



INTELLIGENT OG AUTONOM ROBOTTEKNOLOGI

TEKNOLOGISK UDSYN



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Indhold

Global udvikling i intelligent og autonom robotteknologi udfordrer Danmark	3
Eksplosiv vækst i intelligent og autonom robotteknologi på verdensplan	4
USA, Japan og Kina er markedsledere	6
Amerikanske og asiatiske virksomheder ejer flest patenter	8
Udviklingen i Danmark tager fart	10
Øget forskningsaktivitet globalt - Danmark er godt på vej!	10
Fra forskning til faktura – Danmark på en 12. plads	13
Automatiseret ordrepluk	16
Metoden bag Teknologisk Udsyn	22
Om patentanalysen	23
Om analysen af forskningslitteratur	23

Intelligent og autonom robotteknologi Teknologisk Udsyn

Udarbejdet af:
Teknologisk Institut
Center for Analyse og Erhvervsfremme
Gregersensvej 1
2630 Taastrup

Analyse som led i aktivitetsplanen 'Autonome robotter'
Aktivitetsplanen er finansieret af Uddannelses- og
Forskningsstyrelsen

2021
Forfatter: Stig Yding Sørensen, Andreas Bjerre Lunkeit
og Morten Kinggaard Svendsen

Teknologisk Institut er en selvejende og almennyttig Institution, der blev etableret i 1906 og er godkendt som GTS-institut af Uddannelses- og Forskningsministeriet.

Hendes Majestæt Dronning Margrethe 2. er protektor for Teknologisk Institut.

Teknologisk Instituts samarbejde med erhvervslivet bygger på fortrolighed, tavshedspligt og vores brandpromise.

Læs mere på teknologisk.dk og dti.dk



Forsidefoto: Teknologisk Institut

Global udvikling i intelligent og autonom robotteknologi udfordrer Danmark

Danmark har solide styrkepositioner inden for intelligent og autonom robotteknologi, og der er vækst i både eksport og arbejdspladser. Væksten skyldes især de virksomheder, som formår at integrere eksisterende teknologier til nye og innovative løsninger, ligesom den mere grundlæggende forskning og teknologiudvikling spiller en rolle. Den globale udvikling i intelligent og autonom robotteknologi er eksplosiv. Sammenlignet med Danmark er andre nationer langt mere effektive ift. at omsætte forskning til kommercielle muligheder. Fx ligger Danmark blot på en 12. plads i forholdet mellem forskningspublicering og patenter. Hvor Japan skaber næsten 8 patenter pr. publiceret forskningsartikel, skaber Danmark blot ét patent for hver anden forskningsartikel. Udtrykt med andre ord, er japanerne groft sagt 16 gange så effektive som danskerne, når det handler om at omsætte forskningsresultater til kommercielle muligheder.

Betegnelsen intelligent og autonom robotteknologi er forholdsvis bred. Den dækker over en række forskellige teknologier, der fx bruges i fremstillingsindustri, byggeri og landbrug. Ligeledes dækker betegnelsen over de teknologier, som er relateret til den kunstige intelligens, der gør robot- og droneløsninger i stand til at agere på en intelligent og autonom måde.

Det foreliggende teknologiske udsyn bygger på globale patentdatabaser og bibliometriske analyser af forskningslitteratur fra hele verden.

I de kommende år bliver det vigtigt at fastholde og udbygge positionen, så robotteknologi fortsat vil kunne medvirke til en øget produktivitet og konkurrenceevne og i flere tilfælde også vil kunne bidrage til den grønne omstilling. I dag er det især inden for robotter til fremstillingsindustrien, at den store volumen ligger, men der sker også en hastig udvikling inden for intelligente og autonome robotter til fx landbrug, logistik og byggeri m.m. Vigtige teknologiske katalysatorer for fremtidens robotter er kunstig intelligens (AI), sammenkobling via internettet, og autonomi.

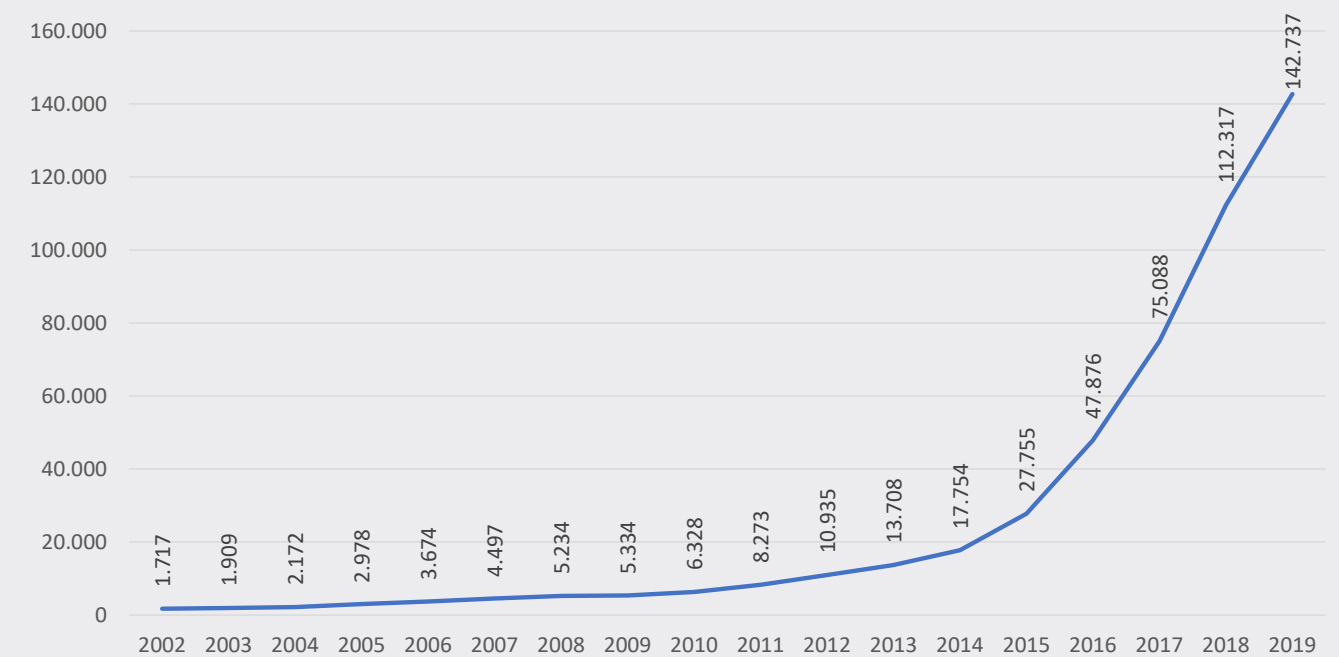
Analysen viser endvidere, at USA, Japan og Kina sidder tungt på den teknologiske udvikling, men at der også i Danmark i de seneste år er sket en markant stigning i antallet af registrerede opfindelser. Der er dermed en positiv udvikling i gang, som vil kunne blive forstærket af en aktiv vedligeholdelse af danske virksomheders kontakt til fronten af verdens vækstcentre inden for intelligent og autonom robotteknologi.

Analysen illustrerer, at det for danske virksomheder er afgørende at være med i fronten af viden inden for teknologiområdet for ikke at tabe momentum, hvad angår innovation og dermed vækstmuligheder.

Rapporten fokuserer på udviklingen af teknologi, marked og forskning inden for intelligent og autonom robotteknologi. Efter undersøgelsen af det samlede teknologiområde følger en screening af teknologier til automatiseret ordrepluk som et mere afgrænset casestudie på teknologi-området. Metoder og kilder er beskrevet sidst i rapporten.

Eksplosiv vækst i intelligent og autonom robotteknologi på verdensplan

FIGUR 1 - UDVIKLING I ANTALLET AF PATENTANSØGNINGER OM INTELLIGENT OG AUTONOM ROBOTTEKNOLOGI PÅ VERDENSPLAN (2002-2019)



Kilde: Beregninger foretaget af Teknologisk Institut, baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 458.913 aktive patentfamilier identificeret for perioden 2002-2019.

For 2002-2019 er der udtaget ca. 460.000¹ patenter indenfor intelligent og autonom robotteknologi. Antallet af patenterede opfindelser inden for intelligente og autonome robotter er steget eksplosivt på verdensplan det seneste årti, hvilket afspejler sig i en stærkt stigende interesse for teknologifeltet. Det illustrerer grafen ovenfor. Den viser antallet af ansøgninger til patentfamilier i de seneste 20 år^{2,3}.

