

Brabant in goede positie om sleuteltechnologieën verder te ontwikkelen

De Nederlandse overheid zet de komende jaren in op tien strategische technologieën om onder andere het toekomstige verdienvermogen te versterken. Maar hoe kansrijk is Nederland op deze gebieden? Een analyse van de (internationale) positie van Nederlandse regio's aan de hand van patentdata.

IN HET KORT

- Het Nederlandse aandeel in de mondiale patenten rond de tien sleuteltechnologieën is de afgelopen jaren fors gedaald.
- Toch is Noord-Brabant bijzonder goed gepositioneerd; de verdere uitbouw van die positie vraagt om regionaal beleid.
- Een aantal gekozen sleuteltechnologieën lijkt minder kansrijk, zowel qua aanwezige competenties als qua verdienvermogen.

PIERRE-ALEX BALLAND

Universitair
hoofddocent aan
de Universiteit van
Utrecht (UU)

RON BOSCHMA

Hoogleraar aan
de UU en aan de
Universiteit van
Stavanger

De data-analyse
is gefinancierd
door het ministerie
van Economische
Zaken

Nederland heeft eerder dit jaar tien strategische technologieën tot speerpunten aangewezen in het kader van het nationale technologiebeleid (MinEZK, 2024), zie kader 1.

Deze sleuteltechnologieën worden geacht een bijdrage te leveren aan een verscheidenheid aan beleidsdoelstellingen, zoals versterking van de concurrentiekracht van Nederland, bescherming van de nationale veiligheid, en het aanpakken van maatschappelijke uitdagingen, zoals de groene transitie.

Dat de Nederlandse overheid werk maakt van deze tien technologieën komt niet uit de lucht vallen, want de Nederlandse positie in deze technologieën staat sterk onder druk. Dat blijkt uit een analyse van het aandeel patenten in deze sleuteltechnologieën (figuur 1). In alle technologieën is het aandeel van Nederland in het mondiale aantal patenten in de periode 2000–2023 sterk afgenomen. De relatieve achteruitgang van

Nederland gaat het hardst in Beeldvormingstechnologie, (Opto)mechatronica, en Quantum.

De relatieve achteruitgang in het mondiale aantal patenten heeft met name te maken met de snelle opkomst van China als technologische grootmacht. Dat land heeft het eigen aandeel spectaculair zien stijgen in met name de afgelopen tien jaar: terwijl het land tot deze eeuw nog nauwelijks een rol speelde, heeft het inmiddels in vrijwel alle tien van de onderzochte sleuteltechnologieën een wereldwijd aandeel van meer dan 25 procent.

In de periode 2021–2023 was het Nederlandse patentaandeel in de tien sleuteltechnologieën nog maar gering. Procestechnologie (waaronder procesintensificatie) en Beeldvormingstechnologie scoren nog relatief het best, met een wereldwijd aandeel van respectievelijk 3,4 en 2,8 procent.

Dat de Nederlandse positie in bijna alle tien sleuteltechnologieën internationaal beperkt is en onder druk staat, betekent niet per se dat Nederland kansloos is. Het is veelal mogelijk om bepaalde sleuteltechnologieën verder te ontwikkelen, en gericht beleid kan daarbij helpen (Boschma, 2017; Balland et al., 2019).

Een regio kan echter niet zomaar in elke gewenste richting technologie ontwikkelen. Niet iedere regio heeft de vereiste competenties in huis om zich te ontpoppen tot het nieuwe Silicon Valley, of technologisch leider te worden in de digitale of groene transitie (Bachtrögler-Unger et al. 2023). En technologieën ontstaan niet vanuit het niets, maar komen doorgaans tot bloei wanneer ze kunnen voortbouwen op bestaande competenties in de regio (Boschma, 2017; Balland et al., 2019). Beleid dat sterk inzet op technologieën waarvoor een regio geen enkele relevante kennis en ervaring tot zijn beschikking heeft, is doorgaans tot mislukken gedoemd (Balland et al., 2019).

Wat echter opvalt is dat bij het aanwijzen van de sleuteltechnologieën nauwelijks aandacht lijkt te zijn geweest voor het feit dat technologie-ontwikkeling doorgaans op regionaal niveau plaatsvindt. Het risico is dat alle Nederlandse regio's inzetten op de sleuteltechnologieën, terwijl slechts een deel van de regio's daarin echt kansrijk is, wat kan leiden tot een lagere effectiviteit van het beleid en verspilling van (publieke) middelen.

