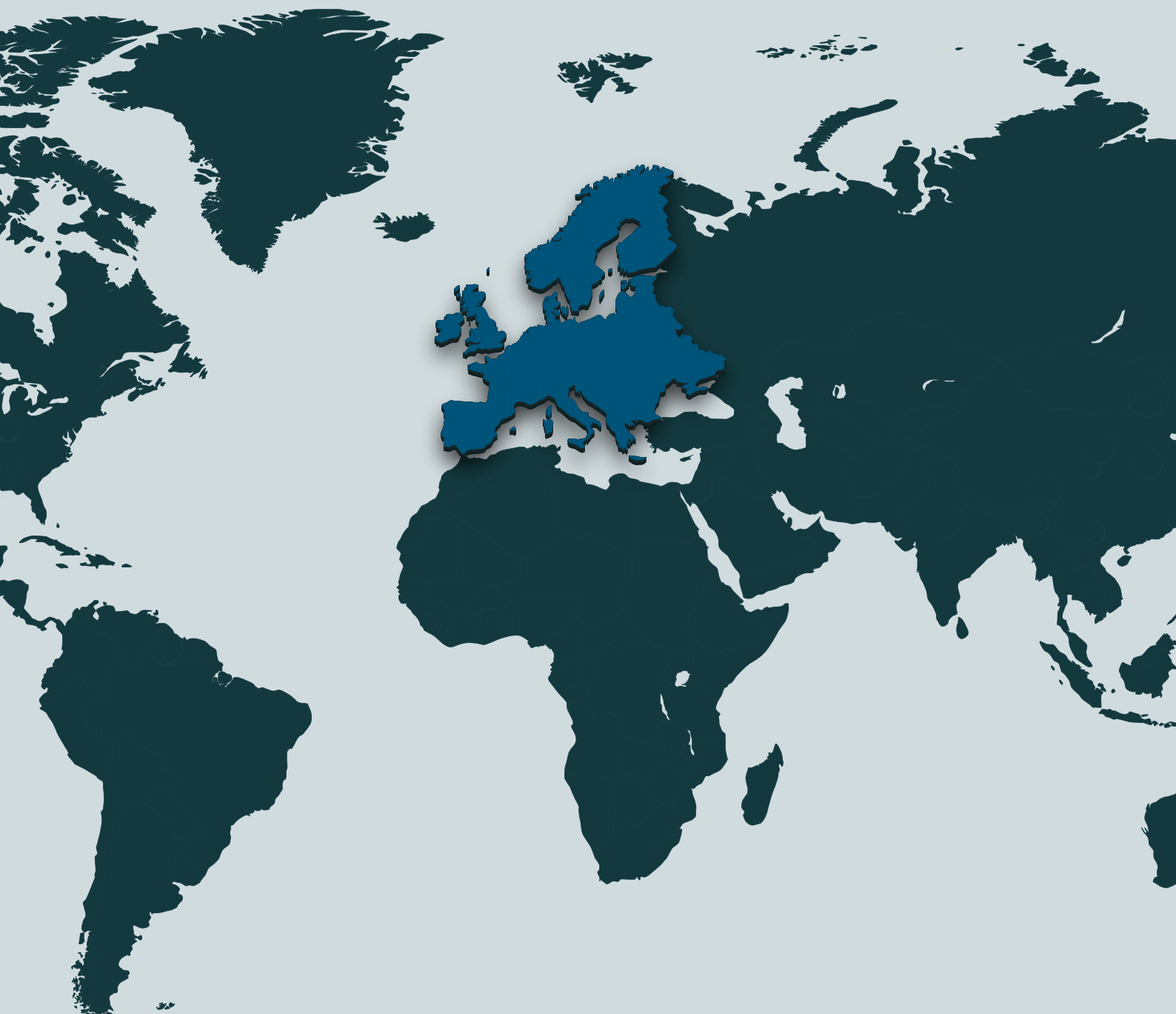




ATV

Kritiske teknologier

Globale hotspots, europæiske perspektiver, danske muligheder



Indhold

Forord	3
Executive summary	4
Om Guide til et resilient Danmark	6
KAPITEL 1: Teknologi som strategisk politikområde	7
KAPITEL 2: Europas udfordringer set i et dansk perspektiv	15
KAPITEL 3: Hotspots for EU's kritiske teknologier	21
KAPITEL 4: Perspektiver på en dansk teknologistrategi	46

Rapporten er udarbejdet i samarbejde med Teknologisk Institut som en del af ATV's projekt 'Guide til et resilient Danmark'.

GUIDEKOMITÉEN FOR GUIDE TIL ET RESILIENT DANMARK: **Charlotte Rønhof** (formand), professionelt bestyrelsesmedlem, **Claus Crone Fuglsang** (næstformand), Executive Vice President, Novonosis, **Carsten Orth Gaarn-Larsen** (2. næstformand), koncerndirektør, DTU, **Anna Haldrup**, institutleder, Københavns Universitet, **Astrid Haug**, digital rådgiver, Astrid Haug Bureau, **Eskild Holm Nielsen**, dekan, AU, **Lars Enevoldsen**, Chief Digital Officer, AVK Holding, **Lisbeth Knudsen**, strategidirektør, Altinget og Mandag Morgen, **Mads Søndergaard**, koncerndirektør, NIRAS, **Mette Juhl Jørgensen**, direktør, Plus Solutions, **Michael Hauschild**, professor, DTU Sustain, **Michael Lumholt**, founder, Lumholt Space Technologies, **Mikkel Bohm**, direktør, Astra, **Søren Riis**, Vice President, Cochlear, **Thomas Bech Hansen**, Executive Vice President, FORCE Technology

ATV'S SEKRETARIAT: Ansvarshavende redaktør: **Lia Leffland**, akademidirektør; redaktør: **Bjarke Wiegand**, chefkonsulent; journalist: **Mette Tolling**, kommunikationskonsulent; korrektur: **Lise Thurmann**, chefsekretær

DESIGN OG PRODUKTION: Westring kbh

Copyright: ATV, Akademiet for de Tekniske Videnskaber, november 2024

ISBN: 87-7836-139-7
EAN: 978-87-7836-139-4

FORORD

Wakeupcall fra en uforudsigelig verden

Er der en ting, vi med sikkerhed kan forudsige, så er det, at den uforudsigelighed, der har præget de seneste fire år, fortsætter de næste fire.

Lige siden 2020 har den ene verdensforandrende begivenhed afløst den anden. Ingen havde i 2020 forudset coronapandemien. I 2022 havde ingen forudset Ruslands invasion af Ukraine. Og ingen havde i 2023 forudset Hamas' angreb på Israel og den voldsomme eskalering af mellemøstkonflikten.

Begivenhederne har skabt massivt røre i det geopolitiske magtspil og sat resiliens – herunder afhængigheder i energi- og forsyningskæder – øverst på dagsordenen i de fleste nationer. Med Donald Trump som USA's næste præsident bliver denne uforudsigelighed næppe mindre de næste fire år.

Udviklingen er et wakeupcall til Europa om at opprioritere sin fremadrettede økonomi, sikkerhed og resiliens. Her bliver teknologi afgørende.

Teknologi skal bidrage til at reducere verdens afhængighed af knappe ressourcer samt af nationer, der råder over disse. Teknologi skal sikre nationer mod militære trusler og angreb. Teknologi skal bidrage til en bæredygtig fremtid, hvor verdens udvikling sker med respekt for jordklodens ressourcer. Og teknologiske løsninger skal bidrage til at sikre nationers konkurrencekraft og økonomi.

Dette er bagtæppet for denne rapport, der er et vink med en vognstang til Christiansborg om for alvor at sætte teknologi på den politiske dagsorden – konsekvent og langsigtet.

Rapporten bekræfter en voksende, global konkurrence om at dominere udviklingen af "kritiske" teknologier. Og

den dokumenterer, at Europa – herunder Danmark – sækker stadig længere bagud i denne konkurrence.

Inden for de 10 teknologiområder, som EU-Kommissionen har udpeget som "kritiske" for unionens sikkerhed og konkurrenceevne, kortlægger rapporten en kraftig, global vækst i forskning og innovation. Tallene afslører imidlertid, at væksten primært er drevet af USA og Kina, mens Europa, inden for alle områder, falder længere og længere bagud.

Europas svækkede konkurrenceevne har sat såvel EU som Storbritannien i alarmberedskab.

I rapporten dokumenterer vi, at begge regioner, som konsekvens, har sat teknologi øverst på den politiske agenda og i dag opererer med strategier, der skal opbygge kapacitet inden for kritiske teknologiområder. Det samme har Holland, mens Sverige er i fuld gang med at definere og udvikle en strategi for teknologier, der er kritiske for Sverige.

ATV har længe påtalt nødvendigheden af, at Danmark også får en teknologistrategi. Allerede i 2020 dokumenterede ATV med rapporten "Verdens førende tech-regioner", at Danmark mister konkurrencekraft på sine styrkeområder og har behov for at gear op for teknologisk innovation.

Med denne rapport understreger vi alvoren af denne opfordring.

ATV ser det som helt afgørende for Danmarks fremadrettede økonomi, sikkerhed og resiliens, at Danmark nu lægger en strategi for, hvordan vi vil spille ind i den globale konkurrence om at præge udviklingen af fremtidens, kritiske teknologiområder.

Lia Leffland
Akademidirektør, ATV

Charlotte Rønhof,
Formand for ATV's guidekomité

Carsten Toft Boesen,
Præsident for ATV

Executive summary

Denne rapport analyserer Europas innovationskraft inden for 10 kritiske teknologiområder. Rapporten er baseret på en global hotspotanalyse af forsknings- og innovationsaktiviteter samt en studietur til London og Bruxelles i regi af ATV's projekt: "Guide til et resilient Danmark".

Europa er markant bagud inden for teknologifelter, der er kritiske for Europas økonomi og sikkerhed!

Det er konklusionen på denne rapport, der også understreger, at det er kritisk nødvendigt for Danmark at forholde sig til den tiltagende, globale teknologikonkurrence. Herunder til EU's fremadrettede teknologipolitik.

Rapporten er dels baseret på en analyse af globale hotspots for patentering og forskningspublicering i efteråret 2024. Dels på dialogmøder med en lang række nøgleinstitutioner inden for forskning, innovation og sikkerhed i EU, NATO og Storbritannien i september 2024.

Europa taber terræn til USA og Kina

Analysen, der er gennemført af Teknologisk Institut på opdrag fra ATV, kortlægger Europas innovationskraft

inden for de 10 teknologifelter, som EU-Kommissionen har udpeget som kritiske for EU's fremadrettede økonomi og sikkerhed.

Den viser, at Europa de seneste 10 år er haltet stadig længere bagud ift. USA og Kina målt på bl.a. andelen af globale kvalitetspatenter samt antallet af patenter pr. forskningspublikation.

Sidstnævnte er et mål for, hvor god en region er til at omsætte forskning til kommercielle produkter. En disciplin, som også kritiseres stærkt i rapporten "The future of European competitiveness" af den tidligere centralbankdirektør og premierminister i Italien Mario Draghi.

Rapporten giver, på side 26-45, et overblik over globale hotspots for topforskning og toppatenter for alle EU's



Læringer fra Bruxelles

Alt handler om sikkerhed og konkurrenceevne. "Draghi-rapporten" om EU's konkurrenceevnetab har sat EU-Kommissionen i alarmberedskab, og teknologisk innovation er blevet en topprioritet på tværs af politikområder. *Se de vigtigste læringer fra Bruxelles side 19.*

Læringer fra London

Efter Brexit står Storbritannien mere alene i det geopolitiske magtspil om fremtidens teknologier. Det har ført til udarbejdelse af en national teknologistrategi og en intensivering af britisk forsknings- og industripolitik. *Se de vigtigste læringer fra London side 18.*

For et uddrag af de enkelte delegationsmedlemmers "læringer" fra studieturen, set fra forskellige vinkler i Danmarks teknologiske økosystem, *se side 48-52.*

10 kritiske teknologifelter. Her findes også opgørelser over udviklingen i antal videnskabelige publikationer og kvalitetspatenter i hhv. USA, Kina, EU, Storbritannien og Danmark.

Europas udfordringer set i dansk perspektiv

For at undersøge Europas beredskab ift. den tiltagende, globale teknologikonkurrence har ATV, i perioden 16.-20. september 2024, gennemført en studietur til London og Bruxelles.

Her har en delegation på 27 ledere fra danske virksomheder, universiteter, GTS'er, fonde og repræsentanter fra offentlige myndigheder haft dialogmøder med nøgleinstitutioner i EU, NATO og Storbritannien.

Studieturen bekræfter, at teknologi er blevet en stadig vigtigere komponent i det geopolitiske magtspil. Herunder at Europa er under massivt pres fra såvel USA som Kina, hvor den teknologiske udvikling og økonomiske vækst bevæger sig langt hurtigere.

Teknologistrategier pibler frem

Studieturens dokumenterer også et udbredt handlingsberedskab i såvel EU som Storbritannien.

EU er, som alle større regioner i verden, i færd med at bygge innovationskapacitet og kritiske masse op inden for udvalgte teknologiområder. Og Storbritannien er, som flere øvrige nationer i Europa, langt med at implementere en national teknologistrategi, der skal styrke konkurrenceevne, sikkerhed og resiliens over for øvrige samfundsudfordringer.

Se en opgørelse over udvalgte nationale teknologistrategier og -initiativer på side 14.

Anbefalinger

På baggrund af hotspotanalysen og læringerne fra studieturen har Akademiet for de Tekniske Videnskaber udarbejdet tre anbefalinger til, hvordan Danmark styrker sin position i den globale teknologikonkurrence.

1

ANBEFALING Udarbejd en tværministeriel teknologistrategi

Danmark bør udarbejde en national teknologistrategi, der udstikker retningen for en kordineret indsats på tværs af relevante politiske ressortområder. Strategien skal identificere – og fokusere på – teknologifelter, der er kritiske for Danmarks fremadrettede økonomi, sikkerhed og resiliens.

2

ANBEFALING Styrk tværfaglig, videnskabelig rådgivning

Der er behov for, at politiske beslutninger i langt højere grad tager højde for den stigende kompleksitet, som teknologiske løsninger spiller ind i. Videnskabelig rådgivning af danske myndigheder skal styrkes og tilpasses, så den understøtter, at politiske beslutninger efterlever det tværministerielle fokus i en dansk teknologistrategi.

3

ANBEFALING Tag stilling til "dual-use"

Fremtidens kritiske teknologier er, nærmest pr. definition, "dual-use". Det er teknologier, der indgår i fremtidens kritiske infrastruktur, hvorfor det er afgørende at kunne gennemskue såvel civile som sikkerheds- og forsvarsmæssige aspekter. Danmark bør derfor, som EU, NATO og Storbritannien, forholde sig til "dual-use" ift. de økosystemer, vi bygger op omkring teknologierne.

Anbefalingerne uddybes på side 20.

Guide til et resilient Danmark

Denne publikation er en del af projektet Guide til et resilient Danmark, som sætter tempo på Danmarks omstillingsparathed i verdens omstilling mod en fossilfri, biobaseret og digitalt understøttet fremtid.

Teknologisk udvikling og anvendelse er en helt nødvendig del af omstillingen, som Danmark står over for. Det samme gør sig gældende på globalt plan, hvor teknologi er en helt central del af løsningen på mange af verdens udfordringer. Samtidig er teknologi blevet et omdrejnings-

punkt i en geopolitisk positionering og konkurrenceevne landene imellem.

Guideprojektet undersøger, hvordan Danmark tilpasser sig denne virkelighed. ATV bringer nøgleaktører sammen i missionsorienterede forløb for at accelerere den teknologiske omstilling, og gennem analyser ser vi på, hvilke teknologier der er kritiske for Danmarks fremtid, og afsøger danske styrker og muligheder.