Figur 1 afspejler den eksplosive udvikling inden for intelligent og autonom robotteknologi siden 2014. Den viser bl.a., at knap 89 procent af patenterne siden 2002 er ansøgt i perioden 2015-2019. Antallet af patentansøgninger har således været eksponentielt stigende.

¹ For perioden 2002 - marts 2021 er der fundet 602.142 patenter vedr. intelligent og autonom robotteknologi.

² I Teknologisk Udsyn er kun medregnet ansøgninger til patenter, der er aktive i dag (dvs. offentliggjorte og gældende eller under udgivelse)

³ Grafen er ikke ført helt op til 2021, selvom dataene findes. Dette skyldes, at dataene trækkes fra databaser, som opdateres dagligt, og typisk kan offentliggørelsen af nye patenter i databaserne række 2-3 år bagud. Hvis årene efter 2019 var medregnet, ville grafen vise et dramatisk fald. Det kunne naturligvis have andre årsager, men skyldes næsten altid manglende eller ikke fuldt opdateret registrering.

Alene i perioden 2014-2018 er der på verdensplan sket mere end en fordobling hvert andet år. Ikke alt er færdigregistreret for 2019-2021, men der er ikke grund til at tro, at væksten er aftaget.

Hvis væksten holder frem mod 2024, vil der i perioden 2020-2024 blive offentliggjort næsten seks gange så mange patenter (2,8 millioner) som i perioden 2002-19. En simpel fremskrivning med samme vækstrate antyder mere end 1 million patenter alene i 2024.

Det er simple beregninger, men væksten fremhæver den enorme teknologiske interesse, der findes for intelligent og autonom robotteknologi. Væksten illustrerer også et meget stort markedsfølsomt potentiale for automation, der på sigt kan udjævne forskellen i arbejdskraftomkostning og produktivitet mellem højt lønslande og lavtlønslande. Kinesiske virksomheder vil således få lige så god adgang til intelligente og autonome robotter, måske bedre end danske, hvilket illustrerer vigtigheden af, at danske virksomheder holder sig helt på forkant med intelligent og autonom robotteknologi. Det er med andre ord vigtigt, at danske virksomheder både kan effektivisere og anvende teknologierne innovativt.

USA, Japan og Kina er markedsledere

Ser man på det samlede antal af undersøgte patentfamilier, er Kina den klart dominerende aktør på markedet. Knap 60 procent af ansøgningerne er tegnet i Kina, der samtidig også fungerer som den største drivkraft bag ved den beskrevne eksponentielle vækst i antallet af patentansøgninger. USA rangerer med forholdsvis stor afstand som nummer to som ophavsland til ca. 17 procent af alle patentansøgninger. Blandt de europæiske lande står Tyskland med knap 3 procent for de fleste patentansøgninger i perioden 2002-2021. I samme tidsrum registrerede aktører i Danmark 396 opfindelser på indsatsområdet, dvs. klart under 0,1 procent af de undersøgte patentansøgninger⁴.

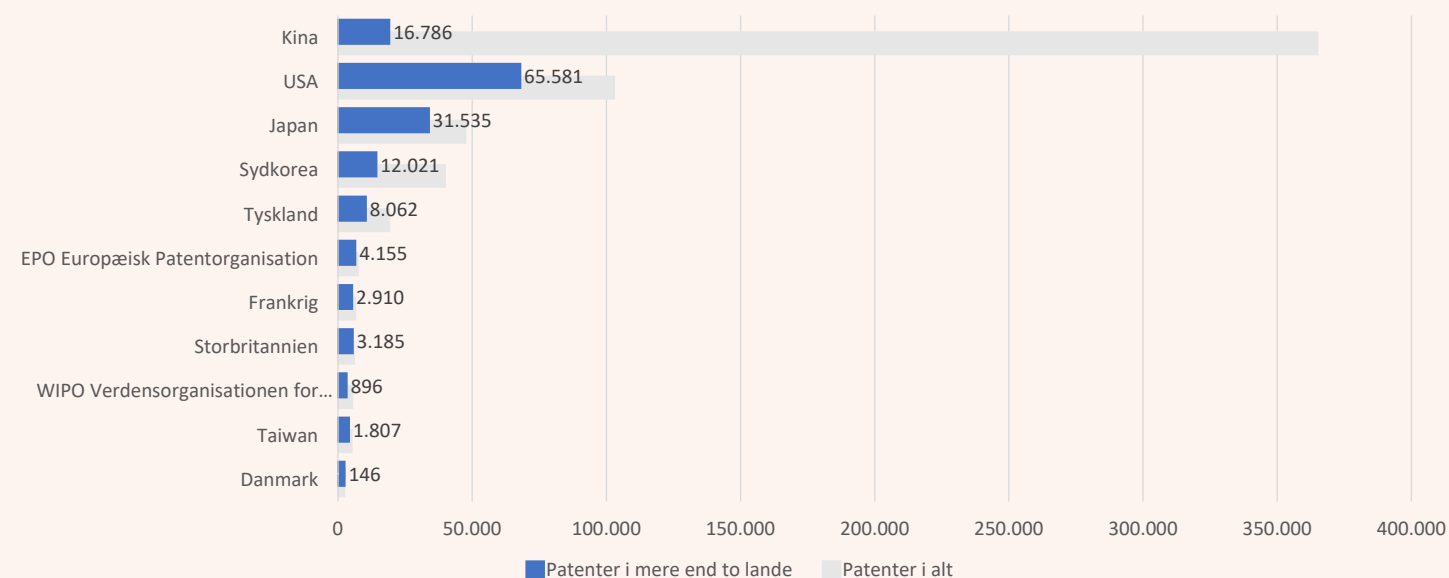
Til tallene skal bemærkes, at der i Kina og USA er en anden incitamentstruktur, og at tallene ikke tager højde for patenternes geografiske udbredelse eller innovative tyngde. En indikation på markedsfølsom betydning kan være antallet af patenter, som er udtaget i mere end to lande. Den geografiske spredning til mere end to lande kan fortolkes som en stærkere innovation, som patenthaverne finder det værd at investere i. Der er omkring 150.000 patenter, som lever op til dette kriterie – og heraf har amerikanske patentholdere 43 procent af patenterne, Japan har 21 procent, mens den kinesiske andel udgør 11 procent.

Halvdelen af de danske patenter, knap 150, lever op til dette analysekrav om patenttagning i mindst tre lande. Danske virksomheder er sandsynligvis stærkere på integration af teknologier til nye innovative løsninger og produkter end på patenttagning, og der er grund til at tro, at patentsøgningen ikke yder den danske position fuld retfærdighed. Men også i andre lande laves der teknologisk udvikling, uden at det fører til patenter.

Når så stærk en teknologisk udvikling finder sted uden for Danmarks grænser, illustrerer det, at det er afgørende for danske virksomheders muligheder, at der holdes fuld kontakt til verdens vækstcentre indenfor intelligente og autonome robotter. Den danske position kræver således aktiv vedligeholdelse.

Figur 2 viser de mest dominerende lande på markedet sammenlignet med Danmark i forhold til antallet af patentansøgninger i perioden 2002-2021⁵.

FIGUR 2 – DE 10 MEST FREMTRÆDENDE LANDE OG DANMARK IFT. DET GEOGRAFISKE OPHAV AF PATENTERNE 2002-2021



Kilde: Beregninger foretaget af Teknologisk Institut, baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 602.142 aktive patentfamilier identificeret for perioden 2002-2021. 150.000 heraf er publiceret i mere end to lande.

⁴ Kilde: Beregninger foretaget af Teknologisk Institut, baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 602.142 aktive patentfamilier identificeret for perioden 2002-2021.

⁵ Figuren viser de lande, hvor den tidligste ansøgning blev indgivet. Dette for at illustrere den geografiske kilde til teknologien. Tallet for Danmark refererer til det samlede antal patentfamilier registreret i PatSnap for 2002-2021.

FIGUR 3 - VERDENSKORT OVER PATENTANSØGNINGER INDEN FOR INTELLIGENT OG AUTONOM ROBOTTEKNOLOGI



Kilde: Kort udarbejdet i BatchGeo på baggrund af de 10.000 nyeste patentfamilier iblandt de 602.142 identificerede patentfamilier i PatSnap.

