenigd Koninkrijk, Vlaanderen, Nederland, de Verenigde Staten, Zuid-Korea en Japan. De belangrijkste redenen voor deze keuze zijn:

¹¹ In het huidige regeerakkoord staan de sleuteltechnologieën fotonica, kwantum-technologie, nanotechnologie en high-tech genoemd, waarbij de laatste feitelijk alle overige sleuteltechnologieën omvat. Zie ook Tabel 1.

- **Aansluiten bij bestaande/opkomende sterktes, expertise en ecosystemen:** De keuze voor sleuteltechnologieën is zodanig dat die past bij eerdere investeringen en traditionele sterktes om de leidende posities daarin te behouden. Zo investeert Nederland vooral in bottom-up initiatieven om bestaande en opkomende sterktes, expertises en ecosystemen te ondersteunen. Nederland faciliteert deze bottom-up initiatieven en kent het up-front middelen toe – daarmee volgt het de markt.
- **Specifieke economische redenen:** Het gaat dan om het verhogen van de productiviteit, behouden van de welvaart en versterken van de huidige industriële sector en de concurrentiepositie van het land. Daarbij zoekt men aansluiting bij de meest relevante sleuteltechnologieën. In Zuid-Korea speelt bijvoorbeeld het versterken van de kenniseconomie een belangrijke rol: dit is de belangrijkste *asset* van het land, alleen door voorop te blijven lopen in o.a. sleuteltechnologieën die belangrijk zijn voor de kennisdomeinen van het land, kan het die positie behouden. Japan wil in diverse sectoren juist de concurrentie met vooral nabije landen versterken.
- **Specifieke geopolitieke redenen:** De VS wil met haar America First beleid de binnenlandse productie versterken op terreinen waar het nu meer afhankelijk is van het buitenland. Daarom investeert men in passende sleuteltechnologieën.
- **Specifieke maatschappelijke uitdagingen:** In de VS gaat het dan bijvoorbeeld om de nationale veiligheid. Door te investeren in o.a. digital technologies (cybersecurity) hoopt het land de digitale en fysieke veiligheid te vergroten.
- De landen die expliciet kiezen voor slechts **enkele sleuteltechnologieën** (vier of minder) in beleid zijn Singapore en Denemarken. De belangrijkste redenen voor deze keuze zijn:
 - **Focussen op sterktes en versterken grootste zwakte:** Singapore wil haar huidige sterktes behouden en de industrie in het land versterken en verder ontwikkelen. In tegenstelling tot omringende landen heeft het een hoogwaardige maakindustrie; om die positie te behouden hecht het land belang aan innovatie

in specifieke sleuteltechnologieën. Het wil daarnaast een innovatiehub worden om ook buitenlandse bedrijven aan te trekken, daarvoor is enige specialisatie handig. In Denemarken bouwt men vooral voort op waar men sterk in is en wil men de grootste zwakte op digital technologies verbeteren – mede omdat digital technologies steeds belangrijker en meer alomvattend worden.

- **Regionale uitdagingen en politieke ambities:** Singapore is klein en vol, waardoor het weinig ruimte en mobiliteitsproblemen heeft. Van sleuteltechnologieën verwacht men slimme oplossingen voor dergelijke problemen. Het land heeft tevens te maken met vergrijzing. Om het welvaartsniveau in stand te houden en de economie draaiende te houden, zet het land in op verdere robotisering – het wil namelijk migratie voorkomen (politieke keuze). Daarnaast zet het land in om een ‘smart nation’ te worden (politieke ambitie). De vier gekozen sleuteltechnologieën zijn volgens Singapore het belangrijkste om deze ambities te bereiken en regionale uitdagingen op te lossen.

Wijzen waarop middelen worden verdeeld

De tien focuslanden gebruiken verschillende kanalen om de middelen voor sleuteltechnologieën te verdelen. De mate van betrokkenheid van private partijen is ook verschillend. In veel gevallen zijn details over het mechanisme waarop de middelen verdeeld worden niet goed te achterhalen. Tabel 3 (volgende pagina) geeft op hoofdlijnen een overzicht van de verschillende wijzen waarop middelen voor sleuteltechnologieën worden verdeeld.

- In alle landen wordt een deel van de investeringen rechtstreeks via het ministerie verdeeld. Het ministerie dat hierover gaat verschilt per land, in sommige landen is het vooral de ministeries van onderwijs en wetenschappen, in andere landen vooral economische zaken. In Singapore is innovatie *chefsache* en valt het direct onder de minister-president.
- In veel landen zijn ook agentschappen of overheidsinstanties betrokken bij de verdeling van middelen. Het gaat dan bijvoorbeeld om het

Europese EASME, het Britse Innovate UK en het Duitse DLR. In Frankrijk gaat het juist om de nationale investeringsbank Bpifrance.

Tabel 3 Wijze van verdeling van middelen per focusland

	Zuid-Korea	Japan	Duitsland	Denemarken	VS	Vlaanderen	Frankrijk	Singapore	VK	EU	Nederland
Verdeling via ministeries of directoraten	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Verdeling via overheidsinstanties of agentschappen	■		■		■		■		■	■	■
Verdeling via de nationale onderzoeksfinancier	■				■	■	■				■
Verdeling via clusters, platforms, fondsen of raden met de industrie		■	■	■		■	■			■	■
Verdeling via lid- of deelstaten			■							■	

Technopolis Group, 2019

- In sommige landen spelen (ook) de nationale onderzoeksfinanciers, een belangrijke rol. Daarbij gaat het doorgaans om fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. In Nederland is dat NWO, waar ook ruimte is voor meer toegepast onderzoek tussen universiteiten en bedrijfsleven.
- In enkele landen vindt de verdeling van middelen ook via de lid- of deelstaten plaats, zoals in de EU en Duitsland.
- Opvallend vaak is ook de industrie op enigerlei wijze betrokken bij de verdeling van middelen, bijvoorbeeld in de vorm van clusters, platforms, fondsen of raden. Dit zijn vaak structuren waarin de industrie vertegenwoordigd is in het bestuur. Voorbeelden zijn de CSTI in Japan en de Economic Development Board in Singapore, waarin de triple helix veel van de publieke investeringen verdeeld. Ook in Denemarken, Duitsland en de EU kennen we dergelijke

structuren, bijvoorbeeld de Europese JTI's, het Innovation Fund Demark – waarin ook vakbonden vertegenwoordigd zijn – en de strategische platformen in Duitsland.

In Nederland verlopen de up-front investeringen in sleuteltechnologieën voornamelijk via de Topsectoren, NWO, RVO en de TO2-instituten. De ministeries van EZK en OCW zijn hierbij wel betrokken, maar zijn bij de praktische verdeling van middelen vaak meer op de achtergrond. Bij QuTech, PhotonDelta en het Holst Centre zijn de ministeries wel direct betrokken en hebben zij bij enkele van deze initiatieven een convenant ondertekend.

Publiek-private betrokkenheid en commitment

In alle focuslanden is er sprake van zowel publieke als private betrokkenheid bij de totstandkoming van innovatiebeleid waarin sleuteltechnologieën een prominente rol innemen. In alle focuslanden is er sprake van cofinanciering van private partijen, vaak op project- of programmabasis of bij deelname aan clusters.

We kunnen verschillende vormen identificeren waarop de publiek-private betrokkenheid plaatsvindt in de verschillende focuslanden:

- In veel landen zijn private partijen betrokken bij het bepalen van het innovatiebeleid en de investeringen voor sleuteltechnologieën. Soms formeel, soms informeel. Duitsland hanteert hiervoor bijvoorbeeld platforms met betrokkenen uit de industrie en politiek (formeel), terwijl in de VS lobby een steeds grotere rol speelt (informeel). Twee andere voorbeelden van formele betrokkenheid zijn Japan en Singapore waar de industrie in het bestuur van belangrijke raden/boards zitten die publieke investeringen in R&D verdelen. In Zuid-Korea is er op minder transparante wijze (formeel/informeel) veel interactie met bedrijfsleven en overheid als het gaat om publieke investeringen in R&D.
- In sommige landen worden er clusters of centra/instituten opgezet met het bedrijfsleven. Dit gebeurt bijvoorbeeld met de Catapult Centres in het Verenigd Koninkrijk, de Strategische Onderzoeks Centra in Vlaanderen en de Pôles de compétitivité in Frankrijk. Zij

richten zich doorgaans op specifieke sleuteltechnologieën. Bedrijven betalen hier soms een lidmaatschap voor en hebben invloed op de specifieke onderzoeksprojecten/-programma's binnen het cluster, center of instituut.

- Daarnaast gaat er in Singapore en Japan ook veel publiek geld naar grote labs van bedrijven of is er soms sprake van corporate labs die samen met de overheid worden opgezet, o.a. om grote bedrijven aan te trekken.

In Nederland is een gezamenlijke publiek-private aanpak de regel. Het is het fundament onder de Topsectoren waarin een sector vertegenwoordigd is en samen met de overheid kennis- en innovatieagenda's opstelt en middelen verdeeld. De Nederlandse overheid financiert vooral mee als ook bedrijven, en vaak ook kennisinstellingen, bijdragen – nationale investeringen zijn vooral in de vorm van cofinanciering. Het initiatief voor grotere programma's, instituten en clusters ligt eveneens vaak bij deze partijen en deze komen bottom-up tot stand. De overheid volgt vaak de markt en is faciliterend.

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

Focuslanden besteden hun up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën op diverse manieren.

- Alle landen zetten hun investeringen weg in programma's – overkoepelend of specifiek gericht op een bepaalde sleuteltechnologie – en financieren daarbinnen specifieke onderzoeks- en innovatieprojecten rondom sleuteltechnologieën. Dat varieert van fundamenteel onderzoek (lage TRL) tot toegepast onderzoek of innovatie (hoge TRL). Deze financiering wordt vaak bottom-up uitgezet in de vorm van **calls**, waarbij het kader van het programma (de specifieke sleuteltechnologie) leidend is.
- Een vrij groot deel van de landen kiest er tevens voor om hun investeringen te besteden aan **instituten of clusters** die zich bezighouden met een sleuteltechnologie, zoals de Catapult Centres in het Verenigd Koninkrijk en de Strategische Onderzoeks Centra in

Vlaanderen. Er vindt geen directe sturing plaats op deze instellingen, maar zij krijgen wel een duidelijke taakstelling mee.

In Singapore investeert men ook in een soort publiek-private instituten, dit zijn zogenaamde **corporate labs**, waarmee men private R&D naar het land wil halen.

- Andere bestedingen in focuslanden zijn investeringen in R&D-infrastructuur voor onderzoek en ontwikkeling naar sleuteltechnologieën en investeringen in valorisatie via start-ups (ter versterking van het hightech start-up klimaat). Met name in Azië zet men in om een sterker start-up ecosysteem te ontwikkelen rondom sleuteltechnologieën.
- Opvallend is dat sommige landen ook up-front investeren in **human capital** op het gebied van sleuteltechnologieën: mensen met de juiste opleiding, kennis en skills om bij te dragen aan de verdere ontwikkeling en toepassing van sleuteltechnologieën in het land.

Tabel 4 Besteding van middelen per focusland

	Zuid-Korea	Japan	Duitsland	Denemarken	VS	Vlaanderen	Frankrijk	Singapore	VK	EU	Nederland
Projecten en/of programma's	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
R&D-infrastructuur		■	■	■	■	■	■	■	■		
R&D-organisaties en instituten				■	■	■		■			■
Start-ups	■							■			
Clusters en netwerken						■	■		■	■	■
Human capital	■				■			■			

Technopolis Group, 2019

In Nederland worden de meeste up-front investeringen voor sleuteltechnologieën besteed aan projecten en/of programma's (via o.a. de

Topsectoren, RVO en NWO). Daarnaast gaan er investeringen naar R&D-organisaties en instituten, zoals het Holst Centre, ARCNL en QuTech, en naar clusters en netwerken, zoals PhotonDelta.

Verwachte ontwikkeling publieke investeringen

In alle focuslanden zullen de publieke investeringen in sleuteltechnologieën naar verwachting toenemen. In sommige landen is deze verwachting gebaseerd op een *zichtbare stijging* of *beweging* in voorgaande jaren.

- Dit is het geval in Duitsland, waar sprake is van een zichtbare stijging in investeringen in sleuteltechnologieën dankzij de recente High-Tech Strategie 2025. Met deze strategie streeft men naar een toename van het GERD tot 3% van het BBP in 2025, waarvan een derde dankzij publieke investeringen.
 - Ook in Zuid-Korea gaat het algemene R&D-budget van de overheid in 2019 met 4,5% omhoog. Dat zal ongetwijfeld ook zijn weerslag hebben op de investeringen in sleuteltechnologieën.
 - In het Verenigd Koninkrijk stijgen de publieke investeringen voor R&D de aankomende twee jaar met een half miljard euro. Daaronder vallen ook fondsen waarin expliciet in sleuteltechnologieën wordt geïnvesteerd.
 - In de Verenigde Staten is in 2018 het budget van defensie gestegen (o.a. DARPA), waarin er meer financiering voor digital technologies werd aangekondigd. Daarmee zal er naar verwachting een verdere verschuiving plaatsvinden van overheidsbudgetten richting sleuteltechnologieën.
 - In de EU gaat er meer geld naar digital technologies om de digitale transformatie in de periode 2021-2027 verder te ondersteunen.
- In andere landen is er een *ambitie* of *duidelijk plan* om meer te investeren in sleuteltechnologieën.
- In Denemarken tracht men met de catalogus Research 2025 een strategie te ontwikkelen voor de lange termijn, met daarin ook aandacht voor sleuteltechnologieën. Daarnaast heeft de Deense

overheid vorig jaar doelen gesteld om vooral meer te investeren in digital technologies.

- In Japan zullen sleuteltechnologieën ook in het nieuwe STI Basic Plan (voor de vijf jaar na 2021) – het nationale innovatiebeleid in Japan – een belangrijke rol hebben.
- In Singapore komt er een nieuwe editie van het RIE 2020 Plan voor de 5 jaar na 2020 en zal de nieuwe strategie meer richting maatschappelijke uitdagingen gaan en daarin de link leggen met sleuteltechnologieën.
- In Vlaanderen worden plannen opgemaakt voor vier nieuwe beleidsagenda's rondom digitale technologieën (AI en cybersecurity).
- In Frankrijk komen er meer publieke investeringen in sleuteltechnologieën onder de term deep tech. De Franse investeringsbank is van plan de aankomende vijf jaar fors te investeren in deep tech.

In Nederland zijn in 2018 de investeringen van het ministerie van EZK in innovatie toegenomen. Ook is men momenteel het Topsectorenbeleid aan het herzien, zodat er meer expliciete aandacht komt voor sleuteltechnologieën (en maatschappelijke thema's). Het is nog niet duidelijk hoe en in hoeverre er gekozen zal worden tussen sleuteltechnologieën. Er lijkt in de toekomst wel sprake van meer (expliciete) investeringen in sleuteltechnologieën.







Reflectie van Technopolis Group

- Alle focuslanden investeren up-front in meerdere sleuteltechnologieën. Doorgaans is de keuze voor bepaalde sleuteltechnologieën gebaseerd op economische motieven (versterken concurrentiepositie). Ook leggen veel landen de link met maatschappelijke uitdagingen en thema's (zoals veiligheid en duurzaamheid).
- In veel landen zijn er plannen om de investeringen in sleuteltechnologieën de aankomende jaren te laten toenemen. Ook in Nederland is er met de voorgenomen wijziging van het Nederlandse Topsectorenbeleid meer aandacht voor sleuteltechnologieën en missies.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Denemarken

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
 €100 miljoen per jaar

Basiskenmerken

-  **BBP:** €48.619 per capita (2017)
-  **Populatie:** 5,8 miljoen inwoners (2017)
-  **GERD:** 2,87% van het BBP (2016)
-  **BERD:** 1,89% van het BBP (2016)
-  **GvERD:** 0,06% van het BBP (2016)
-  **HERD:** 0,91% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

De nationale overheid in Denemarken investeert voornamelijk in *life science technologies* en *digital technologies* (zie schema onderaan deze pagina). Denemarken is een koploper op het gebied van industriële biotechnologie¹² en heeft een zeer sterke positie wanneer het gaat om patenten op dit terrein.¹³

In het Deense beleid wordt de term sleuteltechnologie niet expliciet gebruikt, wel komen dergelijke technologieën daarin aan de orde. Een belangrijk document is **Research2025** (2018) van het Ministerie van Hoger Onderwijs en Wetenschap.¹⁴ Het geeft de nationale consensus rondom innovatie en technologie prioriteiten weer. Het is geen strategie, maar meer een catalogus die dient als een bron van inspiratie en kennis en als een basis voor het prioriteren van investeringen in onderzoek. In het verleden is er ook een innovatiestrategie geweest **Denmark – a**



¹² Zie: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/kets-tools/sites/default/files/policy/denmark.pdf>

¹³ Zie: <https://nanonet.pl/wp-content/uploads/2018/02/European-Competitiveness-in-Key-Enabling-Technologies.pdf>

¹⁴ Zie: <https://ufm.dk/en/research-and-innovation/political-priority-areas/research2025>

nation of solutions (2012) met 27 beleidsinitiatieven. In 2015 is daar nog een groei- en ontwikkelingsstrategie aan toegevoegd.¹⁵

In Denemarken zijn er veel organisaties en financiers, waaronder het Innovation Fund Denmark¹⁶, die onderzoeksprojecten financieren. Het Innovation Fund valt in principe onder het Ministerie van Hoger Onderwijs en Wetenschap van Denemarken, maar heeft een eigen board of directors en een onafhankelijke rol. Sturing ten aanzien van beleid voor specifieke sleuteltechnologieën is beperkt. Het Innovation Fund is opgericht in 2014 en bevat zogenoemde Grand Solutions¹⁷, gericht op publiek-private samenwerking. Binnen het Grand Solutions programma is er aandacht voor de sleuteltechnologieën life science technologies en digital technologies.

Keuze en overwegingen

In Denemarken kiest men in het nationale beleid voor twee sleuteltechnologieën. In recente beleidsstukken komen de sleuteltechnologieën *life science technologies* en *digital technologies* expliciet aan de orde. Hierin wil men de aankomende jaren investeren.

Denemarken kent een lange traditie in de life science industrie. Tegenwoordig zijn er veel nieuwe technologieën, en een goed ecosysteem rondom deze industrie en wetenschap in Denemarken. Ook heeft Denemarken een traditie in materialen en material science. De expertise in nanotechnologieën gaat terug tot de jaren '80 en '90. Toch komt deze traditie niet expliciet terug in up-front investeringen, al zal een deel van de financiering voor 'new technological opportunities' in het Innovation

Fund Denmark uiteindelijk wel bij nanotechnologie en material science landen.

De belangrijkste overwegingen die meespeelden bij de focus op die sleuteltechnologieën waren de sterktes en zwaktes die men relevant acht voor de Grand Solutions. De keuze voor *life science technologies* komt voort uit de traditionele sterkte van Denemarken en de sterke link met Grand Solutions. De keuze voor *digital technologies* komt voort uit de zwakte van Denemarken op dit gebied – Denemarken heeft vooral expertise in de meer traditionele ICT – terwijl digitalisering steeds omvangrijker wordt en belangrijker voor industrie en samenleving. Volgend op de Research2025¹⁸ (2018) zijn er bovendien een aantal globale trends geïdentificeerd waar technologie een oplossing voor kan bieden, waaronder demografie, globalisering en distributie van economische bronnen, nationale en globale mobiliteit, consumptie van natuurlijke bronnen en klimaatverandering. De keuze voor sleuteltechnologieën wordt door de Deense overheid in dat kader geplaatst.

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

In Denemarken speelt met name het **Ministerie van Hoger Onderwijs en Wetenschap** een belangrijke rol in beleid en publieke investeringen in sleuteltechnologieën. Daarnaast is het Innovation Fund Denmark belangrijk. Hieronder bespreken we de investeringen van de Innovation Fund en de sleuteltechnologieën die daarin benadrukt worden.

¹⁵ Zie: <https://ufm.dk/en/publications/2012/denmark-a-nation-of-solutions>

¹⁶ Zie: <https://innovationsfonden.dk/en>

¹⁷ Zie: <http://www.tillvaxtanalys.se/in-english/publications/pm/pm/2017-12-22-international-scanning-of-research-programmes-that-focus-on-societal-challenges.html>

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

¹⁸ Zie: <https://ufm.dk/en/research-and-innovation/political-priority-areas/research2025>

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Het is niet duidelijk hoeveel de nationale overheid in Denemarken precies up-front investeert in sleuteltechnologieën en hoeveel procent dit is van de totale uitgaven aan R&D. Duidelijk is wel dat veel investeringen in Denemarken niet up-front zijn. Hieronder hebben we een schatting proberen te maken van de uitgaven aan sleuteltechnologieën gebaseerd op up-front investeringen van het Innovation Fund Denmark, die investeert in sleuteltechnologieën via de Grand Solutions.

Tabel 5 Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Denemarken

Investeringsfonds	Sleuteltechnologie	Investeringen
Innovation Fund Denmark ¹⁹	<i>Grand Solutions</i> (brede focus op sleuteltechnologieën) ²⁰	ca. €81 miljoen (2017)
	<i>Digital technologies</i>	ca. €13 miljoen over 5 jaar, ca. €3 miljoen per jaar
	<i>Sleuteltechnologieën (new technological opportunities)</i> ²¹	ca. €13 miljoen (2019)
	<i>Digital technologies (robotics and drones)</i> ²²	ca. €3 miljoen (2019)
<i>Schatting totale investeringen</i>		€100 miljoen per jaar

¹⁹ Zie innovatiefonds strategie: https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2018-08/innovationsfondensstrategien_o.pdf

²⁰ Zie: <http://www.tillvaxtanalys.se/in-english/publications/pm/pm/2017-12-22-international-scanning-of-research-programmes-that-focus-on-societal-challenges.html>

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

Het is onduidelijk hoe de publieke investeringen verdeeld worden over de verschillende sleuteltechnologieën en wat het mechanisme is om het geld te verdelen in Denemarken. Wel is duidelijk dat het ministerie van Hoger Onderwijs en Wetenschap een belangrijke rol speelt in de verdeling van middelen, evenals de Innovation Fund Denmark (IFD). De laatste is een min of meer onafhankelijk fonds, waarin het bestuur zowel leden vanuit de industrie, de vakbonden als het onderzoek/onderwijs bevat.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Denemarken worden private partijen op verschillende manieren betrokken bij het R&D-beleid voor sleuteltechnologieën. In de grote Grand Solutions programma probeert Denemarken de link tussen industrie en universiteiten te oversterken op basis van samenwerkingsprojecten. Een bestaand model daarvoor is pre-competitieve platformen, waarin bedrijven en universiteiten samenwerken aan technologieën die nog niet marktrijp zijn. Daarnaast kent Denemarken ook projecten waarbij onderzoekers een of twee bedrijven helpen met business strategie. In de meeste gevallen gaat het om toegang tot het beste onderzoek. IFD probeert zoveel mogelijk private cofinanciering (in-cash of in-kind) te hebben. In het IFD zitten ook private partijen in het bestuur, die dus zo ook invloed hebben op het beleid en de implementatie daarvan.

²¹ Zie: <https://innovationsfonden.dk/en/programmes/grand-solutions>

²² Zie: <https://innovationsfonden.dk/en/programmes/grand-solutions/new-technological-opportunities>

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare investeringen worden voornamelijk besteed aan projecten, in sommige gevallen gaat het ook om materialen en infrastructuren. Zo investeert Innovation Fund Denmark in onderzoeks- en innovatie*projecten*. Vaak wordt op basis van een project de bouw van de infrastructuur gestimuleerd.

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

Het is onduidelijk in hoeverre in de aankomende jaren de publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Denemarken zullen toenemen. Met Research2025 tracht Denemarken wel een strategie te ontwikkelen. Daarnaast heeft de Deense overheid vorige jaar nieuwe doelstellingen gedefinieerd voor onderzoek en innovatie, waarin investeringen in met name digital technologies, maar ook in quantum technologies worden aangekondigd, o.a. door het opzetten van nationale centers. In deze doelstellingen krijgen technologieën meer prioriteit.²³ Daarmee lijkt het

aannemelijk dat de publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Denemarken de aankomende jaren zullen toenemen.

Reflectie van Technopolis Group







- Denemarken heeft expliciet de keuze gemaakt voor twee sleuteltechnologieën en wijst daar up-front investeringen aan toe. Deze keuze is deels gebaseerd op eerdere sterktes in life sciences en deels op de mate waarop Denemarken verwacht dat sleuteltechnologieën kunnen bijdragen aan globale trends/uitdagingen. Daarnaast wil Denemarken haar achterstanden op digital technologies juist wegwerken met extra investeringen.
- In absolute zin zijn de Deense up-front investeringen in sleuteltechnologieën beperkt. Een bredere set van sleuteltechnologieën wordt wel meer bottom-up ondersteund. Daar ligt in deze studie niet de focus op.

²³ The Danish Government (2018). Denmark – Ready to seize future opportunities. The Government's objectives for Danish research and innovation. Maart 2018.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Duitsland

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
€17 miljard euro per jaar

Basiskenmerken






-  **BBP:** €37.979 per capita (2017)
-  **Populatie:** 82,7 miljoen inwoners (2017)
-  **GERD:** 2,93% van het BBP (2016)
-  **BERD:** 2,00% van het BBP (2016)
-  **GvERD:** 0,40% van het BBP (2016)
-  **HERD:** 0,53% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

De nationale overheid in Duitsland investeert up-front in alle sleuteltechnologieën (zie overzicht onderaan de pagina). Sinds 2006 kent de Duitsland een overheidsbrede (*Bundesregierung*) innovatiestrategie, de zogenaamde *High Tech Strategie*. De *High Tech Strategie 2020* is in September 2018 opgevolgd door de *High Tech Strategie 2025 (HTS 2025)*, die probeert sleuteltechnologieën en *Leitmärkte* te verbinden met grote maatschappelijke uitdagingen.^{24,25,26} De strategie heeft zes prioriteitsgebieden: digitale economie en samenleving, duurzame economie en energie, de innovatieve arbeid, gezond leven, intelligente mobiliteit en civiele veiligheid.

In de strategie geeft de overheid aan dat ze willen samenwerken met innovatieleiders en sterke partners in Europa op het gebied van sleuteltechnologieën zoals Scandinavië, Frankrijk en Nederland.