In dit artikel brengen we daarom in kaart in hoeverre regio's in Nederland beschikken over relevante competenties in de tien sleuteltechnologieën. Bovendien kijken we in hoeverre Nederlandse regio's hun potentieel in een sleuteltechnologie al hebben benut in vergelijking met andere regio's in Europa. De analyse doen we op provincieniveau.

Methoden en data

Om te analyseren hoe kansrijk de Nederlandse provincies zijn in de tien sleuteltechnologieën, kijken we zowel naar de mate waarin hun huidige competenties gerelateerd zijn aan de competenties die nodig zijn voor de

sleuteltechnologieën als naar hoeveel verschillende competenties de sleuteltechnologie vereist (de complexiteit van de technologie). De aanname is dat de kans dat een regio een technologie succesvol ontwikkelt groter is naarmate de regio al meer over de vereiste competenties beschikt én het aantal competenties dat moet worden gecombineerd kleiner is (Balland en Boschma, 2022).

Gerelateerdheid

Naarmate de vereiste competenties voor een sleuteltechnologie meer gerelateerd zijn aan de bestaande competenties in een regio, zal een regio de sleuteltechnologie tegen lagere kosten en minder inspanningen kunnen ontwikkelen.

Gerelateerdheid wordt gemeten in twee stappen (Hidalgo et al., 2007; Boschma, 2017). Ten eerste worden technologieën gekenmerkt als gerelateerd aan elkaar wanneer deze competenties gemeen hebben. Dit wordt berekend aan de hand van het aantal keren dat technologieën samen worden genoemd op een patentdocument. Dat doen we aan de hand van patentdata

De tien sleuteltechnologieën

Het kabinet zet in op de volgende technologieën (MinEZK, 2024):

1. Optische systemen & geïntegreerde fotonica (*Optical systems & integrated photonics*)
2. Quantum
3. Procestechnologie waaronder procesintensificatie (*Process technology, including process intensification*)
4. Biomoleculaire & celtechnologie (*Biomolecular & cell technologies*)
5. Beeldvormingstechnologie (*Imaging technologies*)
6. (Opto)mechatronica (*Mechatronics & optomechatronics*)
7. Kunstmatige intelligentie & datawetenschap (*Artificial intelligence & data science*)
8. Energiematerialen (*Energy materials*)
9. Halfgeleiders (*Semiconductors*)
10. Cyberveiligheid (*Cybersecurity*)

Geïntegreerde fotonica is de technologie die geavanceerde optische systemen integreert in één fotonische chip. Er bestaan talrijke toepassingen, onder meer in lithografische systemen voor de halfgeleiderindustrie, draadloze optische communicatie en medische apparatuur.

Bij de sleuteltechnologie Quantum gaat het om supersnelle computers, veilige communicatie over lange afstand en supernauwkeurige metingen.

Bij Procestechnologie (waaronder procesintensificatie) gaat het om het ontwerpen van groene chemische productieprocessen waarbij onder andere gebruik wordt gemaakt van duurzame, biologische grondstoffen.

Biomoleculaire & celtechnologie is een veld in de biotechnologie, gericht op ontwikkelingen op het gebied van cellen en moleculen, zoals RNA en eiwitten/metabolieten. Talrijke toepassingen vinden onder meer plaats in de gezondheidszorg, zaadveredeling, voedselindustrie en de (bio-)chemische industrie.

De sleuteltechnologie Beeldvormingstechnologie maakt het mogelijk om beelden te genereren, te analyseren, te visualiseren en te dupliceren. Toepassingen vinden onder andere plaats in de medische sector (scanners), de landbouw en in de veiligheidssector.

Bij Mechatronica & optomechatronica gaat het om het ontwerpen van complexe systemen en gerelateerde besturings- en regeltechnieken. Optomechatronica betreft specifiek de integratie van optische technologie in zulke systemen. Toepassingen vinden hun

weg in onder meer de halfgeleiderindustrie, 3D-printen, medische apparatuur, lucht- en ruimtevaartindustrie, en robotica.

Kunstmatige intelligentie & datawetenschap is een systeemtechnologie die grote hoeveelheden data verwerkt en modellen laat leren om onder meer generatieve taken uit te voeren. Generatieve AI produceert automatisch content op basis van bestaande data. Bij datawetenschap gaat het om het verzamelen, verwerken en exploiteren van gegevens om tot nieuwe inzichten te komen.