KAPITEL 1

Teknologi som strategisk politikområde

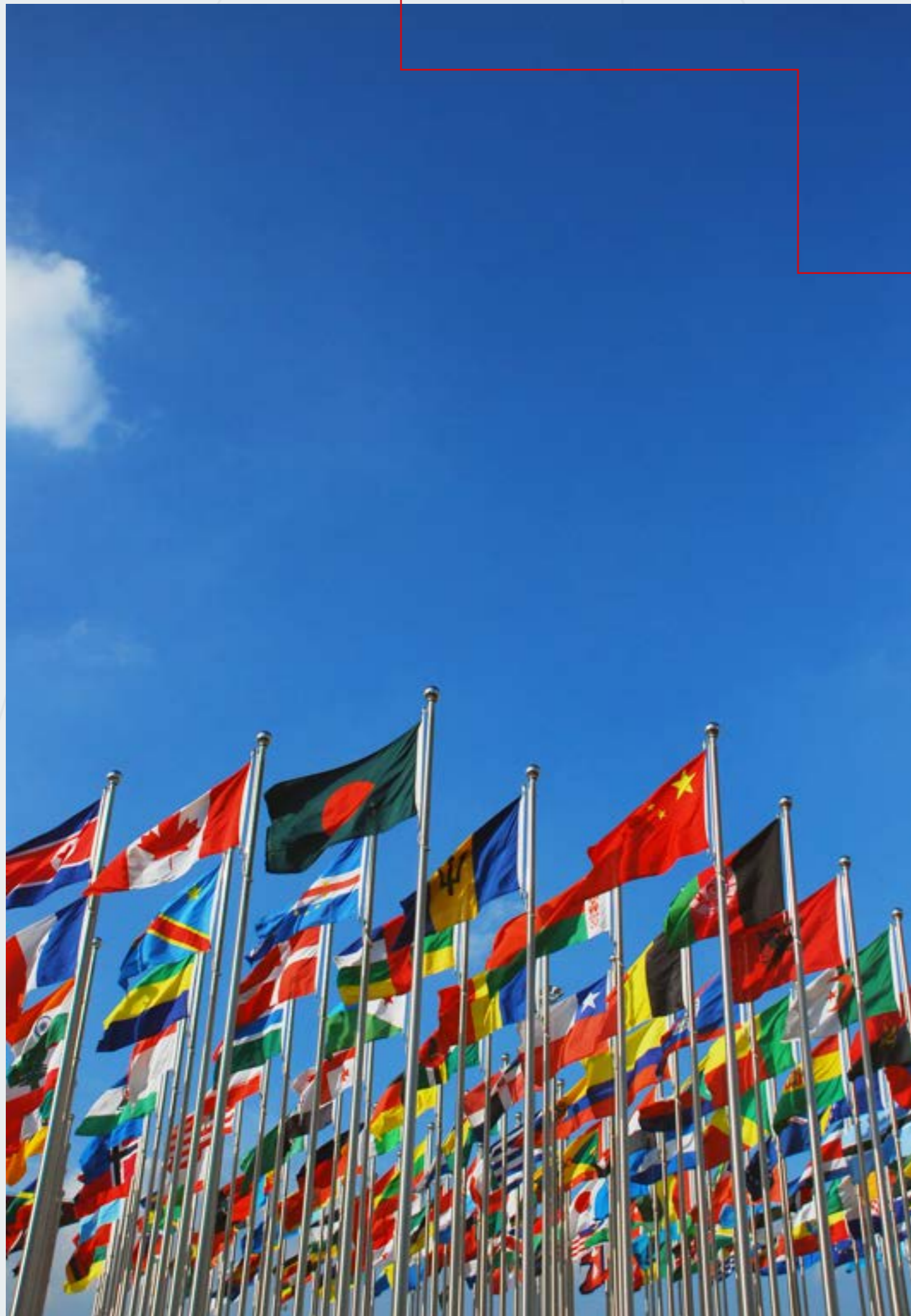


Foto: Shutterstock

Globalt magtspil om fremtidens kritiske teknologier

Teknologi er blevet et storpolitisk kardinalpunkt. Alle nationer står for at positionere sig i et globalt magtspil om at lede udviklingen af teknologier, der bliver kritiske for fremtidens økonomi og sikkerhed.

Europas konkurrenceevne står på en brændende platform.

Dette bliver med al tydelighed udstillet i den såkaldte "Draghi-rapport", der i efteråret rystede Europas selvforståelse som teknologiregion.

Rapporten "The future of European competitiveness", der er udarbejdet af den tidligere centralbankdirektør og premierminister i Italien, Mario Draghi, maler et dystert billede af, at Europas økonomiske vækst og teknologiske konkurrenceevne er styrtdykket de seneste årtier.

Draghis konklusion var allestedsnærværende på ATV's studietur til London og Bruxelles 16.-20. september 2024 (se side 18-19).

Ikke mindst i EU's Innovation Fund og DG Research, der er ansvarlig for forskningsprogrammet Horizon Europe og udviklingen af EU's kommende rammeprogram for forskning, er man alarmerende bevidste om, at EU skal længere frem på banen i det globale magtspil om kritisk teknologi.

Tid til at STEP'e op

For at vinde terræn har EU-Kommissionen i første omgang oprettet den såkaldte STEP-platform (Strategic Technologies for Europe Platform).

Ambitionen er, at STEP – på tværs af 11 EU-programmer, som Horizon Europe, Innovation Fund, Digital Europe Programme, the European Defence Fund og the EU4Health Programme – skal mobilisere op mod 50 mia. euro til at booste EU-landenes investeringer i "kritiske teknologier".

Som udgangspunkt skal fundingen rettes mod at styrke tre områder: Digitale teknologier, grønne og ressourceeffektive teknologier samt bioteknologier. Dette er meget lig den transformation til stadig mere digitale, fossilfrie og biobaserede teknologier, som ATV's guideprojekt arbejder på at accelerere (se side 6).

EU-Kommissionen har inden for disse områder for nyligt udpeget 10 teknologifelter, der vurderes at blive kritiske for EU's fremtidige økonomi og sikkerhed (se side 25).

Dette åbner for store muligheder for Danmark. Som direktør i konsulentvirksomheden Plus Solutions, Mette Juhl Jørgensen, der deltog på ATV's studietur, konstaterer: "Der er gode muligheder for, at Danmark kan få del i projektmidlerne, da de udvalgte teknologiområder, som kvante, grønne teknologier etc., ligger godt i forhold til danske styrkepositioner." (Se også kapitlet: Perspektiver på en dansk teknologistrategi" side 46)

ATV-analyse: EU bagud på egne teknologifelter

Behovet for, at EU – herunder Danmark – STEP'er op, er massivt. Som udgangspunkt er EU nemlig markant bagud inden for sine egne kritiske teknologifelter, viser en analyse, som Teknologisk Institut har gennemført for ATV (se metodeafsnit om analysen side 22-23).

Analysen dokumenterer, at USA og Kina i dag dominerer samtlige af EU's 10 kritiske teknologifelter, hvad angår patentansøgninger og videnskabelige publikationer. Det samme gælder, hvis antallet af patenter sættes i forhold til antallet af videnskabelige publikationer (se figur 1).

Figur 1. Antal patenter per videnskabelige artikel

Teknologi	2012			2022		
	EU	USA	Kina	EU	USA	Kina
Avancerede materialer	0,9	1,3	4,4	1,1	1,7	9,2
Avanceret halvlederteknologi	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Avanceret sensorteknologi	0,8	1,3	1,5	1,2	2,4	4,6
Bioteknologi	0,2	0,4	1,4	0,1	0,6	2,0
Digitale forbindelser	6,4	7,9	17,2	2,2	7,9	9,0
Energiteknologi	0,4	0,3	0,9	0,3	0,3	0,9
Kunstig intelligens	0,3	0,8	0,1	0,5	1,3	3,0
Kvanteteknologi	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4
Robotteknologi og autonome systemer	0,5	0,4	0,9	0,8	1,5	3,6
Rum- og fremdriftsteknologi	2,5	3,6	6,2	2,7	10,9	6,9

Figur 1: Kina dominerer klart med at omsætte videnskabelige artikler til patenter i både 2012 og 2022.

Kilde: Teknologisk Institut.

USA og Kina er m.a.o. bedre til at omsætte forskning til kommercielle resultater end EU. En disciplin, som Draghi-rapporten netop fremhæver som et særligt svagt punkt i Europa.

Kina tordner frem

ATV's analyse viser, at der, på globalt plan, er sket en betydelig vækst på tværs af alle EU's 10 kritiske teknologifelter. Såvel i antallet af videnskabelige artikler som antallet af patenter.

I absolutte tal dominerer Kina i dag alle teknologifelter inden for begge områder. Selv hvis der afgrænses til kvalitetspatenter, som er citeret mindst fem gange i andre patentansøgninger, er det overordnede billede, at Kina

dominerer med andele af den samlede mængde patenter på mellem 45 % (digitale forbindelser) og 81 % (bioteknologi) (se figur 2).

Kinas dominans skyldes bl.a. det enorme og voksende kinesiske hjemmemarked, som fortsat er det primære fokus for kinesiske innovationer.

Kamp om global dominans

Afgrænses til patenter, der er ansøgt i mindst to lande, ændrer billedet sig. I det tilfælde dominerer USA på seks ud af EU's 10 kritiske teknologifelter, Kina dominerer tre, mens begge lande står lige, når det gælder robotteknologi (se figur 3).

Figur 2. Procent af globale patenter med mindst fem citeringer

Andel patenter	2012			2022		
	EU	USA	Kina	EU	USA	Kina
Avancerede materialer	10 %	15 %	46 %	4 %	7 %	73 %
Avanceret halvlederteknologi	10 %	20 %	23 %	9 %	14 %	46 %
Avanceret sensorteknologi	14 %	23 %	32 %	6 %	12 %	65 %
Bioteknologi	10 %	14 %	62 %	4 %	8 %	81 %
Digitale forbindelser	14 %	25 %	40 %	8 %	27 %	45 %
Energiteknologi	15 %	14 %	30 %	7 %	9 %	64 %
Kunstig intelligens	16 %	45 %	7 %	5 %	15 %	65 %
Kvanteteknologi	13 %	26 %	29 %	9 %	22 %	59 %
Robotteknologi og autonome systemer	16 %	14 %	36 %	4 %	12 %	67 %
Rum- og fremdriftsteknologi	17 %	29 %	34 %	8 %	26 %	46 %

Figur 2: Kinas andel af patenter, som er citeret mindst fem gange i andre patentansøgninger, er vokset kraftigt de seneste 10 år. 2022 er baseret på en fremskrivning baseret på forholdet mellem det samlede antal patentansøgninger og antallet af patenter med mindst fem citeringer de forudgående tre år.

Kilde: Teknologisk Institut (se metodeafsnit for uddybning).

Figur 3. Procent af globale patenter, som er ansøgt i mindst to lande

Andel patenter	2012			2022		
	EU	USA	Kina	EU	USA	Kina
Avancerede materialer	25 %	25 %	22 %	21 %	21 %	25 %
Avanceret halvlederteknologi	15 %	23 %	17 %	13 %	13 %	37 %
Avanceret sensorteknologi	29 %	32 %	13 %	23 %	27 %	22 %
Bioteknologi	30 %	36 %	12 %	21 %	34 %	23 %
Digitale forbindelser	26 %	29 %	22 %	16 %	32 %	29 %
Energiteknologi	30 %	21 %	20 %	23 %	18 %	28 %
Kunstig intelligens	23 %	40 %	8 %	18 %	34 %	23 %
Kvanteteknologi	22 %	30 %	12 %	23 %	32 %	22 %
Robotteknologi og autonome systemer	29 %	21 %	19 %	18 %	26 %	26 %
Rum- og fremdriftsteknologi	31 %	36 %	13 %	19 %	42 %	16 %

Figur 3: Antal patenter divideret med antal videnskabelige artikler for EU, USA og Kina i henholdsvis 2012 og 2022.

Kilde: Teknologisk Institut.

Tallene indikerer, at USA stadig står stærkest i den teknologiske magtkamp på den globale scene. Kina har dog, også inden for dette snit, vundet terræn inden for ni ud af EU's 10 kritiske teknologifelter. Kun inden for rum- og fremdriftsteknologi har USA de seneste 10 år øget afstanden til det store rige i øst.

I dag er Kina globalt dominerende inden for tre af EU's 10 kritiske teknologifelter: Avancerede materialer, halvleder-teknologi og energiteknologi.

Den store taber er atter EU, der har tabt terræn på hele ni teknologifelter. Kun inden for kvanteteknologi har EU

øget sin andel af globale patenter, som er ansøgt i mindst to lande.

Europas mulighed: Måltrettet, forskningsbaseret innovation
ATV's analyse afslører imidlertid, at der er et potentiale for Europa ift. at kommercialisere sin forskning på eksportmarkeder.

Således er det bemærkelsesværdigt, at EU har vundet terræn – og i dag præsterer bedre end Kina – inden for seks af sine 10 kritiske teknologifelter, hvad angår antallet af patenter ansøgt i mindst to lande per videnskabelige artikel (se figur 4).

Figur 4. Antal patenter ansøgt i mindst to lande per videnskabelige artikel

Teknologi	2012					2022				
	Danmark	EU	UK	USA	Kina	Danmark	EU	UK	USA	Kina
Avancerede materialer	0,4	0,7	0,3	1,0	0,6	0,5	0,9	0,4	1,5	0,5
Avanceret halvlederteknologi	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
Avanceret sensorteknologi	0,4	0,7	0,3	1,1	0,3	0,3	0,9	0,4	2,1	0,4
Bioteknologi	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,1
Digitale forbindelser	1,6	5,3	0,9	6,0	4,2	0,2	1,6	0,3	6,2	2,1
Energiteknologi	0,6	0,3	0,1	0,3	0,2	0,7	0,2	0,1	0,3	0,1
Kunstig intelligens	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1	0,2	0,4	0,1	1,0	0,3
Kvanteteknologi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
Robotteknologi og autonome systemer	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,6	0,2	1,2	0,3
Rum- og fremdriftsteknologi	2,0	2,1	1,4	3,0	1,1	1,3	2,1	1,8	9,5	0,8

Figur 4: Antal patenter ansøgt i mindst to lande divideret med antal videnskabelige artikler for Danmark, USA, EU, Storbritannien (UK) og Kina i henholdsvis 2012 og 2022.

Kilde: Teknologisk Institut

Dette snit siger noget om, hvor effektivt et land formår at omsætte sin forskningsindsats til konkrete innovationer uden for sit hjemmemarked. Her er USA klart dominerende, men Kina har over de seneste 10 år – på hele fire områder – for en gang skyld tabt terræn.

Også Danmark har på dette mål, på fire ud af 10 områder, vundet terræn. I dag ligger Danmark helt i top globalt inden

for energiteknologi, mens vi indtager en andenplads efter USA på bioteknologi. Ligeledes har Storbritannien øget sin position inden for fire af EU's 10 kritiske teknologifelter.

Behov for strategisk fokus

Analysen antyder, at der for EU og europæiske nationer ligger et potentiale i at fokusere mere strategisk på kommercialisering af forskning til eksportmarkeder.

Vil Europa øge sin position i det globale magtspil om fremtidens kritiske teknologier, handler det om at fokusere sin industripolitik – og dele af sin forsknings- og innovationsindsats – inden for prioriterede teknologifelter og markeder.

Som erhvervsorganisationen "The European Round Table for Industry" (ERT), der består af topchefer og bestyrelsesformænd for 60 af Europas største virksomheder inden for industri- og tech-sektoren, konstaterer i rapporten "Seizing the moment" fra juli 2024: "Det er ikke et tilfælde, at USA og Kina har overhalet Europa. Det er i vid udstrækning resultatet af målrettede, strategiske initiativer for at tage teknologisk lederskab. Det, Europa mangler, er strategisk industripolitik matchet af tilstrækkelige investeringer i forskning, udvikling og innovation."

Flere europæiske nationer er allerede i gang med den øvelse. En af dem, der ser ud til at være længst, er Storbritannien, som, efter Brexit, har været tvunget til at forholde sig mere selvstændigt til den tiltagende globale konkurrence om fremtidens, kritiske teknologier.

Storbritannien som frontløber

Som et af de første europæiske lande har Storbritannien siden marts 2023 opereret med en national teknologistrategi.

Strategien udpeger fem teknologifelter, som Storbritannien skal være blandt de førende nationer inden for inden 2030. Det drejer sig om kunstig intelligens, bioteknologi, fremtidens telekommunikation, halvledere og kvanteteknologi.

Strategien skal, som EU's STEP-satsning, skabe retning for en sammenhængende indsats inden for såvel forskning, innovation, uddannelse, industripolitik, offentlige indkøb m.m. på de prioriterede teknologifelter.

Til koordinering af dette er der oprettet et decideret teknologiministerium: "Department for Science, Innovation and Technology (DSIT)", indsat en teknologiminister og oprettet et korps af "Scientific Advisors", der skal rådgive øvrige ministerier ift. teknologistrategien.

På studieturen til London erfarede ATV's delegation, at strategien allerede er stærkt forankret i Storbritanniens politiske system. Såvel teknologistrategi som ministerium har overlevet det nylige regeringsskifte og lader til at være højt prioriteret af Storbritanniens nye Labourregering.

Som lektor og viceinstituteder på Aalborg Universitet Astrid Heidemann Lassen, der deltog i ATV's studietur, konstaterer: "Man er i Storbritannien nået langt med at sikre, at hele systemet er gearret til at arbejde i samme retning. De politiske prioriteter skinner tydeligt igennem i funding-mekanismer, universiteternes indsatser etc." (se også "Læringer fra Storbritannien" side 18 og kapitlet "Perspektiver på en dansk teknologistrategi" side 46-53).

Nationale teknologistrategier pibler frem

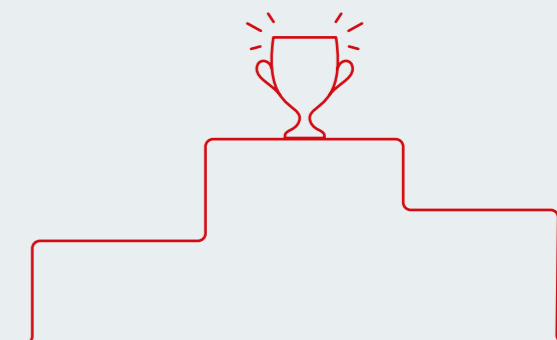
Generelt pibler det i øjeblikket frem med nationale teknologistrategier verden over.

Alle større nationer, EU og flere mindre nationer er begyndt systematisk at analysere deres kapacitet inden for teknologier, der vurderes at få betydning for økonomi, sikkerhed og grøn omstilling.

I Europa er, ud over Storbritannien, bl.a. Holland langt med at implementere en decideret teknologistrategi, mens lande som Tyskland og Sverige er i fuld gang med at identificere, hvilke kritiske teknologiområder der er vigtigst for dem, og udvikle politik inden for samme.