Sleuteltechnologieën worden in het Duitse beleid gedefinieerd als technologieën met een bijzonder grote economische hefboomwerking. Er wordt gericht in sleuteltechnologieën geïnvesteerd middels een reeks

						
quantum technologies	nanotechnologies	advanced materials technologies	chemical technologies	life science technologies	engineering and fabrication technologies	digital technologies

²⁴ Die Bundesregierung (2018) Forschung und Innovation für die Menschen. <https://www.hightech-strategie.de/files/HTS2025.pdf>

²⁵ Federal Ministry of Education and Research (2018) The New High Tech Strategy. <https://www.bmbf.de/en/the-new-high-tech-strategy-2322.html>

²⁶ Interview Innovatie Attaché

nieuwe initiatieven binnen het Duitse onderzoeks- en innovatiebeleid voor de periode 2018-2021. Deze initiatieven staan weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Onderzoeks- en innovatiebeleid initiatieven 2018 - 2021

Initiatief	Moment
Interdepartementale strategie van de federale overheid voor kunstmatige intelligentie	Herfst 2018
Strategie voor het gebruik van digitale methoden in materiaalonderzoek en materiaalontwikkeling en gebruik van biologische principes voor het ontwikkelen van materialen. (<i>Materialdachstrategie</i>)	Vanaf herfst 2018
Agenda 'Von der Biologie zur Innovation' omtrent biologische kennis, biotechnologische en bio-geïnspireerde procedures	Vanaf 2019
Overheidsprogramma voor kwantumtechnologieën.	Vanaf herfst 2018
Kaderprogramma universum en materie (ErUM): wetenschappelijk basisonderzoek naar grote onderzoeksinfrastructuren bevorderen en strategische impulsen voor het verwerven van kennis, sleuteltechnologieën, innovatieoverdracht en digitalisering	Tot 2027
Actieplan ErUM-data: ontwikkelt interdisciplinaire maatregelen op het gebied van digitalisering en van onderzoeksgegevensbeheer in wetenschappelijk basisonderzoek	Vanaf zomer 2019
<i>Platform Lernende Systeme</i> – platform voor kunstmatige intelligentie met toonaangevende experts van wetenschap, economie, politiek en maatschappelijke organisaties met een focus op de ontwikkeling en het verantwoord gebruik van lerende systemen	Sinds 2017
Uitbreiding van onderzoek op het gebied van kunstmatige intelligentie en bouwen aan een nationaal onderzoeksconsortium	Zomer 2018

²⁷ Zie: <https://www.photonikforschung.de/>

²⁸ BMBF (2015). <https://www.bmbf.de/de/vom-material-zur-innovation-1130.html>

Initiatief	Moment
<i>Forschungsfabrik Mikroelektronik</i> : onderzoekscentrum omtrent micro-elektronica	Volledig operationeel vanaf 2021
<i>Important Project of Common European Interest (IPCEI)</i> voor micro-elektronica als basis voor verdere ontwikkeling van nieuwe prototypen	Sinds 2017

Bron: Bundesregierung (2018) Forschung und Innovation für die Menschen

Aan deze overheidsinitiatieven, die onderdeel zijn van de High Tech Strategie 2025, zijn investeringen verbonden. De overheid investeert daarmee direct in sleuteltechnologieën. Naast de High Tech Strategie 2025 heeft het ministerie van onderwijs en wetenschap (BMBF) nog enkele losstaande programma's waarin directe publieke investeringen in sleuteltechnologieën plaatsvinden, zoals het programma *Photonik Forschung Deutschland*²⁷ waarmee BMBF R&D op het gebied van fotonica financiert met een jaarlijks bedrag van €100 miljoen per jaar, en het materiaalonderzoeksprogramma *Vom Material zur Innovation* met een investering van €100 miljoen per jaar voor 10 jaar.²⁸

Bredere instrumenten, waarbinnen sleuteltechnologieën prioriteit krijgen zijn het *Pakt für Forschung und Innovation*, de *Forschungscampus*, het *KMU-Innovativ* en het *Spitzencluster* instrument.

Het *Pakt für Forschung und Innovation* is een overeenkomst tussen de federale overheid, deelstaten, universiteiten en onderzoeksinstituten om samen te werken op het gebied van toekomstgericht strategisch onderzoek. In ruil daarvoor krijgen de onderzoeksinstituten een budgetverhoging van 3% per jaar in de periode 2016 – 2020.²⁹

²⁹ BMBF (2018). <https://www.bmbf.de/de/pakt-fuer-forschung-und-innovation-546.html>

Een derde belangrijk instrument is de promotie van publiek-private partnerschappen op het gebied van ST's. Dit wordt onder meer gedaan via het initiatief “*Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen*” van BMBF dat lange termijn samenwerkingen op grote schaal tussen de wetenschap en industrie ondersteunt, met name als het gaat om complex onderzoek met meerdere facetten, grote risico's en potentie voor een grote sprong voorwaarts.³⁰

Daarnaast richt de overheid zich op het midden- en kleinbedrijf (MKB) en is van plan om het gebruik van ST's bij nieuwe producten en diensten van mkb'ers en *hidden champions* (kleine, zeer succesvolle bedrijven) te ondersteunen. Dit wordt onder meer gedaan via het *KMU-Innovativ*, waarmee BMBF baanbrekend onderzoek in het Duitse mkb financiert.³¹

Ten slotte is er het *Spitzencluster* instrument, bestaande uit (regionale) clusters met een specifieke technologische invalshoek. Er zijn in totaal 15 clusters die werken aan onderwerpen als biotech, materiaal, microtech en IT. Als onderdeel van de High Tech Strategie 2025 worden vijf clusters over een periode voor vijf jaar gefinancierd met maximaal €40 miljoen per cluster.³² BMBF financiert ook de internationalisering van enkele van deze clusters.³³

Keuze en overwegingen

In Duitsland heeft men expliciet voor alle sleuteltechnologieën gekozen. De reden dat er geen strikte keuze gemaakt wordt tussen sleuteltechnologieën komt enerzijds door de focus van het beleid op

maatschappelijke uitdagingen, waarbinnen meerdere sleuteltechnologieën van toepassing zijn, en anderzijds door de groeiende overheidsbudgetten voor onderzoek en innovatiebeleid in Duitsland³⁴. Daarmee onderstreept Duitsland het belang van sleuteltechnologieën voor de economie en maatschappelijke uitdagingen van het land.

Duitsland zet breed in op sleuteltechnologieën, omdat die belangrijk zijn voor de brede en omvangrijke Duitse industrie. Ze dragen bij aan de verdere ontwikkeling van o.a. de machine- en installatiebouw, elektrotechniek en de auto-industrie. Deze sectoren in de maakindustrie zijn belangrijk voor de Duitse economie. Door investeringen in sleuteltechnologieën wil de Duitse overheid de economische kracht van Duitsland – vooral de maakindustrie – verder ontwikkelen, banen behouden en welvaart veiligstellen.³⁵

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

In Duitsland zijn verantwoordelijkheden voor industrie en innovatie en voor onderwijs, wetenschap en innovatie verdeeld over de *Länder* (deelstaten) en de *Bund* (federale overheid). Op federaal niveau coördineert BMBF de *HTS 2025*. Dit ministerie speelt dan ook een belangrijke rol in beleid en publieke investeringen in sleuteltechnologieën. Daarnaast speelt het ministerie voor economie en technologie (BMWi) een belangrijke rol op het gebied van sleuteltechnologieën. Zij zetten met name sterk in op de vertaling van

³⁰ BMBF (2019).

<https://www.bmbf.de/de/forschungscampus-oeffentlich-private-partnerschaft-fuer-innovationen-562.html>

³¹ BMBF (2019). <https://www.bmbf.de/de/kmu-innovativ-561.html>

³² BMBF (2019). <https://www.bmbf.de/de/der-spitzencluster-wettbewerb-537.html>

³³ Zo heeft het Duitse BioEconomy cluster financiering gekregen voor internationalisering en gaat deze gebruiken voor samenwerking met het Nederlandse Biobased Delta.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

³⁴ Het budget in euro's liep tussen 2012 en 2016 op van € 11,3 miljard naar € 12,7 miljard. Wanneer we kijken naar het percentage van het BBP bleef dit echter nagenoeg gelijk (0.4%).

³⁵ BMBF (2018). <https://www.bundesbericht-forschung-innovation.de/de/Digitalisierung-Schlüsseltechnologien-1692.html>

wetenschappelijke kennis naar de praktijk.³⁶ Hiervoor zijn verschillende programma's opgezet, waaronder het luchtvaartprogramma en het programma voor elektromobiliteit, waarbinnen het ministerie onder meer batterijonderzoek, standaardisatie, digitalisering en intelligente facturatie van elektriciteit aan oplaadpunten financiert.³⁷ Verschillende ministeries zorgen voor de uitvoering van de *HTS 2025*, waaronder BMWi en het ministerie voor defensie (BMVg).

Ook de deelstaten, universiteiten en onderzoeksinstituten die gezamenlijk het *Pakt für Forschung und Innovation* getekend hebben zijn belangrijk. De Helmholtz onderzoekscentra zijn eveneens onderdeel van dit pakt en doen belangrijk onderzoek naar sleuteltechnologieën. Zij worden gedeeltelijk gefinancierd door de overheid en gedeeltelijk door derde partijen. Andere onderzoeksorganisaties zijn het Fraunhofer Gesellschaft, Leibniz-Association en de Max Planck Society.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

In totaal investeert de publieke sector als onderdeel van de *HTS 2025* alleen in 2018 al ongeveer €15 miljard in sleuteltechnologieën (0,46% van het BBP).³⁸ Dit budget is ongeveer gelijk verdeeld tussen de federale overheid en de deelstaten. De verantwoordelijkheid voor het onderzoek aan universiteiten ligt met name bij de deelstaten. De grote onderzoeksinstituten zoals het Fraunhofer Gesellschaft en het Max Planck instituut worden voor het grootste deel federaal gefinancierd.³⁹

³⁶ BMWi (2019). <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Industrie/leitmaerke-mit-zukunftspotential.html>

³⁷ BMWi (2019). Schlüsseltechnologien. https://www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/themen.html?cl2Categories_LeadKeyword=schlueseltechnologien

³⁸ Bundesregierung (2018). <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/forschung/hightech-strategie>

Tabel 7 Beleidsmatige (up-front) investeringen in ST's in Duitsland

Programma	Sleuteltechnologie	Investerings (per jaar)
High Tech Strategie 2025 ⁴⁰	Alle sleuteltechnologieën (allemaal expliciet benoemd in programma's, niet goed uit te splitsen)	€ 15 miljard
Spitzencluster		€ 40 miljoen
Pakt für Forschung und Innovation		€ 975 miljoen
KMU-innovativ ⁴¹		Onbekend
Photonik Forschung Deutschland	Photonics and light	€ 100 miljoen
Kaderprogramma voor micro-elektronica ⁴²	Nanotechnologies	€80 miljoen
Vom Material zur Innovation	Advanced materials technologies	€ 100 miljoen
<i>Geschatte totale investering</i>		<i>€ 17 miljard</i>

Technopolis Group, 2019

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De publieke investeringen in R&D en daarmee de investeringen in sleuteltechnologieën worden via de ministeries en de deelstaten

³⁹ Daarnaast wordt er bijgedragen door de deelstaten waarin het betreffende instituut aanwezig is.

⁴⁰ Bundesregierung (2018). <https://www.hightech-strategie.de/de/leitfaden-fuer-die-zukunft-1781.html>

⁴¹ BMBF (2019). <https://www.bmbf.de/de/kmu-innovativ-561.html>

⁴² Bundesregierung (2019). <https://www.hightech-strategie.de/de/massnahme.php?D=303>

verdeeld. Ongeveer 60% van het federale R&D-budget wordt uitgegeven door BMBF, 21% door BMWi en 6% door BMVg.⁴³ Naast het federaal R&D-budget, zijn er ook investeringen vanuit de Duitse deelstaten in R&D. In totaal investeren de deelstaten €10,9 miljard in R&D.

Betrokkenheid van private partijen

Private partijen worden in Duitsland vaak middels een platform betrokken bij vormgeving van strategieën. Bedrijven, kennisinstellingen overheid en eventuele maatschappelijke organisaties werken samen aan een strategie voor een bepaald thema, vaak ook met bijbehorende budgetten. Zo zijn er bijvoorbeeld voor de onderwerpen digitalisering, mobiliteit, materialen en kunstmatige intelligentie werkgroepen opgezet die jaarlijks samenkomen, onder gezamenlijk voorzitterschap van een vertegenwoordiger van de politiek en een vertegenwoordiger uit het bedrijfsleven.

Verder ondersteunt de Duitse overheid de vorming van ST-clusters, met name door initiatieven om bedrijven, onderzoeksinstituten en de academische wereld aan elkaar te linken, o.a. via het eerdergenoemde *Forschungscampus*-initiatief. Deze initiatieven zijn er op federaal, deelstaat en lokaal niveau. Een voorbeeld is de *Spitzencluster-Wettbewerb* (topclustercompetitie): een competitief financieringsmechanisme dat €40 miljoen heeft toegewezen aan vijf clusters.⁴⁴ Ook op regionaal niveau worden er forse investeringen gedaan in ST's, zo heeft de overheid in Hamburg €35 miljoen ter beschikking gesteld om ST-gerelateerde initiatieven te ondersteunen.

Ook ondersteunt het Duitse centrum voor lucht- en ruimtevaart (DLR) *BMBF* en de deelstaten via het programma *Innovationsforen* met het

opzetten van regionale innovatienetwerken met wetenschap en industrie. Bovendien draagt dit onderzoekscentrum bij aan veel R&D op het gebied van sleuteltechnologieën.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Duitsland hebben private partijen zich gecommitteerd aan investeringen in sleuteltechnologieën. Omdat er in Duitsland geen fiscaal instrumentarium bestaat, maar uitsluitend gebruik gemaakt wordt van subsidies, leveren bedrijven een bijdrage aan de investeringen in de vorm van cofinanciering op projectbasis. Daarnaast zijn private partijen betrokken bij het ontwerp en de implementatie van het innovatiebeleid voor sleuteltechnologieën. Dat gebeurt middels de eerdergenoemde platformen en clusterinitiatieven. Het private commitment is voor zover bekend bij het onderzoeksteam niet op papier vastgelegd.

Duitsland zoekt eveneens samenwerking met Nederland op specifieke sleuteltechnologieën, bijvoorbeeld 3D-printen. Op dit moment heeft Duitsland dergelijke bilaterale innovatiesamenwerkingen met andere Europese landen, zoals Oostenrijk, Frankrijk en Tsjechië.⁴⁵ Voor Nederland zouden dergelijke kansen tot samenwerking beter benut kunnen worden als Nederland de beschikking zou hebben over specifieke middelen voor bilaterale innovatiesamenwerking.

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare investeringen worden per sleuteltechnologie besteed aan onderzoeksprojecten (zowel fundamenteel als toegepast onderzoek), valorisatie en technologietransfer en onderzoeksinfrastructuur.

⁴³ Federal Ministry of Education and Research (2019). <https://www.research-in-germany.org/en/research-funding/funding-organisations/federal-and-state-governments.html>

⁴⁴ BMBF (2019). <https://www.bmbf.de/de/der-spitzencluster-wettbewerb-537.html>

⁴⁵ Interview Innovatie Attaché Duitsland

technopolis_{group}

Het grootste deel van de federale middelen voor sleuteltechnologieën gaat naar de *High Tech Strategie*, waarbinnen (voor zover bekend) het meeste budget gaat naar het kaderprogramma universum en materie. Dit kaderprogramma richt zich met name op (grote) onderzoeksinfrastructuur. Ook gaat er €0,5 miljard per jaar naar de interdepartementale strategie voor kunstmatige intelligentie.⁴⁶

Er bestaat in Duitsland geen vastgelegde governance structuur voor sleuteltechnologieën. Wel zijn er technologieroadmaps en -programma's die tot stand komen door middel van overleg met onderzoeksorganisaties, brancheverenigingen, het bedrijfsleven en soms ook maatschappelijke organisaties.

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

Volgens de huidige plannen nemen in de aankomende jaren de publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Duitsland toe. De afgelopen jaren was er een stijging van de hoeveelheid middelen voor innovatie (het budget van het BMBF steeg in 2016 bijvoorbeeld met 7,6% naar €17,6 miljard⁴⁷) en de verwachting is dat deze stijging zal doorzetten. De High

Tech Strategie presenteert de ambitie om de investeringen in R&D te laten stijgen naar 3,5% van het BBP in 2025.⁴⁸

Reflectie van Technopolis Group

- Duitsland investeert veel geld in sleuteltechnologieën. Onderzoek en ontwikkeling van deze technologieën staat ook de komende jaren, dankzij de *High Tech Strategie*, hoog op de agenda.
- In Duitsland vindt veel samenwerking plaats tussen publieke, private en maatschappelijke stakeholders. Daarnaast zoekt het land ook samenwerking met andere Europese landen op specifieke sleuteltechnologieën.
- In dit overzicht zijn alleen federale investeringen meegenomen. De totale publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Duitsland zullen met de investeringen door de deelstaten hoger uitvallen.

⁴⁶ BMBF (2018). <https://www.bmbf.de/de/kuenstliche-intelligenz-5965.html>

⁴⁷ Innovatie Attaché Duitsland







Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

⁴⁸ High Tech Strategy 2025

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën door de Europese Commissie

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
€15 -35 miljard per jaar

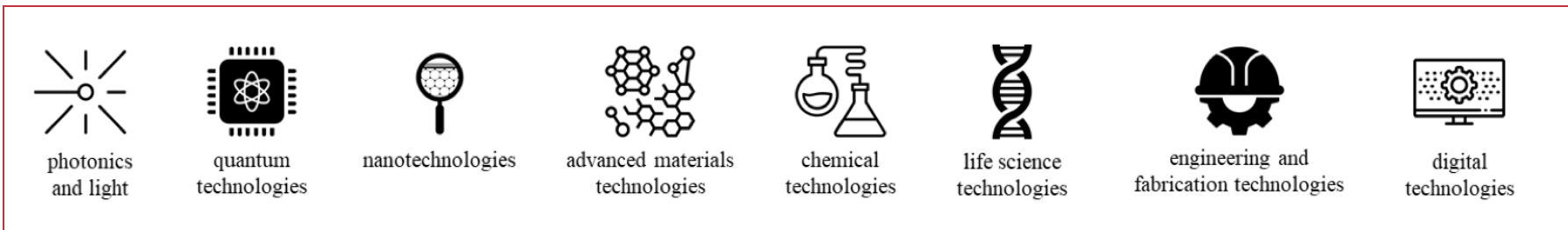
Basiskenmerken

-  **BBP:** €28.750 per capita (2017)
-  **Populatie:** 512,5 miljoen inwoners (2017)
-  **GERD:** 1,93% van het BBP (2016)
-  **BERD:** 1,24% van het BBP (2016)
-  **GvERD:** 0,23% van het BBP (2016)
-  **HERD:** 0,44% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

De Europese Commissie (EC) investeert in zes sleuteltechnologieën (ST's), waarbinnen alle acht de technologieën vallen die in deze studie worden gehanteerd. De Europese Commissie heeft sleuteltechnologieën geïdentificeerd als topprioriteit binnen haar strategie Europe 2020. Ze worden gezien als essentieel voor *flagship*-initiatieven zoals de *Innovatie Unie* en de *Digital Single Market*. Het belang van sleuteltechnologieën wordt ook onderstreept in het industrieel beleid van de Europese Commissie.⁴⁹

In 2012 presenteerde de Europese Commissie een strategie om de toepassing van sleuteltechnologieën te stimuleren. De strategie moet synergiën creëren tussen EU-beleid en -instrumenten en nationale en EU-activiteiten coördineren.⁵⁰ Daarnaast zijn er verschillende groepen opgezet om te zorgen voor implementatie van de strategie, waaronder een *High-Level Group (HLG KETs)* met afgevaardigden uit onderzoek en brancheverenigingen en een groep van lidstaten omtrent ST's, die voor



⁴⁹ Zie: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/key-enabling-technologies/european-strategy_en

⁵⁰ Zie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52012DC0341>

betere samenwerking tussen Europese, nationale en regionale actoren moet zorgen⁵¹. Ook zijn er interne coördinatiegroepen binnen de Europese Commissie, zoals de *KETs Interservice Group* en de *Leadership in Enabling and Industrial Technologies Group*, die moeten zorgen voor coherentie tussen alle ST-gerelateerde programma's.

Keuze en overwegingen

De Europese Commissie kiest in haar beleid voor alle sleuteltechnologieën. In 2009 communiceerde de Europese Commissie dat verschillende lidstaten begonnen waren met het identificeren van technologieën die relevant waren voor hun toekomstig concurrentievermogen, maar dat er veel verschillen bestonden tussen landen over welke technologieën gedefinieerd moesten worden als sleuteltechnologieën. De Europese Commissie kwam vervolgens met een vijftal sleuteltechnologieën, gebaseerd op wereldwijde markt- en onderzoekstrends.⁵² Later is daar nog een zesde sleuteltechnologie aan toegevoegd.⁵³ De EU hanteert een andere categorisatie dan deze studie: de zes Europese sleuteltechnologieën overlappen echter met de acht sleuteltechnologieën van deze studie.

De belangrijkste overwegingen die meespeelden bij de keuze van sleuteltechnologieën in Europa, zijn het stimuleren van de productie van ST-gebaseerde producten in de EU en het creëren van meer banen en groei.⁵³

⁵¹ De eerste high level expert group is opgericht in 2011 en is opgevolgd door een tweede high level expert group in 2013.

⁵² Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU, COM(2009) 512/3

⁵³ A European Strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs, COM (2012) 341 final

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

De beleidsvorming en publieke investeringen in sleuteltechnologieën door de Europese Commissie wordt geleid door het directoraat-generaal voor de Interne Markt, Industrie, Ondernemerschap en Midden- en Kleinbedrijf (DG GROW).

De strategie voor sleuteltechnologieën uit 2012 is een gezamenlijke strategie van de directoraten DG RTD, DG CONNECT, DG REGIO, DG Trade en DG COMP en wordt ook geleid door DG GROW. Een aantal acties wordt uitgezet via het Europees Agentschap voor het MKB (EASME). Daarnaast speelt ook de Europese investeringsbank (EIB) een rol op het gebied van publieke investeringen.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

De EU heeft van sleuteltechnologieën een prioriteit gemaakt in haar kaderprogramma Horizon 2020, het Europees Fonds voor Strategische Investerings (EFSI) en de Europese Investeringsbank. De onderstaande paragrafen bespreken de up-front toekenningen van financiering voor sleuteltechnologieën.

Van de totale €77 miljard voor het kaderprogramma **Horizon 2020** van de Europese Commissie is er ongeveer €15-35 miljard gealloceerd naar sleuteltechnologieën.⁵⁴ Deze fondsen zijn echter niet alleen beschikbaar voor sleuteltechnologieën, maar kunnen ook ingezet worden voor andere domeinen van technologie- en industrieontwikkeling. Wanneer we kijken naar vooraf geormerkte financiering voor projecten gerelateerd aan sleuteltechnologieën, is er binnen Horizon 2020 €6 miljard

⁵⁴ ITRE (2014) Horizon 2020: Key Enabling Technologies, Booster for European Leadership in the Manufacturing Sector

beschikbaar (0,04% van het BBP en 8,3% van het totale budget voor H2020)⁵⁵. Van dit budget is 30% geormerkt voor projecten waar verschillende sleuteltechnologieën worden gecombineerd.⁵⁴

Binnen het **Europees Fonds voor Strategische Investerings** (EFSD), is er €110 miljard beschikbaar voor innovatie-activiteiten. Het fonds heeft sleuteltechnologieën als een van de prioriteiten gesteld, maar is ook beschikbaar voor financiering van andere projecten.⁵⁶ Deze fondsen kunnen gebruikt worden om ST-projecten te financieren die dichter bij de markt zijn, tot aan de eerste productiefase. Er kan ook er gecombineerde financiering aangevraagd worden van zowel H2020 en ESIF-financiering.

Ook de **Europese investeringsbank** (EIB) heeft ST's geïdentificeerd als een prioriteit. In 2013 is een *Memorandum of Understanding* getekend met de Europese Commissie en de EIB om de toegang tot financiële investeringen in ST's te verbeteren.⁵⁷ Hierna zijn de leningen voor ST-projecten met 60% toegenomen (van €2,7 miljard in 2012 naar €4,4 miljard in 2013).⁵⁸

Daarnaast bestaat er sinds juli 2013 een het **Industrial Investment Package** (IIP) waar gedurende 7 jaar €22 miljard door de Commissie, lidstaten en industrie wordt geïnvesteerd in *Joint Technology Initiatives* (JTI's) en *publiek-publieke partnerships*. De Europese Commissie investeert vanuit H2020 hiervan €8 miljard. JTI's zijn onderzoeksamenwerkingen op grote schaal tussen EU-lidstaten, industrie en kennisinstellingen. Publiek-publieke partnerships zijn vier

⁵⁵ Dit budget is onderdeel van de leadership in Enabling and Industrial Technologies (LEIT) tak van Horizon 2020.

⁵⁶ Informatie EFSD, EIB en IIP afkomstig van: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/key-enabling-technologies/eu-actions/investment-support_en

⁵⁷ European Commission and European Investment Bank (2012) Memorandum of understanding between the European Commission and the European Investment Bank in

samenwerkingen tussen de Europese Commissie en EU-lidstaten, bijvoorbeeld op het gebied van ondersteuning van hightech MKB's.⁵⁴

Ten slotte wordt er ook H2020-budget besteed aan het oprichten van nieuwe *Knowledge and Innovation Communities* (KIC's), waaronder op het gebied van *Added-Value Manufacturing* gericht op de ST engineering and fabrication technologies. De KIC's zijn onderdeel van het *European Institute of Innovation & Technology* (EIT), een EU-initiatief dat innovatie en ondernemerschap in de EU stimuleert. Het EIT-budget voor de periode 2014-2018 is ongeveer €2,7 miljard.⁵⁴

Tabel 8 Overzicht van beschikbare budgetten voor sleuteltechnologieën

Overkoepelend programma	Onderdeel	Investering EU (gemiddeld per jaar)
Horizon 2020 Pilaar 1: Excellent Science (€24 miljard)	Future & Emerging Technologies Programme	€450 miljoen
	Marie Skłodowska-Curie Actions	€1,03 miljard
Horizon 2020 Pilaar 2: Industrial Leadership (€17 miljard)	Leadership in Enabling and Industrial Tech (LEIT)	€2,2 miljard, waarvan €1 miljard voor ST's
	Risico financiering, waarvan 1/3 voor het MKB	€460 miljoen
	SME Instrument	

respect of their cooperation in key enabling technologies (KETs) according to Communication COM (2012) 341 final. Brussels: European Commission

⁵⁸ European Commission (2019) Supporting Investment in KETs https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/key-enabling-technologies/eu-actions/investment-support_en

Overkoepelend programma	Onderdeel	Investering EU (gemiddeld per jaar)
Horizon 2020 Pilaar 3: Societal challenges (€30 miljard)		€0,5 miljard, waarvan €0,1 miljard uit Pilaar 2
	European Institute of Innovation and Technology (EIT)	€450 miljoen
	Europees Fonds voor Strategische Investerings (EFSI)	€18,3 miljard
	European Investment Bank	€10,8 miljard
	Innovation Investment Package (€22 miljard)	€1,3 miljard
	<i>Schatting totale beschikbare⁵⁹ publieke financiering</i>	<i>€35 miljard</i>

Technopolis Group op basis van ITRE (2014) Horizon 2020: Key Enabling Technologies, Booster for European Leadership in the Manufacturing Sector. Uitgedrukt en berekend als gemiddelde per jaar.

