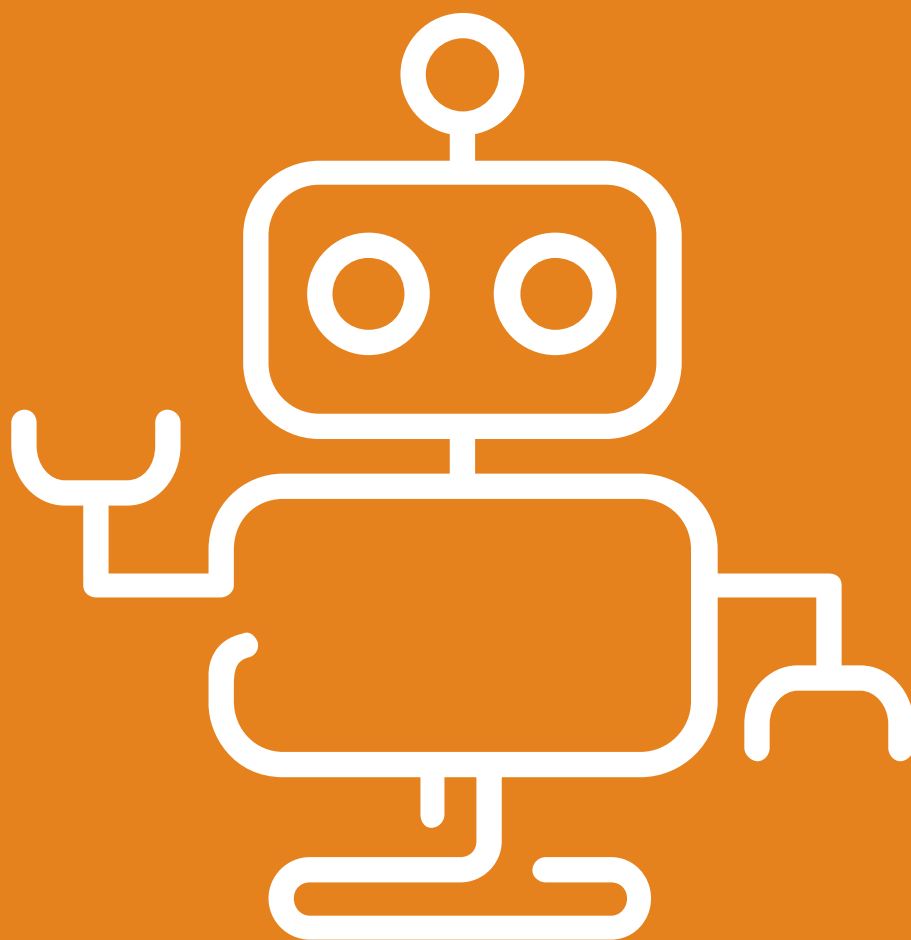


National robotstrategi

Gode uddannelses-, forsknings-
og innovationspolitiske rammer
for robotteknologi i Danmark

Februar 2020



Udgivet af Uddannelses- og Forskningsministeriet
Børsgade 4
1215 København K
Tel.: 3392 9700
ufm@ufm.dk
www.ufm.dk

Omslag Uddannelses- og Forskningsministeriet

Foto side 20 Colourbox

Tryk Rosendahls

Publikationen kan hentes på ufm.dk/publikationer

ISBN (printet publikation): 978-87-93807-23-5

ISBN (elektronisk publikation): 978-87-93807-24-2

National robotstrategi

Gode uddannelses-, forsknings- og innovationspolitiske rammer for robotteknologi i Danmark

Februar 2020

Indhold

Indledning	6
Et bæredygtigt Danmark	8
Robotteknologiske løsninger til den grønne omstilling	8
Velfærd og udvikling i hele Danmark	13
Et stærkt dansk udgangspunkt	14
Etiske, juridiske og samfundsmæssige problemstillinger	17
Strategiens fokusområder	20
Forskning og innovation	21
Fokusområde 1: Forskning, innovation, udvikling og demonstration på robotområdet	21
Fokusområde 2: Teknologisk service til virksomheder, som udvikler og anvender robotter	24
Fokusområde 3: Bedre overblik over adgang til forskningsinfrastruktur	25
Fokusområde 4: Bedre adgang til ESA og NASA for danske robotforskere og -virksomheder	26
Adgang til kompetencer	27
Fokusområde 5: Styrkede robotteknologiske kompetencer gennem voksen-, efter- og videreuddannelse	31
Internationalt samarbejde	32
Fokusområde 6: Stærk dansk deltagelse i EU's rammeprogram for forskning og innovation	32
Fokusområde 7: Adgang til verdensførende robotmiljøer via de danske innovationscentre	33
Fokusområde 8: Tiltrækning af udenlandske investorer	34
Fokusområde 9: Skræddersyede eksportfremmetilbud	34

Anvendelse af robotteknologi i danske virksomheder 36

Fokusområde 10: Viden om barrierer for virksomheders investering i robotteknologi og medarbejdernes kompetencer	38
Fokusområde 11: Styrket innovation i erhvervslivet gennem vidensamarbejde i klyngeorganisationer og innovationsnetværk	38

Bilag 1: Eksempler på forskningsbehov 40

Nye teknologiske muligheder	40
Grøn forskning	41
Bedre sundhed	43

Bilag 2: Bibliometrisk analyse 45

Indledning	45
Omfanget af robotforskning (inklusiv droneresforskning)	45
Metode	49

Indledning

Robotteknologi bidrager til at styrke produktiviteten, konkurrenceevnen og den grønne omstilling i Danmark. Særligt fremstillingssektoren og de større industrivirksomheder høster i dag fordelene ved robotteknologi, men også små og mellemstore virksomheder indfører automatiseringsløsninger ved hjælp af robotter.