Uden for Europa har nationer som Japan og Sydkorea for længst udviklet teknologistrategier, der skal gøre dem mindre sårbare over for Kina og USA. Begge lande er i dag økonomisk afhængige af Kina samtidigt med, at de sikkerhedspolitisk er stærkt afhængige af USA. Strategierne er fokuseret på at sikre "teknologisk uafhængighed".

Også forsvarsalliancen NATO har længe arbejdet strategisk med kritiske teknologier. Bl.a. oprettede alliancen i 2021 programmet DIANA (Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic), der skal fostre transatlantisk samarbejde om teknologier, der vurderes at være kritiske for alliancen. Samtidig oprettede NATO en innovationsfond med en mia. euro, som skal investere strategisk i startups, der udvikler kritiske, såkaldte *dual-use*-teknologier, der kan anvendes både civilt og militært.



Udvalgte teknologistrategier og -initiativer

KINA **Made in China 2025,** **2015**

Siden 2015 har Kina arbejdet målrettet på at øge sin teknologiske kapacitet. Med strategien "Made in China 2025" ville Kina gå fra at være verdens "produktionsland" til at blive verdens "innovationsland". Planen udpeger bl.a. 10 teknologifelter, Kina vil være globalt dominerende inden for. Dette fokus er siden øget til stort set alle disruptive teknologiområder.

NATO **NATO's Innovation Fund og** **DIANA, juli 2021**

Også NATO har meldt sig aktivt ind i teknologikampen med udpegning af ni teknologifelter, der er kritiske for forsvarsalliancen. Innovationsfonden skal bl.a. booste startup-miljøer inden for disse, mens DIANA bl.a. skal sikre sammenhæng i økosystemer på tværs af alliansens partnere.

STORBRITANNIEN **The UK's International Technology** **Strategy, marts 2023**

Efter Brexit har Storbritannien lanceret en strategi med fem teknologifelter, som landet vil være førende inden for i 2030. Storbritanniens nye teknologiministerium, DSIT, er ansvarlig for, at strategien implementeres tværministerielt ved hjælp af såkaldte "Scientific Advisors".

SVERIGE **Vinnova kortlægger** **strategiske teknologier, maj 2024**

Den svenske innovationsfond Vinnova har fået til opgave at udforske fundamentet for en svensk teknologistrategi og identificere 5-15 teknologier, der er strategisk vigtige for Sverige. Vinnova skal bl.a. identificere svenske muligheder inden for EU's 10 kritiske teknologifelter.

USA **Critical and emerging technologies,** **februar 2020**

Som reaktion på Kinas teknologisatsning har USA siden 2020 arbejdet tværministerielt med udvalgte "critical and emerging technologies". Et stort program hører under forsvarsministeriet, der siden 2023 har opereret med en national "Defense Science and Technology Strategy".

JAPAN **Economic Security Protection Act,** **februar 2022**

Presset af Kina og USA har Japan lanceret en strategi med fokus på fire områder: Resiliente værdikæder, kritiske materialer, kritisk infrastruktur samt støtte til udvikling af kritiske teknologier. Indtil videre har Japan identificeret 20 teknologifelter, der er kritiske for Japans fremtid.

HOLLAND **De Nationale Technologiestrategie,** **januar 2024**

Den hollandske regering har, efter over et års kortlægning af strategiske teknologier, lanceret en national teknologistrategi, der skal booste forskning, innovation og erhvervsaktiviteter inden for 10 teknologifelter, der vurderes at være kritiske for Hollands fremtid.

EU **Strategic Technologies for Europe** **Platform (STEP), juni 2023**

STEP er EU's reaktion på den tiltagende globale teknologikamp. Platformen skal på tværs af 11 EU-programmer mobilisere op mod 50 mia. euro til at booste EU-landenes investeringer i "kritiske teknologier". Hidtil er 10 teknologier udpeget som kritiske for EU's økonomi og sikkerhed.

SYDKOREA **Blueprint of Korea's Science and** **Technology Sovereignty, august 2024**

Den sydkoreanske regering har i 2024 markant øget sit fokus på kritisk teknologi. I en ny plan "Blueprint of the Republic of Korea's Science and Technology Sovereignty" har regeringen afsat 22 mia. US-dollar over fem år til at booste innovation inden for 12 strategiske teknologifelter.

TYSKLAND **Sharpening the Strategic Agenda,** **juni 2024**

Med støtte fra det tyske udenrigsministerium er den tyske tænketank "The Global Public Policy Institute" (GPPi) i færd med at kortlægge potentielle policy-tilgange, muligheder og risici for Tyskland i det globale spil om disruptive, kritiske teknologier. Arbejdet skal slutes juni 2025.

KAPITEL 2

Europas udfordringer set i et dansk perspektiv



Foto: ATV

Ekspertes på tur

27 topledere og eksperter inden for teknologi, innovation og dansk konkurrencekraft besøgte, under ledelse af Akademiet for de Tekniske Videnskaber, i september 2024 London og Bruxelles. Delegationens fokus var at udforske, hvordan Storbritannien og EU arbejder med at styrke teknologiområder, som vurderes kritiske for økonomi, sikkerhed og frihed, herunder identificere danske mulig-

heder. På studieturen mødte delegationen topembedsfolk, ledere fra førende universiteter og centrale aktører fra store fundingprogrammer, der årligt uddeler millioner af EU-støttekroner til forskning og innovation inden for kritiske teknologiområder.

SE LISTE OVER DELEGATIONSDELTAĞERE SIDE 54

Dem mødtes delegationen med:

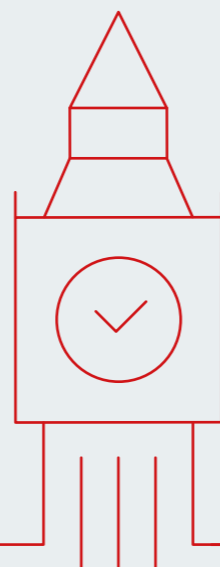
London

- Department for Science, Innovation and Technology (DSIT)
- Royal Academy of Engineering (RAENG)
- Embassy of Denmark
- UK Research and Innovation (UKRI)
- The Møller Institute, Churchill College, Cambridge University
- Cambridge Enterprise, Cambridge University Entrepreneurship
- Imperial College London
- NATO Defence Innovation Accelerator Network for the North Atlantic (DIANA)

Bruxelles

- Danish EU Perm Rep
- DG Research and Innovation
- DG Climate Action
- acatech
- Rundbordssamtale: Chips JU, EUREKA Innowwide, FECYT, DANRO, AENEAS/Xecs
- Danmarks faste repræsentation ved NATO (DANATO)

Læringer fra London



Læringer fra Bruxelles

Rapporten "The future of European competitiveness", der er udarbejdet af den tidligere centralbankdirektør og premierminister i Italien, Mario Draghi, har sat EU-Kommissionen i alarmberedskab. Teknologisk innovation er en topprioritet på tværs af politikområder.

Efter Brexit står Storbritannien mere alene i det geopolitiske magtspil om fremtidens teknologier. Det har ført til en intensivering af britisk forsknings- og industripolitik. Herunder en genindtræden i EU's forskningsprogram Horizon samt en bred afsøgning af nye alliancer globalt.

Kritisk teknologi som tværministerielt samlingspunkt
Storbritanniens nationale teknologistrategi har siden marts 2023 fungeret som et stærkt, tværministerielt samlingspunkt. De politiske prioriteter skinner tydeligt igennem i bl.a. fundingmekanismer, universiteternes indsats samt udenrigs-, innovations- og erhvervspolitik. Det fælles mål er at styrke konkurrenceevnen inden for fem prioriterede teknologiområder: Kunstig intelligens, bioteknologi, fremtidens telekommunikation, halvledere og kvanteteknologi. Øvrige teknologiområder håndteres selvstændigt under det respektive ressortministerium. Generelt fokuseres på "dual-use" – civile såvel som sikkerhedsmæssige formål. Succes måles bl.a. på antal virksomheder og beskæftigede inden for teknologiområderne.

Teknologiministerium og videnskabelige rådgivere
Til implementering af teknologistrategien er oprettet et decideret teknologiministerium: "Department for Science, Innovation and Technology" (DSIT) og indsat en teknologiminister. Et korps af Scientific Advisors rådgiver øvrige ministerier. De er uvildige, STEM-uddannede eksperter, der, gennem en hyppig dialog imellem det politiske niveau, embedsværket og forsknings- og innovationsmiljøet, skal guide politiske prioriteringer. Rådgiverkorpsset mobiliseres

bl.a. af ATV's britiske søsterakademi Royal Academy of Engineering, RAEng. Akademiet er på den britiske finanslov og benyttes som uafhængigt rådgivende organ. Fx driver RAEng kurser for parlamentsmedlemmer for at sikre fagligheden i de politiske beslutningsprocesser.

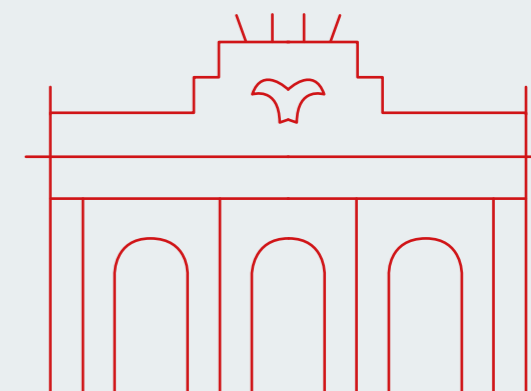
Missionsorienteret eliteforskning som drivkraft
Der er en klar erkendelse af, at Storbritanniens konkurrenceevne skal boostes gennem en målrettet forsknings- og innovationsindsats. Efter Brexit har Storbritannien bl.a. arbejdet intenst på at genindtræde i EU's forskningsplatform Horizon, hvilket nu er lykkedes. Samtidig er den britiske innovationsfond UK Research and Innovation, UKRI's budget for perioden 2024-2025 øget med 14 % til knap 8,9 mia. pund – det højeste niveau nogensinde. UKRI, der står for uddeling af 60-70 % af alle offentlige forskningsmidler i Storbritannien, fokuserer i tiltagende grad på teknologistrategiens fem prioriterede teknologiområder. Fokus er missionsorienteret på de store samfundsudfordringer, som det britiske samfund står overfor. Dette fokus gik bl.a. igen på Cambridge University og Imperial College London, hvor der er en stærk prioritering af tværfaglighed og "scientific excellence".

Alt handler om sikkerhed, konkurrenceevne og resiliens
De to ting, der fylder mest i Bruxelles lige nu, er Ruslands invasion af Ukraine og Draghi-rapporten om EU's konkurrenceevnetab. Alt handler om sikkerhed og konkurrenceevne. Det er også i det lys, at dagsordener som grøn og digital omstilling, forskning og innovation ses. Selvforsyning med vedvarende energikilder og implementering af energieffektive teknologier handler fx i lige så høj grad om at gøre sig uafhængig af russisk gas og forblive globalt konkurrencedygtig, som det handler om klima og bæredygtighed. Generelt er "resiliens" blevet et buzzword: Hvordan sikrer EU sin modstandskraft over for geopolitiske, økonomiske og teknologiske samfundsudfordringer? Herunder stigende statsstøtte i Kina og USA inden for kritiske teknologiområder som grønne energiteknologier.

Fokus på kritiske teknologier, forskning og innovation
Med STEP-initiativet (Strategic Technologies for Europe Platform) har EU rettet sit fokus mod den globale teknologikonkurrence. Platformen skal, på tværs af 11 EU-programmer, booste EU-landenes investeringer i "kritiske teknologier". De 11 programmer tæller bl.a. Digital Europe, European Defence Fund og Horizon Europe, der, med et budget på 95 mia. euro for perioden 2021-2027, er verdens største forsknings- og innovationsprogram. Hidtil har STEP-initiativet udpeget 10 teknologifelter som "kritiske" for EU's økonomi og sikkerhed. Dette fokus implementeres nu på tværs af de 11 programmer. Samtidig er der, bl.a. grundet Draghi-rapporten, et massivt pres på at booste programmernes budgetter. Bl.a. lobbyer erhvervsorganisationen "The European Round Table for Industry" (ERT) for, at budgettet for EU's kommende rammeprogram for

forskning og innovation hæves fra 95 mia. euro til 200 mia. euro.

Perspektivet er i stigende grad "dual-use"
Med sit store fokus på sikkerhed bevæger EU sig, ligesom Storbritannien og NATO, i stigende grad ind på innovation af teknologier og løsninger, der kan anvendes både civilt og forsvarsmæssigt. Erkendelsen er, at kritiske teknologier, som AI og kvanteteknologi, nærmest pr. definition er "dual-use". Det er teknologier, der indgår i fremtidens kritiske infrastruktur, hvorfor det er afgørende at kunne gennemskue sikkerheds- og forsvarsmæssige aspekter. Forsvarsperspektivet italesættes af NATO som udvikling af løsninger, der kan nedbringe risici for konflikt samt følgevirkninger, hvis konflikten opstår. Dette perspektiv dyrkes intensivt af forsvarsalliancen NATO gennem NATO's innovationsfond og programmet DIANA (Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic). Det er også forventeligt, at det bl.a. bliver et perspektiv i EU's kommende rammeprogram for forskning og innovation, og dermed noget EU-medlemsnationer i stigende grad skal forholde sig til.



Anbefalinger

Danmark bør tage ved lære af EU's, Storbritanniens og øvrige nationers prioritering af teknologipolitik. Akademiet for de Tekniske Videnskaber, ATV, anbefaler en tværministeriel satsning på teknologier, der er kritiske for Danmarks økonomi og sikkerhed.

1 Udarbejd en tværministeriel teknologistrategi

Danmark bør udarbejde en national teknologistrategi, der udstikker retningen for en koordineret indsats på tværs af relevante politiske ressortområder.

Strategien bør bygge på erfaringer fra bl.a. Storbritannien, Holland og Sverige, der allerede har udarbejdet teknologistrategier (eller er i fuld gang med at gøre det). Strategien skal identificere – og fokusere på – teknologifelter, der er kritiske for Danmarks fremadrettede økonomi, sikkerhed og resiliens. Herunder identificere danske styrker og behov, der relaterer til de teknologifelter, som EU-Kommissionen har udpeget som kritiske for hele EU. Fokus for strategien skal være at opbygge kritisk masse og omstillingsparathed inden for de udvalgte teknologifelter. Endelig skal strategien fokusere på at øge Danmarks muligheder for at få del i den voksende mængde midler, som EU udleder til udvikling af teknologifelter, der vurderes som kritiske for EU.

3 Tag stilling til "dual-use"

Danmark bør forholde sig til både civile og militære anvendelser af kritiske teknologier.

Fremtidens kritiske teknologier er, nærmest pr. definition, "dual-use". Det er teknologier, der indgår i fremtidens kritiske infrastruktur, hvorfor det er afgørende at kunne gennemskue såvel civile som sikkerheds- og forsvarsmæssige aspekter. Ikke mindst i en tid med geopolitiske spændinger og konflikter i vores nærrområde. Danmark bør derfor, som EU, NATO og Storbritannien, forholde sig til "dual-use" ift. de økosystemer, vi bygger op omkring teknologierne, herunder vores forsknings- og innovationsindsats. Gør vi ikke det, gambler vi ikke alene med vores sikkerhed. Vi løber også en risiko for at isolere os fra teknologiske samarbejder i fremtidige EU- og NATO-programmer, der kan få stor betydning for Danmarks fremadrettede konkurrencedygtighed.

2 Styrk tværfaglig, videnskabelig rådgivning

Videnskabelig rådgivning af danske myndigheder skal styrkes og tilpasses, så den understøtter, at politiske beslutninger efterlever det tværministerielle fokus i en dansk teknologistrategi.

Politiske beslutninger bør i langt højere grad tage højde for den stigende kompleksitet, som teknologiske løsninger spiller ind i. De store samfundsudfordringer går typisk på tværs af ressortområder. Dette gælder også den teknologiske omstilling, der ofte er en nødvendig del af løsningen på samfundsudfordringerne. Men i Danmark er den formelle organisering af videnskabelig rådgivning i dag karakteriseret ved at være opsplittet på ministerieområder. Vi bør derfor styrke og tilpasse den videnskabelige rådgivning inden for teknologiske områder, der er kritiske for Danmarks økonomi, sikkerhed og resiliens. Her kan Danmark lade sig inspirere af Storbritanniens anvendelse af uvildige, videnskabelige rådgivere. På tværs af ressortområder vejleder de politikerne ift. den britiske teknologistrategi. Akademiet for de Tekniske Videnskaber anbefaler, at denne model tilpasses en dansk kontekst og bidrager gerne til opbygning af den rådgivningsmæssige infrastruktur.

KAPITEL 3

Hotspots for EU's kritiske teknologier



Om hotspotanalysen

Teknologisk Institut har været sparringspartner og udførende på hotspotanalysen, som bygger på omfattende søgninger i globale databaser over videnskabelige artikler og patenter.

Afgrænsning af teknologifelter

ATV har tryktestet Europas konkurrenceevne inden for 10 teknologifelter, som efter EU-Kommissionens vurdering er kritiske for EU's fremadrettede sikkerhed og økonomi.

Inden for disse teknologifelter har EU-Kommissionen en ambition om at øge EU's – og dermed Danmarks – konkurrenceevne ift. til resten af verden, herunder nedbringe EU's afhængighed af Kina og USA.