De schatting van €35 miljard voor de totale up-front investeringen in sleuteltechnologieën is hoogstwaarschijnlijk een overschatting. Binnen het Ministerie van EZK gaat men uit van een bedrag van €15 miljard. De up-front investeringen in sleuteltechnologieën door de Europese Commissie schatten we daarom tussen de €15-€35 miljard.

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De publieke investeringen in sleuteltechnologieën worden via verschillende organisaties verdeeld. Budget uit Horizon 2020 wordt toegekend door DG RTD en het *European Agency for SMEs* (EASME).

Het KETs Observatory is een initiatief dat uitgezet is door het Europese agentschap EASME. Het is een online monitoring tool die informatie presenteert over de uitrol van sleuteltechnologieën.

⁵⁹ Niet geormerkte

Financiering voor de KIC's wordt uitgegeven door het *European Institute of Innovation and Technology* (EIT) en het budget voor de JTI's wordt gemanaged door hun eigen juridische entiteit, de *Joint Undertakings (JU)* – waarin het bedrijfsleven een belangrijke rol heeft. Lidstaten managen zelf de budgetten binnen het Europees Fonds voor Strategische Investerings. Ten slotte kent de Europese Investeringsbank (EIB) budget toe aan prioriteiten die afgestemd zijn met de EU en beslist zelf over leningen en kredietverstrekkingen.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Europa hebben private partijen zich gecommitteerd aan investeringen in sleuteltechnologieën. Technologieleveranciers, industriële gebruikers van technologie, publiek-private partnerships en vertegenwoordigers van vakbonden zijn onderdeel van de *High-Level Expert Group on Key Enabling Technologies*. De groep adviseert de Europese Commissie omtrent de implementatie van de Europese strategie voor sleuteltechnologieën en zijn zo ook betrokken bij de implementatie van het innovatiebeleid voor sleuteltechnologieën.

Daarnaast wordt publiek-privaat commitment vormgegeven via zogenaamde **Contractual Public-Private Partnerships** (cPPP's). Dit zijn partnerschappen opgestart met de private sector, in aanvulling op de JTI's. Voorbeelden die expliciet op sleuteltechnologieën focussen, zijn:

- Het JTI *Electronic Components and Systems for European Leadership* (ECSEL), dat grootbedrijven, mkb en Europese onderzoeks- en onderwijsinstellingen samenbrengt op het gebied van elektronische systemen en onderdelen (bijv. semiconductors en chips), met een totaalbudget van €4,8 miljard.

- *Factories of the Future*, een cPPP met als doel om een duurzamere en competitievere Europese industrie mogelijk te maken. Dit wordt gedaan door het ondersteunen van Europese ondernemingen in de maakindustrie met het versterken van hun technologische basis.

Ten slotte leveren private partijen een bijdrage aan de investeringen in de vorm van cofinanciering op projectbasis en programmabasis. Het gaat daarbij om consortia van bedrijven, waaronder mkb en grootbedrijven.

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare investeringen in de EU worden besteed aan projecten voor onderzoek, ontwikkeling en innovatie. De geormerkte middelen vanuit H2020 kunnen besteed worden aan activiteiten die lopen van fundamenteel onderzoek tot activiteiten die dicht bij de markt liggen en industriële proeflijnen, van TRL 3/4 tot 8.⁶⁰ Opvallend is dat ongeveer een derde van het budget beschikbaar is voor projecten waarin verschillende sleuteltechnologieën worden gecombineerd.

Daarnaast gaan er ook middelen naar de eerder genoemde netwerken en samenwerkingsverbanden van de industrie in de publiek-private JTT's en cPPP's. Ook wordt er geld geïnvesteerd in clusters, zoals de KIC's, waarvan enkele expliciet op het gebied van sleuteltechnologieën.

Ook de andere geldstromen, waaronder die van de Europese investeringsbank en de regionale ontwikkelingsgelden worden op alle TRL-niveaus ingezet.

⁶⁰ TRL 3 tot 6 komen in aanmerking voor 100% financiering, TRL 5 tot 7 komen (behalve voor non-profit deelnemers) in aanmerking voor 70% financiering.

⁶¹ EC (2018). Investing in the future digital transformation 2021-2027. https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/budget-june2018-digital-transformation_en.pdf

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

Volgens de huidige plannen, zullen in de aankomende jaren de publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Europa toenemen. Vorig jaar werd bekend dat de EC meer wil investeren in de digitale transformatie en dat tot een van haar prioriteiten maakt met haar nieuwe Digital Europe Programme (2021-2027).⁶¹ Voor het aankomende kaderprogramma, FP9 ofwel *Horizon Europe*, wordt vooralsnog €94 miljard uitgetrokken en verdeelt over drie pilaren: Open Science, Global Challenges en Open Innovation. Investeringen in sleuteltechnologieën zullen deel zijn van de tweede pilaar, *Global Challenges* en daarbinnen het cluster '*Digital and Industry*', waarvan €15 miljard gealloceerd is voor opkomende industriële technologieën.⁶² Op dit moment lijkt het erop dat in het nieuwe kaderprogramma opnieuw ingezet zal worden op alle sleuteltechnologieën.

Reflectie van Technopolis Group







- De EC heeft met haar strategie voor sleuteltechnologieën uit 2012 richting gegeven aan beleid op sleuteltechnologieën door lidstaten.
- Er wordt veel belang gehecht aan sleuteltechnologieën maar het budget voor sleuteltechnologieën op EC-niveau is lager dan dat van bijvoorbeeld de Verenigde Staten op federaal niveau. De Europese lidstaten investeren echter zelf ook in sleuteltechnologieën.
- De verwachting is dat de komende jaren (onder het kaderprogramma *Horizon Europe*) de investeringen in sleuteltechnologieën op EC-niveau zullen toenemen.

⁶² Zie: https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/budget-proposals-research-innovation-may2018_en.pdf

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Frankrijk

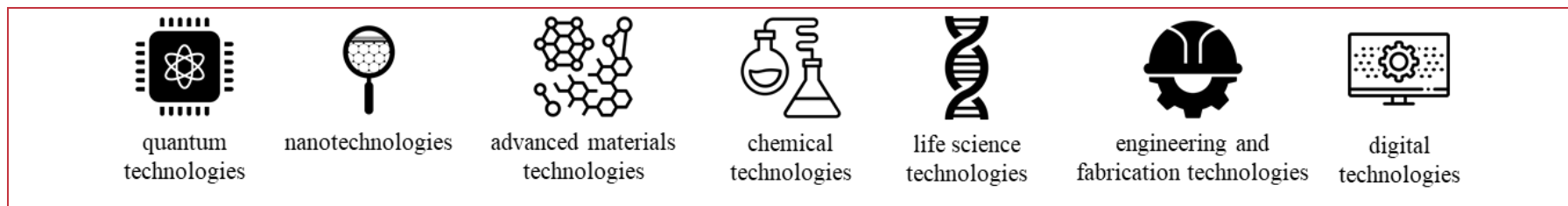
Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
 €500 miljoen – €1 miljard euro per jaar

Basiskanmerken

-  **BBP:** € 37.562 per capita (2017)
-  **Populatie:** 67 miljoen inwoners (2017)
-  **GERD:** 2,25% van het BBP (2016)
-  **BERD:** 1,43% van het BBP (2016)
-  **GvERD:** 0,29% van het BBP (2016)
-  **HERD:** 0,49% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

De nationale overheid in Frankrijk investeert up-front op alle sleuteltechnologieën (zie overzicht onderaan de pagina) met name via beperkte up-front investeringen in diverse clusters (*Pôles de compétitivité*). De Franse overheid heeft sleuteltechnologieën al langere tijd op de agenda staan. Sleuteltechnologieën worden in het Franse beleid gedefinieerd als technologieën die kunnen zorgen voor een concurrentievoordeel. Iedere vijf jaar laat het Franse ministerie van Economie en Financiën (voorheen het Ministerie voor Economie, Industrie en Digitaal) een uitgebreide studie uitvoeren, *Technologies Clés* geheten. In de *Technologies Clés* studie⁶³ worden er niet minder dan 47 sleuteltechnologieën onderscheiden. De studie presenteert negen toepassingsgebieden: voeding, milieu, wonen, veiligheid, gezondheid en welzijn, mobiliteit, energie, digitaal, vrije tijd en cultuur. Er zijn geen directe investeringen verbonden aan deze studie, maar het dient als referentiedocument voor investeringen van bedrijven, innovatie-actoren en overheden. Recentelijk wordt er in Frankrijk steeds vaker gesproken



⁶³ Direction Générale des entreprises (2016) *Technologies Clés* 2020.
<https://www.entreprises.gouv.fr/politique-et-enjeux/technologies-cles-2020>

over *deep tech*. De definitie van *deep tech* vertoont veel overlap met sleuteltechnologieën en de termen worden soms ook door elkaar gebruikt.⁶⁴ Vaak wordt er gerefereerd naar *deep tech* als het gaat om (start-up) bedrijven die met revolutionaire technologische oplossingen werken.⁶⁵

Naast de *Technologies Clés* studie is er een meerjarig investeringsplan waar sleuteltechnologieën prioriteit krijgen, het *Plan d'Investissements d'Avenir (PIA)* met vier prioriteiten: ecologietransitie (€20 miljard), het opbouwen van een kennismaatschappij (€15 miljard), het versterken van concurrentiekracht door steun aan innovatie (€13 miljard) en de digitale overheid (€9 miljard). Naast dit plan is er het *Fonds pour l'innovation et l'industrie* van €10 miljard, waarvan €1,5 miljard gereserveerd is voor kunstmatige intelligentie (over een periode van vijf jaar). Het fonds investeert alleen haar financiële rendement (geschat op 2,5% per jaar) Dit zou €250 miljoen op jaarbasis moeten genereren, voor het gehele fonds – dat zou naar schatting uitkomen op €37,5 miljoen voor AI.

Een voorbeeld van een belangrijk initiatief dat zich richt op een specifieke sleuteltechnologie is de *Roadmap voor fotonica* die in mei 2018 geïntroduceerd is. *Photonics France* is het overkoepelende orgaan in Frankrijk van de partijen die zich met fotonica bezighouden.⁶⁶ Ook is recentelijk het *Nano 2022 plan* gepresenteerd dat onderdeel is van het Europese IPCEI-project⁶⁷ omtrent nano-elektronica. Via het plan zal er €5 miljard geïnvesteerd worden in het ondersteunen van nationale fabrikanten in de micro/nano-elektronica-industrie.⁶⁸

⁶⁴ Bpifrance (2019)

⁶⁵ Bailon, J. (2017). What is a Deep Tech Startup? <https://blog.propelx.com/deep-tech-startup/>

⁶⁶ Photonics France (2018). Découvrez la feuille de route de la photonique française. http://www.photonics-france.org/la-filiere.php?ss_rub=49

⁶⁷ *Important Projects of Common European Interest*

Keuze en overwegingen

In Frankrijk worden in het nationale (innovatie)beleid nagenoeg geen expliciete keuzes gemaakt in sleuteltechnologieën. Veel beleidsmaatregelen, zoals het eerder genoemde *PIA*, zijn breed en overstijgen alle sleuteltechnologieën. Op nationaal niveau is er bovendien een overvloed aan instrumenten (62) dat zich richt op innovatie.⁶⁹

Desondanks zijn er de afgelopen jaren wel enkele nationale investeringen geweest in specifieke initiatieven op het gebied van sleuteltechnologieën. Zo is nanotechnologie al sinds 1992 een prioriteit van het Franse innovatiebeleid, is er een nationale strategie voor kunstmatige intelligentie⁷⁰ en is er de eerder genoemde roadmap voor fotonica. Frankrijk zet breed in op sleuteltechnologieën en *deep tech*. *Deep tech* gaat om het naar de markt brengen van geavanceerde technologische oplossingen met een sterke potentie voor groei en overlappen voor een deel met sleuteltechnologieën. De focus is met name op data-gedreven innovatie (bijv. biotechnologie en digitale technologieën).

De reden voor de inzet op *deep tech* is omdat Frankrijk op dit gebied leidend wil zijn binnen Europa, en wil laten zien dat het land in staat is om over de hele keten technologie te ontwikkelen: van idee tot markttoepassing. Frankrijk heeft een sterke academische basis maar is van oudsher minder goed in het omzetten van deze kennis naar markttoepassingen. Dit is een reden voor de Frans overheid om hierin te investeren.

⁶⁸ Ministère de l'économie et des finances (2019). Présentation du plan Nano 2022. <https://www.entreprises.gouv.fr/numerique/presentation-du-plan-nano-2022>

⁶⁹ France Stratégie (2016). Quinze ans de politiques d'innovation en France.

⁷⁰ French strategy for Artificial Intelligence (2018). AI for Humanity. <https://www.aiforhumanity.fr/en/>

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

De belangrijkste publieke organisaties in Frankrijk wat betreft investeringen in sleuteltechnologieën zijn het ministerie van Economie en Financiën (MEF) en het ministerie voor Hoger Onderwijs en Onderzoek (MESR). MESR is verantwoordelijk voor het stellen van onderzoeksprioriteiten en biedt financieringsprogramma's voor onderzoek en innovatie, inclusief programma's voor sleuteltechnologieën. MEF maakt en implementeert beleid op het gebied van industrie, het MKB, communicatie, diensten en innovatie. Het ministerie is onder andere betrokken bij grootschalige projecten op het gebied van sleuteltechnologieën.

Naast de ministeries vervult de Raad voor Innovatie (*le Conseil de l'innovation*) een belangrijke rol. Dit is een nieuw opgericht strategisch orgaan.⁷¹ Zij adviseert over beleid en over het toekennen van middelen uit het *Fonds pour l'innovation et l'industrie*. Een ander belangrijk fonds is het interministerieel *Fonds unique interministériel* (FUI). Het fonds bestaat sinds 2005 en ondersteunt de projecten die voortkomen uit de *Pôles de compétitivité*, concurrentieclusters met bedrijven, onderzoeks- en onderwijsinstellingen die samenwerken rondom een thema – waarvan diverse clusters actief zijn op sleuteltechnologieën. Aanvullend investeert Frankrijk in projecten voor de versterking van het ecosysteem van de clusters (PSPC) waarbij steun verleend wordt aan R&D projecten die gezamenlijk uitgevoerd worden door bedrijven en onderzoekslaboratoria. De gesteunde projecten zijn groter van omvang dan die van de door de FUI gefinancierde projecten.⁷⁴

Zowel het FUI als het *Fonds pour l'innovation et l'industrie* wordt beheerd door de investeringsbank *Bpifrance*, de publieke investeringsbank die het MKB ondersteunt ter bevordering van

⁷² De belangrijkste initiatieven zijn het *crédit d'impôt recherche (CIR)* en de *Jeune Entreprise Innovante (JEI)*.

werkgelegenheid en groei van innovatie en investeringen. De bank verstrekt kredietgaranties, startup programma's en MKB financiering.

De regionale overheden in Frankrijk beslissen met name over infrastructurele uitgaven en hun ondersteuning van innovatie sluit nauw aan op de nationale maatregelen. Regio's bieden bijvoorbeeld projectfinanciering voor innovatieve MKB's via regionale innovatiefondsen en door het verstrekken van startkapitaal en risicokapitaalfondsen. Regio's hebben ook hun eigen lokale ontwikkelingsmaatschappijen, incubatoren en technologieparken.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

In totaal investeert de publieke sector in Frankrijk tussen de €500 miljoen en €1 miljard up-front in sleuteltechnologieën. De hoeveelheid up-front investeringen in sleuteltechnologieën lijkt hiermee beperkt. Dat komt echter doordat Frankrijk innovatie met name stimuleert door middel van belastingkrediet voor onderzoek⁷² (0,28% van het BBP en ongeveer 60% van de publieke middelen voor innovatie) en door middel van directe overheidsfinanciering in de vorm van subsidies (0,11% van het BBP, rond de 20% van het totale innovatiebudget).⁷³ Van de directe steun wordt 15,2% verstrekt door de regio's, ongeveer gelijk aan de directe steun van de Europese Unie (12,7%).⁷⁴

Tabel 9 Beleidsmatige (up-front) investeringen in ST's in Frankrijk

Programma	Sleuteltechnologie	Investerings (per jaar)
Fonds pour l'innovation et l'industrie	Digital Technologies	€300 miljoen

⁷³ OECD (2017). OECD STI Scoreboard. <http://www.oecd.org/sti/scoreboard-2017-interactive-charts.htm#tax-incentives>

⁷⁴ France Stratégie (2016). Quinze ans de politiques d'innovation en France

Programma	Sleuteltechnologie	Investerings (per jaar)
Nano 2022 plan	Nanotechnologies	€160 miljoen
Roadmap voor Fotonica	Photonics	<i>Onbekend</i>
Pôles de compétitivité / Fonds unique interministériel	Alle sleuteltechnologieën	€100 miljoen
Projet structurant pour la compétitivité		€145 miljoen
<i>Geschatte totale investering</i>		<i>€500 miljoen – €1 miljard</i>

Technopolis Group, 2019 op basis van France Stratégie (2016) Quinze ans de politiques d'innovation en France

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De publieke investeringen in R&D, en daarmee de investeringen in sleuteltechnologieën, worden grotendeels via de investeringsbank Bpifrance verdeeld. De keuzes voor de selectie van de projecten die voortkomen uit de *Pôles de compétitivité* worden gemaakt door de betrokken ministeries. Op regionaal niveau worden middelen van de regionale raden vaak beheerd door regionale directoraten van Bpifrance.

Betrokkenheid van private partijen

Private partijen zijn in Frankrijk middels clusters en (publiek-)private samenwerkingsprojecten betrokken bij investeringen in sleuteltechnologieën. Op strategisch niveau worden private partijen

⁷⁵ OECD (2014). OECD Reviews of Innovation Policy: France 2014, hoofdstuk 6

⁷⁶ Europese Commissie (2017). Research & Innovation Country Report France 2017.

uitgenodigd om input te leveren. De uiteindelijke besluitvorming over strategie ligt echter bij de ministeries en agentschappen.

In 2005 zijn er door de Franse overheid *Pôles de compétitivité* (concurrentieclusters) opgericht om innovatie te stimuleren. Onderdeel van deze clusters zijn bedrijven, kennisinstututen en onderwijsinstellingen. Er zijn clusters voor verschillende sectoren en thema's, met het doel om innovatie te stimuleren door gezamenlijke R&D projecten op te zetten.^{75,76} De beste projecten komen in aanmerking voor financiering uit een nationaal, interministerieel fonds.

In 2014 waren 8.500 bedrijven aangesloten binnen de 71 concurrentieclusters. Een deel van deze clusters richten zich expliciet op sleuteltechnologieën, zo richt MAUD zich op advanced materials technologies, Axelera zich op chemical technologies, Microtechniques zich op nanotechnologies, Minalogic zich op nanotechnologies en photonics and light en Cap digital zich op digital technologies.⁷⁷

In 2018 heeft de Franse overheid een oproep uitgezet om clusters te selecteren, met het doel om het aantal te verminderen. Daarnaast komt er meer nadruk op Europese samenwerking binnen de clusters.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Frankrijk hebben private partijen zich gecommitteerd aan investeringen in sleuteltechnologieën. Zij leveren en bijdrage in de vorm van cofinanciering. Publieke investeringen in Frankrijk dekken nooit meer dan 50% van de investering, het overige dient aangevuld te worden door private partijen. Dit is vastgelegd in de staatssteunregels.⁷⁸

In 2017 is het *Grand Plan d'Investissement* (2018 – 2022) gepresenteerd dat meer publiek-private samenwerking moet creëren. Daarnaast moet

⁷⁷ Zie voor een volledig overzicht van alle 71 concurrentieclusters en hun projecten: <https://competitivite.gouv.fr/les-projets-de-r-d/les-projets-en-cours-265.html>

⁷⁸ Interview Paris Région

het ervoor zorgen dat er meer risico genomen wordt door veelbelovende sectoren zoals kunstmatige intelligentie, nanotechnologie, cybersecurity en megadata. Een belangrijk onderdeel hier van is verbetering van de concurrentiekracht, met name voor jonge innovatieve bedrijven. Het kan hierbij gaan om een ontwerp, design, technologie, concept, nieuw gebruik of nieuw business model.

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De up-front investeringen in sleuteltechnologieën worden vooral besteed aan projecten/programma's en aan clusters. Op deze wijze belanden de investeringen bij kennisinstellingen en bedrijven over de hele ontwikkelketen, van onderzoek tot toepassing in de markt.⁷⁹

Ook investeert Frankrijk veel in onderzoeksinfrastructuur, zoals in *High Performance Computing*⁸⁰, infrastructuur voor het werken met elektromagnetische straling⁸¹ en in infrastructuur voor life science onderzoek.⁸²

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

De afgelopen vijftien jaar is de financiële steun voor innovatie door de Franse overheid verdubbeld. Er kan worden aangenomen dat deze investeringen zullen blijven toenemen, net als de investeringen in

sleuteltechnologieën. Het *Grand Plan d'Investissements* zal in ieder geval nog doorlopen tot 2022 en daar komen ook nieuwe investeringen in *Deep Tech* bij. Zo zal Bpifrance de komende vijf jaar €800 miljoen extra investeren op dit gebied.⁸³

Reflectie van Technopolis Group

- In Frankrijk hanteert men veelal de term *Deep Tech* in plaats van sleuteltechnologieën. Een deel van de beleidsmaatregelen zijn breed en overstijgen alle sleuteltechnologieën.
- Frankrijk kent meerdere langetermijninvesteringen op het gebied van sleuteltechnologieën. Voorbeelden zijn investeringen in nanotechnologie (sinds 1992) en in de pôles de compétitivité (sinds 2005). In vergelijking met andere grote Europese economieën die in deze studie zijn meegenomen, zijn de Franse up-front investeringen echter beperkt.
- In Frankrijk wordt innovatie met name gestimuleerd door middel van belastingvoordeel voor onderzoek, hieraan wordt bijna twee derde van de publieke middelen voor innovatie besteed. Er worden, net als in Nederland, dus weinig up-front keuzes gemaakt.

⁷⁹ Bpifrance (2019). Comment fonctionnent les aides publique à l'innovation? <https://bpifrance-creation.fr/entrepreneur/temoignage-invite/comment-fonctionnent-aides-publiques-a-linnovation>

⁸⁰ Teratec (2019). <http://www.teratec.eu/gb/qui/index.html>

⁸¹ Soleil Synchrotron (2019). <https://www.synchrotron-soleil.fr/en>

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën







⁸² Gustave Roussy (2019). <https://www.gustaveroussy.fr/en>

⁸³ Bpifrance (2019) La France prend le virage des Deep Tech. <https://www.bpifrance.fr/A-la-une/Actualites/La-France-prend-le-virage-des-Deep-Tech-41659>

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Japan

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
Minimaal €500 miljoen tot ordegrootte €1 miljard per jaar

Basiskenmerken

	BBP:	€32.681 per capita (2017)
	Populatie	126,8 miljoen inwoners (2017)
	GERD:	3,14% van het BBP (2016)
	BERD:	2,47% van het BBP (2016)
	GvERD:	0,24% van het BBP (2016)
	HERD:	0,39% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

Japan speelt een grote rol in technologie en innovatie, met jaarlijkse STI-investeringen van rond €150 miljard (GERD), waarvan 75-80% uit de private sector.⁸⁴ De Japanse overheid besteed minimaal €500 miljoen tot ordegrootte €1 miljard per jaar aan sleuteltechnologieën. Japan ziet STI als key voor zijn verdienmodel, en Premier Shinzo Abe zet in op innovatie als speerpunt in zijn groeistrategie.⁸⁵ Op alle sleuteltechnologieën heeft Japan een belangrijke positie, alhoewel ze de term sleuteltechnologie niet gebruiken in beleid of agenda's. Op nationaal niveau worden beleidsmatig vijf van de acht sleuteltechnologieën expliciet geadresseerd.

Voor Japan vormt het **5th STI Basic Plan** (2015-2020) het beleidskader, waarmee ongeveer €200 miljard is gemoeid over vijf jaar, dus circa €40 miljard per jaar. Het plan is door de **Council for Science Technology and Innovation (CSTI)** geformuleerd om te anticiperen op huidige trends en grote veranderingen en om een 'super-smart society' te realiseren, namelijk **Society 5.0**. In het STI Basic Plan wordt een aantal technologieën genoemd die belangrijk zijn om dat doel te bereiken. Hierin wil Japan tot 2020 investeren. Het gaat dan om de ST's



⁸⁴ Interview Innovatie Attachés Japan

⁸⁵ Interview met Innovatie Attachés Japan

digital technologies, life science technologies, advanced materials technologies, nanotechnologies en quantum technologies Medio 2018 kondigde⁸⁶ premier Abe de Integrated Innovation Strategy⁸⁷ aan, een actieplan met gerichte focus op AI voor Society 5.0. Dit is een bewuste beleidskeuze geweest voor digitale technologieën.

Het huidige vijfde STI Basic Plan⁸⁸ (2015-2020) anticipeert op een aantal toekomstige transitie:

- Demografische transitie: omgaan met een kleinere populatie vanwege een laag geboortecijfer en vergrijzing.
- Globalisering: versterken van de concurrentiepositie van Japan in de wereldeconomie.
- Energie en grondstoffen: versterken van de onafhankelijkheid van buitenlandse energiebronnen en grondstoffen.
- Integratie van de cyber space en de fysieke ruimte.

Uit dit vijfjaren plan vloeit de Society 5.0 voort waarin de link gelegd wordt met eerder genoemde technologieën.