De sleuteltechnologie Energiematerialen behelst technologie om in materialen duurzame energie op te slaan en te converteren. Dit is cruciaal voor onder andere batterijtechnologie, waterstof en warmteopslag.

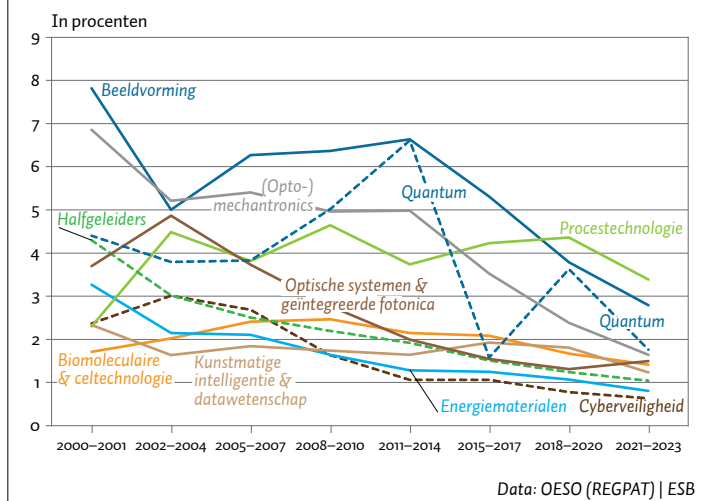
Halfgeleiders betreft een sleuteltechnologie die micro-componenten voor een chip ontwikkelt en dit integreert in producten en systemen. Er bestaan talrijke toepassingen in onder andere de auto-industrie, de medische sector, de computerindustrie en de communicatiesector.

Bij Cyberveiligheid gaat het om technologieën die erop zijn gericht om schade te voorkomen of te herstellen bij storing, uitval of misbruik van een informatiesysteem.

KADER 1

Aandeel Nederland in totaal aantal patenten in de tien sleuteltechnologieën

FIGUUR 1



uit de REGPAT-database van de OESO. Zo bepalen we voor elke sleuteltechnologie de gerelateerdheid aan andere technologieën.

Ten tweede wordt bepaald in hoeveel van de aan de sleuteltechnologie gerelateerde technologieën een regio is gespecialiseerd. De patent-data van de OESO bevatten gedetailleerde informatie over talrijke technologieën, waardoor we de tien geselecteerde sleuteltechnologieën zeer precies konden afbakenen. De locatie van het patent is bepaald op basis van het adres van de uitvinder. Hoe meer een sleuteltechnologie gerelateerd is aan bestaande technologieën in een regio, hoe meer het kan voortbouwen op relevante kennis en ervaring in de regio, hoe lager de kosten voor de regio om deze te ontwikkelen.

De gerelateerdheid rond een sleuteltechnologie in een regio wordt gemeten door de som van de gerelateerdheid van de sleuteltechnologie met alle andere technologieën waarin de regio is gespecialiseerd te delen door de som van gerelateerdheid van de sleuteltechnologie met alle technologieën in Europa. Een regio is gespecialiseerd in een sleuteltechnologie als het aandeel van patenten in een sleuteltechnologie in het totale aantal patenten in de regio groter is dan het aandeel van patenten in die sleuteltechnologie in het totale aantal patenten in Europa.

Complexiteit

Naast de aanwezigheid van relevante competenties is ook de complexiteit van een sleuteltechnologie van

belang. Kenmerk van een complexe technologie is dat het veel verschillende competenties combineert (Fleming en Sorensen, 2001). Hoe meer competenties er bij elkaar moeten worden gebracht, hoe complexer een sleuteltechnologie is, en hoe moeilijker het voor een regio is om deze sleuteltechnologie tot ontwikkeling te brengen. Naarmate een sleuteltechnologie complexer is, is de technologie echter ook moeilijker te kopiëren door andere regio's, wat kan bijdragen aan het verdienvermogen van de regio.