På tilsvarende vis har Storbritannien, efter Brexit, defineret fem teknologifelter, som Storbritannien, af økonomiske og sikkerhedsmæssige årsager, skal være globalt konkurrencedygtig og ultimativt førende inden for. Disse fem felter overlapper fuldt med EU's 10 kritiske teknologifelter (se liste over de 10 teknologifelter side 25).

Med denne analyse vil ATV derfor belyse henholdsvis EU's, Storbritanniens og Danmarks position i den globale konkurrence om at præge udviklingen af teknologier, der vurderes at være kritiske for Europas fremtid.

Fokus på hotspots for forskning og innovation

En vigtig komponent i en nation eller regions konkurrenceevne er viden samt evnen til at innovere. Analysens fokus er derfor at udpege globale hotspots for henholdsvis forskning og patentering inden for de 10 teknologifelter.

Koncentrationen af forskningspublikationer og patenter inden for et felt bruges som indikation for nationens eller regionens konkurrenceevne inden for feltet, herunder som indikation af, hvor der i særlig grad er behov for at sætte ind for at indfri målet om at være globalt konkurrencedygtig.

Metode

Ved hjælp af tech-mining af millionvis af patent- og forskningsdata fra hele verden har Teknologisk Institut lavet en omfattende, global kortlægning af hhv. Danmarks, Storbritanniens og EU's teknologiske konkurrenceevne i forhold til hovedøkonomierne Kina og USA.

Teknologisk Institut har anvendt henholdsvis databaserne OpenAlex.org og Patsnap til søgningerne.

Tech-mining muliggør en alternativ udnyttelse af informationer i databaserne med det formål at finde mønstre, tendenser, hovedaktører, geografiske områder mv.

Kortlægning af patenter

Når der i denne rapport tales om patenter, er det i virkeligheden patentfamilier, der tælles.

Patenter klassificeres ved hjælp af et omfattende internationalt kodesystem med op mod 80.000 kategorier og underkategorier. Et patent er typisk omfattet af flere koder.

Tech-mining-analyser gennemføres på et udtræk af relevante patenter for det teknologifelt, som undersøges.

For at sikre, at de patenter, der medtages i analysen, er gyldige og har indflydelse på den aktuelle teknologiske udvikling, er der alene medtaget patenter, der er ansøgt i mindst to lande siden år 2004.

Kortlægning af publikationer

Forskningsanalysen er baseret på søgninger i databasen OpenAlex, der inddeler forskning i 4.516 emner baseret på bibliometrisk kobling. Hvert emne repræsenterer et relativt begrænset fagområde.

Identifikation af et teknologifelt sker i flere trin:

Først udføres en stikordsøgning for at finde relevante publikationer. Dernæst analyseres publikationerne i søgeresultatet efter deres fordeling på emner. Til sidst dannes en endelig liste af emner, som indkredser forskning inden for den relevante teknologi.

Indikation for teknologisk udvikling

Selvom der er tale om en analyse baseret på meget store mængder data, fortæller patent- og forskningsdata ikke hele historien om en teknologis styrke, værdi eller tilstedeværelse. Ikke alle teknologier patenteres, og teknologi udvikles også uden for forskningsverdenen. Herudover varierer kulturen for udtagning af patenter fra land til land. Men metoderne her giver stærke indikationer af mønstre i den globale teknologiske udvikling.

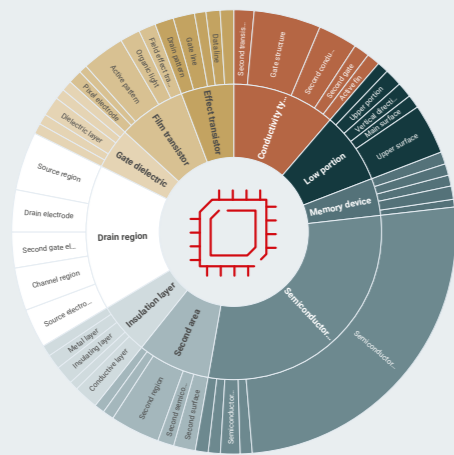
Se Teknologisk Instituts baggrundsrapport

Detaljeret information om analysemetoden kan findes i Teknologisk Instituts baggrundsrapport:

Atlas over kritiske teknologier i Europa, som findes på ATV's hjemmeside, atv.dk/hotspot

Læsevejledning

De følgende 20 sider belyser global forsknings- og innovationsaktivitet inden for de 10 teknologifelter, som, EU-Kommissionen vurderer, er af kritisk betydning for EU's fremadrettede økonomi og sikkerhed.



Alle teknologifelter belyses med tre elementer:

Teknologihjul

Hvert teknologifelt indledes med en beskrivelse af hele feltet samt dets underområder. Teknologihjulet viser hierarkiet mellem de forskellige underområder, mens den inderste cirkel repræsenterer hovedkategorier inden for teknologifeltet. Ydre cirkler viser underkategorier eller mere specifikke emner. Bredden på hvert segment repræsenterer den relative hyppighed, som de forskellige emner optræder med i OpenAlex- og PatSnap-databaserne. For at læse diagrammet starter man i midten og bevæger sig ud.

Tabel over kvalitetspatenter og publikationer

To tabeller viser antal kvalitetspatenter defineret som patenter citeret i min. fem andre patenter og samlet antal videnskabelige artikler for 2012 og 2022. Fordelt på EU, Danmark, USA, Kina, Storbritannien og samlet på globalt plan.











KVALITETSPATENTER	2012	2022	PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	3.716	3.566	Globalt	44.168	68.744
Danmark	0	0	Danmark	293	369
EU	368	329	EU	11.113	11.553
UK	17	6	UK	1.880	2.333
USA	753	514	USA	8.695	8.322
Kina	838	1657	Kina	7.832	28.304



Hotspotkort

Som en indikation af det konkrete styrkeforhold landene/regionerne imellem bringes to hotspotkort over hhv. koncentrationen af forskningspublikationer og patenter inden for det givne teknologifelt. Røde områder angiver høj koncentration. Gule og blå områder trinvist lavere koncentration. Udgangspunktet for hotspotkort over forskning er de 2.000 mest citerede publikationer. For patenthotspotkortet er udgangspunktet de 10.000 patenter, der siden 2000 er blevet mest citeret af andre.

10 kritiske teknologiområder for EU

-  Avanceret halvlederteknologi _____ 26
-  Avancerede materialer _____ 28
-  Avanceret sensorteknologi _____ 30
-  Bioteknologi _____ 32
-  Digitale teknologier og forbindelser _____ 34
-  Energiteknologi _____ 36
-  Kunstig intelligens (AI) _____ 38
-  Kvanteteknologi _____ 40
-  Robotteknologi og autonome systemer _____ 42
-  Rum- og fremdriftsteknologi _____ 44

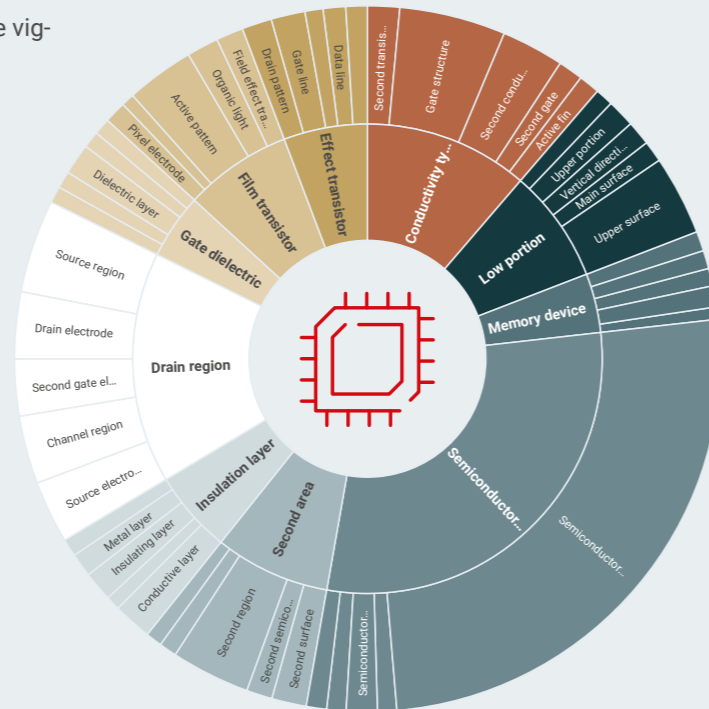
Avanceret halvlederteknologi

Teknologifeltet

Feltet dækker over metoder og materialer til at lave vigtige elektronikdele, som findes i alt fra computere og mobiltelefoner til andre elektroniske enheder. Halvledere er med til at gøre elektronikken hurtigere, mere effektiv og mindre. Feltet dækker også fremstillingsteknikker som præcisionslag, nanoteknologi og mikroelektromekaniske systemer (MEMS). Komponenter, der bruges til at integrere lys, elektronik og mekaniske funktioner.

Styrkeforhold

På globalt niveau ses en tendens til, at andre lande bidrager mere til den samlede andel af publikationer og patenter fremfor denne undersøgelses valgte lande og regioner. Avanceret halvlederteknologi er ét af de teknologifelter, der også er taget med i Storbritanniens teknologistrategi. Danmark søgte om 0 patenter i 2022.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	3.716	3.566
Danmark	0	0
EU	368	329
UK	17	6
USA	753	514
Kina	838	1657

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	44.168	68.744
Danmark	293	369
EU	11.113	11.553
UK	1.880	2.333
USA	8.695	8.322
Kina	7.832	28.304

Kina fordobler antallet af kvalitetspatenter i 2022, mens vi ser et fald i de resterende lande og regioner. Faldet er mindre i EU end i USA. Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

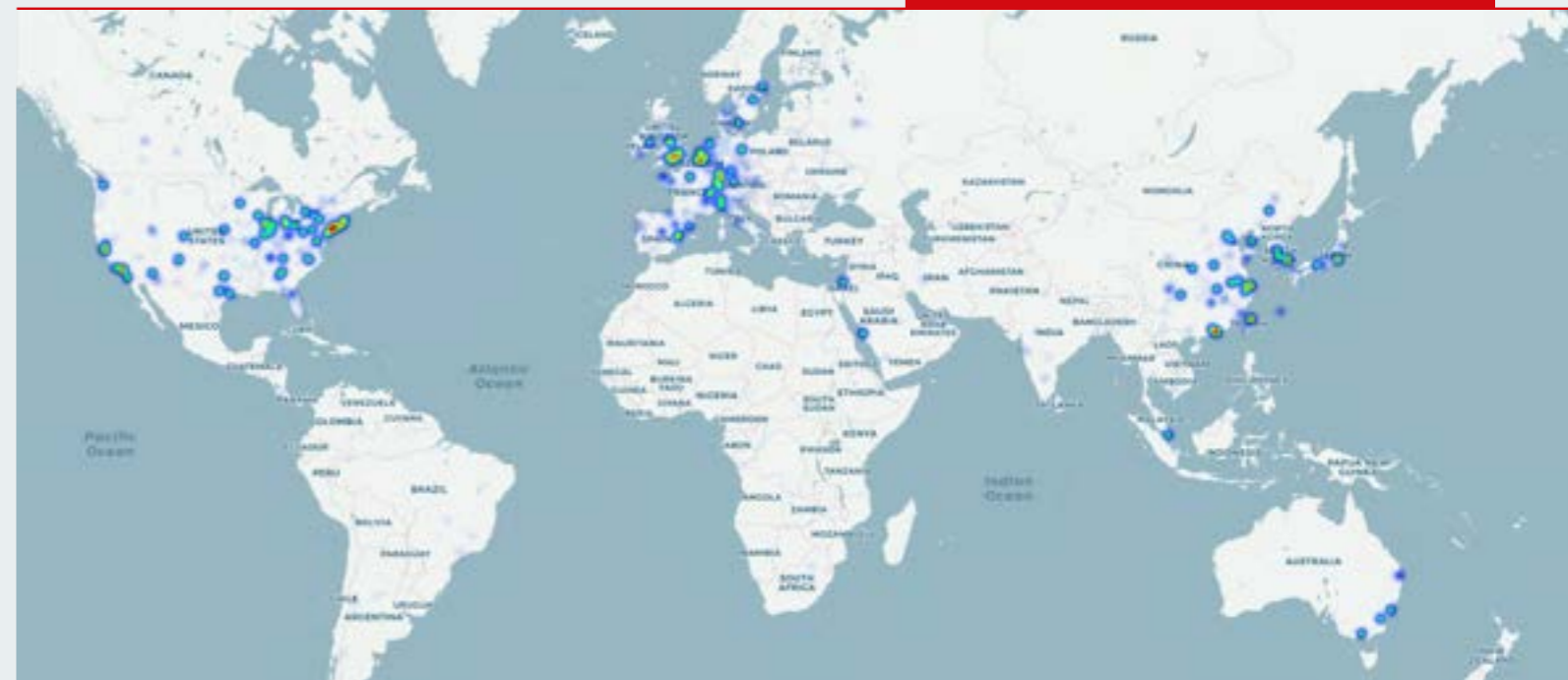
PATENTER AVANCERET HALVLEDERTEKNOLOGI



På trods af at en relativt mindre andel af patenterne på verdensplan kommer fra USA, er toppatenter koncentreret i USA omkring San Francisco og Boston. I Asien er der hotspots i Tokyo og Taiwan.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER AVANCERET HALVLEDERTEKNOLOGI



Topforskningen er meget geografisk spredt, og både EU, USA og Kina er ligeligt repræsenteret. Særlige hotspots er omkring New York, Boston, Guangdong og Hong Kong.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

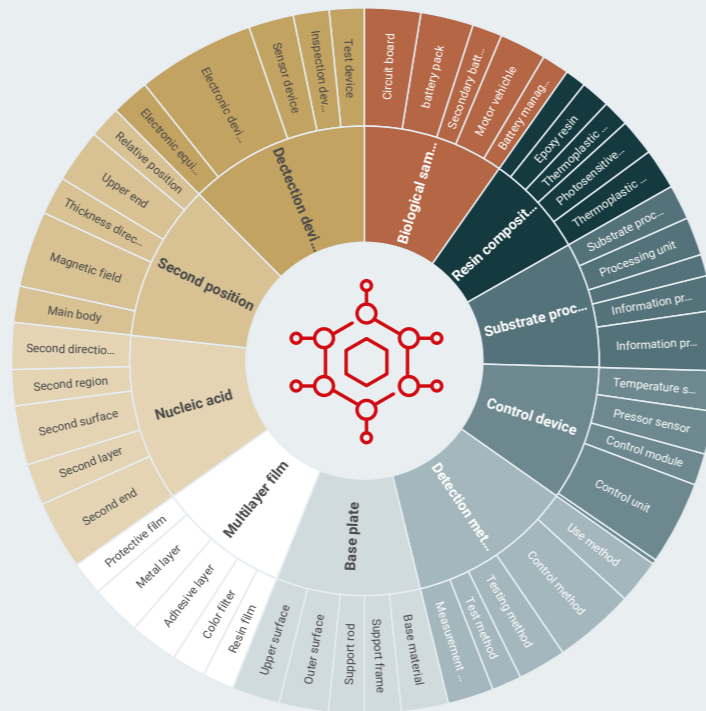
Avancerede materialer

Teknologifeltet

Avancerede materialer dækker teknologier, der forbedrer styrke, elektrisk ledningsevne og bio-nedbrydelighed. De spiller en central rolle i bæredygtige løsninger og muliggør mere effektiv produktion, fx gennem 3D-print. Feltet dækker bl.a. mikro- og nanoteknologier, der driver udviklingen inden for energi- og miljø-applikationer, mens udviklingen af nye polymerer og kompositter kan anvendes i alt fra medicinsk udstyr til letvægts-konstruktioner.

Styrkeforhold

Kina har en markant overvægt af patenter for avancerede materiale, ligesom de også ligger i toppen for flest publikationer. USA er dominerende inden for toppatenterne. Publikationer og patenter fra Danmark er støt stigende. Hotspotkortet afslører topforskning i København, mens det danske bidrag til patenter er begrænset.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	113.548	239.326
Danmark	189	190
EU	11.403	10.536
UK	1.193	822
USA	16.574	16.900
Kina	52.307	173.952

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	124.518	174.592
Danmark	589	673
EU	27.066	28.082
UK	4.708	5.087
USA	19.119	16.195
Kina	27.918	63.468

Kvalitetspatenter fra Kina er tredoblet mellem 2012 og 2022. I de resterende lande og regioner er udviklingen stagneret. Antallet af publikationer er svagt stigende og falder i USA. Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

PATENTER AVANCEREDE MATERIALER



Toppatenter er mere koncentreret til USA. Særlige hotspots er San Francisco, Los Angeles, München og Tokyo. Der er kun få kinesiske patenter blandt de allermest citerede, selv om Kina er markant førende inden for patenter med mindst fem citeringer.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER AVANCEREDE MATERIALER



Hvert år skrives der mange tusinde artikler om avancerede materialer på verdensplan, og topforskning er mindre koncentreret. Man finder dog hotspots i London-området, USA's østkyst, Tokyo og Israel (Tel Aviv og Jerusalem).