Daarnaast hebben de ministeries eigen beleidsterreinen en technologie- of onderzoeksprogramma's die op hun beurt technologieën beheren, waarin publieke investeringen in sleuteltechnologieën plaatsvinden, zoals het SIP⁸⁹ (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) en imPACT⁹⁰ (Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies). Deze worden hieronder verder toegelicht.

⁸⁶ Zie: https://japan.kantei.go.jp/98_abe/actions/201806/_00036.html

⁸⁷ Zie: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/doc/integrated_outline.pdf

⁸⁸ Zie: https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan_en.pdf

⁸⁹ Zie: https://www8.cao.go.jp/cstp/panhu/sip_english/sip_en.html

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Keuze en overwegingen

In Japan wordt in principe op alle sleuteltechnologieën ingezet, maar expliciete beleidskeuzes worden voornamelijk up-front gemaakt op het gebied van digital technologies, advanced materials technologies, quantum technologies, nanotechnologies en life science technologies. Deze sleuteltechnologieën ontvangen up-front publieke investeringen. De belangrijkste overwegingen die meespeelden bij de selectie van deze sleuteltechnologieën waren de nadrukkelijke koppeling met maatschappelijke vraagstukken en het versterken van de economische positie van Japan. Japan ziet het belang van sleuteltechnologieën voor haar industrie en wil de industrie en haar concurrentievermogen versterken. Innovatie in sleuteltechnologieën wordt als belangrijk gezien voor het versterken van de industrie en daarmee de concurrentiepositie met nabije landen.⁹¹

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

De overheid heeft een sterk aanwijzende rol en bepaalt welke kant erop wordt gegaan en welke middelen beschikbaar worden gesteld. Het is gericht op het doortrekken van bepaalde ontwikkelingen om verandering voor te zijn, en de internationale concurrentiepositie van Japan te consolideren. Vergelijkbaar met het voorziene Nederlandse Topsectorenbeleid wordt een koppeling gemaakt tussen het bedrijfsleven, onderzoek en maatschappelijke uitdagingen.

Hierbinnen fungeert de Council for Science, Technology and Innovation (CSTI)⁹² als een vooruitziende en controlerende instantie. Deze raad is

⁹⁰ Zie: <https://www.jst.go.jp/impact/en/intro.html>

⁹¹ Interview met Innovatie Attachés

⁹² Zie: <http://www8.cao.go.jp/cstp/english/>

opgericht onder het Cabinet Office, met de verantwoordelijkheid om STI-focusgebieden te selecteren en de budgetten te overzien. Dit heeft geleid tot de 5-jarige STI Basic Plans van CSTI. Het richt zich op het beleid en budget omtrent STI van betrokken vakdepartementen (ministeries van economische zaken, onderwijs/onderzoek, gezondheid, infrastructuur enz.). Deze departementen zetten samen met de industrie en kennisinstellingen programma's op.

De CSTI heeft de afgelopen jaren een steeds strategischere rol gekregen dankzij eigen budgetten voor doorsnijdende thema's (over ministeries heen) disruptieve thema's (niet geadresseerd door ministeries) en strategische thema's (die programma's van ministeries versterken). De programma's voor deze investeringen zijn respectievelijk **SIP**, **imPACT**, en **PRISM**.⁹³ De CSTI maakt in deze programma's strategische keuzes voor technologieën. Zo zijn er een aantal SIP-programma's die zich expliciet richten op sleuteltechnologieën, waaronder op het gebied van advanced materials en digital technologies, en imPACT-programma's op het gebied van quantum technologie, advanced materials, en life science technologies. Onder het PRISM-programma⁹⁴ vallen programma's enkel gericht op digital technologies.⁹⁵

Daarnaast kent Japan ook strategische onderzoeksinstituten met een internationale status die opereren onder de naam **WPI**, waarvan een aantal zich bezighouden met sleuteltechnologieën⁹⁶. Deze komen echter bottom-up tot stand, zonder dat er vooraf een keuze gemaakt is om te investeren in een bepaalde sleuteltechnologie met de WPI. Omdat dit geen up-front investeringen, noch expliciete beleidsmatige keuzes betreffen, nemen we deze budgetten niet mee in de nationale publieke

investeringen in sleuteltechnologieën. Wel zijn ze belangrijk om te noemen, omdat hier vrij wetenschappelijk onderzoek wordt uitgevoerd op het gebied van sleuteltechnologieën. Het gaat dan om de volgende WPI's: het International Center for Materials Nanoarchitectonics en het Nano Life Science Institute gericht op nanotechnologie, het Advanced Institute of Materials Research gericht op advanced materials, het Institute for Integrated Cell-Material Sciences and Institute of Transformative Bio-Molecules gericht op life science technologies.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

In totaal zijn een beperkt deel van de investeringen in sleuteltechnologieën door de **Japanse overheid** up-front investeringen. Japan investeert expliciet in vijf sleuteltechnologieën, verdeeld over een veelheid van programma's en agenda's. CSTI beheert SIP, imPACT, en PRISM, maar er zijn meer overheidsprogramma's waarin in verschillende aspecten van sleuteltechnologieën wordt geïnvesteerd. Een totale publieke investeringen in sleuteltechnologieën is dan ook moeilijk te leveren.

Het budget van het SIP-programma is €250 miljoen per jaar voor 10 subprogramma's (dus ongeveer €25 miljoen per subprogramma per jaar). Het imPACT-programma investeert €500 miljoen per jaar in 16 subprogramma's (dus ongeveer €30 miljoen per subprogramma per jaar) en het PRISM-programma focust op drie technologiegebieden en investeert €80 miljoen per gebied.⁹⁷ Tabel 10 geeft een overzicht van de programma's op het gebied van de sleuteltechnologieën waarin wordt geïnvesteerd door de overkoepelende overheidsprogramma's van het CSTI. De uitvoering van de onderzoeken naar sleuteltechnologieën wordt

⁹³ Interview Innovatie Attachés in Japan, 15 januari 2019.

⁹⁴ Zie: <http://www.jst.go.jp/kisoken/aip/en/prism/index.html>

⁹⁵ Interview Innovatie Attachés in Japan, 15 januari 2019.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

⁹⁶ Zie: <http://www.jsps.go.jp/english/e-toplevel/>

⁹⁷ Interview Innovatie Attachés in Japan, 15 januari 2019.

vaak belegd bij de nationale instituten. Dit verschilt echter per technologiegebied.

Tabel 10 Schatting van investeringen in programma's op het gebied van sleuteltechnologieën waarin jaarlijks geïnvesteerd wordt door overkoepelende programma's opgericht door CSTI in het Japanse innovatiebeleid⁹⁸

Programma's	Sleuteltechnologieën	Schatting van investeringen (per jaar)
SIP	Advanced materials (1 subprogramma)	€125 miljoen
	Digital technologies (4 subprogramma's)	
imPACT	Quantum technologies (1 programma)	€187,5 miljoen
	Advanced materials technologies (1 programma)	
	Life science technologies (4 programma's)	
PRISM	Digital technologies (1 gebied)	€80 miljoen

Technopolis Group, 2019

Op basis van bovenstaande tabel kunnen we stellen dat ruwweg €400 miljoen per jaar wordt besteed aan projecten binnen de programma's SIP, imPACT en PRISM, die zich op sleuteltechnologieën richten. Het totale bedrag dat besteed wordt aan sleuteltechnologieën is onbekend – financiële gegevens zijn weinig beschikbaar. De directe up-front publieke

investeringen bedragen dus ongeveer €500 miljoen per jaar, maar lopen mogelijk op tot een ordegrrootte €1 miljard, wat minder dan 2% van de totale R&D-investeringen (GvERD) omvat. Dit komt doordat niet alle investeringen in sleuteltechnologieën bekend zijn en doordat er ook veel investeringen zijn in Japan die niet up-front zijn.

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

Private partijen zijn betrokken bij de programma's waarin de publieke investeringen in sleuteltechnologieën zijn ondergebracht. Het grootste deel van de middelen wordt door de CSTI verdeeld over de sleuteltechnologieën. In de CSTI zitten naast de cabinet members vanuit de overheid ook executive members die deels afkomstig zijn uit de industrie en deels uit onderzoeksinstituten en universiteiten. Daarnaast zijn individuele departementen betrokken bij de financiering van sleuteltechnologieën. Verdere details over de wijze waarop middelen verdeeld worden zijn onbekend.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In sommige publiek-private programma's heeft de industrie zich gecommitteerd aan de investeringen in sleuteltechnologieën middels cofinanciering. De precieze details van dat commitment zijn ons niet bekend.

De Japanse industrie levert zelf echter ook een sterke bijdrage aan investeringen in sleuteltechnologieën. Van alle investeringen in R&D is in Japan het grootste deel privaat (zie BERD vs. GERD). Er is veel industrie waar R&D wordt uitgevoerd, ook op fundamenteel niveau en soms in samenwerking met de overheid. Japanse bedrijven investeren sterk in productontwikkeling gebaseerd op een sector-consensus waarbij

⁹⁸ Interview Innovatie Attachés in Japan, 15 januari 2019.

verschillende grote Japanse bedrijven samenwerken met door de overheid ondersteunde programma's om pre-competitieve innovaties te ontwikkelen. Daarnaast hebben ze grote onderzoeksinstituten in huis voor fundamenteel onderzoek, die zeker het niveau halen van Europese (top)universiteiten.

Voor sleuteltechnologieën is er dus veel kennis en investeringskracht bij de industrie. Bovendien zijn de grote bedrijven meer dan bedrijven: het zijn ook onderzoeksinstellingen, investeerders, en bijna politieke entiteiten met politiek gewicht.

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare investeringen zijn vooral gericht op de publiek-private samenwerking tussen de overheid, industrie en universiteiten. Dit vindt plaats in de vorm van samenwerkingsprogramma's met de industrie. De investeringen lijken niet (volledig) structureel, maar veeleer incidenteel, afhankelijk van wanneer grote faciliteiten voor bepaalde technologiegebieden nodig zijn om mee te kunnen gaan met de ontwikkelingen.⁹⁹

Japan investeert veel in grote onderzoeksfaciliteiten zoals de deeltjesversneller B-Factory en de Subaru telescoop. Om financiering van deze dure faciliteiten te waarborgen, zijn in 2004 vier Inter-University Research Institute Corporations opgericht. Deze bundelen de vele commissies en netwerken tussen de instituten en faciliteiten, verzorgen onderlinge samenwerking en delen het gebruik van de veelal grote onderzoeksfaciliteiten. Op meerdere onderzoeksgebieden zijn er gezamenlijke instituten opgericht met de industrie en universiteiten en

⁹⁹ Interview met innovatie attachés & *Japan evalueert kwaliteit en financiering van grote onderzoeksfaciliteiten* (2013) door Rob Stroeks, EZK.

zijn er gezamenlijke onderzoeksfaciliteiten gebouwd. Doelstelling was om de beste onderzoekers van het land te voorzien van overheidssteun, om sterke lokale onderzoekskernen te creëren en om onderzoekers toegang te bieden tot het gebruik van grote onderzoeksfaciliteiten en grootschalige databases en netwerken waarin afzonderlijke universiteiten niet in kunnen voorzien. Ondanks de hoge kosten van deze faciliteiten en de toenemende druk op overheidsbudgetten, pleit de Council ervoor om deze faciliteiten te continueren vanwege het belang voor de Japanse economie en de bijdrage aan maatschappelijke vraagstukken.¹⁰⁰

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

In het volgende STI Basic Plan zullen sleuteltechnologieën naar verwachting een prominentere plaats hebben.¹⁰¹ Daarom zullen de publieke investeringen in sleuteltechnologieën naar verwachting in de komende jaren toenemen.

Reflectie van Technopolis Group

- In Japan kiest men in beleid expliciet voor vijf van de acht sleuteltechnologieën. De precieze omvang is lastig vast te stellen, maar loopt mogelijk op tot orde grootte €1 miljard.
- Overheid en industrie zijn in Japan (in bepaalde programma's) een gezamenlijk commitment aangegaan voor investeringen in sleuteltechnologieën.

¹⁰⁰ Interview met innovatie attachés & *Japan evalueert kwaliteit en financiering van grote onderzoeksfaciliteiten* (2013) door Rob Stroeks, EZK.







¹⁰¹ Interview met innovatie attachés

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Nederland

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:

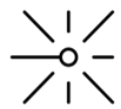
€144 miljoen euro per jaar

Basiskenmerken

	BBP:	€46.271 per capita (2017)
	Populatie:	17 miljoen inwoners (2017)
	GERD:	2,03% van het BBP (2016)
	BERD:	1,16% van het BBP (2016)
	GvERD:	0,23% van het BBP (2016)
	HERD:	0,64% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

Het nationale innovatiebeleid in Nederland is de verantwoordelijkheid van het ministerie van EZK. Het innovatiebeleid is grotendeels onderdeel van het bedrijvenbeleid. Aanvullend op het innovatiebeleid is het ministerie van OCW verantwoordelijk voor het wetenschapsbeleid. Vanuit de eerste geldstroom financiert OCW tevens het opbouwen en in stand houden van een excellente kennisbasis. Tussen het beleid van beide ministeries zit een zekere overlap en samenwerking als het gaat om valorisatie en voor wetenschap met potentieel interessante uitkomsten voor bedrijven. Met name in de financiering van NWO – de nationale onderzoeksfinancier – komen de middelen van beide ministeries samen. Het ministerie van EZK heeft daarnaast aparte financiering voor de TO2-instituten – de nationale instituten voor toegepast onderzoek¹⁰².



photonics
and light



quantum
technologies



nanotechnologies



advanced materials
technologies



chemical
technologies



life science
technologies



engineering and
fabrication technologies



digital
technologies

¹⁰² Dit zijn: TNO (inclusief het voormalige ECN), Wageningen Research, NLR, Marin en Deltares.

Het innovatiebeleid – onderdeel van het bedrijvenbeleid – bestaat in Nederland uit drie pijlers^{103,104}:

- Een generiek innovatiebeleid voor innovatieve bedrijven. Hieronder vallen maatregelen om R&D bij bedrijven te stimuleren, zoals de fiscale maatregel WBSO.
- Het stimuleren van risicofinanciering voor innovatieve bedrijven en projecten. Hieronder vallen onder andere de regelingen Seed Capital en het Dutch Venture Initiative.
- Het bevorderen van publiek-private samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Dit is vormgegeven met het missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid, voorheen het Topsectorenbeleid. In dit beleid wordt innovatie in diverse sectoren ondersteund.

Met dit innovatiebeleid heeft Nederland sinds 2010 de ambitie¹⁰³ om in 2020: (1) tot de top-5 kenniseconomieën in de wereld te behoren, (2) 2,5% van het BBP aan R&D uit te geven (GERD) en (3) tenminste €800 miljoen in publiek-private samenwerking uit te lokken, waarvan minimaal 40% door het bedrijfsleven wordt gefinancierd. Al in 2015 werden twee van deze doelstellingen bereikt, alleen de doelstelling t.a.v. GERD blijft achter en is tot op heden niet behaald.¹⁰⁵

In 2018 werd besloten om het **Topsectorenbeleid** te herzien. Er werden vier **maatschappelijke uitdagingen** (missies) toegevoegd aan het beleid vanuit de gedachte dat deze economische kansen bieden. Het gaat daarbij om (1) gezondheid en zorg, (2) energietransitie en duurzaamheid, (3) landbouw, water en voedsel en (4) veiligheid. De economische Topsectoren bleven bij deze aanpassing gehandhaafd. Met

deze Topsectoren wil het Kabinet maatschappelijke uitdagingen aanpakken en de concurrentiekracht van Nederland versterken. De implementatie van dit vernieuwde Topsectorenbeleid wordt momenteel vormgegeven, waarbij men voortbouwt op bestaande publiek-private samenwerkingen binnen de Topsectoren. Onderdeel van de aanpassing is ook een verhoging van de investeringen in innovatie door het ministerie van EZK.¹⁰⁴

Op het gebied van **sluuteltechnologieën** heeft Nederland de ambitie een vooraanstaande rol te spelen. In het missiegedreven Topsectorenbeleid zullen daarom sluiteltechnologieën een centrale rol vervullen en expliciet benoemd worden. Welke sluiteltechnologieën dat zullen zijn en welke up-front investeringen daarmee gepaard gaan, is nog onbekend, maar zal in de loop van 2019 waarschijnlijk duidelijk worden.

Programmatisch worden de activiteiten binnen de Topsectoren vastgelegd in zogenaamde kennis- en innovatie-agenda's (KIA's). In de KIA's voor 2018-2021 is er een link gelegd tussen de topsectoren en alle sluiteltechnologieën. Er wordt geen keuze gemaakt voor bepaalde sluiteltechnologieën, maar er wordt wel aangegeven welke Topsectoren een bijdrage leveren aan welke sluiteltechnologie.¹⁰⁶

Tabel 11 (volgende pagina) laat zien dat de gezamenlijke Topsectoren in principe een bijdrage leveren aan alle sluiteltechnologieën, al is die bijdrage vooraf niet expliciet. De Topsector HTSM is de enige Topsector met activiteiten op het gebied van photonics and light. Quantum technologies wordt alleen binnen HTSM en Chemie geadresseerd. Topsector HTSM levert een bijdrage aan alle sluiteltechnologieën, terwijl de Topsectoren Creative Industries en Logistiek elk slechts activiteiten op het terrein van één sluiteltechnologie hebben.

¹⁰³ Kst-32637-1 (2011): "Naar de top": Hoofdpijnen van het nieuwe bedrijfslevenbeleid.

¹⁰⁴ Kst- 33009-63 (2018): Naar Missiegedreven Innovatiebeleid met Impact.

¹⁰⁵ Rathenau (2018). Het wetenschapsbeleid en innovatiebeleid. Zie: <https://www.rathenau.nl/nl/wetenschap-cijfers/beleid-en-structuur/hoe-kennis-georganiseerd-nederland/het-wetenschapsbeleid-en>.

¹⁰⁶ Zie: <https://www.topsectoren.nl/missiegedreven-innoveren>

Tabel 11 Bijdrage sleuteltechnologie per Topsector

	Agri & Food	Chemie	Creatieve Industrie	Energie	HTSM (incl. ICT)	Logistiek	Life Science & Health	Tuimbouw & Uitrustingsmaterialen	Water & Maritiem	Totaal
Chemical technologies		1			1			1	1	4
Photonics and Light					1					1
Advanced Materials technologies	1	1		1	1		1	1	1	7
Quantum technologies		1			1					2
Nanotechnologies		1		1	1					3
Life science technologies	1	1			1		1		1	6
Engineering and Fabrication technologies	1	1		1	1			1		5
Digital technologies	1	1	1	1	1	1	1		1	9
Totaal	4	7	1	4	8	1	3	5	4	

Technopolis Group, 2019 – gebaseerd op Kennis- en Innovatieagenda 2018-2021

Naast het Topsectorenbeleid van EZK heeft het ministerie van Defensie, samen met het ministerie van EZK, de **Defensie Industrie Strategie**

¹⁰⁷ Defensie Industrie Strategie (2018).

¹⁰⁸ Uit een analyse van RVO blijkt dat bijna de helft van de toegewezen PPS-toeslag betrekking heeft op een sleuteltechnologie, dat komt overeen met bij €117 miljoen over de Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

opgesteld. Daarnaast kent het ministerie van Defensie een Defensie Innovatie Strategie. In deze strategieën is er aandacht voor kennisontwikkeling op het gebied van kunstmatige intelligentie, cybersecurity, quantum computing, nieuwe materialen robotica en biotechnologie – ofwel de sleuteltechnologieën digital technologies, advanced materials technologies, quantum technologies en life science and health technologies. Daarvoor wordt er aangehaakt bij het nationale innovatiebeleid en wil het ministerie van Defensie optreden als *launching customer*. Hierbij wordt er een link gelegd met maatschappelijke uitdagingen – m.n. veiligheid – en met het versterken van de defensie-technologische industriële basis in Nederland.¹⁰⁷

Prioritering en overwegingen

In Nederland worden in het nationale (innovatie)beleid weliswaar veel sleuteltechnologieën benoemd, maar worden tot op heden nagenoeg geen expliciete keuze gemaakt voor één of enkele sleuteltechnologieën. Veel beleidsinstrumenten zijn breed (generiek) en overstijgen meerdere – zo niet alle – sleuteltechnologieën. Deze instrumenten kunnen bottom-up wel een bijdrage leveren aan sleuteltechnologieën, zoals het geval is bij ongeveer de helft van de PPS-toeslag.¹⁰⁸ In het missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid zijn er, ondanks de huidige expliciete benoeming van sleuteltechnologieën, nog beperkte up-front investeringen voor deze technologieën in het beleid voorzien. Fiscale maatregelen, zoals de WBSO, zijn generiek en niet up-front richtinggevend. Ook de TO2-financiering van EZK laat weinig ruimte om up-front te sturen op besteding aan sleuteltechnologieën.

In onze analyse hebben we ons beperkt tot up-front investeringen. Het gaat dan om expliciete keuzes voor sleuteltechnologieën die vastgelegd

periode 2013-2016. Zie: www.bedrijvenbeleidinbeeld.nl/bedrijvenbeleid/missiegedreven-topsectoren-en-innovatiebeleid/hoe-staat-nl-ervoor/sleuteltechnologieen.

zijn in beleid, convenanten en programma's die specifiek gericht zijn op één of meerdere sleuteltechnologieën. Publieke investeringen van nationale overheden of publieke organisaties die daaraan voldoen, hebben wij hieronder meegenomen.

Ondanks dat Nederland veel generieke investeringen kent, zijn er de afgelopen jaren wel enkele nationale investeringen geweest in specifieke initiatieven op het gebied van sleuteltechnologieën. Daarbij zijn er bewust middelen voor sleuteltechnologieën vrijgemaakt uit bestaande instrumenten. Deze initiatieven zijn bottom-up ontstaan en vervolgens gefaciliteerd door het Rijk. Zo heeft het ministerie van EZK geïnvesteerd in **QuTech** – dat zich richt op quantum technologies – en **PhotonDelta** – dat zich richt op photonics and light. Ook het ministerie van OCW en NWO zijn hierbij betrokken en hebben een bijdrage geleverd.

Het wetenschapsbeleid van OCW is eveneens generiek. De **Nationale Wetenschapsagenda** is daarbinnen momenteel het belangrijkste structurerende instrument. In deze agenda zijn zgn. routes voor toekomstig onderzoek gedefinieerd die gebaseerd zijn op maatschappelijke vragen. Er zijn twee routes die bijna volledig overlappen met een sleuteltechnologie¹⁰⁹:

- De quantum-/nanorevolutie, welke sterk overlapt met de sleuteltechnologie quantum technologies; en
- Materialen Made in Holland, welke sterk overlapt met de sleuteltechnologie advanced materials technologies.
- Diverse andere routes omvatten meerdere sleuteltechnologieën zodat er niet direct een keuze is gemaakt voor specifieke sleuteltechnologieën.

¹⁰⁹ Zie: <https://wetenschapsagenda.nl/routes/>.

Net als in andere landen participeert Nederland ook in Europese programma's waarin wel expliciete keuzes voor sleuteltechnologieën staan. Dat doet Nederland veelal via agentschap RVO. Zo levert Nederland een bijdrage aan de JTI- en **Eureka-fondsen**. Het gaat voor sleuteltechnologie om cofinanciering vanuit het ministerie van EZK voor PENTA dat zich richt op nanotechnologies en ITEA3 dat zich richt op digital technologies.

Nederland heeft ook geïnvesteerd in instituten op het gebied van sleuteltechnologieën, zoals het Holst Centre en ARCNL. NWO en ZonMW – de nationale onderzoeksfinancier voor zorgonderzoek en de medische wetenschappen – hebben enkele programma's gericht op sleuteltechnologieën, waaronder Cybersecurity en MaterialenNL. Tot slot heeft het ministerie van Defensie ook een industriestrategie waarin sleuteltechnologieën een belangrijke rol spelen.

Daar waar er expliciete keuzes gemaakt zijn voor sleuteltechnologieën waren de belangrijkste overwegingen gebaseerd op bottom-up (economische) kansen voor het vergroten van het verdienvermogen van ons land, het stimuleren van private investeringen en excellentie.¹¹⁰ Daarnaast spelen ook steeds meer het bijdragen aan maatschappelijke uitdagingen een rol. In het convenant van QuTech staat bijvoorbeeld dat het initiatief door het Rijk wordt gesteund vanwege het *“baanbrekende innovatieve karakter, de economische potentie voor Nederland en de mogelijke bijdrage aan grote maatschappelijke opgaven zoals Energievoorziening en Veiligheid”*¹¹⁴.

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

In Nederland speelt met name het **ministerie van EZK** een belangrijke rol in beleid en publieke investeringen in sleuteltechnologieën – al zijn de up-front investeringen beperkt te noemen. Het ministerie is verantwoordelijk voor het nationale innovatiebeleid en heeft als

¹¹⁰ Interview

onderdeel daarvan in het missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid een link gelegd met sleuteltechnologieën. Daarin wordt vooralsnog niet up-front in sleuteltechnologieën geïnvesteerd, maar wel inzichtelijk gemaakt dat bepaalde Topsectoren actief zijn op verschillende sleuteltechnologieën.

Het ministerie van EZK heeft wel direct geïnvesteerd in enkele initiatieven voor publiek-private samenwerking en clustervorming op enkele sleuteltechnologieën, Het gaat dan om QuTech en PhotonDelta. Het ministerie leverde telkens een bijdrage aan deze bottom-up initiatieven, maar altijd samen met investeringen van andere (semi-) publieke (provincies, gemeenten, regio's, NWO, kennisinstellingen etc.) en private partijen (bedrijven).

Het ministerie van EZK levert samen met OCW ook een bijdrage aan **NWO** voor het (gezamenlijk) invullen van specifieke onderzoeksprogramma's. Veel van deze programma's zijn niet specifiek gericht op sleuteltechnologieën, maar twee programma's zijn dat wel¹¹¹:

- MaterialenNL, dat zich vooral richt op advanced materials technologies; en
- Cybersecurity, dat betrekking heeft op digital technologies.

Deze programma's komen samen met EZK en de **Topsectoren** tot stand. NWO voert deze programma's uit. Ze zijn bedoeld voor toegepast en technisch wetenschappelijk onderzoek aan universiteiten en academische onderzoeksinstituten.