We volgen de methode van Hidalgo en Hausmann (2009) om te bepalen hoe complex een sleuteltechnologie is. Ten eerste wordt gekeken naar het aantal regio's in Europa dat gespecialiseerd is in een sleuteltechnologie (Balland et al., 2019). Hoe minder regio's een dergelijke specialisatie hebben, hoe complexer de sleuteltechnologie geacht wordt te zijn. Ten tweede wordt gekeken naar het aantal technologieën waarin een regio is gespecialiseerd. Hoe meer een sleuteltechnologie is geconcentreerd in regio's met een hoge diversiteit aan technologieën, hoe complexer de sleuteltechnologie verondersteld wordt te zijn.

Belangrijk om te vermelden is dat we de complexiteitsscore relatief gemaakt hebben: de score geeft de mate van complexiteit ten opzichte van andere sleuteltechnologieën. Op die manier kunnen we de complexiteit van deze tien technologieën onderling goed vergelijken.

Potentieel in sleuteltechnologieën

In tabel 1 is af te lezen hoe de twaalf Nederlandse provincies scoren op gerelateerdheid voor de tien sleuteltechnologieën in de periode 2018–2023, en of dat meer of minder complexe sleuteltechnologieën betreft. In de tabel wordt de complexiteit van sleuteltechnologieën gerangschikt van hoog naar laag: (Opto)mechatronica wordt als eerste in de tabel gepresenteerd, omdat deze sleuteltechnologie relatief het hoogst scoort op complexiteit. Energiematerialen is de minst complexe sleuteltechnologie van de tien, en wordt daarom als laatste gepresenteerd.

Wat opvalt in tabel 1 is dat relevante competenties in elke sleuteltechnologie zeer ongelijk zijn verdeeld over de regio's. Noord-Brabant is de enige provincie die relevante competenties in huis heeft op het gebied van Optische systemen & geïntegreerde fotonica. Noord-Brabant deelt relevante competenties met Noord-Holland op het gebied van Beeldvormingstechnologie, (Opto)mechatronica en Kunstmatige intelligentie &

Relevante competenties Nederlandse provincies in tien sleuteltechnologieën

TABEL 1

	(Opto-)mechatronica	Kunstmatige intelligentie & datawetenschap	Beeldvormingstechnologie	Cyberveiligheid	Optische systemen & geïntegreerde fotonica	Halfgeleiders	Quantum	Biomoleculaire & celtechnologie	Processtechnologie	Energie-materialen
Groningen	10,8	14,3	15,7	4,0	17,3	19,3	19,1	86,6	70,8	21,1
Friesland	17,7	17,7	18,8	12,3	12,9	13,5	19,3	42,5	63,1	43,2
Drenthe	10,8	10,9	12,4	8,5	0,5	10,6	2,1	65,9	58,2	10,0
Overijssel	15,6	8,7	15,3	10,6	38,9	26,2	13,2	25,8	40,1	50,5
Gelderland	9,8	6,3	7,1	4,5	13,6	13,6	8,2	84,9	82,1	22,4
Flevoland	8,8	4,6	8,9	3,1	22,8	40,2	21,8	32,9	30,8	16,8
Utrecht	11,1	12,3	14,7	6,5	19,7	13,6	21,8	80,9	67,7	27,2
Noord-Holland	53,5	60,6	58,0	38,7	26,0	26,7	24,6	80,2	58,7	35,7
Zuid-Holland	23,6	19,9	30,4	9,8	26,7	52,2	53,9	81,0	64,8	44,4
Zeeland	7,8	4,4	7,4	3,5	19,8	15,9	10,5	14,8	29,4	32,2
Noord-Brabant	58,6	62,5	71,8	34,6	56,8	47,5	48,2	8,6	4,1	14,2
Limburg	9,3	6,9	7,5	6,8	31,8	40,9	18,2	50,2	78,6	45,2

Noot: De dikgedrukte blauwe cijfers tonen de hoge gerelateerdheidsscores (>45). De sleuteltechnologieën in de tabel zijn gerangschikt op de mate van hun complexiteit: (opto)mechatronica is de meeste complexe technologie van de tien sleuteltechnologieën, en Energiematerialen de minst complexe.

ESB

datawetenschap, en het heeft met Zuid-Holland relevante competenties in Quantum gemeen.

Opvallend is dat geen enkele provincie over relevante competenties beschikt in Cyberveiligheid. Deze sleuteltechnologie lijkt daarom weinig kansrijk in Nederland.