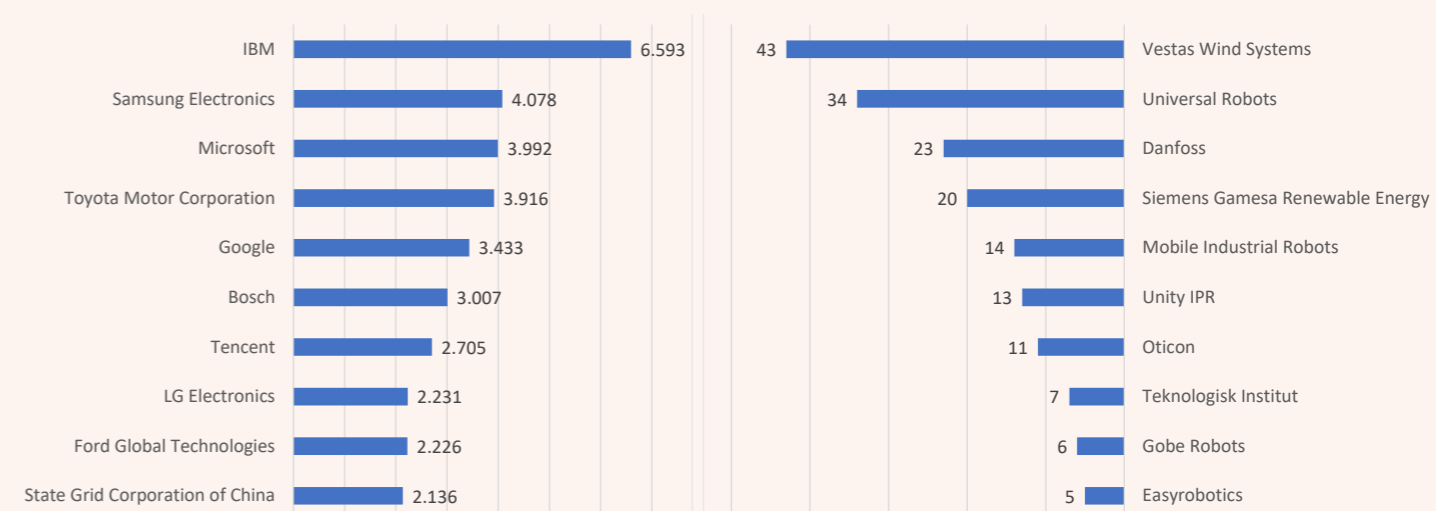
Ovenstående figur 3 er et såkaldt 'heat map', som viser i hvilke lande og regioner i verden, der er blevet ansøgt om de 10.000 nyeste af de undersøgte patentfamilier.

Kortet viser, at der især i det sydøstlige Kina (Hong Kong og Shenzhen), Sydkorea (Seoul), Japan (Tokyo) og det vestlige USA (Californien) hersker stor aktivitet på teknologifeltet. Der er også en del aktivitet i det nordøstlige USA. I Europa er aktiviteten mindre. Her er de nyeste opfindelser registreret i Sydtyskland (München og Stuttgart) samt den sydøstlige del af Storbritannien (London). Ved at zoome ind på kortet (se fodnote) er det muligt at fremhæve Gøteborg i Sverige som skandinavisk omdrejningspunkt for opfindelser inden for intelligent og autonom robotteknologi. Med blot syv blandt de 10.000 nyeste patentfamilier er Danmark ikke fremtrædende på det præsenterede verdenskort

Amerikanske og asiatiske virksomheder ejer flest patenter

I overensstemmelse med analysen af de geografiske markedsledere inden for intelligent og autonom robotteknologi (se figur 2) er virksomheder fra USA, Sydkorea, Japan og Kina blandt de 10 aktører, som globalt set ejer flest patenter på intelligente og autonome robotter. Med 6.593 patenter er den amerikanske IT-virksomhed IBM den mest fremtrædende aktør i denne sammenhæng, efterfulgt af den sydkoreanske elektronikfabrikant Samsung Electronics (4.078) og den amerikanske IT-virksomhed Microsoft (3.992). Den eneste europæiske virksomhed på listen over de 10 verdensførende patentejere er den tyske ingeniør- og teknologivirksomhed Bosch. Figur 4 indeholder et overblik over den omtalte liste og viser også, hvilke 10 aktører der ejer flest patenter på indsatsområdet i Danmark.

FIGUR 4 – DE FØRENDE AKTØRER MHT. OMFANGET AF NUVÆRENDE PATENTEJERSKAB HHV. PÅ VERDENSPAN OG I DANMARK



Kilde: Beregninger foretaget af Teknologisk Institut baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 602.142 aktive patentfamilier identificeret på verdensplan og 396 i Danmark for perioden 2002-2021.

Ovenstående figur 4 viser, hvor stor niveauforskellen er mellem aktørerne med flest patenter hhv. på verdensplan og i Danmark. Herhjemme ejer Vestas Wind Systems, som producerer og servicerer vindmøller, flest patenter (43) inden for intelligente og autonome robotter. På de efterfølgende pladser kommer Universal Robots (34), der arbejder med automatisering og kollaborative robotter, ingeniør- og teknologivirksomheden Danfoss (23) samt Siemens Gamesa Renewable Energy (20).

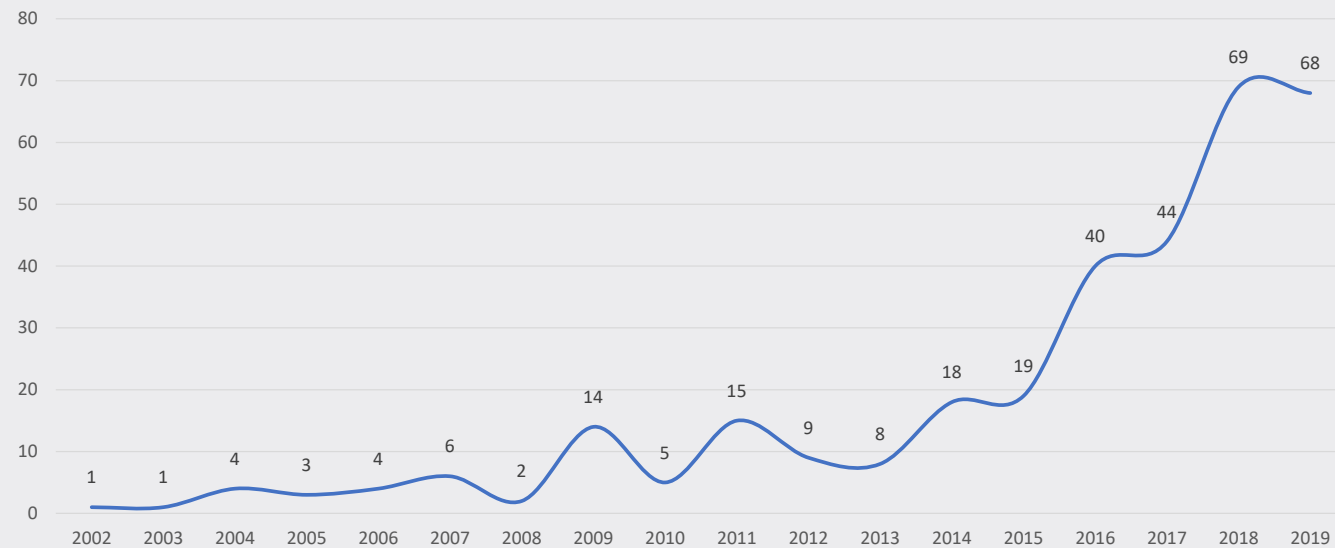
⁶ Besøg <https://batchgeo.com/map/68574fc24280a8249d46c5997e182ad7> for en interaktiv version af verdenskortet.

Udviklingen i Danmark tager fart

I Danmark har aktiviteterne inden for intelligent og autonom robotteknologi været stigende i løbet af de sidste 20 år. Især inden for de sidste fem år er der i større omfang blevet registreret patentfamilier på indsatsområdet. Nedenstående figur 5 sammenfatter denne udvikling ved at vise antallet af relevante patentansøgninger i perioden 2002-2019. Der er kun medregnet ansøgninger til patenter, der er aktive i dag (dvs. offentliggjorte og gældende eller under udgivelse)⁷.

Figur 5 viser lidt mere end en fordobling i antallet af registrerede opfindelser i Danmark mellem 2015 og 2016, nærmere betegnet en stigning fra 19 til 40 patentfamilier. Mens væksten i patentansøgninger var begrænset i det efterfølgende år, skete der endnu en markant stigning i aktiviteterne mellem 2017 og 2018 (fra 44 til 69 patenter). Udviklingen i Danmark ligner således den internationale udvikling. Tallene i figur 5 viser også, at færre opfindelser blev registreret i Danmark i det efterfølgende år, 2019. Der henvises dog samtidig til, at netop tallet for 2019 kan betragtes som foreløbigt, da offentliggørelsen af nye patenter i den anvendte patentdatabase kan række 2-3 år bagud.