Daarnaast is er voor wetenschappelijk zorgonderzoek en medisch onderzoek een aparte nationale onderzoeksfinancier, **ZonMW**. Deze ontvangt ook bijdrages van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn

¹¹¹ Zie: <https://www.nwo.nl/onderzoek-en-resultaten/programmas/Programmastatus/002/Wetenschapsterrein/scienceareaTTW>

en Sport (VWS) en is tevens gelinkt aan NWO en de Topsectoren. ZonMW heeft drie nog lopende programma's die grotendeels gericht zijn op life science technologies:

- Active and Assistive Living, dat zich richt op technologische innovaties waardoor ouderen langer zelfstandig kunnen blijven;
- Medische Producten: Nieuw en Nodig, dat betrekking heeft op medische technologische innovaties; en
- Meer Kennis met Minder Dieren, dat zich richt op innovaties om het aantal dierproeven in de levenswetenschappen te verminderen.

Het Holst Centre¹¹² richt zich specifiek op nanotechnologies en advanced materials technologies. Dit onderzoeksinstituut wordt deels gefinancierd door het ministerie van EZK (via TNO en via de Topsectoren). Via NWO wordt er ook geïnvesteerd in ARCNL¹¹³, dat zich richt op advanced materials technologies, nanotechnologies en photonics and light.

Ook het **ministerie van OCW** levert een bijdrage aan sleuteltechnologieën. Dat gebeurt in beperkte mate expliciet via de Nationale Wetenschapsagenda en via NWO. Daarnaast speelt het ministerie van Defensie nog een rol via haar R&D-investeringen in enkele sleuteltechnologieën binnen de Defensie Industrie Strategie.

Hieronder bespreken we de investeringen van de verschillende investeringsfondsen en de sleuteltechnologieën die daarin benadrukt worden.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

De nationale overheid in Nederland investeert in totaal ongeveer €144 miljoen per jaar up-front in sleuteltechnologieën (Tabel 12). Dit bedrag is een schatting op basis van de geïdentificeerde up-front investeringen.

¹¹² Zie: <https://www.holstcentre.com/>

¹¹³ Zie: <https://arcnl.nl/>

We hebben alleen nationale middelen meegenomen bij ministeries (EZK en Defensie), innovatieagentschappen (RVO) en onderzoeksfinanciers (NWO en ZonMW). Bottom-up financiering via generieke instrumenten zijn hierbij uitgesloten. QuTech en PhotonDelta zijn wel meegenomen, omdat bij deze bottom-up initiatieven de overheid voor meerdere jaren middelen heeft toegezegd via een convenant – daardoor is er sprake van een up-front investering en een expliciete keuze. De nationale bijdragen aan de Europese JTI's hebben we bij alle focuslanden niet meegenomen – de JTI's komen bij het fiche over de EC aan bod.

Tabel 12 Publieke up-front investeringen in sleuteltechnologieën in Nederland

Instrument of initiatief	Sleuteltechnologie	Investerings
QuTech ¹¹⁴	Quantum technologies	NWO: €2,5 miljoen/jaar EZK: €3,2 miljoen/jaar
PhotonDelta ¹¹⁵	Photonics and light	NWO: gemiddeld €3,75 miljoen/jaar EZK: gemiddeld €4,8 miljoen/jaar
MaterialenNL	Advanced materials technologies	NWO: €2,5 miljoen/jaar

¹¹⁴ Staatscourant (2015). Partnerconvenant QuTech: Nederland investeert €135 mln. in internationaal ecosysteem voor quantumtechnologie.

¹¹⁵ Staatscourant (2019). Partnerconvenant PhotonDelta: Nederland investeert €236 mln. in de ontwikkeling van de geïntegreerde fotonica sector.

¹¹⁶ Zie: <https://www.nwo.nl/actueel/nieuws/2018/10/ruim-vijf-miljoen-beschikbaar-voor-nieuwe-call-cybersecurity.html>

¹¹⁷ Zie: <https://www.zonmw.nl/nl/over-zonmw/ehealth-en-ict-in-de-zorg/programmas/programma-detail/active-and-assisted-living-aal2/>

¹¹⁸ Zie <https://www.zonmw.nl/nl/onderzoek-resultaten/life-sciences-health/programmas/programma-detail/medische-producten-nieuw-en-nodig/>

¹¹⁹ Zie: <https://www.zonmw.nl/nl/onderzoek-resultaten/fundamenteel-onderzoek/programmas/programma-detail/meer-kennis-met-minder-dieren/>

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Instrument of initiatief	Sleuteltechnologie	Investerings
Cybersecurity ¹¹⁶	Digital technologies	NWO: €5,5 miljoen (2019)
Active and Assistive Living ¹¹⁷	Life science and health technologies en digital technologies	ZonMW: ca. €2,2 miljoen/jaar
Medische Producten: Nieuw en Nodig ¹¹⁸	Life science and health technologies	ZonMW: ca. €0,2 miljoen/jaar
Meer Kennis met Minder Dieren ¹¹⁹	Life science and health technologies	ZonMW: ca. €1,6 miljoen/jaar
Holst Centre ¹²⁰	Nanotechnologies en advanced materials technologies	EZK (vnl.): ca. €18 miljoen/jaar
ARCNL ¹²¹	Advanced materials technologies	NWO: €2,2 miljoen/jaar
Innovatie en onderzoek binnen Defensie (w.o. Defensie Industrie Strategie) ¹²²	Digital technologies, advanced materials technologies, quantum technologies en life science and health technologies	€77 miljoen/jaar ¹²³

¹²⁰ Technopolis Group (2019). Evaluatie Holst Centre.

¹²¹ ARCNL (2017). Strategic Plan 2017-2022.

¹²² Zie: http://www.rijksbegroting.nl/2019/voorbereiding/begroting,kst248546_4.html

¹²³ Dit bedrag is gebaseerd op de Defensie Industrie Strategie, waarvan een aanzienlijk, maar onbepaald deel naar genoemde sleuteltechnologieën gaat. De omvang van R&D voor defensiematerieel is niet meegenomen, aangezien dit geen up-front investeringen in sleuteltechnologieën zijn (generiek instrumentarium voor aanschaf materieel).

Instrument of initiatief	Sleuteltechnologie	Investerings
Eureka: ITEA3 ¹²⁴	Digital technologies	€10 miljoen/jaar
Eureka: PENTA	Nanotechnologies	€10 miljoen/jaar
<i>Schatting totale up-front investeringen in ST's</i>		<i>ca. 144 miljoen/jaar</i>

Technopolis Group, 2019

Hierin is de Nationale Agenda Fotonica niet meegenomen, omdat daarvoor nog geen concreet budget is opgesteld. PhotonDelta is ook onderdeel van deze agenda en is wel opgenomen in bovenstaande tabel.

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De middelen voor sleuteltechnologieën worden voornamelijk via het ministerie van **EZK** en **NWO** verdeeld over de verschillende sleuteltechnologieën. In de kamerbrief *Naar Missiegedreven Innovatiebeleid met Impact* uit 2018 wordt aangegeven dat er op initiatief van het ministerie van EZK voor sleuteltechnologieën door de relevante Topsectoren, departementen en kennisinstellingen meerjarige programma's zullen worden opgesteld om de ontwikkeling en benutting van deze sleuteltechnologieën te versnellen.¹²⁵

De programma's die NWO vormgeeft, ontstaan uit kennis- en innovatiecontracten, wat uitwerkingen zijn van de Topsectorenaanpak. Daaruit is financiering vanuit de Topsectoren beschikbaar gesteld. In het geval van QuTech zijn er naast de EZK/NWO-financieringen ook investeringen vanuit TNO en TU Delft. Hierbij heeft men een publiek-privaat samenwerkingsprogramma opgezet. De partijen hebben gezamenlijk een convenant getekend om QuTech de komende 10 jaar te

¹²⁴ Financiering Eureka-fondsen: <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/eureka/eureka-netwerken-en-programma%E2%80%99s/>

¹²⁵ Kamerbrief (2018). Naar Missiegedreven Innovatiebeleid met Impact

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

financieren met het doel kennis en technologie te ontwikkelen voor quantum computers en quantum internet en een pluriform ecosysteem in Nederland op te bouwen met nationale en internationale samenwerkingspartners.¹²⁶ Voor PhotonDelta zijn er ook investeringen vanuit TNO, TU Eindhoven, de provincies, universiteiten en kennisinstellingen. De verschillende partijen hebben het convenant getekend om de uitvoering van het programma voor geïntegreerde fotonica de komende acht jaar te financieren.¹²⁷

De investeringen van OCW in sleuteltechnologieën worden via NWO weggezet als uitvoerder van de Nationale Wetenschapsagenda. De middelen van Defensie worden deels via het ministerie zelf weggezet en deels via het ministerie van EZK. Dat zal ook ten dele verlopen via NWO, zoals bij het Cybersecurity-programma. Voor de Europese middelen van het ministerie van EZK worden de middelen via het agentschap RVO weggezet.

Tot slot wordt een deel van de EZK-investeringen ook verdeeld via de TO2-instituten, met name TNO, en NWO-domein TTW. Ook instituten als het Holst Centre (via TNO en EZK) en ARCNL (via NWO) verdelen een deel van de investeringen richting hun R&D-projecten.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Nederland vereisen veel middelen voor R&D zowel publiek als privaat commitment. Bij alle geïdentificeerde investeringen in sleuteltechnologieën is er sprake van publiek-private samenwerking.

Ook bij het missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid, waarbij nu (nog) geen expliciete budgetten zijn vrijgemaakt voor investeringen in

¹²⁶ Staatscourant (2015). Partnerconvenant QuTech

¹²⁷ Staatscourant (2019). Partnerconvenant PhotonDelta

sleuteltechnologieën, is er sprake van een sterk publiek-privaat commitment. Bedrijven, kennisinstellingen en overheden bepalen gezamenlijk de agenda van elke Topsector. De publieke investeringen voor de Topsectoren zijn afhankelijk van de private investeringen die daar tegenover staan. Ook de PPS-toeslag, onderdeel van de topsectoren en gebruikt voor het investeren in QuTech, PhotonDelta en Holst Centre, is volledig afhankelijk van private investeringen. Het gaat daarbij om cofinanciering van de Nederlandse overheid.

Op dit moment wordt onder de aanvoering van de Topsector HTSM (High Tech Systems and Materials) samen met het ministerie van EZK invulling gegeven aan de Kennis- en Innovatieagenda (KIA) voor sleuteltechnologieën binnen het missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid. De Topsector betreft bij dit proces andere Topsectoren en zijn achterban van bedrijven en kennisinstellingen.¹²⁸

De Nederlandse overheid faciliteert doorgaans bottom-up initiatieven van publieke en private partijen. Op dat moment worden er up-front middelen vrijgemaakt en toegewezen, veelal uit bestaande instrumenten – zo loopt een deel van de investeringen via TO2-instituten, zoals TNO, en via de Topsectoren (PPS-toeslag). Deze investeringen zijn doorgaans voor de korte termijn, er is geen langjarig instrument voor het investeren in sleuteltechnologieën of instituten die op dit terrein actief zijn.

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare up-front investeringen voor sleuteltechnologieën worden voornamelijk besteed aan onderzoeksprojecten, publiek-private samenwerkingen, clusters en instituten. NWO stelt middelen beschikbaar voor het uitvoeren van onderzoeksprojecten door academische instellingen in

samenwerking met het bedrijfsleven. QuTech is een publiek-private samenwerking tussen TNO en de TU Delft met investeringen vanuit enkele grootbedrijven. In het geval van het Holst Centre gaat het om een instituut met publiek-private samenwerking. PhotonDelta is een cluster van bedrijven, kennisinstellingen en overheden in diverse regio's.

Binnen bovengenoemde bestedingen belandt een deel van het geld ook indirect bij nieuwe onderzoeksinfrastructuur en valorisatie-activiteiten. Zo zijn er tussen het Holst Centre en het ministerie van EZK KPI's afgesproken die betrekking hebben op deze valorisatie-activiteiten.

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

In het missiegedreven Topsectoren- en innovatiebeleid is er meer aandacht voor sleuteltechnologieën. Het is nog niet duidelijk hoe en in hoeverre er in dit beleid gekozen wordt tussen sleuteltechnologieën. In de loop van 2019 komt daar naar verwachting meer duidelijkheid over.

De Nationale Agenda Fotonica is een van de eerste agenda's waarin de Nederlandse regering een sleuteltechnologie programmatisch prioriteert. Uit een brief van de staatssecretaris van EZK van februari 2019 blijkt dat deze agenda als "een goed voorbeeld van een agenda voor onderzoek en investeringen in een sleuteltechnologie."¹²⁹ Ook wordt hierin nogmaals benoemd dat de aankomende periode samen met de Topsectoren, ministeries en kennisinstellingen meerjarige programma's zullen worden ontwikkeld om de ontwikkeling en de toepassing van sleuteltechnologieën verder te versnellen. Ook houdt men er rekening mee dat de aankomende periode ook voor andere sleuteltechnologieën nationale agenda's of meerjarenprogramma's worden opgezet. Hiervoor zullen de investeringen voortkomen uit bestaande innovatiemiddelen.

¹²⁸ Interview met EZK

¹²⁹ Kst-33009-68 (2019). Kabinetsreactie Nationale Agenda Fotonica en convenant PhotonDelta.

Sinds 2018 zijn de investeringen van het ministerie van EZK op het gebied van innovatie toegenomen. De ambitie om 2,5% van het BBP aan R&D (GERD, dus zowel publiek als privaat) te besteden in 2020 staat nog steeds en is nog niet bereikt. De afgelopen jaren zijn investeringen in R&D toegenomen tot ongeveer 2%.¹³⁰ Op basis van bovenstaande en interviews is de verwachting dat de publieke investeringen voor sleuteltechnologieën verder zullen toenemen. De up-front investeringen in sleuteltechnologieën – de expliciete allocatie van middelen naar sleuteltechnologieën – zal naar verwachting toenemen omdat het huidige Kabinet meer focus wil op sleuteltechnologieën in beleid.

Naar verwachting zal er nationaal ook meer aandacht komen voor innovatie op het gebied van digital technologies. Met name op het gebied van cybersecurity is er steeds meer aandacht. In het regeerakkoord is €95 miljoen vastgelegd voor cybersecurity, waarvan een deel in de bestrijding van cybercrime en digitale overheid wordt gestoken, en een deel in innovatie (zie ook het eerder genoemde cybersecurity-programma van NWO).¹³¹ In dat kader werkt het Kabinet ook aan een nationaal strategisch actieplan AI, dat in de loop van 2019 gereed zal zijn.¹³² Dit actieplan sluit aan bij Europese inspanningen op dit terrein. Ook zal kunstmatige intelligentie een belangrijke rol spelen bij het nieuwe missiegedreven innovatiebeleid, waarbij het ministerie van EZK de mogelijkheden van een PPS-programma verkend waarin AI bijdraagt aan mobiliteit, zorg agrifood en energie en klimaat.¹³³

¹³⁰ Zie GERD op pagina 40.

¹³¹ Min JenV (2018). Nederlandse Cybersecurity Agenda. Nederland digitaal veilig.

Reflectie van Technopolis Group

- De Nederlandse overheid investeert weinig up-front in sleuteltechnologieën. In beleid wordt wel belang gehecht aan sleuteltechnologieën, maar er wordt geen expliciete keuze gemaakt voor één of meerdere sleuteltechnologieën. De rationale daarachter is tot nu toe nergens expliciet gemaakt, maar dit lijkt ingegeven door de gedachte dat de overheid dit soort investeringen door de markt dient te laten bepalen. In diverse andere landen ziet men wel een expliciete rol voor de overheid bij dit keuzeprocess.
- Tot nog toe faciliteert Nederland vooral bottom-up initiatieven en investeert de nationale overheid alleen maar samen met andere partijen. Expliciete keuzes voor sleuteltechnologieën en bijbehorende up-front investeringen worden derhalve gemaakt op basis van kansen (voor de industrie). Dat draagt bij aan de ontwikkeling van sleuteltechnologieën, maar toegankelijke kwantitatieve gegevens daarover zijn niet of zeer beperkt beschikbaar.
- De aankomende jaren lijkt men in het beleid explicietere keuzes tussen sleuteltechnologieën te willen maken. Ook lijkt er ruimte te komen voor meer up-front investeringen in sleuteltechnologieën. In 2019 moet de invulling daarvan duidelijker worden.







¹³² Sinds juli 2018 bestaat er ook al een Actieplan Digitale Connectiviteit waarin duidelijke acties en ambitie staan voor de toekomst op het gebied van digital technologies, maar waaraan geen directe investeringen zijn verbonden.

¹³³ Rijksoverheid (2019) gecoördineerd actieplan kunstmatige intelligentie

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Singapore

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
€1,5 miljard per jaar

Basiskenmerken

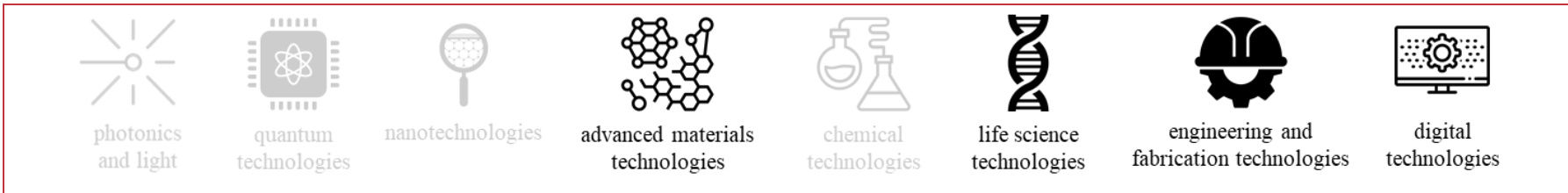
	BBP:	€49.077 per capita (2017)
	Populatie	5,6 miljoen inwoners (2017)
	GERD:	2,16% van het BBP (2014)
	BERD:	1,32% van het BBP (2014)
	GvERD:	0,25% van het BBP (2014)
	HERD:	0,59% van het BBP (2014)

Sleuteltechnologieën en beleid

Singapore heeft als doel om een kenniseconomie en innovatie gedreven maatschappij te worden. De totale R&D-investeringen van de overheid omvatten 2,16% in 2014 (GERD), met de ambitie om door te groeien naar 3,5%.¹³⁴

Sleuteltechnologieën worden geadresseerd in het **RIE2020 Plan** (Research Innovation & Enterprise)¹³⁵ van Singapore, het beleidskader op het gebied van R&D. Singapore zet expliciet in op de sleuteltechnologieën *advanced materials technologies, engineering and fabrication technologies, life science technologies en digital technologies* in de RIE2020-strategie.

Singapore heeft de ambitie om een **Smart Nation** te worden, een leidende digitale economie. Het RIE2020 Plan is gelinkt aan de Smart Nation ambitie, waarbij de focus sterk ligt op *digital technologies*. Er worden **vier sectoren** aangehaald: Advanced Manufacturing and Engineering, Health and Biomedical Sciences, Services and Digital Economy, Urban Solutions and Sustainability. In 2016 is het RIE2020 Plan gelanceerd, waarin voor vijf jaar een budget van **€12 miljard** (€2,4



¹³⁴ Document ontvangen van innovatie attachés, 20 december 2018

¹³⁵ Zie: <https://www.nrf.gov.sg/rie2020>

miljard per jaar) is uitgetrokken om innovatie, onderzoek en ontwikkeling te versterken en Singapore te positioneren als R&D-hub.¹³⁶

Het RIE2020 Plan¹³⁷ is gericht op de versterking van de verbinding tussen wetenschap en industrie. De overheid zet in op deze samenwerkingen om innovatie te stimuleren. De bottleneck daarbij is de commercialisatie van IP door spin-offs (start-ups and scale-ups) en de adoptie door de industrie. Nieuw in het RIE2020 plan was daarom de aandacht voor start-ups: het innovatiebeleid stimuleert onderzoekers om met kansrijke technologieën zelf de markt op te gaan. De plannen moeten bijdragen aan meer werkgelegenheid, de adoptie van nieuwe technologieën binnen bedrijven en het omgaan met nationale uitdagingen, zoals de vergrijzende samenleving.

Singapore investeert vooral in toegepast onderzoek en experimentele projecten en minder in fundamenteel onderzoek. Dat geldt ook voor sleuteltechnologieën. Er is een grote push vanuit de overheid om (internationale) bedrijven te laten samenwerken met kennisinstellingen in Singapore. Zo zijn er verschillen R&D-labs opgezet met internationale bedrijven zoals Alibaba, Rolls Royce, en Google. Internationale kennisinstellingen en bedrijven werken graag samen met Singapore vanwege de onderzoeksfaciliteiten en mogelijkheden om prototypes en technische oplossingen in de praktijk te testen. Zo mogen autonome auto's al in delen van Singapore rijden.

Keuze en overwegingen

In Singapore kiest men in beleid voor specifieke sleuteltechnologieën. Er wordt geïnvesteerd in *digital technologies*, *life sciences technologies*, *advanced materials technologies* en *engineering and fabrication technologies*. Specifiek heeft Singapore ook een aantal nationale

programma's opgezet voor thema's die de hoogste prioriteit hebben, zoals robotica, artificiële intelligentie en cybersecurity.

Bij de overwegingen voor sleuteltechnologieën speelt de samenstelling van de economie van Singapore een belangrijke rol. Singapore handelt met een sterk economische blik. Voor Singapore is het belangrijk om de sectoren waarin ze nu sterk zijn, ook in de toekomst sterk te laten zijn. Singapore heeft geen eigen grondstoffen, maar wel een hoogwaardige maakindustrie, terwijl omliggende landen veel laagwaardige maakindustrie hebben. Deze willen ze dan ook versterken en verder ontwikkelen. Singapore wordt als hub naar Azië beschouwd en ziet zichzelf als voorbeeld voor omliggende landen en als land waar technologieën kunnen worden ontwikkeld in de Aziatische regio. Daarnaast is de dienstensector, waaronder ook de financiële sector, erg groot in Singapore en daarop wil men meer inzetten. Veel meer dan in het verleden ligt de focus op mkb's en start-ups. Singapore is gegroeid door het aantrekken van grote bedrijven. Zo zijn bijvoorbeeld Philips en Shell ook gevestigd in Singapore. Er zijn relatief weinig bedrijven die in het land zelf zijn opgezet en zijn uitgegroeid tot grote ondernemingen.¹³⁸

De drijfveren voor Singapore om te investeren in de gekozen sleuteltechnologieën worden vooral bepaald door de uitdagingen waarmee het land kampt. Zo is er sprake van gebrek aan ruimte – wat mobiliteit ingewikkeld maakt – en is het land sterk vergrijsd. Daarnaast wil Singapore de hoge levensstandaard in het land blijven garanderen en haar kenniseconomie verder uitbouwen. Singapore is gericht op het zoeken naar oplossingen voor deze uitdagingen.¹³⁹

De sterk vergrijzende bevolking van Singapore vormt een uitdaging die het land probeert op te lossen door o.a. in te zetten op robotica en kunstmatige intelligentie. In tegenstelling tot veel Europese landen, zien

¹³⁶ Document ontvangen van innovatie attachés, 20 december 2018 en <https://www.nrf.gov.sg/rie2020>

¹³⁷ Volgend jaar wordt de volgende editie van het RIE2020 Plan gelanceerd.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

¹³⁸ Interview met innovatie attachés

¹³⁹ Interview met innovatie attachés

zij robots als een kans voor de arbeidsmarkt. Zij hebben te maken met een tekort aan werknemers en willen ook niet te veel arbeidskrachten vanuit het buitenland aantrekken. Daarom investeert Singapore in deze type technologieën om met minder mensen meer te doen.

De uitdagingen rondom mobiliteit ten gevolge van een sterk dichtbevolkte stad wil Singapore oplossen door een sluitend en slim mobiliteitssysteem waarin ook een rol is weggelegd voor autonoom vervoer.

Daarnaast heeft Singapore een sterke focus op digitalisering, omdat het de ambitie heeft om de eerste **Smart Nation** ter wereld te worden, met een leidende digitale economie.¹⁴⁰

Cybersecurity is een belangrijk onderwerp voor Singapore. Vanwege de push voor digitalisering is cyber security een van de prioriteiten in het RIE2020 Plan. Zo is er een nationaal programma voor cybersecurity opgericht, dat verderop besproken wordt. Ook wordt er geïnvesteerd in een Centre of Excellence op dit gebied voor de ASEAN-regio (hierin zitten Brunei, Cambodja, Filipijnen, Indonesië, Laos, Maleisië, Myanmar, Singapore, Thailand en Vietnam allemaal met als doel om de economische, culturele en politieke samenwerking te bevorderen).

In Singapore wordt ook specifiek geïnvesteerd in robotica via nationale programma's. Als een technologie belangrijk wordt gevonden, dan wordt er een nationaal programma gelanceerd om de ontwikkelingen daarin te versnellen. Veel van deze technologieën zijn expliciet onderdeel van de brede RIE2020 strategie.

¹⁴⁰ Interview met innovatie attachés

¹⁴¹ Interview met innovatie attachés

¹⁴² Zie: [https://www.nrf.gov.sg/about-nrf/governance/research-innovation-and-enterprise-council-\(riec\)](https://www.nrf.gov.sg/about-nrf/governance/research-innovation-and-enterprise-council-(riec))

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

In Singapore speelt met name de **National Research Foundation (NRF)** een belangrijke rol in beleid en publieke investeringen in sleuteltechnologieën.¹⁴¹ De overheid is leidend en neemt ook vaak de positie van launching customer in. Veel beleid wordt top-down door de nationale overheid vormgegeven.

Vanuit het RIE2020 Plan is een commissie opgesteld die beslissingen neemt over beleid omtrent specifieke sleuteltechnologieën. Aan de top zit de Research, Innovation and Enterprise Council (RIEC) met de minister-president als voorzitter. De RIEC is samengesteld uit high-level leden uit bedrijfsleven, wetenschap en technologie die voor 2 jaar zitting nemen in de raad.¹⁴² De RIEC richt zich op de langetermijnstrategie om van Singapore een kenniseconomie te maken. Bij die strategie wordt dus vanuit de RIEC de gehele triple helix betrokken. De RIEC wordt ondersteund door het bestuur van de NRF. Die is verantwoordelijk voor het formuleren van vijfjarenplannen om economische groei te ondersteunen en nationale uitdagingen aan te gaan.¹⁴³ Hieronder zitten de ministeries en R&D-financiers zoals de Economic Development Board en de **Agency for Science, Technology and Research (A*STAR)**.

Innovatie valt ten dele direct onder de verantwoordelijkheid van de minister-president van Singapore. Zo vallen de **Smart Nations Office** en initiatieven om te digitaliseren direct onder zijn verantwoordelijkheid. Er zijn aparte overheidsorganisaties die zich op digitalisering van de overheid richten. Deze transitie wordt top-down geleid door de Smart Nation and Digital Government Group Office (SNDGO).