Wat tot slot in het oog springt, is dat Noord-Brabant en Noord-Holland kansrijk zijn in de meest complexe sleuteltechnologieën. Daarentegen hebben juist veel provincies in Nederland relevante competenties in de minder complexe sleuteltechnologieën, zoals Processtechnologie (waaronder procesintensificatie), Biomoleculaire & celtechnologie en Energiematerialen. Relatief veel provincies lijken dus gespecialiseerd in minder complexe sleuteltechnologieën die relatief makkelijker zijn te ontwikkelen.

Ook comparatieve voordelen

Noord-Brabant is dus de technologie-regio van Nederland bij uitstek: in zes van de tien sleuteltechnologieën beschikt het over gerelateerde technologische competenties. Gunstig is bovendien dat alle zes de technologieën ook relatief complex zijn. Dat biedt perspectief met het oog op het verdienvermogen als de provincie erin slaagt haar technologische kansen te benutten.

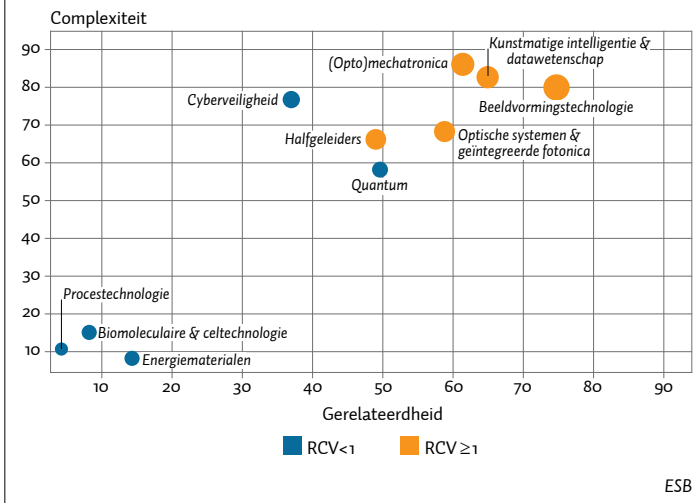
In hoeverre heeft Noord-Brabant het aanwezige potentieel voor de sleuteltechnologieën tot dusver al weten aan te boren? Om dat te bepalen, kijken we naar de relatieve specialisatie van de regio ten opzichte van alle Europese regio's. Dat doen we door het aandeel regionale patenten in een sleuteltechnologie als fractie van het totale aantal patenten in de regio te delen door het aandeel van alle Europese patenten in die sleuteltechnologie als fractie van het totale aantal patenten in Europa. Als dit 'relatieve comparatieve voordeel' (RCV) hoger is dan één, is een regio relatief gespecialiseerd in een sleuteltechnologie.

Wat dan opvalt is dat Noord-Brabant in vijf van de zes complexe sleuteltechnologieën waarvan de vereiste competenties nauw aansluiten bij de bestaande competenties, op dit moment ook een relatief comparatief voordeel heeft in Europa (figuur 2). Terwijl Nederland over het algemeen dus een relatief klein aandeel heeft in de mondiale patenten, heeft de provincie Noord-Brabant juist een relatief belangrijke positie weten op te bouwen in Europa op vijf van de uitverkoren sleuteltechnologieën

In de Beeldvormingstechnologie steekt Noord-Brabant er in Europa zelfs met kop en schouders bovenuit: de RCV-score is veel hoger dan van andere regio's

Kansen voor Noord-Brabant in de tien sleuteltechnologieën

FIGUUR 2



(deze RCV-scores worden niet getoond in dit artikel, maar zijn opvraagbaar bij de auteurs). Een aantal Duitse en Franse regio's volgt op grote afstand. Noord-Brabant staat ook op plek 1 in Europa op het gebied van de (Opto)mechatronica. Verder behoort de regio tot de Europese koplopers in Kunstmatige intelligentie & datawetenschap en Optische systemen & geïntegreerde fotonica. Wat betreft Halfgeleiders hebben andere Europese regio's ook goede kaarten.

Ook andere regio's in Nederland hebben een relatief gunstige positie te opzichte van andere Europese regio's. Zo is Zuid-Holland leidend in Europa op gebied van Quantum, ook een relatief complexe technologie. En Limburg neemt een vooraanstaande Europese positie in op het gebied van Procestechnologie. Deze technologie is echter wel relatief beperkt complex, waardoor Limburg kwetsbaar is voor concurrentie uit andere regio's die deze technologie eveneens relatief makkelijk kunnen ontwikkelen.