Der er imidlertid stadig et stort uudnyttet potentiale for at realisere yderligere gevinster. Det gælder ikke mindst blandt de mange danske små og mellemstore produktionsvirksomheder, men også i f.eks. landbruget, byggeriet, servicesektoren og den offentlige sektor.

Der er også store gevinster at hente ved at bruge robotteknologi – og herunder droner – i den grønne omstilling. Robotter kan blandt andet medvirke til en mere bæredygtig produktion, hvor energi- og ressourceforbruget mindskes. De kan også indgå i en smartere miljøregulering og -kontrol samt mere effektiv naturbeskyttelse med færre omkostninger. Et eksempel er anvendelsen af robotter og droner i præcisionsjordbrug, hvilket kan reducere behovet for bekæmpelsesmidler og udledning af næringsstoffer til vandmiljøet.

Danmark har i de seneste år opnået en global førerposition i udviklingen af robotteknologier, særligt på markedet for mobile robotter og såkaldte kollaborative robotter (co-bots). Vi har i dag en robotindustri med høj vækst, høje eksporttrater og potentiale for fortsat høj vækst i de kommende år.

Nærværende strategi skal understøtte, at Danmark fuldt ud realiserer de potentialer, der er knyttet til robotteknologi gennem en uddannelses-, forsknings-, og innovationspolitisk indsats. Det gælder både udvikling af teknologierne og de tilknyttede vækstpotentialer i de danske robotvirksomheder. Men det handler også om at skabe fundamentet for, at de nye muligheder, som teknologierne skaber, kan blive udbredt i dansk erhvervsliv og i den offentlige sektor og bidrage til løsning af de udfordringer, vores samfund står over for.

Visionen er, at Danmark skal have gode rammer for at udvikle og anvende robotteknologiske løsninger. Der skal i Danmark være gode betingelser for udvikling af viden, teknologier og kompetencer på tværs af faglige discipliner og sektorer og dermed et stærkt grundlag for, at flere virksomheder på sigt anvender robotteknologi. Dette skal bidrage til den grønne omstilling, til en rigere natur samt til styrket velfærd, mindre nedslidning og flere gode år på arbejdsmarkedet for flere borgere. Robotteknologiske løsninger skal samtidig medvirke til øget produktivitet og forbedret konkurrenceevne i hele landet og til at bevare og skabe nye, gode arbejdspladser.

Strategien er udarbejdet med afsæt i en dialog med – og skriftlige bidrag fra – en række erhvervs- og interesseorganisationer, videninstitutioner og ministerier. Udkast til strategien, der bygger oven på Danmarks dronestrategi fra 2016, indgik i de politiske forhandlinger om fordeling af forskningsreserven for 2020.

Strategien ser ikke direkte på, hvordan robotteknologi via erhvervspolitiske indsatser kan udbredes til og ibrugtages af danske virksomheder. Hvor adgang til ny viden, test og demonstrationer er en forudsætning for, at teknologierne bliver modnet og klar til en større udbredelse, kan danske virksomheder, og i særdeleshed SMV'erne, møde andre udfordringer og barrierer i implementeringen af robotteknologi. Det kræver indsatser, der ligger ud over uddannelses-, forsknings-, og innovationsspolitikken.

Der kan således også være behov for at iværksætte yderligere erhvervspolitiske indsatser for at understøtte en øget anvendelse af robotteknologi i danske virksomheder. Sådanne indsatser igangsættes ikke med denne strategi, men et første skridt tages ved at undersøge barriererne for virksomhedernes brug af robotteknologi.

Afgrænsning af robotteknologi

Begrebet robotteknologi bruges i denne strategi som en samlet betegnelse for alle teknologier, der enkeltvis eller sammen skal anvendes for at kunne udnytte potentialet af en robot. Robotter indeholder teknologier fra mange forskellige fagområder, der – alt efter anvendelse – skal sikre at de kan: sanse (se, føle, lugte, måle, skelne mellem forskellige objekter og registrere via sensorsystemer, kamerateknologi, billedgenkendelse mv.) og interagere med omverdenen (bevæge sig, gribe og flytte fysiske elementer m.v.) uden at gøre skade. De indgår ofte i samarbejder/sammenhænge, hvor de enten fjernstyres eller agerer mere eller mindre autonomt. En vigtig del af de mere avancerede robotter er softwaren ("intelligensen"), der kombinerer sensoriske input og omsætter dem til f.eks. beslutninger og handlinger. Robotter kan være stationære eller mobile til lands, til vands eller i luften. Således vil robotter i luften – også kaldet droner – indgå som en af flere underkategorier. Droneteknologi rummer særlige potentialer og udfordringer og vil derfor enkelte steder i strategien få særlig opmærksomhed på trods af, at området endnu er fyldt mindre forsknings- og erhvervsmæssigt sammenlignet med det samlede robotområde. Robotteknologi vedrører i denne sammenhæng mekaniske enheder, mens softwarerobotter (som f.eks. virtual assistants og chatbots) ikke er omfattet.