¹⁴³ Zie: <https://www.nrf.gov.sg/about-nrf/rie-ecosystem>

De **National Research Foundation** financiert de volgende programma's, wat expliciete beleidskeuzes zijn:

- *Nationaal Programma Artificial Intelligence: AI Singapore.*
Kunstmatige intelligentie is een technologie die recent een hogere prioriteit heeft gekregen vanuit de Singaporese overheid binnen het Smart Nation initiatief. Dit programma is een samenwerking tussen publieke en private partijen gericht op R&D en stimuleert ontwikkelingen van AI-toepassingen in de financiële sector, de gezondheidszorg en leefbaarheid van de stad. Actoren die hierbij betrokken zijn, zijn de NRF, SNDGO, Economic Development Board (EDB) en SG Innovate (overheidsinstantie die deep-tech start-ups ondersteund).¹⁴⁴
- *Nationaal Programma Robotica: National Robotics Programme*
De Singaporese overheid ziet toekomst in het gebruik van robotica als oplossing voor maatschappelijke uitdagingen zoals vergrijzing. De productiviteitscijfers zijn laag en de overheid wil de toestroom van buitenlandse arbeidskrachten verminderen. In 2015 is een programma voor strategie en financiering opgezet waarmee de overheid ontwikkeling en adoptie van robotica wil stimuleren: Het National Robotics Programme (NRP).¹⁴⁵ Het NRP heeft als doel om een competitieve robotica-industrie te ontwikkelen, om met het gebruik van robotica de productiviteit en concurrentie te vergroten, en om het gebruik van robotica in de publieke sector te stimuleren. Daarbij speelt de EDB een belangrijke rol in het versterken van het ecosysteem en het aantrekken van roboticabedrijven naar Singapore.
Binnen dit programma worden up-front publieke investeringen in robotica via overheidsinstanties uitgezet om aan R&D-projecten te besteden met een hoge TRL. Dit nationale programma richt zich op

¹⁴⁴ Zie: <https://www.aisingapore.org/>

¹⁴⁵ Zie: <https://www.straitstimes.com/business/economy/singapore-budget-2016-more-than-450-million-to-support-national-robotics-programme>

de ontwikkeling van innovaties, expertise en goede onderzoeksinstituten. De NRF en A*STAR spelen hierbij een belangrijke rol.

- *Nationaal Programma Cyber Security: National Cyber Security R&D Program*
Dit programma wordt gecoördineerd door de NRF alsook door de National Security Coordination Centre, Cyber Security Agency of Singapore, Ministry of Home Affairs, Ministry of Defence, Government Technology Agency, Info-communications Media Development Authority (IMDA) en de EDB om samenwerking tussen overheid, universiteiten, onderzoeksinstituten en de private sector op het gebied van cybersecurity te stimuleren. Het programma richt zich op het verbeteren van de betrouwbaarheid van cyberinfrastructuren.¹⁴⁶

Daarnaast zijn er andere nationale R&D-programma's gericht op onder andere synthetische biologie en onderzoekscentra waaronder het Centre for Quantum Technologies.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Het is niet bekend hoeveel procent van de totale uitgaven aan R&D wordt besteed aan sleuteltechnologieën. De R&D-geldstroom is op te delen in 1) geld vanuit het ministerie van onderwijs naar universiteiten; 2) geld

¹⁴⁶ Zie: <https://www.nrf.gov.sg/programmes/national-cybersecurity-r-d-programme>

via RIE2020 Plan naar NRF; 3) geld vanuit overheidsorganisaties; 4) private investeringen in R&D. De verdeling is echter niet transparant.¹⁴⁷

In Tabel 13 staat een overzicht van investeringen in nationale programma's binnen de verschillende sleuteltechnologieën.

Tabel 13 Schatting van up-front publieke investeringen

Nationaal programma	Sleuteltechnologie	Investerings
RIE2020 plan ¹⁴⁸	Life science technologies	ca. €2.5 miljard voor 2016-2020 (dus ca. €625 miljoen per jaar)
	Engineering and fabrication technologies en Advanced materials technologies	ca. €2 miljard voor 2016-2020 (dus ca. €500 miljoen per jaar)
	Digital technologies	ca. €400 miljoen voor 2016-2020 (dus ca. €100 miljoen per jaar)
Robotica (nationaal programma NRF)	Engineering and fabrication technologies	>€300 miljoen voor 2016-2019 (dus >€100 miljoen per jaar) ¹⁴⁹
Artificiële intelligentie (nationaal programma NRF)	Digital technologies	ca. €100 miljoen voor 5 jaar (dus ca. €20 miljoen per jaar)
Cyber security (nationaal programma NRF)	Digital technologies	ca. €85 miljoen voor 5 jaar vanaf 2013 (dus ca. €17 miljoen per jaar) + ca. €40 miljoen voor

¹⁴⁷ Zie: <https://www.a-star.edu.sg/Portals/81/Data/News%20And%20Events/Publications/National%20Survey%20of%20R&D/Files/national-survey-of-research-development-singapore-2016.pdf>

¹⁴⁸ Zie: <https://www.mti.gov.sg/-/media/MTI/Resources/Publications/Research-Innovation-and-Enterprise-RIE-2020/RIE2020.pdf> (pagina 7)

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Nationaal programma	Sleuteltechnologie	Investerings
		2016-2020 (dus ca. €8 miljoen per jaar) ¹⁵⁰
<i>Schatting totale investeringen</i>		Ca, €1.4 miljard per jaar

Technopolis Group, 2019

Op basis van de geïdentificeerde programma's, schatten we de publieke investeringen in sleuteltechnologieën op ongeveer €1.4 miljard per jaar aan. Dit zijn up-front investeringen op basis van expliciete keuzes in beleid. Er wordt echter niet toegelicht waar deze investeringen specifiek op toegespitst zijn.

Naast de nationale programma's hebben het Ministerie van Onderwijs, het Ministerie van Gezondheid en A*STAR ook grants voor onderzoek op specifieke technologieën. Daar zijn geen echter specifieke cijfers over beschikbaar.

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De publieke investeringen in sleuteltechnologieën worden via twee organisaties verdeeld over de verschillende sleuteltechnologieën.

De **National Research Foundation (NRF)**¹⁵¹ heeft een sleutelpositie omdat zij een groot deel van het R&D-geld in hun portefeuille hebben. Zij bepalen hoe bepaalde investeringen in R&D worden gedaan door middel van het uitschrijven van onderzoeksoproepen. Het zijn de ministeries, overheidsinstanties en uitvoerende instanties onder de ministeries die

¹⁴⁹ Zie: <https://www.straitstimes.com/business/economy/singapore-budget-2016-more-than-450-million-to-support-national-robotics-programme>

¹⁵⁰ Zie: <https://www.nrf.gov.sg/programmes/national-cybersecurity-r-d-programme>

¹⁵¹ Zie: <https://www.nrf.gov.sg/about-nrf/governance>

eigen onderzoeksoproepen hebben. Deze verdeling van investeringen gebeurt up-front volgens vooraf vastgestelde kaders, waaronder die van het RIE2020 Plan.

De NRF zorgt voor distributie van het R&D-geld en doet dit in overleg met onder meer de **Economic Development Board (EDB)**, die verantwoordelijk is voor het aantrekken van internationale bedrijven en de economie van Singapore te versterken.

Daarnaast verdelen de centrale overheid en overheidsinstanties zelf ook geld en investeren de universiteiten zelf ook in onderzoek. Het is echter onduidelijk wat het mechanisme daarachter is en of deze investeringen vooraf volgens expliciete beleidskeuzes voor sleuteltechnologieën worden toekend.

Prime Minister Lee Hsien Loong: “Smart Nation is about Singapore taking full advantage of IT. Using IT comprehensively to create new jobs, new business opportunities, to make our economy more productive, to make our lives more convenient. To make this an outstanding city in which to live, work and play.”¹⁵²

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Singapore hebben private partijen zich geëngageerd aan investeringen in sleuteltechnologieën. Er is een continu samenspel tussen de EDB, NRF en A*STAR of een bepaald ministerie. Er wordt ingezet op publiek-private samenwerking door middel van corporate labs. Het is onduidelijk hoeveel private partijen bijdragen aan de investeringen in sleuteltechnologieën. Wel is duidelijk dat in de RIEC en

¹⁵² Prime Minister Lee Hsien Loong during national day rally 2017

¹⁵³ Zie: <https://www.nrf.gov.sg/programmes/corporate-laboratories-in-universities>

het bestuur van de EDB het bedrijfsleven – naast overheid en wetenschap – vertegenwoordigd is.

Daarnaast zijn er **joint (corporate) labs** waar commerciële partijen samenwerken met de A*STAR, gericht op toegepast onderzoek onder een meerjarig commitment (duur van commitment verschilt per joint lab). Een deel van deze labs richt zich op specifieke sleuteltechnologieën, zoals het Delta-NTU Corporate Laboratory for Cyber-Physical Systems en het ST Electronics-SUTD Cyber Security Laboratory.¹⁵³ Deze labs voeren onderzoek uit voor bedrijven en zijn niet per definitie publiek-privaat. Vaak zijn ze geplaatst binnen een universiteit. Ook binnen The Campus for Research Excellence and Technological Enterprise (CREATE) wordt met universiteiten op verschillende thema's samengewerkt. CREATE is een programma van NRF waar meerjarige samenwerkingen tussen Singapore met vooraanstaande internationale universiteiten en onderzoeksorganisaties zoals MIT en ETH Zürich zijn opgericht.¹⁵⁴

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare investeringen worden per sleuteltechnologie verschillend besteed. Het is niet duidelijk waar het grootste deel van de middelen naartoe gaat.

De investeringen omvatten corporate labs, programma's, maar ook ecosysteemversterking. Zo heeft de NRF voor het *Center for Quantum Technologies* geïnvesteerd in onderzoeksfaciliteiten voor dit instituut. Ook op het gebied van fotonica is er geïnvesteerd in een lab met dure apparatuur. We hebben ook gezien dat op het gebied van robotica veelal geïnvesteerd wordt in programma's, onderzoeksinstituten, en het versterken van het ecosysteem. Veel buitenlandse onderzoekers willen graag werken in Singapore vanwege de state-of-the-art labfaciliteiten.

¹⁵⁴ Input van innovatie attachés.

Waar ook in wordt geïnvesteerd zijn spin-offs en start-ups en R&D-labs. Het kweken van ondernemerschap en start-ups krijgt nu meer aandacht in Singapore, omdat de vertaalslag naar echte concrete producten belangrijker wordt. De overheid heeft dan ook geïnvesteerd in het creëren van een aantrekkelijke omgeving voor start-ups op een aantal plekken in Singapore.

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

Volgend jaar komt er een nieuwe editie van het RIE2020 Plan. In de aankomende jaren zal de nieuwe RIE-strategie meer richting maatschappelijke uitdagingen en Sustainable Development Goals gaan.¹⁵⁵

Reflectie van Technopolis Group







- In Singapore kiest men beleidsmatig expliciet voor de volgende sleuteltechnologieën: *digital technologies*, *life science technologies*, *advanced materials technologies* en *engineering and fabrication technologies*. Via diverse programma's wordt hierin geïnvesteerd.
- De overheid speelt een belangrijke rol en neemt de positie van launching customer in. Innovatie valt ten dele direct onder de verantwoordelijkheid van de minister-president van Singapore.
- Joint labs vormen een belangrijk onderdeel in het innovatielandschap van Singapore. Commerciële partijen werken hierin samen met publieke onderzoeksgroepen en voeren onderzoek uit dat van belang is voor bedrijven.

¹⁵⁵ Interview met innovatie attachés.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in het Verenigd Koninkrijk

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
 €1,5-2 miljard per jaar

Basiskenmerken

	BBP:	€33.952 per capita (2017)
	Populatie:	66 miljoen inwoners (2017)
	GERD:	1,69% van het BBP (2016)
	BERD:	1,13% van het BBP (2016)
	GvERD:	0,11% van het BBP (2016)
	HERD:	0,41% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

De nationale overheid in het Verenigd Koninkrijk (VK) investeert beleidsmatig expliciet in vijf van de acht sleuteltechnologieën (zie de figuur onder aan deze pagina).

De sleuteltechnologieën worden vooral geadresseerd in de **Industrial Strategy** van UK Research and Innovation (**UKRI**). In de Industrial Strategy worden de grootste uitdagingen besproken en komen sleuteltechnologieën aan bod, al wordt de term sleuteltechnologie niet als zodanig gebruikt. Voor deze strategie heeft het VK geen nationale innovatiestrategie gehad.

Tot 2010 was het Britse R&D-beleid heel erg gericht op investeringen in fundamentele wetenschap door de overheid. Het was aan het bedrijfsleven om die kennis te valoriseren. Vervolgens heeft **Innovate UK**, het innovatie-agentschap van het VK, in 2011 de Catapult Centers bedacht om R&D te stimuleren door samenwerking tussen onderzoekers en ingenieurs. Dit moet het absorptievermogen van nieuwe technologie door het bedrijfsleven vergroten en een brug slaan tussen R&D en de commerciële toepassing daarvan.¹⁵⁶



¹⁵⁶ Zie: <https://catapult.org.uk/wp-content/uploads/2016/04/Hauser-Review-of-the-Catapult-network-2014.pdf>

Deze verandering heeft ook geleid tot de **Industrial Strategy** en het **Industrial Strategy Challenge Fund (ISCF)**. Het Challenge Fund is bedoeld om versneld innovaties voor de Challenges tot wasdom te brengen. De overheid in het VK heeft duidelijke gekozen voor **four grand challenges**¹⁵⁷ in de ISCF. De vier uitdagingen, waaronder ook expliciet enkele sleuteltechnologieën vallen, zijn globale trends die de toekomst van het VK zullen veranderen:

- Artificial intelligence and data (digitalisering, AI en kwantumtechnologie);
- Ageing society (life sciences: zowel de biologische kant als de medische technologie en AI kant);
- Clean growth (automotive, batterijen, autonoom vervoer en AI); en
- Future of mobility (elektrisch rijden, batterijen en energiesystemen).

Keuze en overwegingen

In het Verenigd Koninkrijk kiest men recentelijk in beleid voor een aantal sleuteltechnologieën, met name via de uitwerking van de vier grand challenges in het ISCF. De bijdragen van sleuteltechnologieën aan de vier grand challenges bepalen de investeringen in sleuteltechnologieën.

De belangrijkste overwegingen die meespeelden bij de selectie van sleuteltechnologieën komen in de Industrial Strategy naar voren. Het VK kijkt daarbij naar de sterktes in haar industriële basis en kennispositie. Zo hebben ze een lange traditie en sterke basis in life science, vooral als het gaat om het doorontwikkelen van medicijnen. Het land is daarnaast een sleutelspeler in de ontwikkeling van Deep Tech, zoals Quantum Technologie, Digitale Technologie en Artificial Intelligence, waarbij het voornaamste kenmerk is dat fundamentele kennis snel tot

technologische doorbraken leidt. Die snelle techtransfer is te danken aan het uitgebreide ecosysteem van technologie-investeerders en toptalent rondom de topuniversiteiten van het VK. Bovendien heeft het VK een stevige kennisbasis op gebied van geavanceerde materialen – namelijk automobile industrie en batterijtechnologie – waarop ze willen voortbouwen.¹⁵⁸

Buiten sterktes spelen ook economische overwegingen spelen een rol. Het VK wil investeren in technologieën die de productiviteit in het land verhogen. Men wil ook de regionale welvaart verhogen met innovatie en technologie – niet alleen in de regio's rondom Londen, Oxford en Cambridge, maar juist ook in andere regio's.¹⁵⁹

Het Verenigd Koninkrijk maakt deze nadrukkelijk keuzes voor sleuteltechnologieën in de Industrial Strategy/Industrial Strategy Challenge Fund voor toegepast onderzoek en R&D op hoge TRL's. Voor fundamenteel onderzoek – lage TRL's – behoudt men een brede basis qua investeringen in sleuteltechnologieën.¹⁶⁰

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

In het Verenigd Koninkrijk speelt met name **UKRI** een belangrijke rol in beleid en publieke investeringen in sleuteltechnologieën. UKRI heeft o.a. het **Industrial Strategy** en de **Industrial Strategy Challenge Fund** in beheer. Een andere belangrijke publieke speler is **Innovate UK**, het innovatieagentschap van het VK.

Er wordt veel geïnvesteerd in kunstmatige intelligentie en digitale technologie, die een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan diverse uitdagingen. Het VK heeft een sterke positie in fotonica, maar er bestaan geen specifieke programma's voor. Voor kwantumtechnologie is er wel

¹⁵⁷ Zie: <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-strategy-the-grand-challenges/industrial-strategy-the-grand-challenges>

¹⁵⁸ Interview met innovatie attaché.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

¹⁵⁹ Interview met innovatie attaché.

¹⁶⁰ Interview met innovatie attaché.

een groot nationaal programma: het National Quantum Technologies Programme. Het VK is sterk in nanotechnologie, maar dit valt niet direct onder de **Industrial Strategy Challenge Fund** (ISCF). Op het gebied van geavanceerde materialen is er bijvoorbeeld het Catapult Center Compound Semiconductor Applications opgericht, wat wel onder de Challenge Fund valt. Op chemisch vlak is het VK minder actief.

Voor digital technologies, quantum technologies en advanced materials technologies, maar ook voor life science technologies en engineering and fabrication technologies zijn er expliciete beleidskeuzes gemaakt met up-front investeringen.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

De nationale overheid in het Verenigd Koninkrijk hoopt in 2027 2.4% van BBP in wetenschap en onderzoek te investeren (GERD). Om dit te behalen, moet de industrie mee-investeren. Voor dit doel heeft de overheid aangegeven €8 miljard extra uit te geven aan R&D in de periode van 2017 tot 2022 als onderdeel van de **National Productivity Investment Fund** (NPIF). Dit leidt tot een groei in publieke R&D-investeringen van rond de €10,8 miljard per jaar in 2016-17 naar rond de €14 miljard per jaar in 2021-22.¹⁶¹ Hierbinnen valt tevens het Industrial Strategy Challenge Fund (ISCF). Niet alles hiervan gaat naar sleuteltechnologieën.

¹⁶¹ Zie tabel 4.1 in: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/752202/Budget_2018_red_web.pdf
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/731507/research-innovation-funding-allocation-2017-2021.pdf

¹⁶² Zie: <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-strategy-challenge-fund-joint-research-and-innovation>

¹⁶³ Zie: <https://www.gov.uk/government/news/business-secretary-announces-industrial-strategy-challenge-fund-investments>

¹⁶⁴ Interview met innovatie attaché.

Zie ook: <https://stfc.ukri.org/files/the-industrial-strategy-challenge-fund/>

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Met het **Industrial Strategy Challenge Fund** wil de overheid €5,3 miljard investeren in de Grand Challenges in een periode van 4 jaar.¹⁶² Er is inmiddels al in de zogenoemde ‘First Wave’¹⁶³ ongeveer €2 miljard uitgegeven. Hierbij werd onder meer geïnvesteerd in robotica en artificiële intelligentie, autonome voertuigen, batterijen voor schone en flexibele energieopslag, en manufacturing en materialen voor de toekomst.¹⁶⁴

Voor 2019-2020 is er ook **€1,8 miljard extra** beschikbaar voor R&D-financiering om de Grand Challenges te ondersteunen en de positie van VK in opkomende technologieën, zoals AI en quantum computing, te versterken.¹⁶⁵ Hieronder vallen de investeringen in onder andere de “Faraday battery challenge” and “Next-generation services” zoals in onderstaande tabel weergegeven.¹⁶⁶

De aankomende twee jaar zullen de R&D-investeringen, naar schatting, ieder jaar stijgen met ongeveer een half miljard euro. De investeringen binnen de derde golf aan investeringen in het kader van de Industrial Strategy Challenge Fund zullen in de loop van 2019 bekend worden.¹⁶⁷

Ook zijn er investeringen onder de sector deals, gericht op onder meer life sciences, automotive sector en artificiële intelligentie.¹⁶⁸ UKRI heeft ook veel nationale programma’s. In onderstaande tabel wordt een schatting gemaakt van de publieke investeringen in de nationale

¹⁶⁵ Zie sectie 4.4

¹⁶⁶ Zie: <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-strategy-challenge-fund-joint-research-and-innovation>

¹⁶⁷ Zie: <https://innovateuk.blog.gov.uk/2018/05/01/industrial-strategy-challenge-fund-wave-3-update/>

¹⁶⁸ Zie: <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-strategy-sector-deals/introduction-to-sector-deals>

programma's gericht op sleuteltechnologieën.¹⁶⁹ Dit omvat waarschijnlijk niet alle up-front investeringen. We schatten de totale up-front investeringen op ongeveer 50-75% van het ICSF en Grand Challenges budget: ca. €1,5-2 miljard per jaar.

Tabel 14 Schatting van up-front publieke investeringen

Nationaal Programma of investering	Sleuteltechnologie	Investeringen
UK national Quantum Technologies Programme (UKRI-ESPRC)	Quantum technologies	ca. €307 miljoen voor 2013-2018 (dus ca. €61 miljoen per jaar) ¹⁷⁰ & ca. €455 miljoen vanaf 2018 (periode onbekend) ¹⁷¹
Quantum technologies (Innovate UK)	Quantum technologies	ca. €23 miljoen in 4 jaar (dus ca. €6 miljoen per jaar)
Faraday battery challenge (sector deal)	Advanced materials technologies	ca. €280 miljoen in 4 jaar (dus ca. €70 miljoen per jaar)
Manufacturing and future materials	Engineering and fabrication technologies	ca. €28 miljoen in 4 jaar ¹⁷² (dus ca. €7 miljoen per jaar)

¹⁶⁹ Zie:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/730048/industrial-strategy-white-paper-web-ready-a4-version.pdf

¹⁷⁰ Zie: <http://uknqt.epsrc.ac.uk/about/overview-of-programme/>. Dit is lang niet alles, maar wel een geconcentreerde effort.

¹⁷¹ Nog niet aangekondigd maar in de sector wel bekend.

¹⁷² Zie: <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-strategy-challenge-fund-joint-research-and-innovation#driverless-cars>

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Nationaal Programma of investering	Sleuteltechnologie	Investeringen
Robots for a safer world	Engineering and fabrication technologies	<€106 miljoen in 4 jaar ¹⁷³ (dus ca. €26 miljoen per jaar)
Next generation services	Digital technologies	<€11 miljoen in 4 jaar ¹⁷⁴ (dus ca. €3 miljoen per jaar)
Driverless cars	Digital technologies	Ca. €43 miljoen in 4 jaar ¹⁷⁵ (dus ca. €11 miljoen per jaar)
Robotics and AI (Innovate UK)	Digital technologies	Ca. €100 miljoen in 4 jaar (dus ca. €25 miljoen per jaar) ¹⁷⁶
Life Sciences sector deal	Life science technologies	ca. €200 miljoen overheidssteun voor onderdelen op het gebied van technologie (periode onbekend)
<i>Schatting totale investeringen</i>		€250 miljoen per jaar, maar omvat waarschijnlijk niet alle up-front investeringen

Technopolis Group, 2019

¹⁷³ Zie: <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-strategy-challenge-fund-joint-research-and-innovation#robots-for-a-safer-world>

¹⁷⁴ Zie: <https://www.gov.uk/government/news/next-generation-services-new-fund-for-industry-and-research>

¹⁷⁵ Zie: <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-strategy-challenge-fund-joint-research-and-innovation#driverless-cars>

¹⁷⁶ Zie: <https://www.gov.uk/government/news/robotics-and-ai-apply-in-the-industrial-strategy-challenge-fund>

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De publieke investeringen in sleuteltechnologieën worden met name via **UKRI** verdeeld over de verschillende sleuteltechnologieën, maar ook door het innovatieagentschap **Innovate UK** en **Research England**.

Een groot deel van de financiering voor innovatie is belegd in het Industrial Strategy fund. Het nationale beleid geeft aan om ook in regio's te investeren, daarom wordt er vaak een nadrukkelijke koppeling gevraagd in innovatiefinanciering met een regio. Daarmee hoopt men ook de regio's te versterken.

Daarbij zijn ook private partijen betrokken. Per sector wordt er bekeken welke impact gemaakt kan worden.

Publieke investeringen lopen via gebruikelijke lijnen als calls for proposals – vaak challenges waarvoor de kaders vooraf gesteld zijn – of instituten, waarbij er veel aandacht is voor bottom-up initiatieven om bijvoorbeeld nationale instituten te financieren op strategische domeinen (denk aan het Alan Turing Institute for Data Science en het Francis Crick Institute, die beiden honderden miljoenen euro's aan investering vergen).¹⁷⁷

Vormgeving van publiek-privaat commitment

Het Verenigd Koninkrijk gebruikt een brede combinatie van samenwerkende clusters, publiek-private consortia en instrumenten die cofinanciering behoeven. De bereidheid van de industrie om mee te financieren in fundamenteel onderzoek is laag, maar voor toegepast technologisch onderzoek is er een groeiende bereidheid. Er is in vergelijking met Nederland veel technologisch durfkapitaal aanwezig in het Verenigd Koninkrijk, zowel bij innovatiegerichte investeringsfondsen als bij private investeerders. Deze kunnen technologieën soms

¹⁷⁷ Interview met innovatie attaché.

¹⁷⁸ Interview met innovatie attaché

razendsnel opnemen en doorontwikkelen. Interessant aan het Catapultmodel is dat er ook vormen worden gezocht waarin de overheid bijvoorbeeld faciliteiten beschikbaar maakt, zoals het Cell and Gene Therapy Manufacturing Center in Stevenage waar faciliteiten tegen kostprijs worden aangeboden om zo het risico voor de industrie van dure investeringen in infrastructuur in de pilotfase te beperken.¹⁷⁸

De aanpak van Innovate UK is als volgt: als een technologie (economisch) relevant lijkt te zijn, wordt een studie uitgevoerd om te bekijken hoe deze technologie het effectiefst ondersteund kan worden en wat deze nodig heeft om tot wasdom te komen. Daaruit volgt een businessplan met een aanbeveling voor bepaalde instrumenten. Een van de zwaarste instrumenten is de vorming van een nieuw Catapult Centre. Daarbij wordt een bestaande kennisbasis versterkt doordat de overheid een financiële impuls geeft aan publiek private samenwerking. Het financieringsmodel van de Catapult Centres bestaat uit 1/3 financiering vanuit de betrokken kennisinstellingen, 1/3 financiering vanuit de overheid en (op termijn) 1/3 financiering uit private middelen. Nu opereren deze Centres binnen een los netwerk waarin Innovate UK weinig zeggenschap heeft, maar in de komende jaren verwacht Innovate UK meer synergie tussen deze Catapults aan te kunnen brengen.¹⁷⁹

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare investeringen worden besteed aan verschillende zaken. Aanvankelijk werd geïnvesteerd in nieuwe gebouwen om mensen bijeen te brengen. Nu is de mindset verschoven van investeren in faciliteiten naar investeren in mensen. De Industrial Strategy Fund is niet bedoeld voor fundamentele kennis, maar voor het doorontwikkelen van technologie naar toepassingen. Daarvoor zijn er ook ondernemers nodig. In het ecosysteem van Oxford, Cambridge en Londen is een sterke

¹⁷⁹ Interview met innovatie attaché

techondernemers- en investeerderstraditie ontstaan. Er zijn sterke fondsen die bereid zijn om te financieren. Door samenwerking tussen onderzoekers en bedrijven op het gebied van technologie in deze regionale ecosystemen, hoopt men innovatie en banengroei te bevorderen.