In sleuteltechnologieën als Energiematerialen, Biomoleculaire & celtechnologie en Cyberveiligheid lopen Nederlandse regio's daarentegen achter op veel Europese regio's, zoals Île-de-France, Oberbayern en Inner London.

Energiematerialen en Biomoleculaire & celtechnologie zijn bovendien relatief laag-complexe technologieën, wat de vraag oproept hoe nuttig het is om hier op in te zetten. Bij Cyberveiligheid is de complexiteit

hoger, maar lijkt de kans op succes beperkt vanwege de beperkte competenties op dit gebied in Nederland. Vanuit een strategisch autonomieperspectief kan het ontwikkelen van deze technologie uiteraard relevant zijn, maar men zou er hier ook op kunnen mikken dat andere Europese regio's hun competenties hierop uitbouwen.

Meer samenwerken met in Europa

Om de sleuteltechnologieën waar Nederlandse regio's gespecialiseerd in zijn op een hoger plan te krijgen, kan ook samengewerkt worden met andere regio's in Europa. Regio's bouwen niet alleen voort op eigen competenties bij de ontwikkeling van nieuwe sleuteltechnologieën: door bijvoorbeeld samen te werken in onderzoek, kunnen ze ook gebruikmaken van relevante competenties die in andere regio's aanwezig zijn. Hier valt doorgaans nog veel te winnen: de Europese regio's blijken wel samen te werken met andere regio's in het eigen land, maar niet of nauwelijks met regio's buiten de eigen landsgrenzen waar juist veelal het meest te halen valt (Bachtrögler-Unger et al. 2023). Europa, en ook Nederland, laat hier kansen liggen.

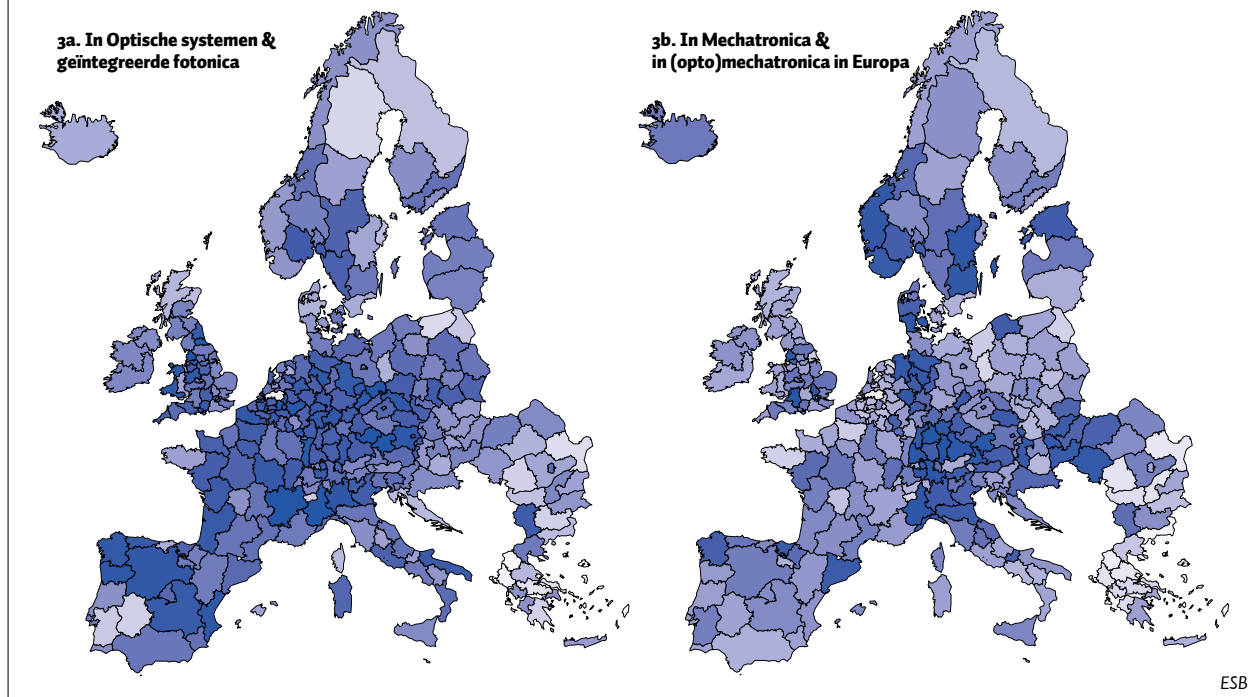
Er wordt in de Nationale Technologiestrategie dan ook terecht gesteld dat internationale samenwerking essentieel is voor de ontwikkeling van de sleuteltechnologieën. Er wordt echter voorbijgegaan aan de vraag wie in Europa en daarbuiten wat kan betekenen om deze sleuteltechnologieën in Nederland op een hoger plan te krijgen. Samenwerking met andere regio's is uitsluitend nuttig als de regionale competenties op elkaar aansluiten: niet elke kennisrelatie met een andere regio is relevant (Balland en Boschma, 2021).