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

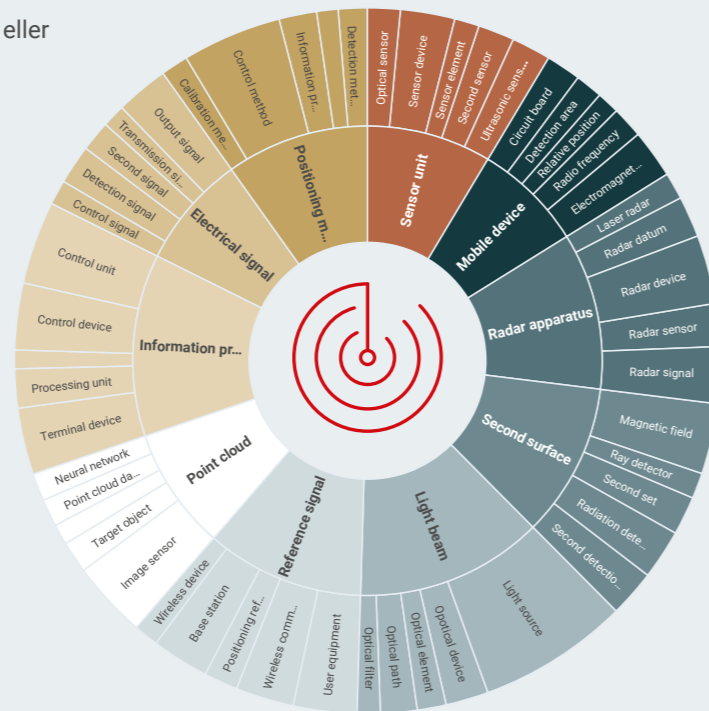
Avanceret sensorteknologi

Teknologifeltet

Avanceret sensorteknologi måler fysiske, kemiske eller biologiske data med høj præcision og følsomhed. Det bruges i mange sektorer, fx til miljøovervågning, medicinsk diagnostik og automatisering i industrien. Optiske, akustiske, kemiske og magnetiske sensorer spiller vigtige roller i alt fra kameraer til ultralyd og navigationssystemer. Trådløse sensornetværk muliggør effektiv kommunikation og dataindsamling i vanskeligt tilgængelige områder.

Styrkeforhold

Kina er førende på antal patentansøgninger og videnskabelige artikler, mens USA er førende på toppatenterne. Danmark, EU og Storbritannien har gennem hele perioden et relativt beskedent bidrag til det samlede antal patenter. Igennem de seneste år har Danmark dog relativt mange kvalitetspatenter i forhold til landets størrelse.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	12.059	33.267
Danmark	28	35
EU	1.742	2.041
UK	252	228
USA	2.833	4.019
Kina	3.810	21.618

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	21.401	29.604
Danmark	68	119
EU	4.152	4.462
UK	760	874
USA	2.656	2.336
Kina	4.762	11.387

Der ses en betydelig global stigning i patentansøgninger inden for avanceret sensorteknologi, mens antallet af videnskabelige publikationer er svagt stigende på 10 år. Fra Kina er antallet af kvalitetspatenter næsten seksdoblet.
Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

PATENTER AVANCERET SENSORTEKNOLOGI



Selvom USA har set en relativ mindre stigning i antallet af patentansøgninger, er det USA, som gennem årene har flest patenter med mindst fem citeringer i forhold til indbyggertal. Toppatenterne er også mere koncentreret omkring USA med et markant hotspot omkring Los Angeles.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER AVANCERET SENSORTEKNOLOGI



Topforskningen er geografisk spredt, men mere koncentreret i Europa og USA med hotspots omkring London, USA's østkyst, San Francisco og Los Angeles.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

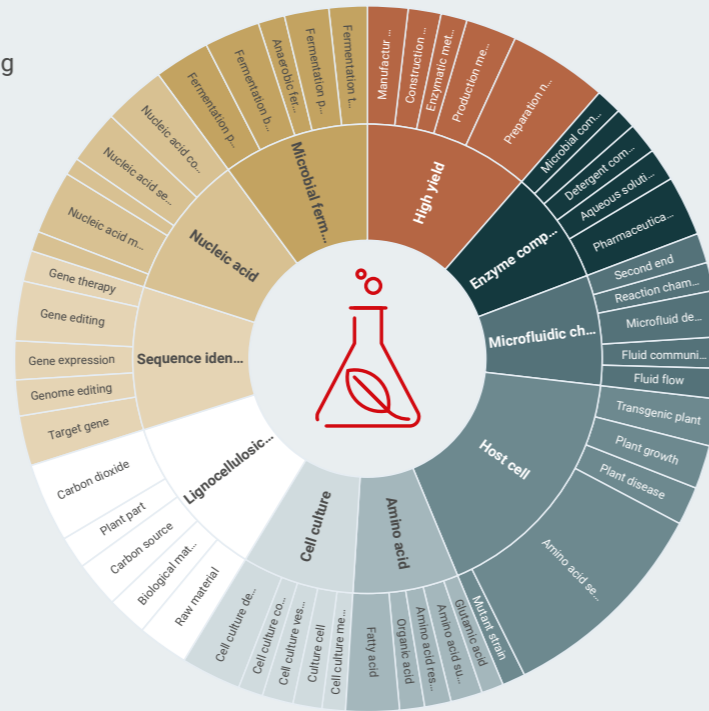
Bioteknologi

Teknologifeltet

Bioteknologi er afgørende for udviklingen af nye fødevarer, naturlige tilsætningsstoffer og forbedring af afgrøders modstandsdygtighed og næringsindhold. Bioteknologi kan også bruges til at lave bæredygtige brændstoffer og naturligt nedbrydelige materialer. Overlappet til farmaceutiske produkter, medicin og diagnostiske teknologier er stort, men er her frasorteret.

Styrkeforhold

Biotechnologisk forskning og innovation er vokset markant globalt. Kina dominerer både i forhold til antal patenter og antal videnskabelige publikationer. Bioteknologi er et af de teknologifelter, hvor Danmark udkommer med flest patenter. Siden 2018 er antallet af patenter fra Danmark faldet. I 2022 viser fremskrivningen, at der er 22 patenter med 5+ citeringer i Danmark.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	4.726	8.008
Danmark	28	22
EU	461	323
UK	255	253
USA	649	614
Kina	2.945	6.492

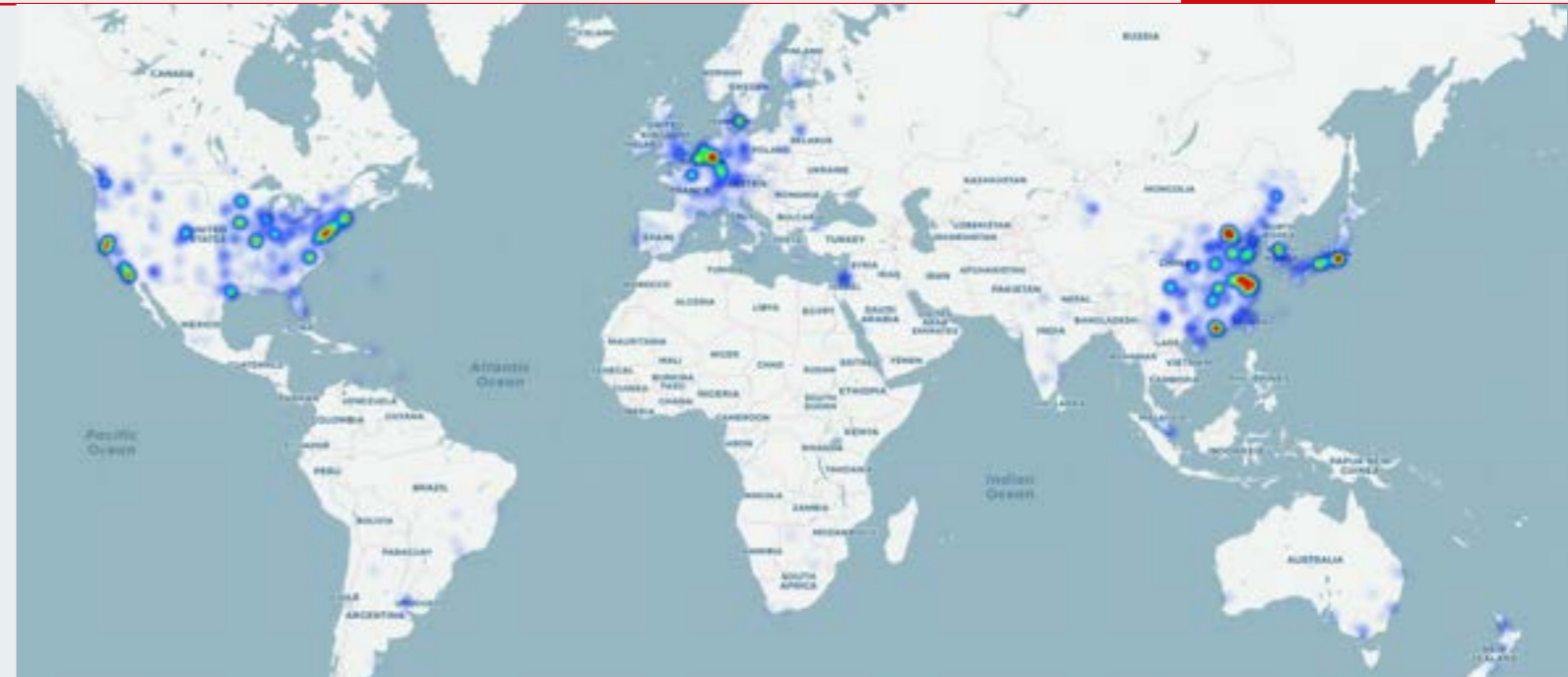
PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	27.025	47.089
Danmark	271	411
EU	6.600	9.173
UK	756	1050
USA	3.335	3.255
Kina	4.453	11.615

Udviklingen af patenter med 5+ citeringer og antal videnskabelige artikler er mere end fordoblet i Kina på 10 år. Antallet er svagt nedadgående for de øvrige lande/regioner, hvad angår patenter, og stigende for publikationer i EU, Danmark og Storbritannien.

Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

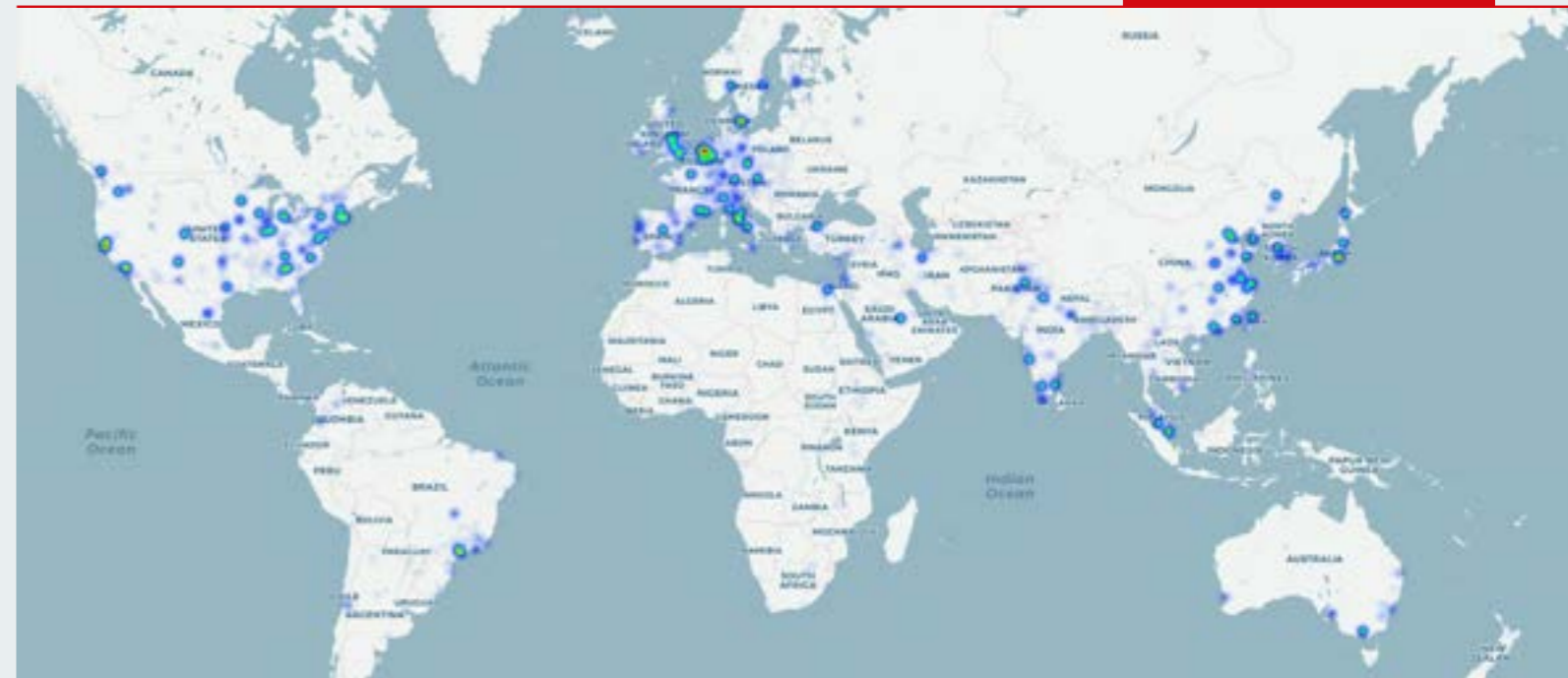
PATENTER BIOTEKNOLOGI



Der er nogle markante hotspots i Kina omkring Beijing, Shanghai og Guangdong. Generelt er Kina stærkere repræsenteret end USA og Europa. I Europa er der et hotspot omkring Düsseldorf og Köln, og i USA er det særligt Boston og Philadelphia, som træder frem.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER BIOTEKNOLOGI



Kortet over topforskningen viser en høj grad af geografisk spredning. Københavnsområdet træder frem som særligt stærkt sammen med området omkring Utrecht og Haag samt San Francisco og Tokyo. Overordnet fremtræder EU og USA stærkere end Kina.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

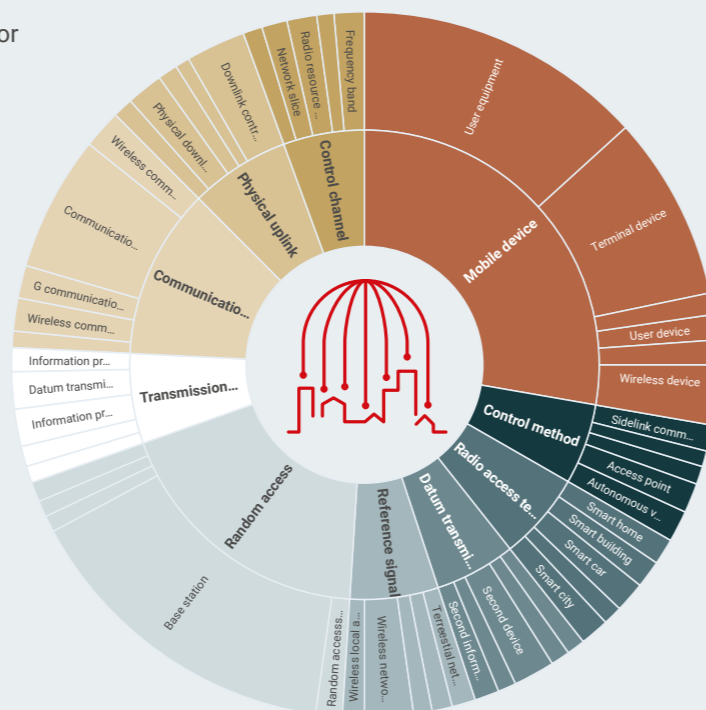
Digitale teknologier og forbindelser

Teknologifeltet

Digitale teknologier og forbindelser er grundlaget for nutidens teknologi. Trådløs kommunikation, som mobilnetværk og satellitsystemer, gør det muligt at udveksle data uden kabler. Med 5G-teknologien bliver netværk hurtigere og mere stabile, så nye løsninger som selvkørende biler kan fungere bedre. Teknologier som blockchain og IoT sikrer, at dataoverførslen er sikker og pålidelig. Teknologierne understøtter også de automatiserede produktionsprocesser og intelligent produktion.