Het leeuwendeel van de financiering loopt via open calls for proposals die vooraf een duidelijk kader meekrijgen. Voor strategische technologieën wordt er soms gewerkt met een voorselectie van organisaties die voorstellen kunnen indienen op deze calls. Ook wordt soms geld toegekend aan clusters waarin een beperkt aantal kennisinstellingen samenwerkt, zoals de vier hubs van het UK National Quantum program.¹⁸⁰

Omvang toekomstige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

In de aankomende jaren zullen de publieke investeringen in sleuteltechnologieën naar verwachting in het Verenigd Koninkrijk

toenemen. Er zijn duidelijke investeringstargets in het budget. Grofweg stijgen de publieke investeringen jaarlijks met ongeveer €0,5 miljard per jaar van ca. €6,8 miljard in 2015/2016 naar ca. €12,5 miljard in 2017/2018.

Reflectie van Technopolis Group







- In het Verenigd Koninkrijk is er sprake van een duidelijke beleidsmatige keuze voor vijf van de acht sleuteltechnologieën, vier grand challenges zijn hieraan (ten dele) gekoppeld.
- In de Catapult Centres wordt een bestaande kennisbasis versterkt, middels een impuls van de overheid om publiek-private samenwerking van internationaal topniveau tot stand te brengen. Een aantal van deze Catapult Centres is gericht op een sleuteltechnologie.

¹⁸⁰ Interview met innovatie attaché.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in de Verenigde Staten

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
 €10-20 miljard per jaar

Basiskenmerken

-  **BBP:** €50.808 per capita (2017)
-  **Populatie:** 325,7 miljoen inwoners (2017)
-  **GERD:** 2,74% van het BBP (2016)
-  **BERD:** 1,95% van het BBP (2016)
-  **GvERD:** 0,32% van het BBP (2016)
-  **HERD:** 0,36% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

Het innovatiebeleid van de VS kenmerkt zich door een ambitieuze agenda, waarbij sleuteltechnologieën een belangrijke rol innemen. In de *National Security Strategy*¹⁸¹ wordt ingezet op wereldleiderschap en zelfvoorzienendheid op een aantal kerngebieden binnen onderzoek, technologie en innovatie. Technologieën die een grote impact op de economische groei en nationale veiligheid kunnen hebben krijgen prioriteit.¹⁸² Het innovatiebeleid van de VS moet in 2019 ook gezien worden in de context van een veranderende geopolitiek, waarbij in het bijzonder gekeken wordt naar *strategic competitors and threats*. Hierbij legt de VS een duidelijke focus op China.

Huidige prioriteiten in de VS liggen met name op digitale technologieën: 5G, kunstmatige intelligentie, *quantum technologies* en industrie 4.0. Verder investeert de VS in life science technologieën en micro- en nanotechnologieën. De chipsindustrie staat centraal, evenals technologieën die hierin grote veranderingen kunnen bewerkstelligen als fotonica. Het bedienen van de defensie industrie, de cyberveiligheid, volksgezondheid en de energiezekerheid staan bovenaan de prioriteitenlijst, evenals alles op het gebied van “unmanned vehicles” op



¹⁸¹ National security strategy (2017)

¹⁸² Genoemd worden data science, encryptie, autonome technologieën, genetische manipulatie, nieuwe materialen, nanotechnologie, geavanceerde computing technologieën en kunstmatige intelligentie.

land, in de lucht of onder water. Het onderzoeks- en innovatiebestel van de federale overheid bestaat voornamelijk uit grote onderzoeksinstituten op gezondheidszorg, energie, defensie, ruimtevaart en fundamenteel missiegedreven onderzoek rond 10 Big Ideas. Deze variëren van Quantum tot de oorsprong van het leven. Via deze instituten worden grote publiek-publieke en publiek-private programma's ontwikkeld.

In beleid richt de overheidsrol zich vooral op het stimuleren van fundamenteel onderzoek. Nieuw is dat vanuit het Witte Huis de federale onderzoeksinstellingen de opdracht hebben meegekregen om te valoriseren. Ook moeten alle instellingen Kunstmatige Intelligentie (AI) als prioriteit benoemen en budgettair her-prioriteren. Voor alle focusgebieden is technisch onderwijs (STEM) voor scholieren en de beroepsbevolking een belangrijk punt.^{183,184} In alle innovatie beleidsdocumenten is een toenemende mate aandacht voor de noodzaak om meer te investeren in het (om)scholen van de huidige werknemers.

Keuze en overwegingen

De VS heeft in haar beleid bewust gekozen voor digital technologies, quantum technologies, life science technologies, nanotechnologies, advanced materials technologies en engineering and fabrication technologies. Deze sleuteltechnologieën worden door de Amerikaanse overheid gezien als cruciaal voor economische groei en nationale veiligheid. Ook het versterken van de binnenlandse productieketen is van belang en wordt cross-sectoraal onder de noemer 'America First' vormgegeven.¹⁸⁵

Er zijn verschillende initiatieven die invulling geven aan de overkoepelende visie van de Amerikaanse federale overheid zoals onder meer gepresenteerd in de *National Security Strategy*. Zo zijn er

¹⁸³ The President's Management Agenda: Modernizing Government for the 21st Century

¹⁸⁴ Charting a course for success, America's strategy for STEM education

¹⁸⁵ De *Buy American, Hire American* legt daarbij een belangrijke focus op het technisch (om)scholen van de Amerikaanse beroepsbevolking

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

verschillende nationale plannen die zich specifiek richten op één technologie, zoals de nieuwe AI agenda¹⁸⁶, de *National Strategic Overview for Quantum Information Science*, het *National Nanotechnology Initiative Strategic Plan* en het *Advanced Manufacturing Strategic Plan*. Het *Office of Science and Technology Policy* (OSTP), dat het technologiebeleid vanuit het Witte Huis vormgeeft, heeft hierbij een coördinerende rol. Kennisinstellingen en bedrijven worden vaak betrokken middels rondetafelgesprekken. Door de ingrijpende koerswijzigingen in het beleid sinds de start van de Trump administratie, is het lobbycircuit in Washington enorm gegroeid

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

Investerings in sleuteltechnologieën in de VS zijn ambitieus van aard. De meeste initiatieven liggen voor minstens vijf jaar vast. Het *Office of Science and Technology Policy* (OSTP) speelt een prominente rol in het formuleren van beleid en richting geven t.a.v. zowel de inhoud als de publieke investeringen in sleuteltechnologieën. Dit is de hoogste overheidsinstantie die de President en zijn *executive office* adviseert omtrent wetenschap en technologie en is in staat om richting te geven. De echte besluitvorming ligt echter budgettair bij het *Congres*. De President probeert zijn offensieve technologiebeleid rond America First nu met Executive Orders (decreten) kracht bij te zetten.

In de VS bestaat het publieke financieringssysteem uit departementen, federale agentschappen en organisaties die verantwoordelijk zijn voor het alloceren van grote hoeveelheden R&D-financiering. Een belangrijke rol van de overheid ligt in het investeren in fundamenteel onderzoek. Het ministerie voor defensie is zeer belangrijk met ongeveer 45% van het totale federale budget van alle ministeries op het gebied van R&D en

¹⁸⁶ Executive Order 11 februari 2019: Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence

innovatie¹⁸⁷. Daarnaast zijn het ministerie van energie en het ministerie voor handel belangrijk.

Voorbeelden van organisaties die een belangrijke rol spelen wat betreft investeringen in sleuteltechnologieën zijn de agentschappen *National Science Foundation (NSF)* en de *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, het *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, de *Defence Advances Research Projects Agency (DARPA)* en het *Advanced Research Projects Agency – Energy (ARPA-E)*. Wat betreft life science technologies speelt ook de *National Institute of Health (NIH)* een belangrijke rol en op het gebied van cybersecurity is het *Department of Homeland Security* betrokken.

Ten slotte zijn er ook verschillende onderzoeksinstellingen en –laboratoria onder het ministerie voor energie en het ministerie voor defensie.¹⁸⁸ Een ander, meer recent voorbeeld is de *Defense Innovation Unit (DIUx)* met het mandaat om marktinnovaties in opdracht van defensie te identificeren, te evalueren en waar wenselijk te financieren. Dit wordt gedaan door het opstellen van pilot contracten tussen bedrijven en instituten van het ministerie voor defensie.

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Op basis van de beschikbare informatie over lopende programma's, investeert de federale overheid in de VS up-front ongeveer €10 miljard per jaar in sleuteltechnologieën. Het Amerikaanse ministerie van Defensie investeert ook aanzienlijk in sleuteltechnologieën, maar de

details daarover zijn slechts beperkt publiek. Bekend is dat in 2018 de wetenschaps- en technologiefinanciering van de het ministerie van Defensie bijna €13 miljard bedroeg.¹⁸⁹ De totale publieke investeringen (up-front) zullen daarom hoger zijn dan €10 miljard per jaar, mogelijk zelfs het dubbele. Het grootste deel van de publieke investeringen gaat het naar digitale technologieën. Het afgelopen jaar is het federale budget voor R&D wat toegenomen.

Tabel 15 Expliciete publieke investeringen in sleuteltechnologieën in de VS

Programma	Sleuteltechnologie	Investeringen (per jaar)
National Strategic Overview for Quantum Information Science ¹⁹⁰	Quantum technologies	€62 miljoen (DoE) ¹⁹¹ €26 miljoen (NSF)
National Quantum Initiative Act		€272 miljoen ¹⁹²
National Nanotechnology Initiative	Nanotechnologies	€1,2 miljard ¹⁹³
	Advanced Materials Technologies	Onbekend
	Life Science Technologies	Onbekend
Advanced Manufacturing Strategic Plan	Engineering and fabrication technologies	€0,9 miljard ¹⁹⁷

¹⁸⁷ AAAS (2018). <https://www.aaas.org/programs/r-d-budget-and-policy/historical-trends-federal-rd>

¹⁸⁸ De 17 nationale laboratoria krijgen ieder jaar gemiddeld rond de 300 miljoen dollar aan financiering. <https://science.energy.gov/laboratories/>

¹⁸⁹ AAS (2019). <https://www.aaas.org/news/defense-fy-2018-omnibus-increases-research-darpa>

¹⁹⁰ Physics World (2018). <https://physicsworld.com/a/us-invests-249m-in-quantum-information-science-as-white-house-unveils-strategic-overview/>

¹⁹¹ Physics World (2018). <https://physicsworld.com/a/us-invests-249m-in-quantum>

¹⁹² Science (2018). <https://www.sciencemag.org/news/2018/06/updated-quantum-physics-gets-attention-and-brighter-funding-prospects-congress>

¹⁹³ Nano.gov (2018). <https://www.nano.gov/2019budgetsupplement>

Programma	Sleuteltechnologie	Investerings (per jaar)
Pentagon investeringen in AI, big data en cloud computing	Digital technologies	€6,3 miljard (unclassified budget) ¹⁹⁴
DARPA investering in Kunstmatige Intelligentie	Digital technologies	€1,76 miljard ¹⁹⁵
<i>Schatting totale investeringen</i>		€8,7 miljard

Technopolis Group, 2019

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De publieke investeringen in sleuteltechnologieën worden via een groot aantal organisaties verdeeld over de verschillende sleuteltechnologieën. Zo bestaat het *National Nanotechnology Initiative* (NNI)¹⁹⁶ uit een samenwerking van twintig agentschappen en ministeries, die sinds de start van het initiatief in 2001 meer dan €20 miljard uitgegeven hebben aan R&D. Ook bij de *Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing*¹⁹⁷ en het *National Quantum Initiative* moeten negen departementen en agentschappen invulling geven aan de strategie. Verder is het distributieproces redelijk fluïde en is er veel invloed van lobbywerk door organisaties (zowel bedrijven als kennisinstellingen).¹⁹⁸ Deze partijen zijn eveneens betrokken bij vormgeving van strategisch beleid via ronde tafel gesprekken en summits.

¹⁹⁴ Medium (2018). Overview of national AI strategies. <https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd>

¹⁹⁵ Zie: <https://www.darpa.mil/news-events/2018-09-07>

¹⁹⁶ NSTC (2016) National Nanotechnology Initiative – Strategic Plan

¹⁹⁷ NSTC (2018) Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In de VS spelen private partijen een belangrijke rol als het gaat om investeringen in sleuteltechnologieën. Private R&D-investeringen zijn de afgelopen jaren geleidelijk toegenomen en hebben de afname in federale gelden kunnen compenseren.¹⁹⁹ Bij PPP-programma's worden afspraken gemaakt tussen publieke en private partijen. Vaak is dit georganiseerd door calls for proposals. Private partijen kunnen consortia vormen en voor de uitvoering gelden ontvangen van de overheid. Een voorbeeld hiervan is *Manufacturing USA*²⁰⁰, een netwerk van 14 instituten voor de maakindustrie, ieder met een gespecialiseerde technologie focus. Binnen ieder instituut wordt er samengewerkt tussen producenten, kennisinstellingen en de overheid.

Private partijen leveren meestal een bijdrage aan investeringen in de vorm van cofinanciering. Dit start in veel gevallen met een 50-50 verdeling van publiek-private gelden. In consortia kunnen private partijen ook via andere wegen bijdragen, bijvoorbeeld via een lidmaatschap, kennisuitwisseling, in-kind bijdragen, mentoring, als launching customer of door het doen van open source onderzoek.

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

Van oudsher kent de VS een openmarktaanpak waarbij federaal budget met name uitgegeven wordt aan fundamenteel onderzoek en cruciale overheidszaken (bijv. encryptie, energie, gezondheidszorg). De private sector investeert met name in toegepaste innovatie; met federale aandacht vooral voor fundamenteel onderzoek. De laatste jaren is hier

¹⁹⁸ Interview Innovatie Attaché

¹⁹⁹ OECD.stat

²⁰⁰ Manufacturing USA (2019). <https://www.manufacturingusa.com/>

verandering in gekomen; de overheid geeft steeds meer aandacht aan de valorisatie van fundamenteel onderzoek.²⁰¹

Wat sleuteltechnologieën betreft worden de beschikbare investeringen besteed aan onderzoek(sprojecten), technologieontwikkeling, onderzoeksfaciliteiten, onderzoeksinstituten, het opleiden van mensen en het informeren van het bredere publiek. Het grootste deel van de middelen gaat naar digitale technologieën, maar exacte cijfers zijn moeilijk aan te geven. Dit is al ca. 20 jaar gaande.²⁰²

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

De komende jaren zal de hoeveelheid investeringen in sleuteltechnologieën in de VS toenemen. Het budget van het ministerie voor defensie is de afgelopen jaren toegenomen en hiervan zal een deel geïnvesteerd worden in sleuteltechnologieën.²⁰³ Verder zal het publieke deel van investeringen in sleuteltechnologieën komen van een verschuiving van bestaande middelen uit andere R&D portfolio; ook ziet

men een geleidelijke toename van private middelen t.a.v. de publieke budgetten.

Reflectie van Technopolis Group

- De Verenigde Staten hebben verregaande ambities op het gebied van sleuteltechnologieën. Economie en nationale veiligheid zijn centrale uitgangspunten voor investeringen in sleuteltechnologieën.
- De grootschalige R&D-investeringen vanuit het ministerie van defensie zijn een belangrijk onderdeel van het innovatiesysteem in de VS. Volledig zicht hierop ontbreekt.
- Omscholing van de beroepsbevolking en informeren van het brede publiek zijn een belangrijk onderdeel van de nationale strategie van de VS ten aanzien van sleuteltechnologieën.

²⁰¹ The President's Management Agenda: Modernizing Government for the 21st Century







²⁰² Interview Innovatie Attaché

²⁰³ Recentelijk (medio 2018) werd er al een investering van €1,8 miljard aangekondigd bij DARPA, met een volledige focus op de toekomst van kunstmatige intelligentie, voor een periode van 5 jaar.

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Vlaanderen

Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
 €350-400 miljoen euro per jaar

Basiskennmerken²⁰⁴

	BBP:	€37.056 per capita (2017)
	Populatie:	11.4 miljoen inwoners (2017)
	GERD:	2,49% van het BBP (2016)
	BERD:	1,73% van het BBP (2016)
	GvERD:	0,24% van het BBP (2016)
	HERD:	0,50% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

De nationale overheid in Vlaanderen investeert in een aantal sleuteltechnologieën, alhoewel de term sleuteltechnologie doorgaans niet in nationaal beleid of agenda's genoemd wordt. Als Nederlandstalige deelstaat van België heeft Vlaanderen een eigen innovatiebeleid.

Het Vlaamse innovatielandschap karakteriseert zich door strategische onderzoekscentra, speerpuntclusters, alsook door clusters die een belangrijke rol spelen om actieve samenwerking tussen bedrijven en kennisinstellingen te versterken. Dit maakt het mogelijk om te bouwen op regionale sterktes en om op internationaal niveau mee te kunnen.

De Vlaamse overheid maakt een bewuste beleidsmatige keuze: het ondersteunt deze onderzoekscentra en clusters door een bepaald sleuteltechnologiegebied te markeren als prioriteit voor Vlaanderen. Zo werkt Imec aan nanotechnologies en digital technologies, en VIB aan life science technologies. De inzet op sleuteltechnologieën verloopt via deze strategische onderzoekscentra. Dit geeft invulling aan de **Strategy for Smart Specialisation**, wat een belangrijk kader vormt in Vlaanderen. De bottom-up aanpak wordt gecombineerd met een top-down besluit



²⁰⁴ Deze cijfers gelden voor België als geheel. Vlaanderen levert daarin wel de grootste bijdrage.

vanuit de overheid als het gaat om slimme specialisatie. De overheid heeft vier nieuwe beleidsagenda's aangewezen waarop vanaf 2018 gecoördineerd ingezet wordt in het kader van slimme specialisatie. Het gaat om *kunstmatige intelligentie (AI), cyber security, virtual and augmented reality, en gepersonaliseerde geneeskunde*. Hiervoor worden strategische roadmaps uitgewerkt. Binnen dat kader heeft de Vlaamse overheid besloten om €30 miljoen te besteden aan AI.

In de jaren '80 en '90 focuste Vlaanderen zich op opkomende technologieën, zoals biotechnologie en nieuwe materialen. Dit was vooral gericht op kennis. In die periode zijn belangrijke strategische onderzoekscentra opgericht: deze instituten krijgen geld van de overheid en nemen deel in verschillende programma's om onderzoeksinstellingen te ondersteunen op een competitieve basis. Ze zijn allemaal betrokken in technologietransfer en hebben een actieve interactie met de industrie. Alle strategische onderzoekscentra zijn betrokken in triple helix samenwerkingen.

De verschillende domeinen waar Vlaanderen op inzet via onderzoekscentra, die ook publieke middelen krijgen, zijn: advanced materials (SIM), smart manufacturing (Flanders Make), health and life sciences (VIB), electronic systems, IoT and photonic systems²⁰⁵ (imec). Een overzicht van de gekozen sleuteltechnologieën staat onderaan de vorige pagina weergegeven.

Naast de strategische onderzoekscentra zijn er nog enkele andere initiatieven ontwikkeld. **Slimme specialisatie** heeft gediend als een 'guiding strategic policy principle' voor innovatie en industrieel beleid in Vlaanderen in 2013 en tot een Vlaams **clusterbeleid** in 2015. De operationele implementatie van dit clusterbeleid bestond uit het financieel ondersteunen van geselecteerde clusterorganisaties.²⁰⁶

²⁰⁵ Vanuit het beleid is er echter geen accent op fotonica.

²⁰⁶ Zie: Strategy Smart Specialisation (2018) van EWI en VLAIO

Het Vlaamse clusterbeleid is gebaseerd op 'entrepreneurial discovery' als leidend principe om de transformatie van industriële netwerken te versnellen en de kenniseconomie te versterken. Dat betekent dat publieke en private partijen (bedrijven, onderzoeksorganisaties, universiteiten en de maatschappij) samen bottom-up de kans krijgen om clusterinitiatieven te vormen en daarvoor middelen kunnen aanvragen. Met clusterinitiatieven die de Vlaamse regering selecteert, sluit men een clusterpact waarin afspraken en investeringen worden vastgelegd. De clusters worden gekarakteriseerd door een actieve betrokkenheid van bedrijven, duurzame samenwerkingen tussen bedrijven onderling en duurzame samenwerkingen tussen bedrijven en kennisinstellingen. De focus van het clusterbeleid ligt op het verhogen van de competitiviteit van de bedrijven door het bevorderen van actieve samenwerking. Clusters kunnen vorm krijgen aan de hand van speerpuntclusters of innovatieve bedrijfsnetwerken, die hieronder worden toegelicht.²⁰⁷

Keuze en overwegingen

In Vlaanderen is er sprake van keuze voor een aantal sleuteltechnologieën in het innovatiebeleid, namelijk digital technologies, advanced materials technologies, nanotechnologies, life science technologies, engineering and fabrication technologies en photonics and light.

In de jaren '90 bestonden er impulsprogramma's rond nieuwe materialen en biotechnologie. Dit is geëvolueerd naar inzetten op samenwerkingen en dat heeft vervolgens geleid tot **speerpuntclusterinitiatieven** en **strategische onderzoekscentra** die bottom-up – binnen gestelde kaders – ontstaan rekening houdend met de sterktes in Vlaanderen en waar het zinvol is – vanuit de Vlaamse bedrijfswereld bezien – om een ecosysteem uit te bouwen en dit verder vorm te geven.

²⁰⁷ Zie: EWI (2015). Conceptnota van de Vlaamse Regering over Clusterbeleid.

De overwegingen die meespelen in de keuzes voor sleuteltechnologieën in Vlaanderen zijn de sterktes die aanwezig zijn. Zo is er historisch gezien een sterke chemische sector rondom Antwerpen.

De huidige focus op artificiële intelligentie is een reactie op ruimere economische innovaties of maatschappelijke tendensen. Daarop wordt ook ingespeeld door partners die vanuit onderzoeksinstellingen daarin expertise hebben.

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

In Vlaanderen spelen het **Departement EWI**, het **Agentschap Innoveren & Ondernemen VLAIO** en onderzoeksfinancier **FWO** een belangrijke rol in het beleid over en de publieke investeringen in sleuteltechnologieën. Er zijn vier Strategische Onderzoekscentra met financiering van EWI middels vijfjaarlijkse convenanten: Imec, VIB, VITO, en Flanders Make. Zij richten zich op een of meerdere sleuteltechnologieën (zie Tabel 16). Daarnaast zijn er, zoals eerder beschreven, speerpuntclusters en innovatieve bedrijfsnetwerken.

De **speerpuntclusters** sluiten aan bij belangrijke strategische domeinen voor Vlaanderen en zijn grootschalige triple-helix-initiatieven die tot tien jaar financiering krijgen voor de uitrol van hun competitiviteitsprogramma. Er zijn zes speerpuntclusters, gericht op onder meer industriële biotechnologie (CINBIOS), fotonica (Flanders Photonics Consortium met daarin meer dan 30 bedrijven waaronder IMEC en VITO), advanced materials technologieën inclusief nanotechnologieën (door SIM in samenwerking met onder meer VITO), en geavanceerde fabricagesystemen en processen (door KU Leuven, Flanders Make en Sirris). Deze zijn bottom-up vanuit de industrie vormgegeven. Ze ontvangen gerichte investeringen, zoals hieronder verder wordt toegelicht.

²⁰⁸ Zie: Strategy Smart Specialisation (2018) van EWI en VLAIO
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

In totaal investeert de nationale overheid in Vlaanderen jaarlijks ongeveer €350 miljoen up-front in sleuteltechnologieën. Dit wordt besteed aan speerpuntclusters, innovatieve bedrijfsnetwerken en de strategische onderzoekscentra. De investeringen komen vooral vanuit het Departement EWI en VLAIO. Vanuit EWI wordt er ongeveer €250 miljoen per jaar uitgegeven aan sleuteltechnologieën via de strategische onderzoekscentra, vanuit VLAIO wordt er ongeveer €45 miljoen per jaar uitgegeven aan projecten binnen de speerpuntclusters. Daarnaast wordt er nog €50 miljoen (€30 miljoen aan AI-programma's en €20 miljoen aan cybersecurityprogramma's) besteed door VLAIO en FWO, en een paar miljoen per jaar aan Industry 4.0.

Departement EWI

Departement EWI heeft in 2018 in de vier strategische onderzoekscentra **Imec**, **VIB**, **VITO** en **Flanders Make** het volgende geïnvesteerd (Tabel 16).