FIGUR 5 - UDVIKLING I ANTALLET AF PATENTANSØGNINGER I DANMARK SIDEN 2002

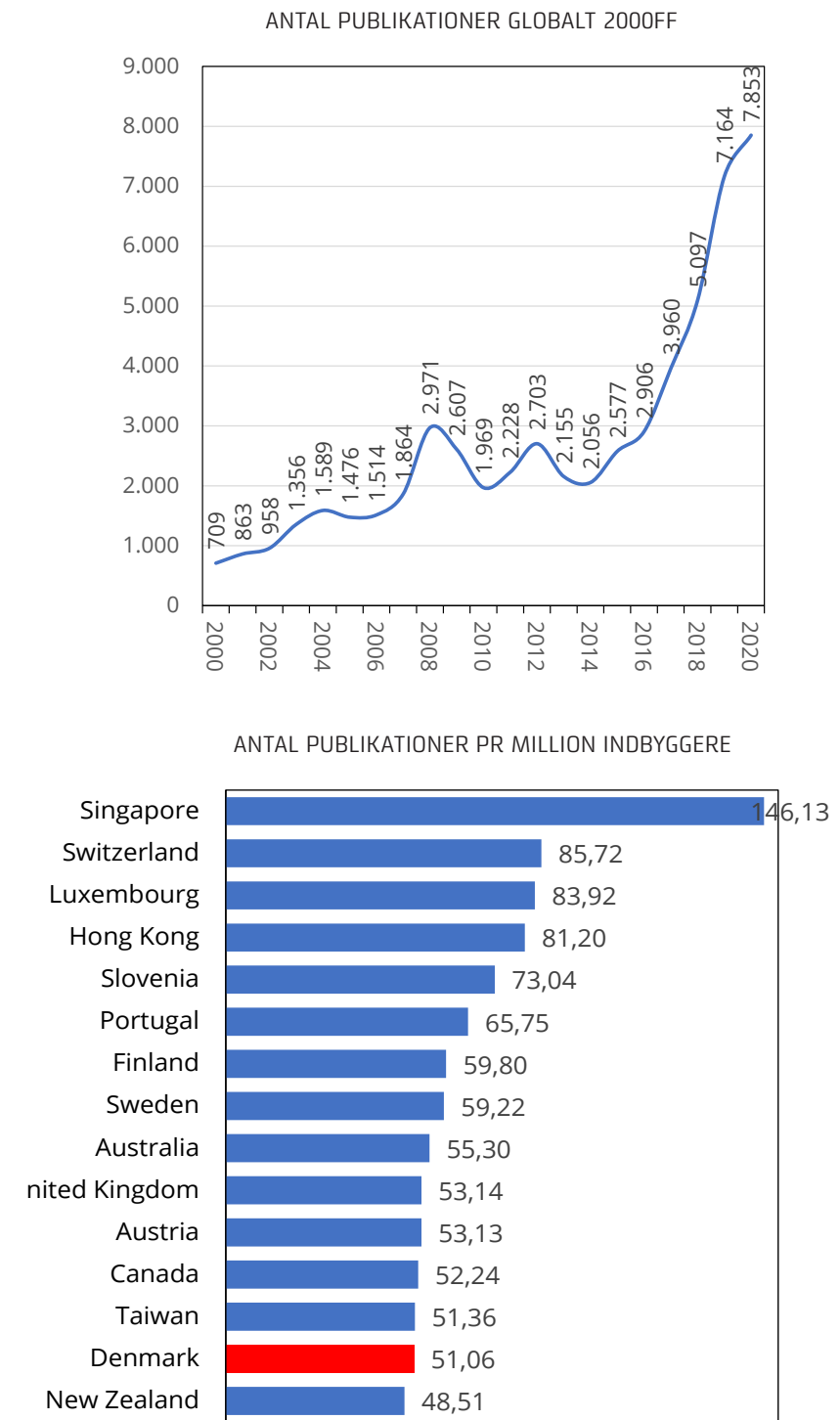


Øget forskningsaktivitet globalt - Danmark er godt på vej

Forskningen i intelligent og autonom robotteknologi er globalt set i hastig udvikling. I den øvre del af figur 6 vises udviklingen i antallet af publikationer inden for teknologiområdet⁸ på verdensplan for perioden 2000-2020. Der er identificeret 56.000 publikationer i alt, og det kan konstateres, at der har været kraftig vækst på forskningen i hele perioden. Lidt over 14 procent af publikationerne udkom i 2020, og den forskningsmæssige interesse flugter således med udviklingen i patenterne.

De store nationer udgør tyngden i publiceringsaktiviteten, som eksempelvis Kina med 11.000 publikationer, USA med 10.000 publikationer og Japan med 4.000 publikationer. Men det er jo samtidig også folkerige nationer, som selvsagt kan forventes at publicere mere. Hvis antallet af publikationer sættes i forhold til antal indbyggere, tegner der sig et andet billede. I den nedre del af figur 6 er antallet af identificerede publikationer (primært artikler og bøger, sekundært fx konferenceoplæg) således opgjort pr. land pr. million indbyggere. Her indtager Singapore førstepladsen med 146 publikationer pr. 1 million indbyggere, mens Danmark kommer på en respektabel 15. plads med 51 publikationer pr. 1 million indbyggere.

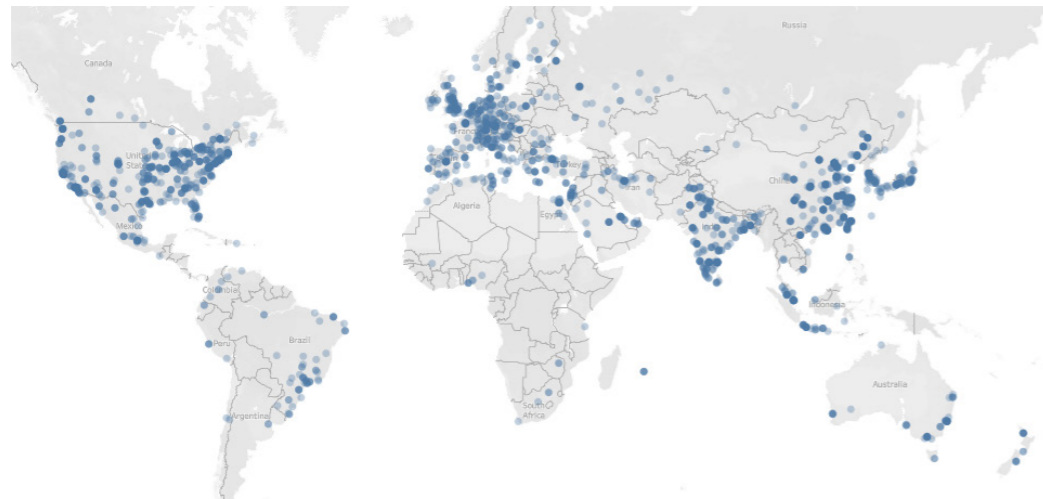
FIGUR 6 – FORSKNINGSPUBLIKATIONER INDEN FOR INTELLIGENT OG AUTONOM ROBOTTEKNOLOGI



⁷ Grafen er ikke ført helt op til 2021, selvom dataene findes. Dette skyldes, at dataene trækkes fra databaser, som opdateres dagligt, og typisk kan offentliggørelsen af nye patenter i databaserne række 2-3 år bagud. Hvis årene efter 2019 var medregnet, ville grafen vise et dramatisk fald. Det kunne naturligvis have andre årsager, men skyldes næsten altid manglende eller ikke fuldt opdateret registrering.

⁸ Forskningslitteratur og patenter er registreret på forskellig måde. Derfor er det ikke muligt at anvende helt samme søgestreng i begge typer databaser. I begge kilder er "Intelligent og autonom robotteknologi" dog forsøgt indkredset.