De aansluiting van de kennis in elke Nederlandse provincie bij die in andere regio's kan voor elke sleuteltechnologie worden gemeten (Balland en Boschma, 2021). Dit levert informatie op die elke provincie kan gebruiken om relevante partners in Europa te selecteren waarmee een weloverwogen samenwerkingsverband kan worden aangegaan.

Figuur 3a toont bijvoorbeeld dat veel regio's in Europa iets zouden kunnen betekenen voor Noord-Brabant bij het verder uitbouwen van Optische systemen & geïntegreerde fotonica, waaronder Noord-Holland, maar ook Oberbayern in Duitsland en Rhône-Alpes en Île-de-France in Frankrijk. Wat betreft (Opto)mechatronica kan Noord-Brabant bijvoorbeeld wat halen uit de samenwerking met regio's in Zuid-Duitsland en Noord-Italië (figuur 3b).

Regio's in Europa met kennis complementair aan die van Noord-Brabant

FIGUUR 3



Conclusie en implicaties

Voor succesvol technologiebeleid is het van belang dat beleidsmakers bestaande competenties in een regio als uitgangspunt nemen. Sommige sleuteltechnologieën uit de Nationale Technologiestrategie lijken wat dat betreft goed gekozen omdat ze behoorlijk kansrijk zijn, ondanks de toenemende concurrentie wereldwijd, vanuit met name China. Maar een aantal geselecteerde sleuteltechnologieën lijken minder kansrijk en roepen vragen op.

Het is bovendien cruciaal dat de nationale strategie een sterk regionale invulling krijgt. De relevante competenties voor veel van de sleuteltechnologieën zijn lang niet in alle Nederlandse regio's voorhanden, maar zijn vaak sterk geconcentreerd in een of enkele provincies, en dan veelal in Noord-Brabant. Het heeft dus geen zin als andere regio's op deze technologieën inzetten. En in de gespecialiseerde regio's is het zaak om maatwerk te leveren, bijvoorbeeld wat betreft knelpunten, zoals tekorten aan technologisch personeel.

Tot slot is het essentieel om samenwerkingsrelaties met regio's in het buitenland aan te gaan: er is daar veel te halen voor Nederlandse regio's, maar die samenwerking lijkt nog te weinig te worden benut.

Literatuur

- Bachtröglger-Unger, J., P.-A. Balland, R. Boschma en T. Schwab (2023) *Technological capabilities and the twin transition in Europe: Opportunities for regional collaboration and economic cohesion*, Bertelsmann Stiftung, Berlin, 82 pp.
- Balland, P. en R. Boschma (2021) Complementary inter-regional linkages and Smart Specialisation. An empirical study on European regions, *Regional Studies* 55(6), 1059–1070.
- Balland, P.-A. en R. Boschma (2022) Nieuwe methode brengt kansen op regionale vernieuwing in kaart. *ESB*, 107(4811S), 68–73.
- Balland, P.-A., R. Boschma, J. Crespo en D. Rigby (2019) Smart specialization policy in the EU: Relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, 53(9), 1252–1268.
- Boschma, R. (2017) Relatedness as driver behind regional diversification: a research agenda. *Regional Studies*, 51(3), 351–364.
- Fleming, L. en O. Sorenson (2001) Technology as a complex adaptive system: Evidence from patent data. *Research Policy*, 30(7), 1019–1039.
- Hidalgo, C. en R. Hausmann (2009) The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 10570–10575.
- Hidalgo, C.A., B. Klinger, A.-L. Barabási en R. Hausmann (2007) The product space conditions for the development of nations. *Science*, 317(5837), 482–487.
- MinEZK (2024) *De Nationale Technologiestrategie: Bouwstenen voor strategisch technologiebeleid*. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, januari.