Styrkeforhold

USA ser ud til at være det land, hvor innovationskraften er størst inden for dette brede teknologifelt. Spredningen er mere jævnt fordelt mellem Kina, USA, EU og Storbritannien, når det handler om forskning. I Danmark søges der relativt få patenter sammenlignet med de andre nationer og regioner i denne analyse.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	36.868	64.526
Danmark	44	25
EU	5.160	5.330
UK	513	326
USA	9.190	17.481
Kina	14.573	29.322

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	8.988	29.274
Danmark	26	175
EU	1.389	5.272
UK	460	1.711
USA	1.348	2.744
Kina	1.493	7.188

På 10 år er der på globalt plan sket en tredobling i antal publikationer om feltet. Den procentmæssige største udvikling findes i Danmark, hvor der i 2022 blev udgivet næsten otte gange så mange artikler som i 2012.
Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

PATENTER DIGITALE TEKNOLOGIER OG FORBINDELSER



Antallet af patenter er steget kraftigt mellem 2012-2022 med Kina som den største bidrager. Toppatenter er dog koncentreret omkring Seoul og USA's østkyst.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER DIGITALE TEKNOLOGIER OG FORBINDELSER



Der udgives betydeligt mere forskning i EU om digitale forbindelser end i USA. Alligevel findes der hotspots omkring Los Angeles og New York. Topforskningen er geografisk meget spredt med hotspots også i London, Paris og Seoul.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

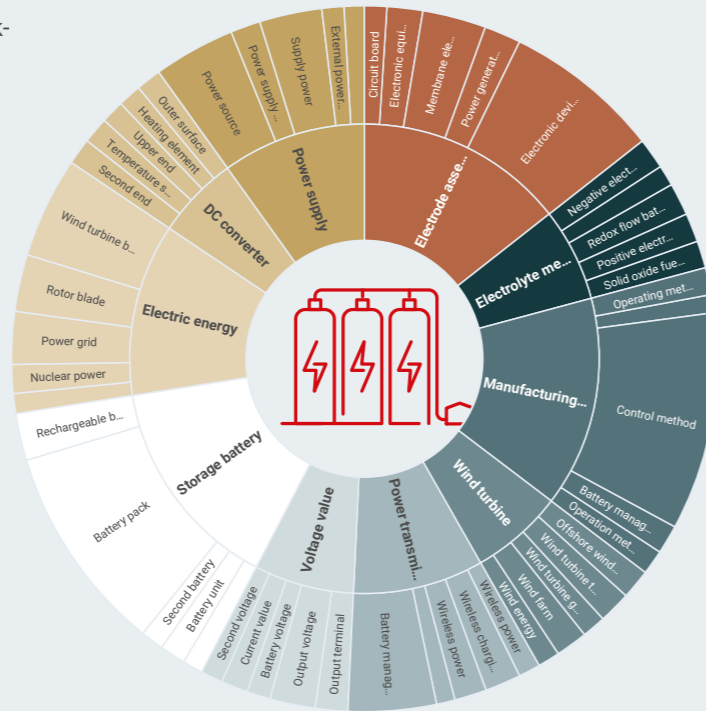
Energiteknologi

Teknologifeltet

Energiteknologi omfatter områder inden for produktion, lagring og distribution af energi. Det dækker både vedvarende kilder som sol-, vind- og vandkraft samt nye løsninger som avancerede batteriteknologier og hydrogenenergisystemer. Feltet indeholder også nye metoder til at integrere og styre energidistribution i elnettet.

Styrkeforhold

På globalt plan har patentansøgning især taget fart efter 2019, hvor toppatenterne hovedsagelig findes i USA. Forskningen inden for energiteknologi har oplevet en markant vækst, især i Kina, hvor antallet af videnskabelige artikler er mere end firdoblet siden 2012. Med 349 kvalitetspatenter og 725 publikationer i 2022 er Danmark produktiv inden for dette felt, hvilket især gælder vindenergi.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

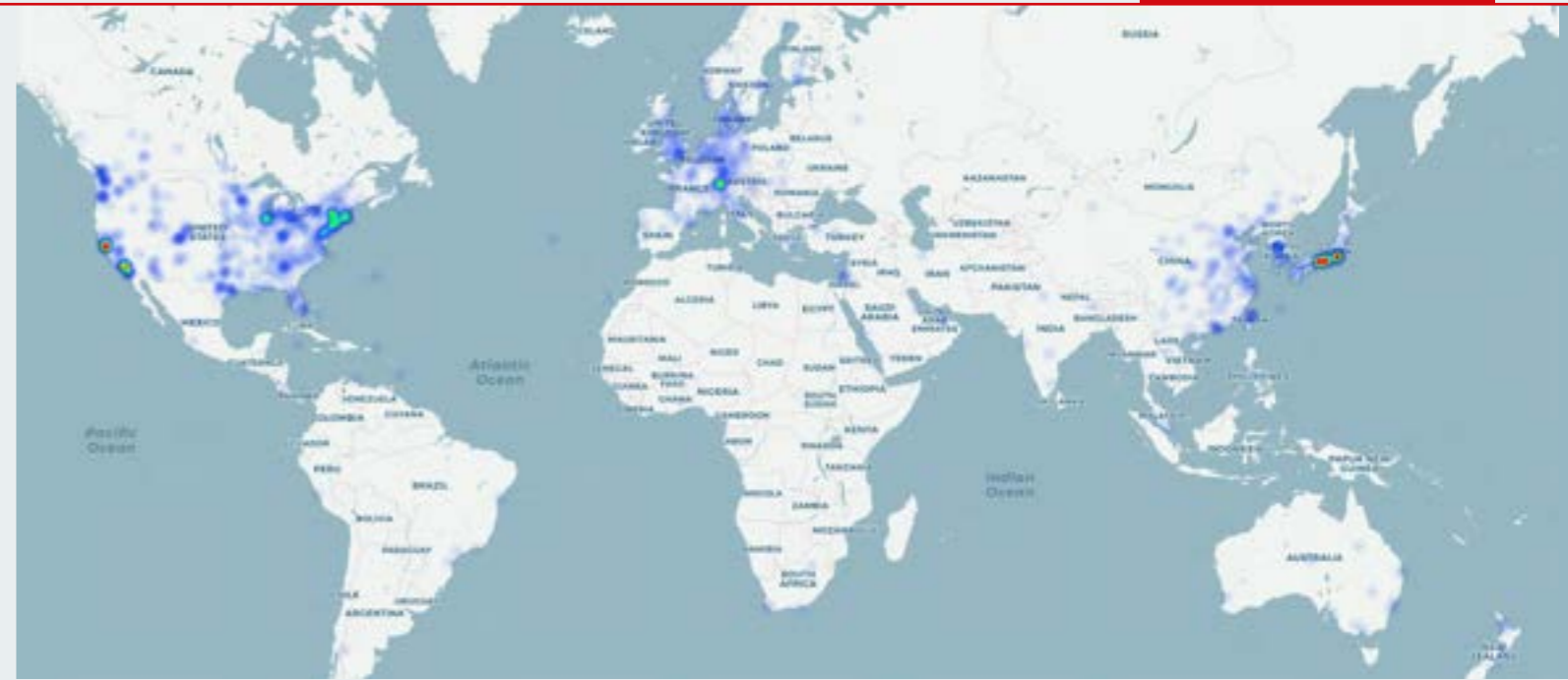
KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	13.414	21.824
Danmark	282	349
EU	2.005	1.426
UK	153	123
USA	1.912	1.964
Kina	4.057	13.980

Der har især været en stor stigning i antallet af årlige publikationer i Kina, som er næsten femdoblet i antal siden 2012. Foruden Kina er Danmark det land i undersøgelsen, der forøger mest på publikationssiden.
Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	47.984	113.459
Danmark	396	725
EU	9.950	16.564
UK	1.821	3.699
USA	8.093	9.961
Kina	11.339	53.664

Science & Engineering-hotspots

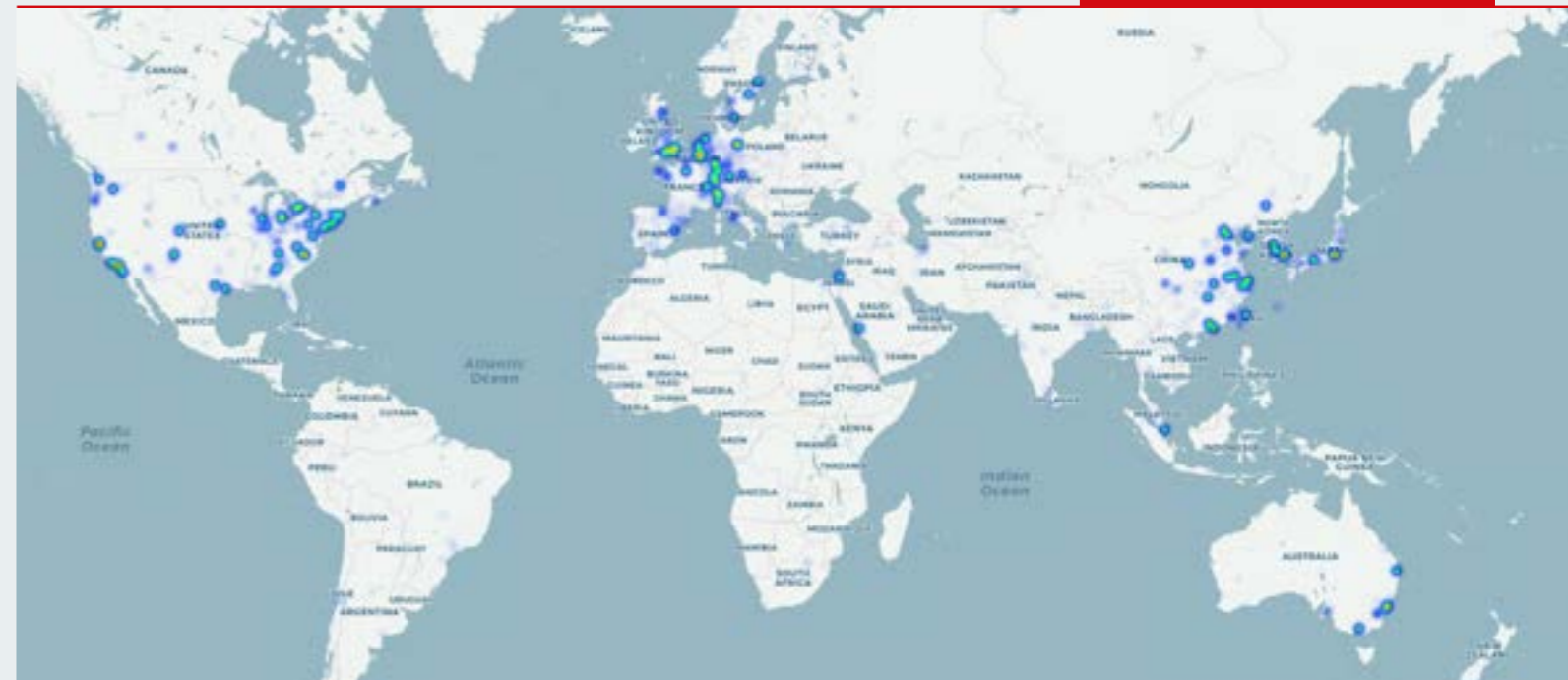
PATENTER ENERGITEKNOLOGI



Toppatenterne er koncentreret i USA og Japan. Danmark fremstår ikke som et markant hotspot, selv om der udkommer mange patenter årligt fra Danmark. Det er også overraskende, at Kina ikke er et hotspot på trods af landets høje produktion af grøn energiteknologi.

Kilde: Teknologisk Institut.
Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER ENERGITEKNOLOGI



Der har gennem årene været en stor udvikling i forskning inden for energiteknologi. I 2012 blev der på verdensplan udgivet 47.984 videnskabelige artikler. I 2022 var dette tal steget til 113.459. Der er høj aktivitet på forskningen i USA, Kina, EU og Storbritannien.

Kilde: Teknologisk Institut.
Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

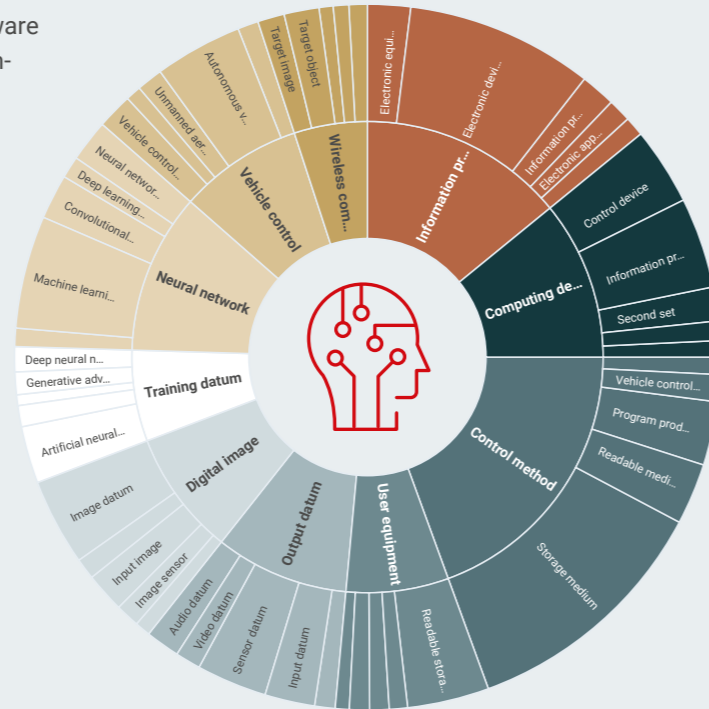
Kunstig intelligens (AI)

Teknologifeltet

Med kunstig intelligens (AI) kan systemer og software udføre opgaver, der normalt kræver menneskelig intelligens. AI har potentiale til at transformere den måde, vi lever og arbejder på, og bruges bredt i mange sektorer fra sundhed og transport til finans og produktion. AI's evne til at analysere data og forudsige resultater gør det til et uvurderligt værktøj i moderne teknologiudvikling.

Styrkeforhold

Antallet af videnskabelige artikler og patentansøgninger er eksploderet siden 2012. USA patenterer markant mere end EU, men publicerer mindre forskning end EU. Kina har set en eksplosiv vækst på begge punkter og er gået forbi USA og EU. Danmark følger udviklingen parallelt med de resterende lande.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	6.460	78.345
Danmark	11	88
EU	1.065	4.267
UK	153	376
USA	2.899	11.948
Kina	442	51.029

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	29.056	87.739
Danmark	142	415
EU	5.940	13.656
UK	1.584	3.772
USA	4.095	10.472
Kina	4.522	24.428

Væksten i patenter fra Kina er massiv. Men der findes også en stor forøgelse i USA, EU og Danmark. På globalt plan udgives tre gange så mange artikler. Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

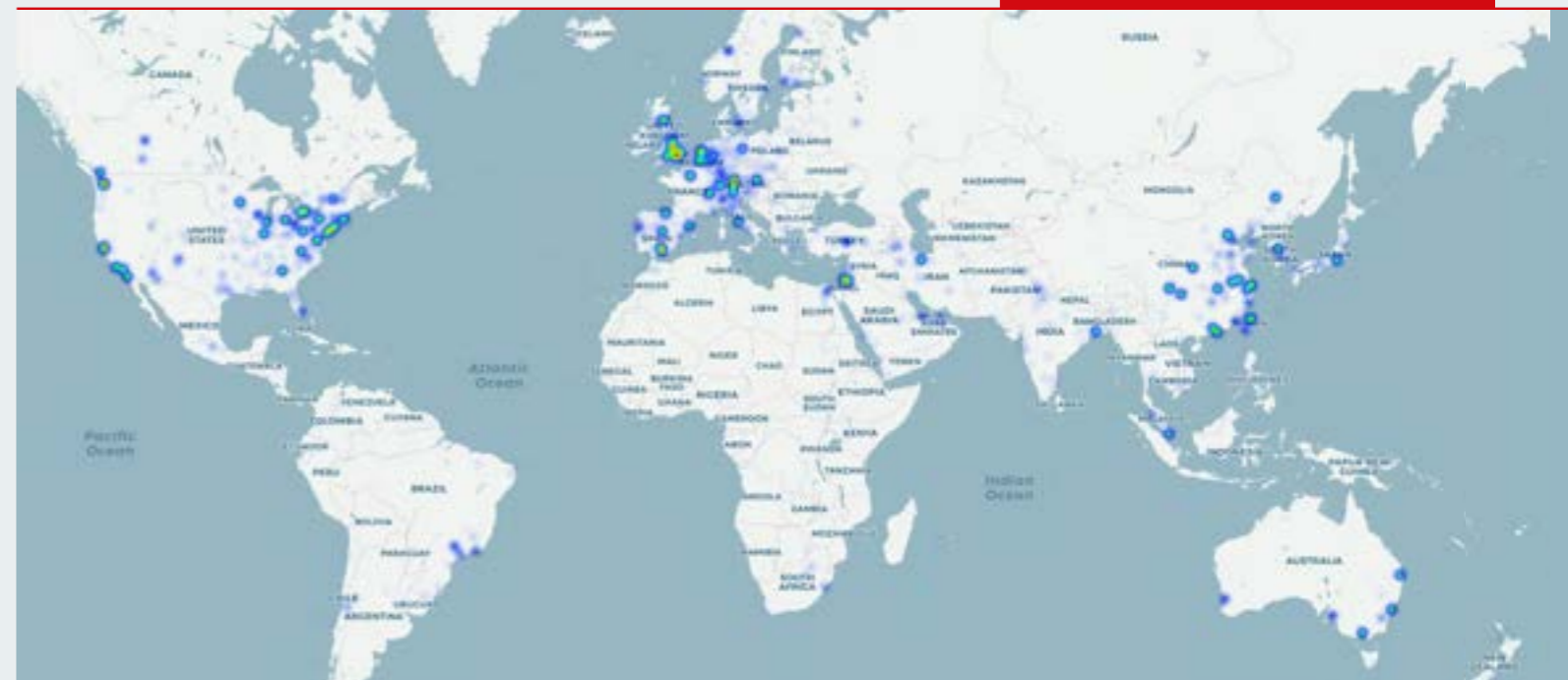
PATENTER KUNSTIG INTELLIGENS (AI)



USA er det land, hvor vi finder de mest citerede patenter. De bedste innovationer har fundet sted i områderne omkring San Francisco, Seattle, New York og Boston.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER KUNSTIG INTELLIGENS (AI)



Topforskning er i høj grad afgrænset til USA og Europa. London, Oxford, Cambridge og München er europæiske hotspots for forskning, mens San Francisco og Seattle skiller sig ud i USA.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

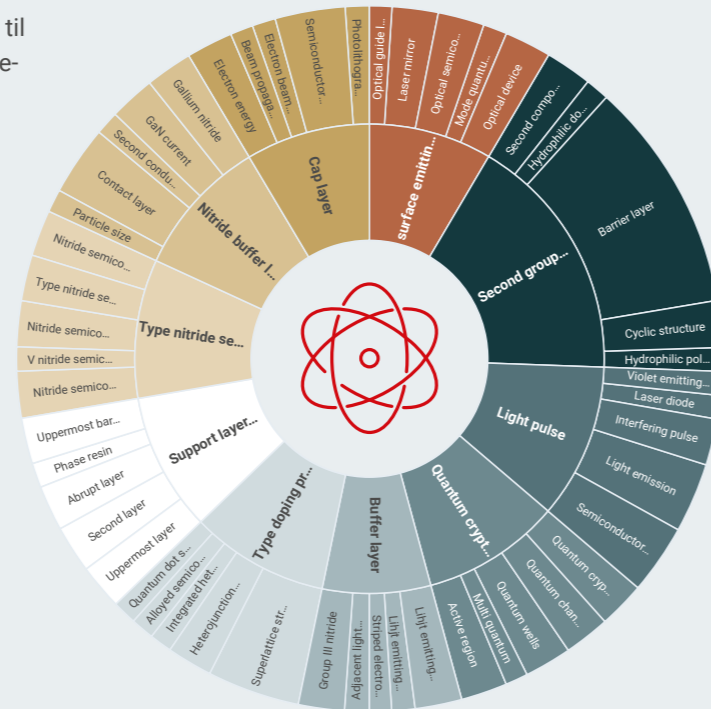
Kvanteteknologi

Teknologifeltet

Kvanteteknologi udnytter kvantemekanikkens love til at udvikle nye teknologier med ekstraordinær regnekraft, sikker kommunikation og præcise måleinstrumenter. Kommerciel udnyttelse af kvante-computing ligger stadig langt ude i fremtiden, men potentialet er enormt, og feltet åbner for helt nye muligheder for innovation.