FIGUR 7 - AUTONOM OG INTELLIGENT ROBOTTEKNOLOGI - KORT OVER PUBLICERENDE INSTITUTIONER

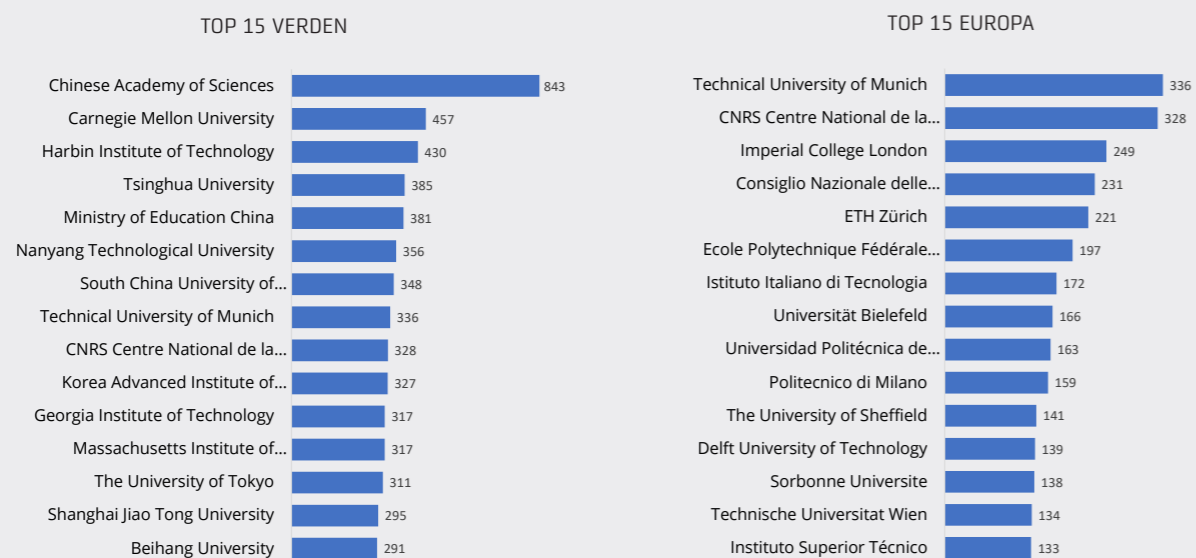


Kilde: SCOPUS - 2.000 nyeste publikationer om intelligent og autonom robotteknologi / Teknologisk Institut beregning og grafik.

Hvad angår publicering af videnskabelig litteratur om intelligent og autonom robotteknologi er Danmark aktiv i forhold til sin størrelse, men, som det fremgår af publiceringsaktiviteterne på kortet i figur 7, foregår forskningen over hele verden. Fremtrædende geografiske områder i denne sammenhæng er USA's øst- og vestkyst, Europa, særligt området fra London og ned langs Rhinen (bedre kendt som 'Den blå banan'), samt industricentrene i Asien og Australien.

Figur 8 viser en top-15-liste over de institutioner på hhv. verdens- og europæisk plan, som har flest publikationer inden for intelligent og autonom robotteknologi. Danske universiteter og forskningsinstitutioner befinder sig i denne sammenhæng lidt længere nede af listen. Det er desuden bemærkelsesværdigt, at der for de videnskabelige publikationer ikke findes synlig kinesisk aktivitet i top-15, når publikationerne opgøres pr. land pr. 1 million indbyggere siden år 2000 (figur 6). Ser man derimod på verdens top-15 over videnskabeligt publicerede universiteter inden for indsatsområdet, finder man hele otte kinesiske universiteter.

FIGUR 8 - INTELLIGENT OG AUTONOM ROBOTTEKNOLOGI: PUBLICERENDE INSTITUTIONER 2000-2020



Kilde: SCOPUS - Top 15 Verden og Top 15 Europæiske publicerede institutioner / Teknologisk Institut beregning og grafik.

Fra forskning til faktura - Danmark på en 12. plads

Forholdet mellem antallet af forskningsartikler og patenter er interessant, hvis antallet af forskningsartikler betragtes som et udtryk for prioriteringen af forskning i intelligent og autonom robotteknologi, og antallet af patenter som et udtryk for innovationsgraden og kommercialisering inden for teknologiområdet.

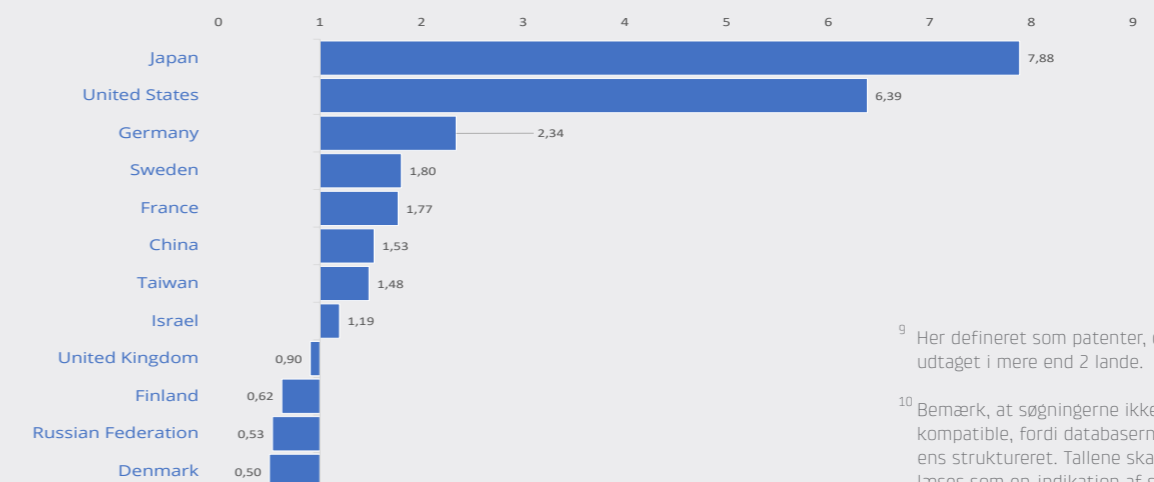
Der blev fx skrevet 9,54 forskningsartikler pr. 1 million indbyggere i de publicerende lande i perioden 2000ff, mens der i de samme lande blev udstedt 25,25 betydningsfulde⁹ patenter i dette tidsrum. Det gennemsnitlige forhold er altså 2,65 patenter pr. forskningsartikel¹⁰. USA og Japan står for en stor andel af patenterne og er de to lande, som har det stærkeste forhold mellem patenter og publicerede artikler.

I Japan er forholdet 7,88 patenter pr. forskningsartikel, i USA 6,38. Tyskland findes på en 3. plads med forholdet 2,34 patenter pr. forskningsartikel. Øvrige lande, som skaber mere end ét patent pr. publicerede artikel om intelligent og autonom robotteknologi, er Sverige, Taiwan, Frankrig, Israel og Kina. Alle andre lande skaber mindre end ét patent pr. forskningsartikel.

I Danmark er der ét patent for hver anden forskningsartikel, mens forholdet i fx Ukraine er ét patent for hver tyvende artikel. I beregningen indgår data fra 56 lande, hvor Danmark placerer sig på en 12. plads. Dermed er vi foran en del andre nationer, mens det samtidig er værd at bemærke, at der i forhold til den førende nation, Japan, er næsten en faktor 16 til forskel.

Tallene, der præsenteres i nedenstående figur 9, kan fortolkes som de enkelte landes evne til at kommercialisere forskning, eller, populært sagt, at komme fra forskning til faktura. Den danske placering understreger behovet for en teknologisk service, som kan formidle den nyeste forskningsmæssige viden inden for intelligent og autonom robotteknologi ud til de danske virksomheder og medvirke til øget kommerciel omsætning. Danmark har således i skrivende stund langt op til de nationer, som har en kommercialiseringsratio på mere end 1.

FIGUR 9 - BALANCE MELLEM PATENTER OG FORSKNINGSPUBLIKATIONER (2000-2021)



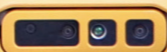
⁹ Her defineret som patenter, der er udtaget i mere end 2 lande.

¹⁰ Bemærk, at søgningerne ikke er helt kompatible, fordi databaserne ikke er ens struktureret. Tallene skal derfor læses som en indikation af styrkeforskellene.

Kilde: Data fra SCOPUS og PATSNAP / Teknologisk Institut beregning og grafik.