Tabel 16 Investeringen van EWI in strategische onderzoekscentra

Strategische onderzoekscentrum	Sleuteltechnologieën	Investeringen 2018 ²⁰⁸	Begroting 2019 ²⁰⁹
Imec	Digitale technologieën & Fotonica	€110,2 miljoen	€120 miljoen
VIB	Life science technologieën	€60,5 miljoen	€62 miljoen
VITO	Fotonica & advanced materials & nanotechnologies	€48,9 miljoen	€50 miljoen

²⁰⁹ Interview

Strategische onderzoekscentrum	Sleuteltechnologieën	Investerings 2018 ²⁰⁸	Begroting 2019 ²⁰⁹
Flanders Make	Engineering and Fabrication technologies	€18,7 miljoen	€19 miljoen
Schatting totale investeringen aan de strategische onderzoekscentra			ca. 250 miljoen per jaar

Technopolis Group, 2019

In totaal gaat er dus ongeveer **€250 miljoen** per jaar van EWI naar de **strategische onderzoekscentra**.²¹⁰

Het Vlaamse innovatiebeleid zet in op samenwerking, open innovatie en clustering met als doel om nieuwe initiatieven te laten ontstaan. De Vlaamse overheid heeft zeven transitieprioriteiten gedefinieerd in **Vision 2050: a long term strategy for Flanders**, waaronder circulaire economie, mobiliteit, en Industry 4.0. Het laatste is gericht op het aanpassen van de huidige industrie op nieuwe technologieën, met name digitalisering. Zo wordt aan artificiële intelligentie een impuls gegeven – naar deze technologie gaat de meeste middelen. Hier wordt **€30 miljoen extra** voor uitgetrokken, bovenop wat de Vlaamse overheid jaarlijks aan het agentschap VLAIO en FWO toewijzen aan R&D ter ondersteuning van clusters en onderzoekscentra.²¹¹ De bedoeling is dat deze extra investeringen structureel worden en geen eenmalige impuls zijn. Voor cybersecurity wordt ruim **€20 miljoen extra** geïnvesteerd. Deze programma's zijn in wording en moeten nog invulling krijgen. Ten slotte is Industry 4.0 een langetermijnvisie met een financiering van **een paar miljoen euro per jaar**.²¹²

²¹⁰ Zie: Strategy Smart Specialisation (2018) van EWI en VLAIO

²¹¹ Interview

²¹² Interview

Speerpuntclusters

Speerpuntclusters zijn bedoeld om zich te richten op de lange termijn (10 jaar), volgens samenwerking in de triple helix. De speerpuntclusters zijn: Catalyati, Flanders FOOD, SIM (*gericht op advanced materials technologies*), VIL, Flux50 en Blauwe Clusters. De clusters zijn gekozen op basis van een duidelijke verbinding met regionale sterktes van de Vlaamse industrie en de regionale kennisbasis. De speerpuntclusters ontwikkelen strategische roadmaps, en hebben een centrale rol in het innovatie-ecosysteem. In 2016 en 2017 zijn zes speerpuntclusters geselecteerd die vorm zullen geven aan het clusterbeleid van de Vlaamse Regering door middel van actieve samenwerking tussen de industrie en kennisinstellingen. De speerpuntclusters krijgen werkingsmiddelen van de overheid van een **half miljoen per jaar**.²¹³ Daarnaast krijgen ze jaarlijks gereserveerde middelen speciaal voor de zes clusterinitiatieven. Voor 2019 is er een totaalbedrag van **€78 miljoen** beschikbaar met als doel om innovatie te stimuleren binnen het Vlaamse ecosysteem.²¹⁴ Uiteindelijk moeten de clusters samenwerkingen met bedrijven en kennisinstellingen bewerkstelligen. Die projecten die zij initiëren, worden uitgevoerd door bedrijven samen met kennisinstellingen. De subsidieaanvraag hiervoor wordt bij VLAIO ingediend.

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

De publieke investeringen in sleuteltechnologieën worden via EWI en VLAIO (en FWO) over een aantal speerpuntclusters en onderzoeksprojecten verdeeld die zich richten op verschillende sleuteltechnologieën. Daarbij zijn ook private partijen betrokken.

- **Speerpuntclusters:** krijgen vaste financiële ondersteuning en de industrie is geëngageerd aan financiering. Zij krijgen een deel vast

²¹³ Zie: Strategy Smart Specialisation (2018) van EWI en VLAIO

²¹⁴ Interview

budget en daarnaast genereren ze ook financiering uit projecten met bedrijven. Initiatieven komen op gang vanuit de bedrijfsvraag zelf. Clusters hebben voorwaarden ingebouwd in projecten, waaronder deelname van ten minste drie Vlaamse bedrijven in een project.

- **Onderzoekscentra:** er is een vaste dotatie, zonder oproep en in directe onderhandeling met de Vlaamse overheid via overeenkomsten van 4-5 jaar. Ze krijgen aansturing om zich te linken aan bedrijven, maar dat is niet op projectbasis. Bedrijven hebben zich niet gecommitteerd aan financiering.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Vlaanderen zijn veel grote bedrijven gevestigd. Veel publiek-private samenwerking vindt plaats in de vorm van clusters, namelijk de speerpuntclusters zoals hierboven beschreven. Bijna 1200 bedrijven in Vlaanderen hebben een lidmaatschap betaald voor een speerpuntcluster. Met een steunpercentage van 50% dienen de betrokken bedrijven jaarlijks een equivalent bedrag aan cofinanciering te verzamelen voor de werking van de clusterorganisatie. Hierdoor tracht men een sterke aansturing en commitment door bedrijven te garanderen.²¹⁵

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

De beschikbare investeringen worden per sleuteltechnologie voornamelijk besteed aan *onderzoeksprojecten* en *clusters*. Binnen VLAIO zijn er veel bottom-up-programma's die publiek gefinancierd worden. De helft zijn onderzoeksprojecten (waarbij het hoofdcomponent kennisopbouw is) en de andere helft bestaat uit ontwikkelingsprojecten (waarbij het gaat om kennis opbouwen richting een eindproduct). Hoewel niet de overheid niet direct (up-front) in infrastructuur investeert, investeren de speerpuntclusters daar wel in met middelen die ze van de overheid ontvangen. Imec investeert als strategisch

onderzoekscentrum naast projecten (zoals City of Things proeftuin waaruit projecten worden opgestart) ook in onderzoeksinfrastructuur. VIB investeert in nieuwe technologieën, en verdere uitwerking van programma's, en Flanders Make richt zich op onderzoeksprojecten.

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

Naar verwachting zullen de investeringen in sleuteltechnologieën in de toekomst toenemen. Er zijn langdurige investeringen en langlopende convenanten voor de strategische onderzoekscentra in Vlaanderen die zich richten op sleuteltechnologieën. Ten slotte worden er ook, om in te zetten op slimme specialisatie, plannen opgemaakt voor vier nieuwe beleidsagenda's omtrent digitale technologieën (rondom AI en cybersecurity), die naar verwachting ook publiek investeringsplannen zullen omvatten. In de begrotingsopmaak 2019 werden deze vier beleidsagenda's opgenomen.²¹⁶

Reflectie van Technopolis Group

- In Vlaanderen kiest men in beleid expliciet voor de volgende sleuteltechnologieën: digital technologies, advanced materials technologies, nanotechnologies, life science technologies, engineering and fabrication technologies en photonics and light. Daarbij bouwt men vooral voort op eerdere sterktes.
- In Vlaanderen spelen de vier strategische onderzoekscentra een belangrijke rol in het innovatielandschap. Bij deze SOC's leidt een beperkte basisfinanciering vanuit de overheid tot significante private cofinanciering. Naast de SOC's zijn de speerpuntclusters en innovatieve bedrijfsnetwerken belangrijk op het gebied van sleuteltechnologieën.

²¹⁵ Zie Jaarverslag 2017-2018 van VLAIO







Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

²¹⁶ Zie: Beleidsbrief Werk, Economie, Wetenschap en Innovatie 2018-2019

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën in Zuid-Korea

*Ordegrootte up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën:
Minimaal €1 miljard per jaar*

Basiskenmerken

	BBP:	€25.291 per capita (2017)
	Populatie:	51,5 miljoen inwoners (2017)
	GERD:	4.23% van het BBP (2016)
	BERD:	3.29% van het BBP (2016)
	GvERD:	0.49% van het BBP (2016)
	HERD:	0.39% van het BBP (2016)

Sleuteltechnologieën en beleid

De nationale overheid in Zuid-Korea investeert expliciet in haar beleid in de sleuteltechnologieën: digital technologies, nanotechnologies, chemical technologies, engineering and fabrication technologies en life science technologieën.^{217,218} Daarnaast wordt er ook veel geïnvesteerd in ruimtevaart, specifiek in satellieten en raketten.

Sleuteltechnologieën worden vooral geadresseerd in het *Research en Ontwikkelingsplan voor 2019* van de nationale overheid. Er is geen overkoepelende overheidsstrategie op het gebied van sleuteltechnologieën, maar desondanks worden er regelmatig grote bedragen toegekend aan initiatieven om de ontwikkeling van specifieke ST's te ondersteunen, zoals het *Korean Nanotechnology Initiative*.

Keuze en overwegingen

In Zuid-Korea kiest men in het nationale overheidsbeleid voor vijf sleuteltechnologieën. Hoewel de term sleuteltechnologieën niet gebruikt lijkt te worden om te refereren naar deze technologieën in beleid, staat het ondersteunen van sleuteltechnologieën hoog op het prioriteitenlijstje



²¹⁷ Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2018) Governmental R&D in Korea
Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

²¹⁸ Interview Innovatie Attaché

van de overheid. De belangrijkste overweging die meespeelt bij de keuze voor sleuteltechnologieën door de overheid is het feit dat het land volledig afhankelijk is van haar kenniseconomie. Om die in stand te houden moet het land voorop lopen als het gaat om nieuwe technologie.

Publieke organisaties die in sleuteltechnologieën investeren

In Zuid-Korea speelt met name de nationale overheid (ministeries) een belangrijke rol in beleid en publieke investeringen in sleuteltechnologieën. Daarnaast is er een *National Science and Technology Council*, een adviesorgaan voor de Koreaanse regering met veel invloed.

Belangrijke ministeries zijn het ministerie voor wetenschap en ICT en het ministerie voor handel, industrie en energie (MOTIE). Samen met het ministerie van defensie zorgen deze ministeries voor 60% van de totale publieke investeringen en onderzoek en innovatie.^{219, 220}

Er zijn verschillende nationale onderzoeksinstituten die onderzoek doen op het gebied van sleuteltechnologieën. Deze organisaties kunnen projectvoorstellen indienen op sleuteltechnologieën die gekozen zijn door de overheid. Geld wordt verdeeld door de *National Research Foundation*, onderdeel van het ministerie voor wetenschap en ICT, en het *Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT)*, behorende bij MOTIE.²²¹

²¹⁹ KETs Observatory (2013). Country Report South-Korea

²²⁰ Innovatie Attaché Zuid-Korea

²²¹ De NRF is vergelijkbaar met het Nederlandse RVO. KIAT kan vergeleken worden met de onderzoeksfinancier NWO.

²²² Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2018) Governmental R&D in Korea

²²³ RVO (2018) Artificial Intelligence Holland Innovation Network Special

Omvang huidige publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Wanneer we kijken wat de up-front investeringen zijn, zien we dat het grootste deel van de investeringen voor sleuteltechnologieën naar digital technologies en life science technologies gaat.²²² Het gaat daarbij met name om grote investeringen in een snel mobiel netwerk (5G), kunstmatige intelligentie en big data software. Ook wordt er veel geïnvesteerd in digitale veiligheid en connectiviteit.

Een volledig beeld van de up-front investeringen in sleuteltechnologieën door de Zuid-Koreaanse overheid is lastig te verkrijgen. Een deel van deze publieke investeringen staan weergegeven in onderstaande tabel. In totaal gaat het om minimaal €1 miljard per jaar, maar dat zal hoogstwaarschijnlijk meer zijn.

Tabel 17 Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

Programma	Sleuteltechnologie	Investeringen
AI investeringen	Digitale Technologie	€1 miljard tot 2020 ²²³ (periode onbekend)
AI investeringen		€1,7 miljard over 5 jaar ²²⁴ (dus ca. €340 miljoen per jaar)
5G smart factory alliance	Engineering and fabrication technologies	€1.6 miljard ²²⁵ (periode onbekend)
National Initiative for Platform Economy ²²⁶	Digitale Technologie	€830 miljoen (periode onbekend)

²²⁴ <https://www.opengovasia.com/south-korea-to-invest-2-2-trillion-won-in-bid-to-seize-the-lead-in-ai-technology-by-2022/>

²²⁵ <https://www.rcrwireless.com/20181221/5g/south-korea-develops-plans-create-smart-factories-using-5g>

²²⁶ Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2018) Governmental R&D in Korea

Programma	Sleuteltechnologie	Investerings
	Chemical Technologies	€88 miljoen (periode onbekend)
<i>Schatting totale investeringen</i>		Minimaal €1 miljard per jaar, maar exacte omvang onbekend

Technopolis Group, 2019

Wijze van verdeling van middelen over sleuteltechnologieën

Zoals eerder benoemd worden publieke investeringen in sleuteltechnologieën via de NRF, KIAT en ministeries top-down, via duidelijke kaders verdeeld over de verschillende sleuteltechnologieën. Bedrijven en universiteiten kunnen projectvoorstellen indienen bij deze organisaties. Grote techbedrijven zoals Samsung en LG investeren mee in R&D op het gebied van sleuteltechnologieën, zowel door cofinanciering van publieke investeringen als aan eigen onderzoek.

Vormgeving van publiek-privaat commitment

In Zuid-Korea hebben private partijen zich gecommitteerd aan investeringen in sleuteltechnologieën. Zij leveren een bijdrage aan de investeringen via cofinanciering op projectbasis. Het kan daarbij gaan om individuele grootbedrijven maar ook om consortia van bedrijven, universiteiten en onderzoeksinstellingen. Bedrijven zijn eveneens betrokken bij het opstellen van innovatiebeleid, maar dit wordt achter gesloten deuren gedaan. Het gaat dan vooral over de grote lijnen van het beleid, bedrijven hebben geen invloed op de gehanteerde instrumenten.

In kunstmatige intelligentie wordt, als onderdeel van een roadmap voor AI van de overheid, door bedrijven als Samsung, LG, SK Telecom, KT,

²²⁷ RVO (2018). Holland Innovation Network Special

²²⁸ Zie: <https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd>

Publieke investeringen in sleuteltechnologieën

NAVER en Hyundai Motors €1,9 miljard geïnvesteerd (in de periode tot 2020) in aanvulling op publieke investeringen.²²⁷

Besteding van middelen voor sleuteltechnologieën

Op het vlak van AI worden middelen besteed aan het trainen van AI-specialisten, de ontwikkeling van technologie door het financieren van grote projecten op het gebied van nationale defensie, geneeskunde en de openbare veiligheid. Ook zal er een R&D-wedstrijd worden gestart, zoals DARPA in de VS. Ten slotte zal er worden geïnvesteerd in infrastructuur om de ontwikkeling van startups en MKB's te stimuleren.²²⁸

Toekomstige investeringen in sleuteltechnologieën

Gebaseerd op voorgaande jaren is de verwachting dat de publieke investeringen in sleuteltechnologieën in de aankomende jaren zullen toenemen. Zo gaat in 2019 het algemene R&D-budget van de overheid met 4,5% omhoog.²²⁹ Investeringsplannen van de overheid spannen een termijn van 5 jaar, de huidige plannen lopen tot 2023.

Reflectie van Technopolis Group

- Beleid en publieke investeringen in sleuteltechnologieën worden in Zuid-Korea top-down aangestuurd. Hierover is weinig documentatie beschikbaar.
- Zuid-Korea besteedt echter een veel groter deel van haar BBP aan R&D dan andere landen. Het is waarschijnlijk dat hiervan een groot deel aan sleuteltechnologieën wordt besteed.

²²⁹ Interview Innovatie Attaché

Bijlagen

Gebruikte afkortingen

- BBP = Bruto Binnenlands Product
- BERD = Business enterprise Expenditure on R&D
- GERD = Gross domestic Expenditure on R&D
- GvERD = Government Expenditure on R&D
- HERD = Higher-education Expenditure on R&D
- KET = Key Enabling Technology (ST)
- R&D = Research & Development
- ST = Sleuteltechnologie

Enkele definities van gebruikte indicatoren

- **Gross domestic Expenditure on R&D (GERD)** = de totale uitgaven aan R&D in een land door alle binnenlandse bedrijven, overheden, onderzoekinstellingen, overheidslaboratoria, etc. Het omvat buitenlandse R&D-investeringen in het land, maar omvat niet binnenlandse investeringen in R&D die uitgevoerd worden in het buitenland. Deze indicator wordt uitgedrukt als percentage van het BBP.
- **Government Expenditure on R&D (GvERD)** = het deel van de GERD dat door de publieke sector (overheid) uitgegeven wordt aan R&D. Deze indicator wordt uitgedrukt als percentage van het BBP.
- **Higher-education Expenditure on R&D (HERD)** = het deel van de GERD dat door het hoger onderwijs (universiteiten) uitgegeven wordt aan R&D. Deze indicator wordt uitgedrukt als percentage van het BBP.
- **Business enterprise Expenditure on R&D (BERD)** = het deel van de GERD dat door de private sector (bedrijfsleven) uitgegeven wordt aan R&D. Deze indicator wordt uitgedrukt als percentage van het BBP.

Onderzoeksvragen en methoden

Voor deze internationale vergelijking zijn twee onderzoeksmethoden gebruikt om vijf onderzoeksvragen met bijbehorende deelvragen te beantwoorden. Tabel 18 geeft een overzicht van de onderzoeksvragen, de afbakening daarvan en de gebruikte onderzoeksmethoden per vraag.

Voor de leesbaarheid van dit rapport is ervoor gekozen om de onderzoeksvragen niet telkens terug te laten komen en slechts beperkt te verwijzen naar de gebruikte onderzoeksmethode. In dit rapport zijn de secties binnen de hoofdstukken doorgaans gekoppeld aan een onderzoeksvraag en bevatten de bijbehorende beantwoording.

Tabel 18 Onderzoeksvragen met afbakening en onderzoeksmethoden

#	Onderzoeksvraag	Afbakening	Methoden
Verkennde vragen			
1	Wat is de omvang van de huidige up-front publieke investeringen in sleuteltechnologieën door overheden in focuslanden?	<ul style="list-style-type: none"> • Hierbij beperken we ons tot investeringen in onderzoek en innovatie door nationale overheden (ministeries voor economie, innovatie, wetenschap en – alleen indien openbaar beschikbaar – defensie), en belangrijkste (3 grootste) nationale onderzoeksfinanciers en nationale innovatie-agentschappen. • We kijken dus niet naar investeringen door regionale overheden of de allocatie van middelen door lokale kennisinstellingen. • Wij kijken naar gemiddelde investeringen per jaar en ook langlopende programma's zullen in die eenheid worden 	<ul style="list-style-type: none"> • Deskstudie

#	Onderzoeksvraag	Afbakening	Methoden
		uitgedrukt. Huidige investeringen zullen we baseren op de meest recente data die we voor de focuslanden kunnen verkrijgen, bij voorkeur 2017, 2018 of 2019.	
2	Wat is de omvang van (eventuele) intensivering van up-front investeringen in sleuteltechnologieën door overheden in focuslanden in de komende vijf jaar?	<ul style="list-style-type: none"> We beperken ons tot investeringen in onderzoek en innovatie door nationale overheden, en belangrijkste (3 grootste) nationale onderzoeksfinanciers en nationale innovatie-agentschappen. We kijken niet naar investeringen door regionale overheden of de allocatie van middelen door lokale kennisinstellingen We kijken hierbij naar intensivering van investeringen in sleuteltechnologieën die voorzien zijn voor de periode 2020-2025. 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie
3	Wat is de omvang van de up-front investeringen in sleuteltechnologieën door Europese Commissie?	<ul style="list-style-type: none"> We richten ons op het nieuwe WP van Horizon 2020. Indien mogelijk doen we uitspraken over Horizon Europe, maar waarschijnlijk is het daarvoor nog te vroeg. 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie
3a	Binnen welke beleidscontext investeert de Europese Commissie up-front in sleuteltechnologieën?	<ul style="list-style-type: none"> We richten ons op het nieuwe WP van Horizon 2020. Wij werken de globale beleidscontext uit. De beleidscontext van Horizon Europe is nog niet bekend. 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie Interviews
Verdiepende vragen			

#	Onderzoeksvraag	Afbakening	Methoden
4	Hoe is de verdeling van overheidsmiddelen voor sleuteltechnologieën vormgegeven/georganiseerd in de focuslanden?	<ul style="list-style-type: none"> We noemen voor elk land kort het instrumentarium dat gebruikt wordt om de in kaart gebrachte overheidsmiddelen te verdelen (bijv. d.m.v. oproepen via onderzoeksfinancier of agentschap, directe verdeling onder instituten, via regio's, via PPS-constructies etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie Interviews
4a	Is er in de wijze waarop de verdeling van middelen voor sleuteltechnologieën is georganiseerd in focuslanden sprake van langdurig publiek en privaat commitment in termen van betrokkenheid en middelen?	<ul style="list-style-type: none"> We zullen globaal beschrijven of er sprake is van (vereist) privaat commitment en/of PPS-constructies in de nationale programma's/het nationale innovatiebeleid van onderzochte publieke organisaties. We beperken ons tot het nationale niveau. Waar mogelijk gaan we ook in op de globale wijze waarop het commitment is vormgegeven in betrokkenheid en middelen. We zullen daarbij echter niet gedetailleerd ingaan op de exacte verdeling tussen publieke en private middelen en ook niet over de details van de betrokkenheid. Onder langdurig publiek en privaat commitment verstaan we commitment voor ten minste een regeringsperiode (4-5 jaar). 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie Interviews
4b	Waarom worden de verdeelde up-front middelen ruwweg besteed?	<ul style="list-style-type: none"> Hier gaan we (waar mogelijk) in op de zaken die gefinancierd worden met de middelen, bijv. financiering 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie Interviews

#	Onderzoekvraag	Afbakening	Methoden
		van instituten, faciliteiten, onderzoeksprojecten, publiek-private productontwikkeling (<i>launching customership</i>), ecosysteemversterking, leningen etc. Het is binnen de scope van deze studie waarschijnlijk niet mogelijk om verdelingen van budgetten te geven. We zullen ons dus richten op het type bestedingen.	
5	In hoeverre hebben de focuslanden keuzes gemaakt voor enkele sleuteltechnologieën bij de verdeling van middelen?	<ul style="list-style-type: none"> We bekijken of er een keuze gemaakt is voor één of meerdere sleuteltechnologieën in het land. Waar mogelijk geven we aan op welke technologie(ën) er extra focus ligt. Het is binnen de scope van de opdracht niet mogelijk om informatie over exacte verdelingen van middelen over de sleuteltechnologieën te garanderen. 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie Interviews
5b	Welke relevante overwegingen hebben een rol gespeeld bij de selectie van sleuteltechnologieën?	<ul style="list-style-type: none"> Wij kijken naar de belangrijkste overwegingen per land, en we kijken of hier structuren in te zien zijn. 	<ul style="list-style-type: none"> Deskstudie Interviews

Technopolis Group, 2018

Lijst van geïnterviewde en geraadpleegde personen

Focusland	Organisatie	Naam
Duitsland	Innovatie Attachés	Bart Sattler
		Lars Kramer
Denemarken	Innovation Fund Denmark	Tore Duvold
EU	Technopolis Group	Kincsö Izsak
Frankrijk	Paris Region Entreprises	Thomas Fauvel
	Technopolis Group	Patrick Eparvier
Japan	Innovatie Attachés	Rob Stroeks
		Jan-Hein Christoffels
Nederland	Ministerie van EZK	René Bok
		Marnix Muller
		Richard Roemers
Singapore	Innovatie Attachés	Natalia Koot
		Astrid Seegers
Verenigd Koninkrijk	Innovatie Attachés	Martijn Verwegen
Verenigde Staten	Innovatie Attachés	Robert-Jan Brooijmans
		Ulrich Mans
Vlaanderen	VLAIO	Luc de Buyser
	EWI	Tom Tournicourt
Zuid-Korea	Innovatie Attaché	Peter Wijlhuizen

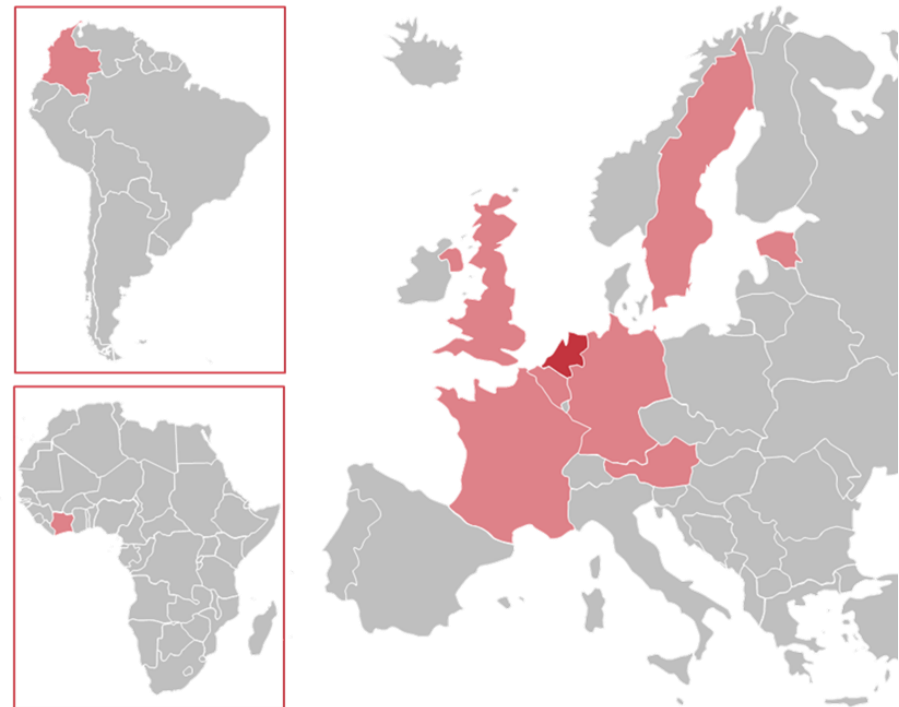
Over Technopolis Group

Sinds onze oprichting in 1989, is Technopolis Group hét adviesbureau voor vragen op het gebied van wetenschap, technologie en innovatie in Europa. Onze klanten bevinden zich op het snijvlak tussen overheid, onderzoek, onderwijs en ondernemen. Met onze gedegen adviezen dragen we bij aan een sterk en goed geïnformeerd onderzoeks- en innovatiebeleid in Europa en in opkomende economieën. Dat doen we als internationaal adviesbureau vanuit tien Europese kantoren, een Latijns Amerikaans kantoor in Colombia en een Afrikaans kantoor in Ivoorkust.

 www.technopolis-group.com

 [@TechGroup89](https://twitter.com/TechGroup89)

 www.linkedin.com/company/technopolis-group



Abidjan | Amsterdam | Berlijn | Bogota | Brighton | Brussel | Frankfurt/Main | Londen | Parijs | Stockholm | Tallinn | Wenen

technopolis |group| The Netherlands
Spuistraat 283
1012 VR Amsterdam
The Netherlands
T +31 20 535 2244
F +31 20 428 9656
E info.nl@technopolis-group.com
www.technopolis-group.com