Styrkeforhold

På globalt plan blev der i 2022 udgivet angt flere publikationer end patenter. Men antallet af patenter er steget markant de seneste år. Fra 2012-2022 steg det årlige antal kvalitetspatenter i EU og USA med henholdsvis seks og syv gange så mange. I Danmark er der kun udtaget få patenter, men teknologifeltet ses som en styrkeposition på grund af Danmarks internationale samarbejde og kvaliteten af forskning fra Niels Bohr Institutet og DTU Fysik.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	395	3347
Danmark	0	8
EU	51	316
UK	9	40
USA	103	725
Kina	113	1.979

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	25.512	29.590
Danmark	194	279
EU	8.119	8.283
UK	1.524	1.657
USA	5.608	5.856
Kina	3.785	7.596

At Danmark kun har otte patenter i 2022, tyder på, at teknologien er på et stadie, hvor fokus mere ligger på grundforskning og videnskabelige publikationer end på at udvikle konkrete produkter.
Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

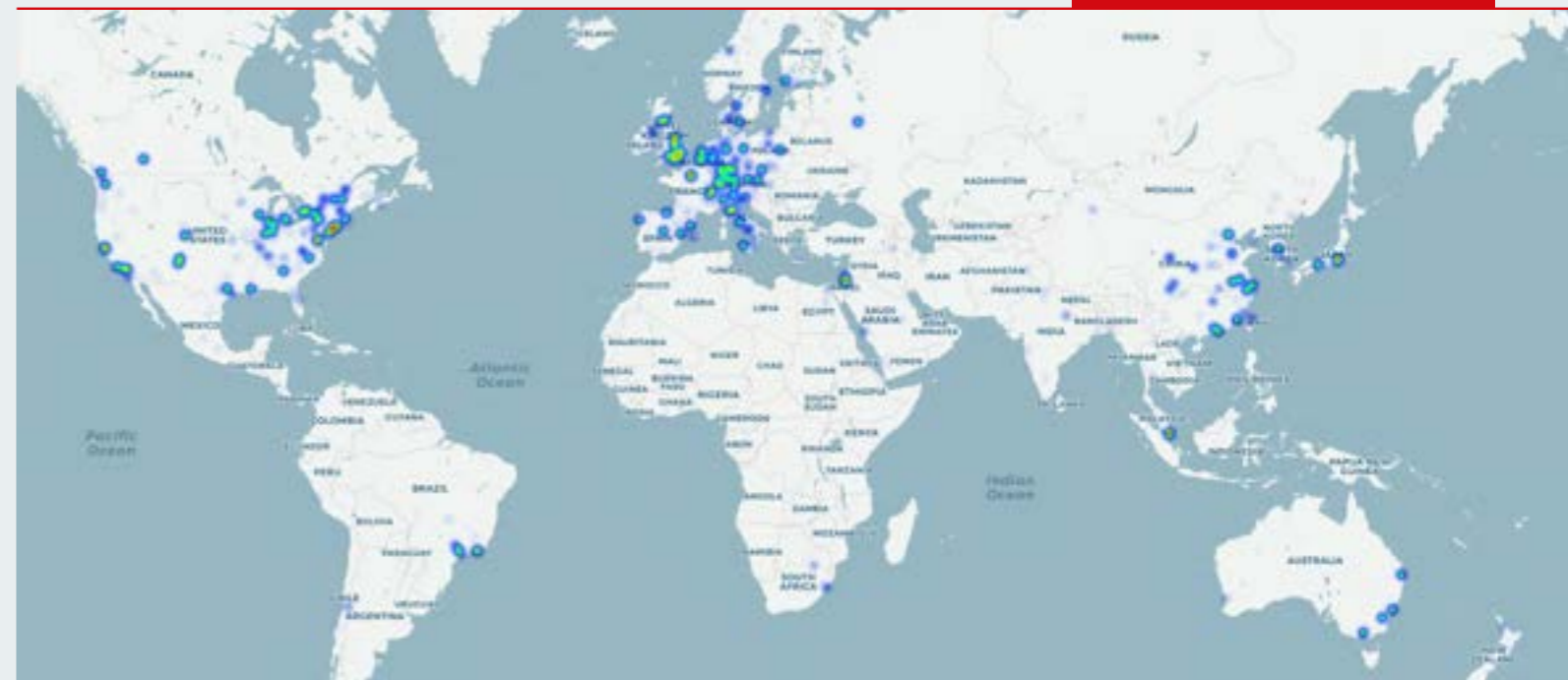
PATENTER KVANTETEKNOLOGI



Selv om Kina ikke synes af meget, så er teknologiuudviklingen alligevel langt hurtigere i Kina end i EU og USA. I forhold til hvor godt repræsenteret EU er blandt topforskningen, er det slående, hvor dårligt repræsenteret EU er blandt toppatenter. Disse findes hovedsageligt i USA, Japan og Sydkorea.

Kilde: Teknologisk Institut.
Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER KVANTETEKNOLOGI



Kortet over topforskningen viser, at den hovedsageligt finder sted i Europa og USA. Kinesisk forskning er betydeligt dårligere repræsenteret. Hotspots er særligt omkring London, Paris, Tel Aviv, New York og Boston.

Kilde: Teknologisk Institut.
Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

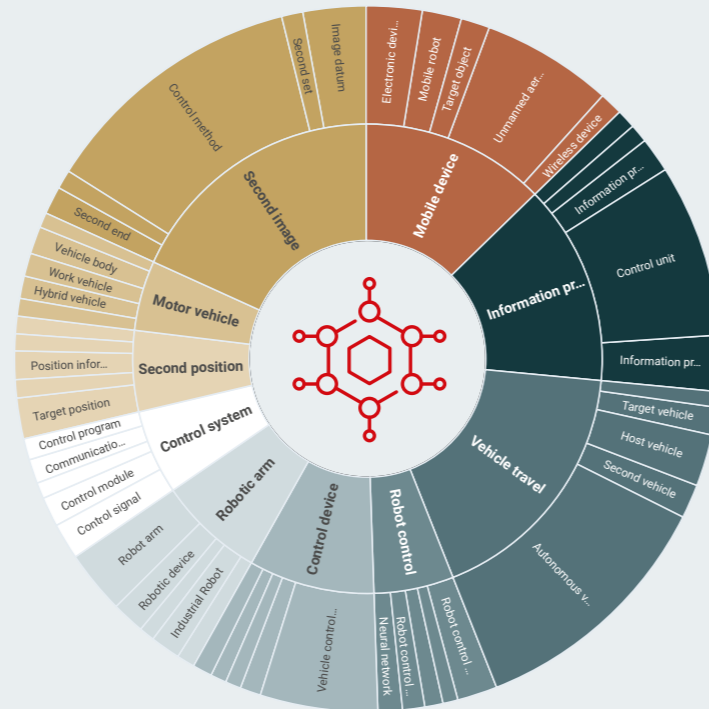
Robotteknologi og autonome systemer

Teknologifeltet

Som en tværfaglig videnskab kombinerer robotteknologi og autonome systemer mekanik, elektronik, datalogi og AI. Teknologifeltet forbedrer effektivitet, sikkerhed og præcision på tværs af forskellige industrier og sektorer, hvor den bl.a. løser komplekse opgaver, der er utilgængelige for mennesker.

Styrkeforhold

På globalt plan er der sket en markant stigning af forskning og patenter de seneste 10-12 år. Kina er det land, der har udgivet flest artikler om feltet, mens de bedste patenter findes i USA. Danmark har oplevet en markant stigning de seneste år og har ottedoblet antallet af kvalitetspatenter fra 2012-2022. Danmark har en robotklynge, der er samlet i netværket Odense Robotics, som består af over 300 virksomheder inden for robotteknologi, automation og droneteknologi.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	7.240	48.876
Danmark	6	51
EU	1.169	2.163
UK	75	179
USA	1.013	5.862
Kina	2.572	32.897

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	20.389	43.023
Danmark	69	167
EU	3.854	6.071
UK	815	1776
USA	2.731	4.210
Kina	4.358	19.160

Den største udvikling inden for forskning i robotteknologi ses i Kina, der i 2022 udkom med 19.160 artikler. Særligt USA og Kina vokser stort på patentsiden. Danmark oplever også en pæn fremgang.
Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

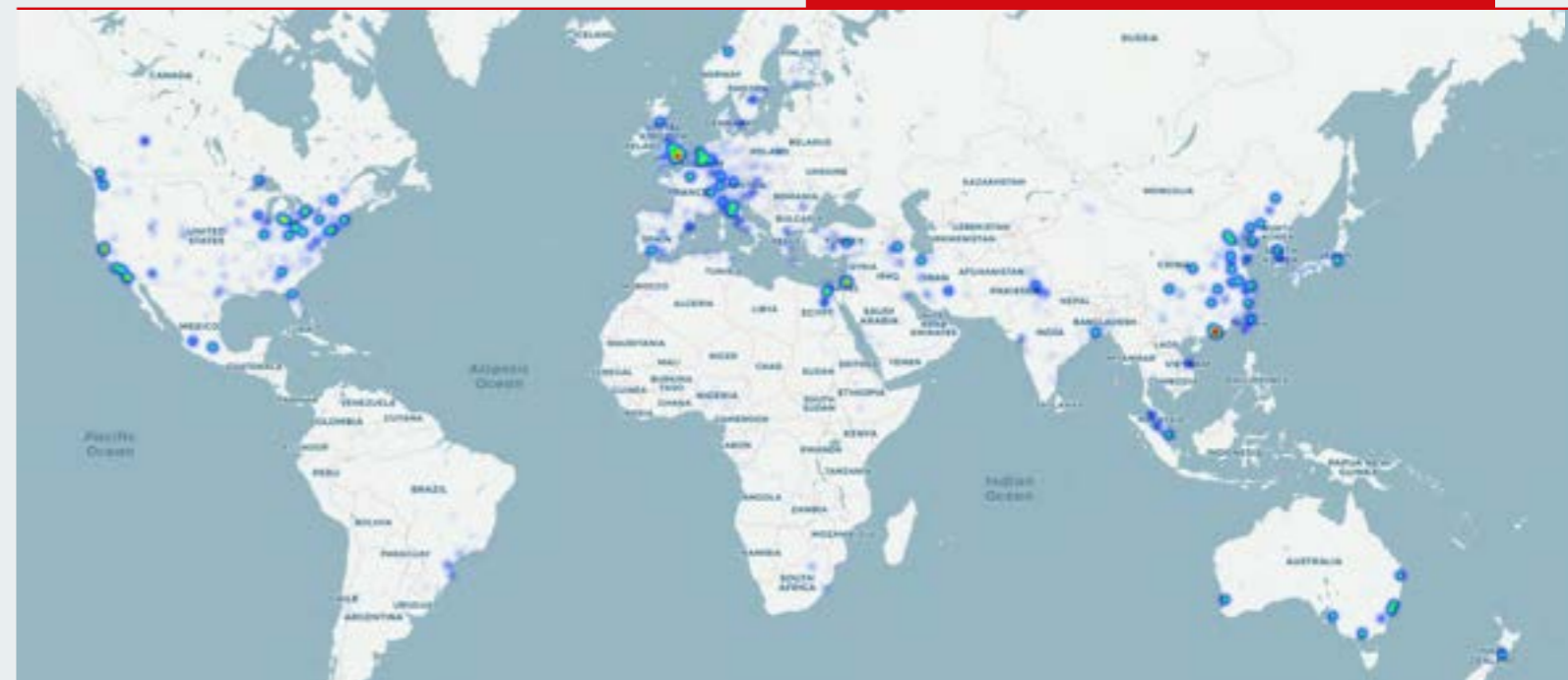
PATENTER ROBOTTEKNOLOGI OG AUTONOME SYSTEMER



Selvom der i Kina var søgt om 68.341 patenter i 2022, afspejler det sig ikke på kortet over toppatenter. Her dominerer USA i betydelig grad med hotspots omkring San Francisco og Boston. Tokyo er også et hotspot.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER ROBOTTEKNOLOGI OG AUTONOME SYSTEMER



Topforskning er meget ligeligt repræsenteret i USA, Europa og Kina med hotspots omkring London, Guangdong, San Francisco og Tel Aviv.

Kilde: Teknologisk Institut. Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

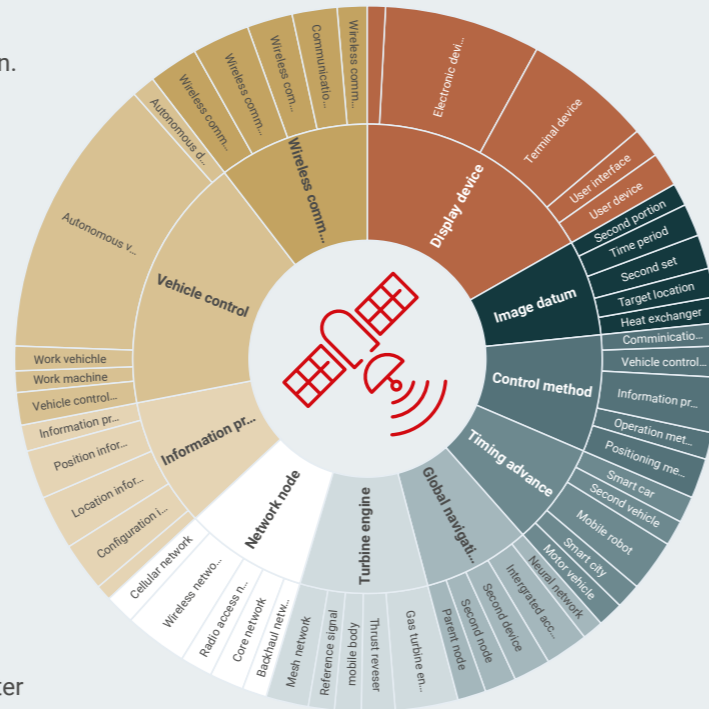
Rum- og fremdriftsteknologi

Teknologifeltet

Rum- og fremdriftsteknologi handler om at udvikle raketter og satellitter til rumforskning og navigation. Teknologien inkluderer avancerede fremdriftssystemer som kemiske raketmotorer og automatiske kontrolsystemer til styring af rumfartøjer. CubeSats – små, kubiske satellitter, der typisk måler 10x10x10 cm – bliver stadig mere udbredte, især til jordobservation og kommunikation. Rapportens søgninger fokuserer også på militære anvendelser og patenter inden for rummet.

Styrkeforhold

Innovation inden for feltet er vokset markant gennem årene, mens der har været en mere beskedent udvikling i antal publikationer. Kina har øget aktiviteten mest og er også førende med flest patenter med mindst fem citeringer. Tæt på Kina ligger USA, mens Danmark, Storbritannien og EU har en mindre andel af patenter med fem citeringer.



Læs mere om, hvordan teknologihjulet er sat sammen i Teknologisk Instituts baggrundsrapport.

KVALITETSPATENTER	2012	2022
Globalt	3.999	11.321
Danmark	8	7
EU	696	878
UK	89	112
USA	1.163	2.981
Kina	1.363	5.260

PUBLIKATIONER	2012	2022
Globalt	2.372	4.062
Danmark	2	6
EU	482	664
UK	66	104
USA	390	323
Kina	364	1.500

Der udgives relativt få forskningsartikler, og der er kun sket en mindre stigning i antal artikler de seneste 10 år. Stigningen i patentansøgninger er til gengæld kraftig.
Kilde: Teknologisk Institut. Tal for kvalitetspatenter (patenter citeret i min. fem andre patenter) i 2022 er baseret på fremskrivninger efter 2018.