Boston Dynamics



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Automatiseret ordrepluk

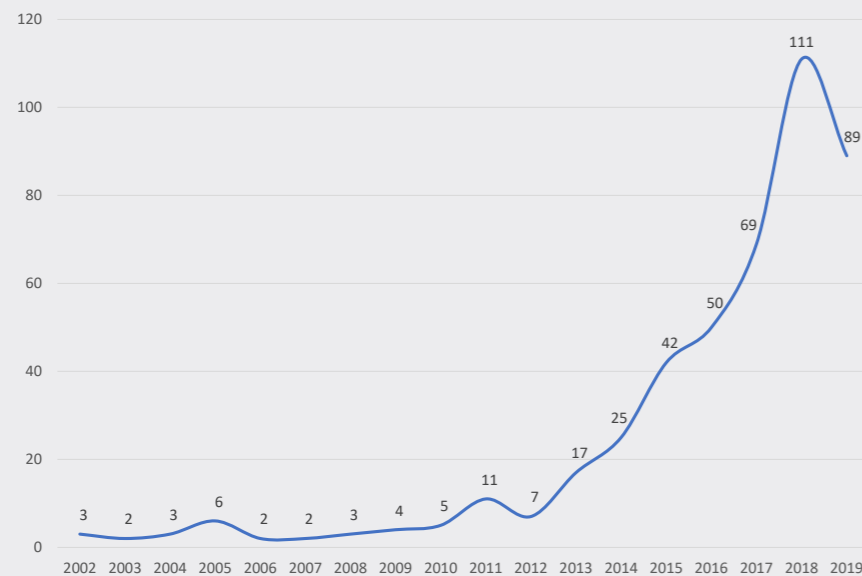
Intelligent og autonom robotteknologi rummer mange forskellige muligheder for virksomhederne. Automatiseret ordrepluk er et godt eksempel i denne sammenhæng. Løsninger på dette teknologiområde kræver nye teknologier og nyder stor efterspørgsel. Bl.a. ses behovet indenfor e-handlen, hvor løsninger dog stadig er forholdsvist udfordrende at realisere¹¹. Automatiseret ordrepluk er den proces i håndteringen af en kundeordre, hvor varer skal plukkes af en robotarm, eksempelvis fra et transportbånd, og placeres i en beholder, såsom en papkasse til forsendelse.

Den automatiserede håndtering af forskelligartede varer kræver nemlig et gnidningsfrit samspil mellem flere teknologier, herunder avanceret kunstig intelligens og kameraer til automatisk genkendelse af forskelligartede objekter, samt autonome robotarme med adaptive gribere. Det har vist sig at være særdeles svært at udvikle robotter, der kan konkurrere med funktionsniveauet og fingerfærdigheden af menneskelige hænder. Automatisk håndtering af objekter kræver derfor komplicerede løsninger fra et videnskabeligt og ingeniørmæssigt perspektiv, da der er tale om interaktionen mellem fysik, perception og kontrol¹².

Ekspontiel vækst i antallet af patenter inden for automatiseret ordrepluk

Omfanget af registrerede opfindelser inden for automatiseret ordrepluk har været begrænset i perioden 2002-2021. Der er blevet ansøgt om i alt 528 aktive patentfamilier på dette teknologiområde i de sidste 20 år, jf. patentdatabase PatSnap. Som illustreret i nedenstående figur 10 har der dog været en afgørende udvikling i antallet af patenter i de sidste ti år. Samtidig blev der i de sidste fem år registreret mere end dobbelt så mange opfindelser inden for automatiseret ordrepluk som i perioden 2002-2016. Den markant stigende aktivitet er et belæg for såvel stor interesse som øgede udviklings- og forskningsindsatser på området¹³.

FIGUR 10 - UDVIKLING I ANTALLET AF PATENTANSØGNINGER INDEN FOR AUTOMATISERET ORDREPLUK PÅ VERDENSPLAN (2002-2019)



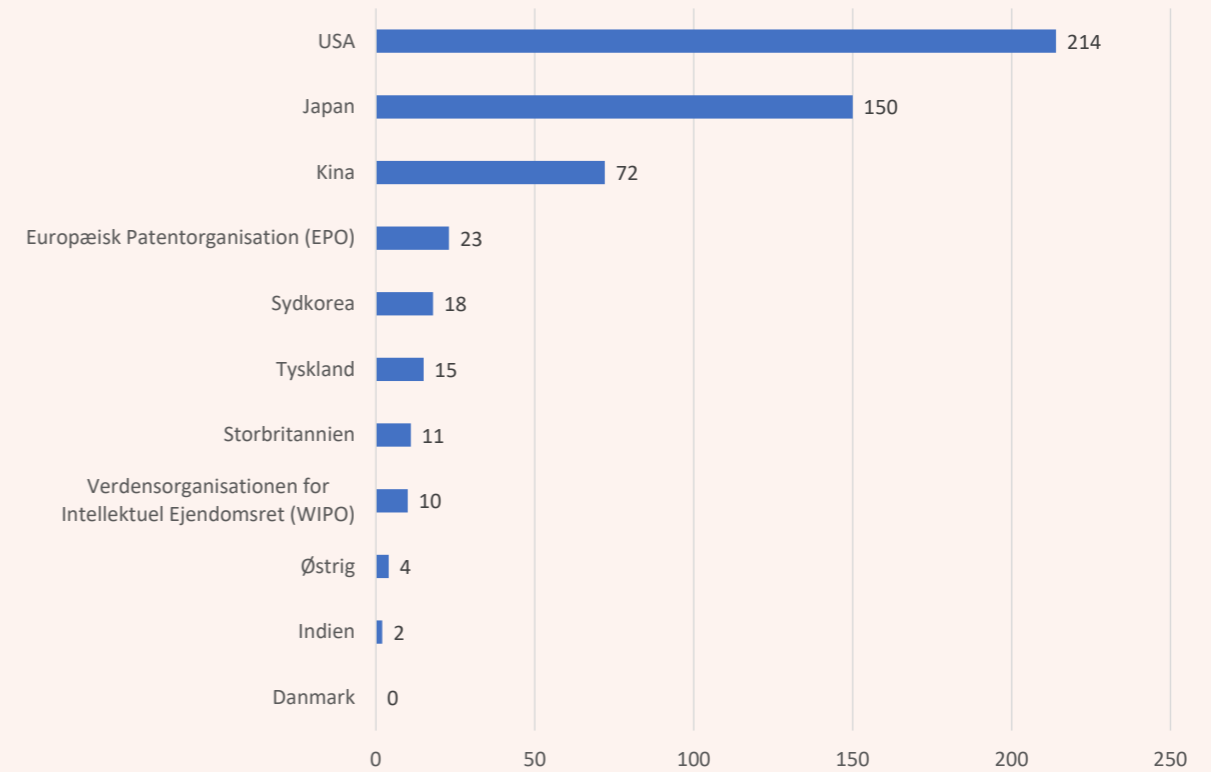
Kilde: Beregninger af Teknologisk Institut, som er baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 471 aktive patentfamilier identificeret globalt for perioden 2002-2019.

¹¹ Patentsøgningen på området resulterede i identifikationen af 528 patentfamilier. I den forbindelse blev relevante resultater af en indledende søgerunde kombineret med algoritmerne i PatSnap mhp. at afgrænse de patenter, der direkte relaterer sig til dette teknologiområde.

¹² Leitner, J. (2019) Picking the right robotics challenge. Nat Mach Intell 1, 162. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0031-6>

¹³ Det skal tilføjes, at tallet for 2019 kan betragtes som foreløbigt, da offentliggørelsen af nye patenter i den anvendte patentdatabase kan række 2-3 år bagud. Selvom det kan have andre forklaringer, er det sandsynligt, at væksten i antallet af patenter inden for automatiseret ordrepluk fortsætter, og at kurven ikke knækker, selv når der inddrages det endelige antal patenter for 2019.

FIGUR 11 - DE 10 MEST FREMTRÆDENDE LANDE OG DANMARK IFT. DET GEOGRAFISKE OPHAV AF PATENTERNE (2002-2021)



Kilde: Beregninger foretaget af Teknologisk Institut baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 528 aktive patentfamilier identificeret globalt for perioden 2002-2021.

Langt de fleste patenter på løsninger til automatiseret ordrepluk er registreret i USA og Japan

Der er ingen tvivl om, at USA og Japan er toneangivende, når det handler om det geografiske ophav til opfindelser inden for automatiseret ordrepluk. Af de 528 aktive patentfamilier, der blev registreret i perioden 2002-2021¹⁴, havde mere end to tredjedele (364) deres ophav i ét af de to lande.

Figur 13 på s. 17 viser de ti mest dominerende aktører på markedet sammenlignet med Danmark mht. antallet af patentansøgninger i perioden 2002-2021. Med 214 aktive patenter har der været størst aktivitet i USA, mens 150 opfindelser er blevet registreret i Japan i denne periode. Derefter følger Kina på tredjepladsen med 72 patenter, mens den Europæiske Patentorganisation (23) og Tyskland (15) er de mest fremtrædende europæiske aktører. Som det fremgår af figur 11, er der ikke blevet registreret opfindelser på teknologiområdet i Danmark i løbet af de sidste 20 år.

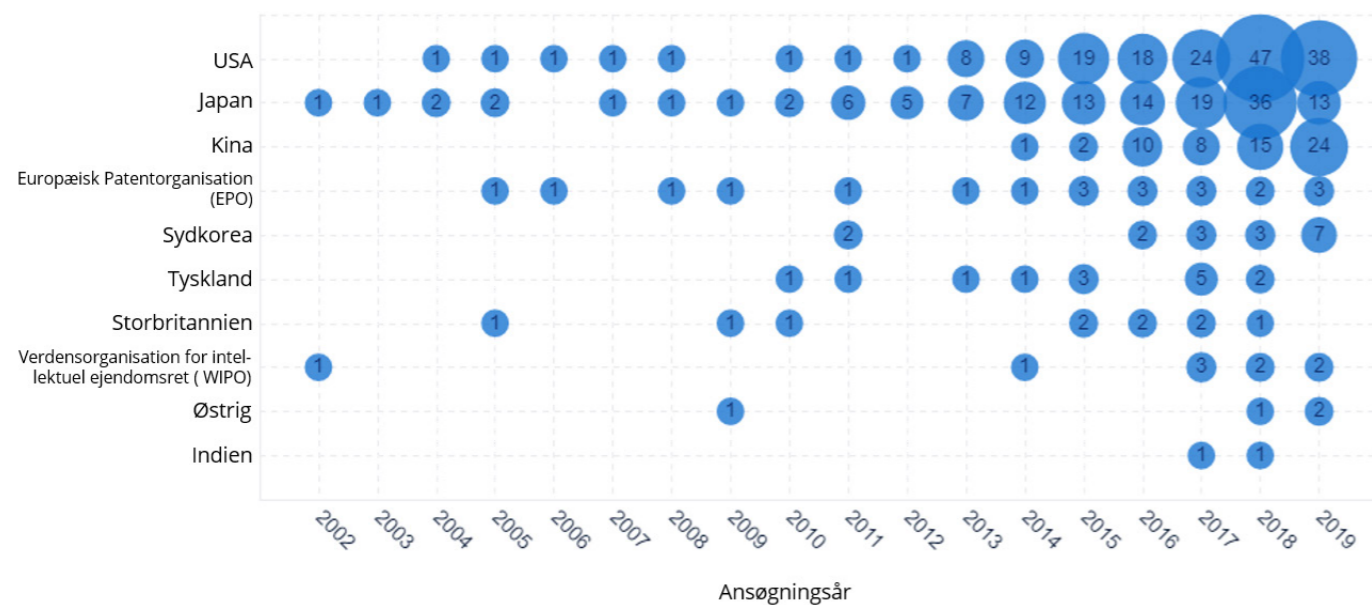
¹⁴ Figuren viser de lande, hvor den tidligste ansøgning blev indgivet for at vise den geografiske kilde til teknologien. Tallet for Danmark refererer til det samlede antal patentfamilier registreret i PatSnap for 2002-2021.

Udviklingen stagnerer i Europa, mens den buldrer frem i USA, Japan og Kina

Når der noteres en generel vækst i antallet af patenter inden for automatiseret ordrepluk på verdensplan, er det vigtigt at tilføje, at de primære drivkræfter bag denne vækst er USA, Japan og Kina. Nedenstående figur 12 viser udviklingen i antallet af patentansøgninger på teknologiområdet i perioden 2002-2019 fordelt på de mest fremtrædende geografiske ophavssteder samt patentorganisationerne EPO og WIPO.

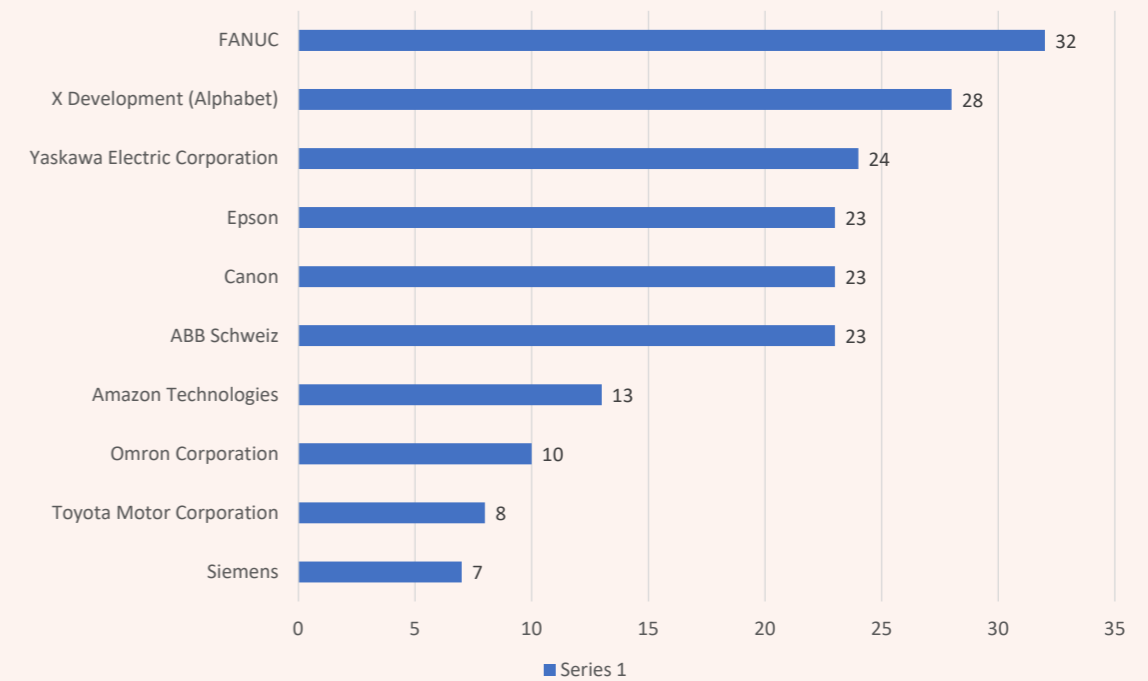
Mens udviklingsaktiviteterne har været begrænsede og forholdsvis ligeligt fordelt mellem aktørerne indtil 2010, ændrer billedet sig herefter. Mellem 2012 og 2018 er antallet af patentansøgninger inden for automatiseret ordrepluk steget årligt i både USA og Japan. Samtidig har aktiviteterne i Kina samlet set været tiltagende siden 2016. Bortset fra enkelte udsving (se Tyskland i 2017 og Sydkorea i 2019) halter de andre aktører på markedet bagefter og formår ikke at øge deres aktiviteter med hensyn til løsninger på teknologiområdet. I Danmark er der fx, som tidligere nævnt, ikke blevet registreret opfindelser inden for automatiseret ordrepluk i den undersøgte periode.

FIGUR 12 - ÅRLIG UDVIKLING I PATENTANSØGNINGER FORDELT PÅ DE 10 FØRENDE LANDE IFT. GEOGRAFISK OPHAV (2002-2019)



Kilde: Beregninger af Teknologisk Institut, som er baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 471 aktive patentfamilier identificeret globalt for perioden 2002-2019.

FIGUR 13 - DE FØRENDE AKTØRER MHT. OMFANGET AF NUVÆRENDE PATENTEJERSKAB PÅ VERDENSPLAN



Kilde: Beregninger af Teknologisk Institut, som er baseret på den globale patentdatabase PatSnap. 528 aktive patentfamilier identificeret globalt for perioden 2002-2021.

Japanske virksomheder er førende på markedet

Inden for automatiseret ordrepluk er virksomheder fra Japan de mest fremtrædende med hensyn til omfanget af deres ejerskab af aktive patenter på teknologiområdet. Som vist i overstående figur 13, er seks ud af de ti virksomheder med flest aktive patenter på området japanske.

Samtidig er fire af disse virksomheder blandt de fem førende i denne sammenhæng. Virksomheden, FANUC, der leverer produkter og servicering inden for automatisering, er markedsførende med 32 patenter. De japanske elektronikvirksomheder Yaskawa Electric Corporation (24), Epson (23) og Canon (23) udgør pladserne tre til fem på listen, hvilket understreger, hvor meget japanske aktører præger markedet.

Det skal dog også fremhæves, at amerikanske X Development er placeret på andenpladsen med 28 patenter. Virksomheden er en del af konglomeratet Alphabet Inc., som bl.a. ejer Google.

På ovenstående liste over de 10 førende patentejere globalt er to virksomheder med hovedsæde i Europa. Teknologiselskabet ABB, som bl.a. fokuserer på elektrificeringsprodukter, robotter og industriel automatisering, er baseret i Zürich og ejer 23 relevante patenter. Med 7 patenter inden for automatiseret ordrepluk opnår tyske Siemens, der bl.a. leverer produkter inden for elektrificering, digitalisering og automatisering, en tiendeplads på listen over de førende patentejere på teknologiområdet.