Science & Engineering-hotspots

PATENTER RUM- OG FREMDRIFTSTEKNOLOGI



Kina har den største andel af patenter med fem citeringer – 44 % i 2019 mod USA's 32 %. Alligevel er top-patenterne koncentreret omkring USA med et markant hotspot på østkysten ved Philadelphia, New York og Boston.

Kilde: Teknologisk Institut.
Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 10.000 mest citerede patenter siden år 2000.

PUBLIKATIONER RUM- OG FREMDRIFTSTEKNOLOGI



Topforskningen er geografisk spredt ligeligt mellem USA, Europa og Kina, men med særlige hotspots omkring Philadelphia, Seoul og Tokyo.

Kilde: Teknologisk Institut.
Kortet er dannet på baggrund af adresseinformation om de 2.000 mest citerede publikationer siden år 2000.

KAPITEL 4

Perspektiver på en dansk teknologistrategi



Foto: ATV

Perspektiver fra delegationen

Delegationen af forskere, forretningsfolk og universitetsledere fik på studieturen viden og erfaringer om arbejdet med kritiske teknologier i Storbritannien og EU. Vi præsenterer et udpluk af de indsigter, som besøget gav anledning til.



Det er tydeligt, at universiteter i Storbritannien har langt større kontakt med ministerierne og styrelserne, og at det går gennem fagligt viden- de Scientific Advisors. Danmark bør indføre et lignende system, så politikerne bliver bedre rustet til at træffe beslutninger om nogle af de udfordringer, som vi som samfund ved, vi kommer til at håndtere.

Man er i UK nået langt med at sikre, at hele "innovationssystemet" er gearret til at arbejde i samme retning. De politiske prioriteter skinner tydeligt igennem i funding-mekanismerne og universiteternes ind- satser. Det særligt spændende er dog, at strategien ikke er defineret udelukkende politisk. Den er stærkt informeret af faglig forståelse for teknologier. Det sikrer man ved at etablere Scientific Officers i hvert ministerie til at varetage oversættelsen mellem faglig indsigt og politisk prioritet. Det sikrer sammenhængskraft og dialog, hvilket Danmark bør tage ved lære af.

Scientific Advisors giver i den grad god mening, men skal tilpasses en dansk kontekst. Danmarks teknologistrategi bør omfatte bæredyg- tighed i den mest oprindelige betydning, som fx fremtidens syntese- former (med AI), (gen)brug af ressourcer, bæredygtigt landbrug og cirkulære energimaterialer. Derudover skal vi bruge Danmarks unikke position inden for cybersikkerhed og sikre, at nye digitale redskaber udvikles, og løsningerne indlejres fornuftigt i samfundet.

Man kan med fordel lade sig inspirere af den mere åbne, hyppige dia- log, der er i Storbritannien, imellem det politiske niveau, embedsvær- ket bredt set og forsknings- og innovationsmiljøet, da man i min optik har meget at lære af hinanden.

For nye teknologier snakker man ofte om behovet for at skabe "pull-factor", altså et marked, der efterspørger produkterne. Jeg tror, at man bl.a. skal prøve at bruge EU and NATO's stigende fokus på denne måde, da den offentlige indkøbsmuskel i høj grad kan være med til at understøtte udviklingen af teknologi og skabe efterspørgsel.

Anna Haldrup

INSTITUTLEDER, INSTITUT FOR
FØDEVAREVIDENSKAB
KØBENHAVNS UNIVERSITET

Astrid Heidemann Lassen

LEKTOR, VICEINSTITUTLEDER,
INSTITUT FOR MATERIALER
OG PRODUKTION
AALBORG UNIVERSITET

Birgit Schiøtt

DEKAN,
FACULTY OF NATURAL SCIENCES
AARHUS UNIVERSITET

Caja Nalepa Petersen

FULDMÆGTIG
ERHVERVSMINISTERIET



Foto: ATV

NATO's nye hovedkvarter blev officielt taget i brug i 2018. Det 254.000 kvadratmeter store kompleks huser mere end 4.000 ansatte fra med- lemslandenes delegationer og NATO's egne medarbejdere.

Vældig positivt at opleve, hvordan vigtigheden af teknologi er kommet højt op på den politiske dagsorden både i UK og EU. Vi ser nationale og regionale teknologistrategier med tilhørende implementeringspla- ner og finansiering tage form og oplever, hvordan ministerierne som en helt naturlig ting betjener sig af teknologisk ekspertrådgivning i deres strategi- og lovforberedende arbejde.

Carsten Toft Boesen

CEO
NIRAS A/S

En fremtidig dansk teknologistrategi bør prioritere forskning, of- fentlig-private partnerskaber og internationalt samarbejde inden for kritiske teknologier som AI og cybersikkerhed. EU og NATO's fokus på kritiske teknologier tilbyder mulighed for at styrke det danske tech-økosystem. Dette er dog ikke gjort uden at styrke danske startups og spin-outs fra universiteterne. Danmarks evne til at skabe og vækste teknologivirksomheder er afgørende for det samfund, vi ønsker fremadrettet.

Casper Hansen

CEO
TECHNICON A/S



Fra Storbritannien kan vi lære at tænke tværministerielt. Vi bør lægge op til, at der udformes en teknologistrategi, der adresserer store samfundsmæssige udfordringer og muligheder på tværs af ministerier. Udviklingen heraf kunne passende drives af udpegede Scientific Advisors for hvert ministerie, som kunne høste input fra industri og interesseorganisationer.

Vi bør styrke dansk-britiske forskningssamarbejder. Storbritannien er interesseret i at styrke det internationale samarbejde og er en attraktiv samarbejdspartner, da de traditionelt har haft stor succes med at tiltrække funding bl.a. gennem Horizon-programmet, ligesom de holder en række top 10-universiteter i verden. Danmark kunne måske få en lidt mere særlig position pga. vores stærke fondsstruktur, som potentielt kunne være medbidragsyder på vigtige forskningsmissioner.

Imperial College og deres ledelsesfilosofi gjorde stort indtryk. Man arbejder i teams, udvikler selv sine talenter i stedet for at købe allerede etablerede forskere ind og arbejder tværfagligt. STEM-B- og Art and Design-afdelingen er fx også ind over STEM-aktiviteter, hvilket løfter projekternes impact uden for universitetet.

NATO's fokus på teknologiske løsninger, der skal sikre, at konflikter ikke bliver til krig, er interessant. I Danmark bør vi tænke dual-use ind i forskningen og ikke mindst, når forskningen skal kommerialiseres. En kommende dansk teknologistrategi bør have fokus på digitale teknologier (ikke kun på AI). Digitale teknologier ligger under alt andet fra grøn omstilling over militærteknologi til sundhedsteknologi. Efter min mening bliver det prioriteret for lidt, og der kunne Danmark helt sikkert gøre en forskel.

Hvad angår innovation på universiteterne, er min konklusion, at vi skal installere en form for "tryk". I Storbritannien tror jeg, at det såkaldte Research Excellence Framework, hvor midler uddeles efter en evalueringssproces, der måler på universiteternes forskningsoutput og impact, har været afgørende for de engelske universiteters og forskeres fokus på innovation og impact.

Tankevækkende at høre om Storbritanniens nationale teknologistrategi, og hvordan den effektivt sætter retning for investeringer i forskning og innovation. Vi så beviser på, at strategien er implementeret og fungerer i UK Research & Innovation (UKRI). De står for uddeling af 60-70 % af alle offentlige forskningsmidler og har løbende kontakt med de nationale Chief Scientific Officers.

Claus Crone Fuglsang

CSO,
EXECUTIVE VICE PRESIDENT

NOVONESIS A/S

Dorthe Lybye

SENIOR EXECUTIVE OFFICER,
DTU FYSIK

DANMARKS TEKNISKE
UNIVERSITET

Helle Rootzén

CEO & FOUNDER

ANDHERO

Jesper Wengel

PRODEKAN FOR INNOVATION OG
SAMFUNDSRELATIONER

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Lars R. Enevoldsen

CHIEF DIGITAL OFFICER

AVK HOLDING A/S



Fra imperiets storhedstid til dagens moderne diplomati har Storbritannien opbygget en stærk tradition for at styrke internationale bånd. Foran Buckingham Palace samles delegationen til en kort refleksion i London historiske rammer.

Der er brug for en tættere dialog mellem politikere og universiteter. Vores politikere, og ikke mindst regeringen, skal have meget mere fagligt input. Der er en foruroligende mangel på teknisk videnskabelig viden i det politiske system.

Lars-Ulrik Aaen Andersen

INSTITUTDIREKTØR,
DTU ELECTRO

DANMARKS TEKNISKE
UNIVERSITET

I England så vi, at deres teknologistrategi og finansiering følges ad, hvilket er afgørende for, at visionerne kan føres ud i livet. Vi så hertil en super god kobling mellem regeringen/ministerierne og forskningsmiljøerne/erhvervs livet. Koblingen har de bygget op med Scientific Advisors.

Mads Søndergaard

EXECUTIVE VICE PRESIDENT,
BUILDING

NIRAS A/S

Om vi skal anvende samme model i Danmark, er en mulighed, men koblingen kunne også tænkes anderledes. Jeg tror, det er vigtigt, at man fra regeringens eller ministerierne side starter med at erkende nødvendigheden af og styrken ved dette koblingsled og understøtter det økonomisk. Ud over at den økonomiske understøttelse vil være med til at sikre et robust fundament for arbejdet, vil den også sikre efterspørgsel på resultater og ejerskab for implementeringen.

Jeg synes, det var yderst interessant at besøge Cambridge og Imperial College lige efter hinanden. Det blev meget tydeligt, at man kan nå excellence på flere måder – ud fra individet, som det er på Cambridge, eller i teams, som de dyrker på Imperial College. Alt i alt er det meget tydeligt, at excellence kommer ud af dygtige personer. Derfor er rekruttering utroligt vigtig.

Marianne Holmer

DEKAN,
DET NATURVIDENSKABELIGE
FAKULTET

SYDDANSK UNIVERSITET

Erfaringerne fra Storbritannien viser, at det bærer frugt at fokusere på nogle få kerneteknologier. Det trækker flere investeringskroner til de udvalgte tech-områder, uden at øvrige områder bliver helt overset. Det gør det desuden lettere at kommunikere enkle og klare budskaber.

Mette Juhl Jørgensen

DIREKTØR
PLUS SOLUTIONS

Vi skal ikke være afskrækkede af, at teknologi er dual-use – tværtimod skal vi være påpasselige med at have et isoleret fokus på "civil use", da det kan udelukke mange vigtige kritiske teknologiaktiviteter inden for AI, robotteknologi mv. Besøget på DIANA var inspirerende – især perspektivering af, at forsvarsteknologi ikke bare skal ses som våbenteknologi, men i høj grad også udvikling og brug af teknologi til at nedbringe risiko for konflikt samt at nedbringe "impact", hvis konflikten opstår.

Søren Riis

VICE PRESIDENT R&D,
EMBEDDED SOLUTIONS
COCHLEAR

Danmark har ikke selv kapacitet til at finansiere og udvikle alle kritiske teknologier. Vi bør derfor udnytte muligheden for partnerskaber med andre lande gennem EU-samarbejdet. Det er afgørende for små lande som Danmark, hvor nationale markeder er for små til at opnå den nødvendige skalafordel. Vi bør derfor udvælge enkelte teknologifelter, hvor vi bidrager særligt, og som er særligt samfundskritiske, og fokusere vores indsats på dem.

Thomas Bak

DEKAN,
DET TEKNISKE FAKULTET FOR IT
OG DESIGN
AALBORG UNIVERSITET

Vi kan lære af Storbritanniens sammenkobling af forskning, innovation og industripolitik. Deres fokus på at integrere teknologi i nationale strategier og opbygge forskningscentre viser en vej for, hvordan vi kan styrke indsatsen på kritiske teknologier.

Ulla Röttger

NON-EXECUTIVE DIRECTOR
LONDONENERGY LTD.

Danmark har traditionelt tætte bånd til Storbritannien, og senest har ambassaden indgået partnerskabsaftaler om forskellige tekniske emner, bl.a. quantum computing. Derfor er det oplagt at udbygge relationen. Ambassaden har attachéer inden for energi, sundhed, forsvar mv., men ikke inden for forskning og innovation, så det vil det være oplagt at oprette en attachéstilling. Vi har endvidere innovationscentre forskellige steder. Så det vil være en styrkelse at oprette et center i trekanten Oxford-Cambridge-London, hvor universiteterne – i øvrigt som i Danmark – satser på excellence inden for STEM.



Foto: ATV

Deltagerne besøgte Cambridge Enterprise – universitetets kommercielle arm, der forbinder forskning med industri ved at støtte udviklingen og kommercialiseringen af banebrydende opfindelser. Omkring 93 % af deres spinouts overlever efter de første fem år.

Sponsorer og partnere

Tak til projektets støtter

novo nordisk
fonden

VILLUM FONDEN

POUL DUE JENSEN GRUNDFOS
FOUNDATION

NIRAS

RAMBØLL
FONDEN

Danmarks
Tekniske Universitet DTU

KØBENHAVNS
UNIVERSITET

AARHUS UNIVERSITET

AALBORG
UNIVERSITET

RUC
Roskilde Universitet

SDU

CBS

IT-UNIVERSITETET I KØBENHAVN

ATV-delegation på studietur

Anna Haldrup, institutleder, Institut for Fødevarer videnskab, KU; **Astrid Heidemann Lassen**, lektor, viceinstitutleder, Institut for Materialer og Produktion, AAU; **Berith Bjørnholm**, Senior Vice President, Novo Nordisk Fonden; **Birgit Schjøtt**, dekan, Faculty of Natural Sciences, AU; **Caja Nalepa Petersen**, fuldmægtig, Erhvervsministeriet; **Carsten Toft Boesen**, CEO, NIRAS A/S; **Casper Hansen**, CEO, Technicon A/S; **Claus Crone Fuglsang**, CSO, Executive Vice President, Novonosis A/S; **Dorthe Lybye**, Senior Executive Officer, DTU Fysik; **Georg Dam Steffensen**, universitetsdirektør, ITU; **Hans Nørgaard Hansen**, institutdirektør, DTU Construct; **Helle Rootzén**, CEO & Founder, andhero; **Henrik Bindslev**, dekan, Det Tekniske Fakultet, SDU; **Jesper Wengel**, prodekan for innovation og samfundsrelationer, KU; **Juan Farré**, President & CEO, Teknologisk Institut; **Lars R. Enevoldsen**, Chief Digital Officer, AVK Holding A/S; **Lars-Ulrik Aaen Andersen**, institutdirektør, DTU Electro; **Mads Søndergaard**, Executive Vice President, Building, NIRAS A/S; **Marianne Holmer**, dekan, Det Naturvidenskabelige Fakultet, SDU; **Mette Juhl Jørgensen**, direktør, Plus Solutions; **Mikkel Bohm**, direktør, Astra; **Susanne Sørensen**, dekan for Naturvidenskab, RUC; **Søren Hvidkjær**, forskningsdekan, CBS; **Søren Riis**, Vice President R&D, Embedded Solutions, Cochlear; **Thomas Bak**, dekan, Det Tekniske Fakultet for IT og Design, AAU; **Thomas Bjørnholm**, forskningsdirektør, VILLUM FONDEN; **Ulla Röttger**, Non-Executive Director, LondonEnergy Ltd.

ATV-partnere

Danmarks teknologiførende virksomheder, universiteter og fonde støtter ATV med et fast, årligt beløb. Deres støtte er uvurderlig for akademiets arbejde, og for ATV-partnerne er det en adgangsbillet til Danmarks stærkeste netværk for teknologiledere. Vi er i ATV meget stolte over at repræsentere en så stærk partnerkreds.

AAU – Aalborg Universitet

Akademikerne

Astra

AU – Aarhus Universitet,
Faculty of Natural Sciences

AU – Aarhus Universitet,
Faculty of Technical Sciences

BLOXHUB

Blue World Technologies

Carlsberg

CBS – Copenhagen Business School

Coloplast

COWI

Danfoss

Dansk Metal

Deloitte

DHI

DI – Dansk Industri

DTU – Danmarks Tekniske Universitet

EG Membercare

FORCE Technology

FOSS

FRI – Foreningen af Rådgivende Ingeniører

GN

Grundfos

GTS-foreningen

H. Lundbeck

IAD – Industriens Arbejdsgivere i Danmark

IDA – Ingeniørforeningen i Danmark

Industriens Fond

Innovationsfonden

ITU – IT-Universitetet i København

Kamstrup

KEA – Københavns Erhvervsakademi

Klimadatastyrelsen

KPMG

KU – Københavns Universitet, SCIENCE

KU – Københavns Universitet,

Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet

Landbrug & Fødevarer

LIFE Fonden

LiTHIUM BALANCE

Maskinmesterskolen København

NIRAS

Novo Nordisk

Novonosis

Oticon

Otto Bruuns Fond

P+, Pensionskassen for Akademikere

Patent- og Varemærkestyrelsen

Poul Due Jensens Fond

Rambøll

Rockwool

RUC – Roskilde Universitet

SDU – Syddansk Universitet

Siemens

Technicon

TI – Teknologisk Institut

TICRA

Topsoe

Vestas

VIA University College

WattsUp Power

Aarsleff



ATV

Akademiet for de Tekniske Videnskaber er en uafhængig medlemsdrevet tænketank, som arbejder for, at Danmark skal være en af fem førende Science & Engineering-regioner i verden.