FIGUR 14 - VERDENSKORT OVER PATENTANSØGNINGER INDEN FOR AUTOMATISERET ORDREPLUK

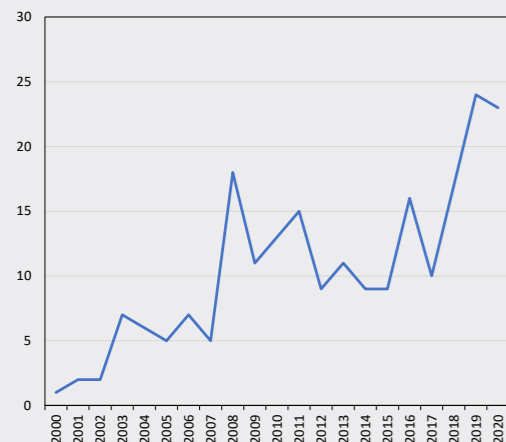


Kilde: Kort udarbejdet i BatchGeo på baggrund af alle 528 aktive patentfamilier inden for automatiseret ordrepluk identificeret i PatSnap15.¹⁵

Ovenstående figur 14 illustrerer ved hjælp af et 'heat map', hvordan patentejerne af samtlige undersøgte 528 patentfamilier er fordelt på verdensplan. Ved at zoome ind på kortet i digital form (se fodnote) er det muligt at identificere fire patenter inden for automatiseret ordrepluk i Skandinavien – tre i Sverige og ét i Norge. Fx ejer virksomheden Svensk Industriautomation (fra Jönköping i Sverige) et patent relateret til metoder og sensorer mhp. undgåelse af kollisioner mellem ordreplukkende robotter og deres omgivelser.

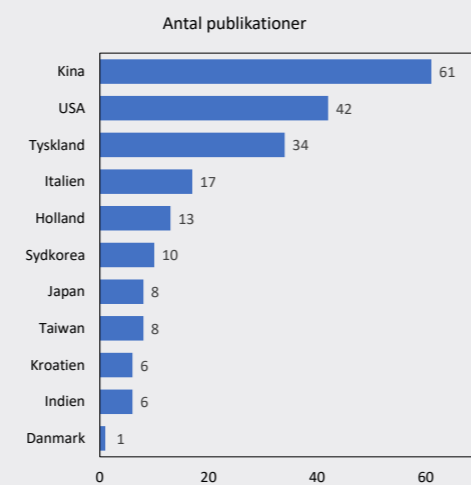
Stigende forskning på området. Danmark halter efter
Søgningen på forskningspublikationer indenfor automatiseret ordrepluk resulterede i 227 artikler i perioden fra 2000 til 2020. Som det fremgår af figur 15 nedenfor, er antallet af årligt udgivne forskningspublikationer steget gennem det meste af perioden.

FIGUR 15 - UDVIKLING I ANTALLET AF PUBLIKATIONER INDEN FOR AUTOMATISERET ORDREPLUK PÅ VERDENSPAN (2000-2020)



Kilde: SCOPUS. 242 publikationer identificeret på verdensplan og 1 i Danmark for perioden 2000-2020.

FIGUR 16 - DE 10 MEST FREMTRÆDENDE LANDE OG DANMARK IFT. DET GEOGRAFISKE OPHAV AF FORSKNINGSPUBLIKATIONER (2000-2020)



Kilde: SCOPUS. 242 publikationer identificeret på verdensplan og 1 i Danmark for perioden 2000-2020.



¹⁵ Besøg <https://batchgeo.com/map/6afcbff75b645a6cacc8f878ae016148> for en interaktiv version af verdenskortet.
¹⁶ Søgningen er lavet med fokus på forskningspublikationer indenfor ordrepluk, automatisering og robotter.

Metoden bag Teknologisk Udsyn

Metoden bag Teknologisk Udsyn - Intelligente og autonome robotter

Teknologisk Udsyn er en global markeds- og teknologi-screening baseret på patenter og forskningslitteratur, også kaldet tech-mining. Det er big-data-analyser af millioner af patenter og forskningsartikler, som i grove træk indrammer teknologiområdet. Teknologisk Udsyn er ikke en detaljeret og meget præcis analyse, da ikke al teknologi eller innovation bliver patenteret. Desuden er der forskellige kulturer og incitamenter fra land til land ift. at udtage et patent eller skrive en forskningsartikel.

Der findes på den anden side heller ikke andre opdaterede datakilder, som giver samme dybde og indsigt som Teknologisk Udsyn. Med svaghederne in mente, giver Teknologisk Udsyn således alligevel en god fornemmelse af den teknologiske udvikling og af hovedaktørerne på et givent teknologiområde. Det kan sammenlignes lidt med at måle med et lod på havet. Det giver en god fornemmelse af havdybden, men udgør det selvsagt ikke for en total kortlægning.

Patentdatabaserne er lavet for at beskytte rettighedshaverne, og de bruges bl.a. af opfindere, der ønsker at sikre sig, at deres opfindelse reelt er ny. Patenterne 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 teknologiområde, som undersøges. Der findes hverken en standardmetode eller konkrete mål og kriterier for, hvornår en søgning er tilfredsstillende. Teknologisk Institut har dog anvendt flere metoder til vurdering af, hvornår en søgning har givet et validt søgeresultat. En væsentlig metode har været at se på frekvensen af de ord, der indgår i de fundne patenter. En anden væsentlig metode har været at se på de patentejere, der bliver fundet, og vurdere, om de væsentligste virksomheder på teknologiområdet dukker op i søgningen i et rimeligt omfang. Kilden bag analysen er PatSnap, der rummer patentdata fra samtlige patentmyndigheder verden over samt den globale database for forskningslitteratur, Scopus.

Analysen af patenter vedr. intelligent og autonom robotteknologi

Kortlægningen beror på en målrettet søgestrategi, der indebærer brugen af nøje udvalgte koder fra internationale og detaljerede klassifikationssystemer for patenter (IPC, CPC). Disse koder er både blevet anvendt til at frasortere irrelevante patenter og til at stille skarpt på det samlede indsatsområde, som Teknologisk Instituts aktivitetsplan inden for intelligente og autonome robotter dækker over. Det vil sige, at det undersøgte teknologiområde inkluderer robot- og droneløsninger samt kunstig intelligens.

Den brede afdækning af indsatsområdet resulterede i identifikationen af 602.142 patentfamilier med relevans for denne rapport. Patentfamilier dækker over en ansøgers samlede patentansøgninger verden over på samme opfindelse¹⁷. Patenter gælder kun for det land, hvor de er udtaget, og derfor kan den samme innovation eller teknologi optræde i flere lande. Når informationer om teknologierne trækkes ud, kan både informationen om de enkelte patenter og om hele patentfamilien udtrækkes. Når der i denne rapport tales om antal patenter, er det i virkeligheden patentfamilier, der tælles, så en teknologiudvikling kun medtælles en gang.

Tilgang til analysen af forskningslitteratur

Den forskningsmæssige udvikling på robotteknologiområdet er i denne sammenhæng afdækket ved dels at screene de sidste 20 års videnskabelige eller faglige litteratur inden for hele området, hvilket bl.a. omfatter kontrolsystemer, mobile robotter, mekaniske arme, industrielle robotter, selvkørende biler, robotstøvsugere og værktøj. Og dels er søgningen suppleret med videnskabelige artikler inden for robotteknologiområdet med særligt fokus på forskningsartikler inden for automatisering og kunstig intelligens. Den videnskabelige produktion opgøres i litteraturdatabaser, hvor der også er kodeord for fagområder samt informationer om forfatterne, om deres institutioner, om citationer mv.

¹⁷ Patent- og Varemærkestyrelsen, 2018: Robotteknologi – En patentlandskabsanalyse



Intelligente og autonome robotter udvikler sig hurtigt verden over og bliver i fremtiden kun en større del af vores hverdag. Derfor er det også vigtigt, at Teknologisk Institut som førende, uafhængigt og almennyttigt forsknings- og udviklingsinstitut er med helt fremme, når det kommer til fremtidens robotteknologi. Teknologisk Institut er sat i verden for at styrke erhvervslivet i mødet med fremtidens teknologiske og erhvervsmæssige udfordringer og kombinerer ny forskning, viden og teknologi til at udvikle og anvende robotteknologiske løsninger som intelligente og autonome robotter til gavn for det danske erhvervsliv og samfundet i øvrigt.

Aktiviteterne er finansieret af Uddannelses- og Forskningsstyrelsen.



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**