Industriens anvendelse af robotteknologi begrænsede sig førhen til industrirobotter, hvis formål var at automatisere processer, f.eks. svejserobotter kendt fra bilindustrien. Men i nyere tid er robotteknologiens muligheder blevet udvidet i takt med den teknologiske udvikling generelt, så man i dag f.eks. ser sociale robotter, der kan kommunikere og interagere med mennesker og flyvende robotter i form af droner, der kan inspicere brændende bygninger eller katastrofeområder. Robotteknologi dækker således over mange andre anvendelser end automatisering af processer, ligesom automatisering af mange processer, f.eks. klassisk samle- båndssortering, ikke kan henføres til robotteknologi.

Et bæredygtigt Danmark

Robotteknologi kan være med til at understøtte udviklingen mod et mere bæredygtigt Danmark. Det gælder i forhold til at bidrage til nye, innovative klima- og miljøløsninger, og det gælder i forhold til at understøtte en sund samfundsøkonomi samt udvikling og gode arbejdspladser i alle dele af landet. Med en af verdens førende robotindustrier har vi et stærkt dansk udgangspunkt for at høste de gevinster, som robotteknologi tilbyder. Men det er samtidig vigtigt løbende at have øje for de etiske, juridiske og samfunds-mæssige problemstillinger, som teknologierne også rejser, så udviklingen sker i gode og trygge rammer.

Robotteknologiske løsninger til den grønne omstilling

Robotter giver nye, grønnere muligheder inden for en lang række områder, blandt andet industri, landbrug, byggeri og transport. Automatisering ved hjælp af robotteknologi gør det muligt at producere mere energi- og ressourceeffektivt med minimering af input og spild – og dermed med reduceret belastning af klima og miljø. Og robotteknologier kan bidrage til en mere effektiv og skånsom overvågning og kontrol af miljø og natur.

For at de betydelige potentialer kan blive til virkelighed, er der behov for en målrettet forskningsindsats, så teknologien udvikles til nye – og måske i dag ukendte – anvendelser. Som led i den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven for 2020 besluttede samtlige partier i Folketinget at løfte de offentlige investeringer i grøn forskning, udvikling og demonstration med 1 mia. kr. i 2020. Partierne noterer i den politiske aftale, at de er enige om, at udmøntningen af de afsatte 619,6 mio. kr. til udfordringsdrevet grøn forskning under Danmarks Innovationsfond blandt andet inddrager brugen af kunstig intelligens og robot- og droneteknologiske perspektiver, der kan fremme den grønne omstilling. Dette markante løft af den grønne forskning i Danmark vil således være med til at understøtte, at også den robotrelaterede forskning inden for klima-, miljø- og naturområdet styrkes.

Et område, hvor robotteknologien rummer store grønne potentialer, er landbrugs- og fødevareproduktion. Her kan præcisionsjordbrug reducere behovet for sprøjtemidler og vanding og mindske udledning af næringsstoffer til vandmiljøet samt spare energi og arbejdskraft. Robotter kan f.eks. meget effektivt sprøjte på de enkelte ukrudtsplanter og på den måde mindske behovet for sprøjtemidler.

Grøn fødevarerproduktion med præcisionsjordbrug

Virksomheden AGROINTELLI arbejder med udvikling af fremtidens præcisionsjordbrug. Virksomheden har blandt andet udviklet Robotti, en selvkørende markmaskine, der selvstændigt kan benytte en række redskaber i marken. Sensorer og avanceret programmering gør den meget præcis og i stand til at bruge store mængder data om jordbundsforhold, afgrødestatus og meget andet, som opsamles i marken, til optimering af både planteproduktionen, minimering af energiforbruget samt forbrug af hjælpestoffer.

Virksomheden har også udviklet kameraløsninger, som automatisk behandler billeder fra droner til at danne overblik over den biologiske variation på markerne, hvilket kan optimere gødningsstrategien og øge landmandens udbytte med op til 10 pct. Et andet produkt er SpotSpray, som finder ukrudt på marken og ud fra det laver en målrettet sprøjteplan, så der kun bruges sprøjtemidler, hvor der er brug for det.¹



Spot sprøjtning med den autonome landbrugsrobot Robotti fra AGROINTELLI

Foto: AGROINTELLI Robotti, Agro Intelligence ApS

Inden for byggeriet, som er en sektor med et betydeligt CO₂-aftryk, skaber robotteknologi nye muligheder i forhold til både opførelse, drift og renovering af bygninger. Eksempelvis vil robotter kunne effektivisere arbejdsprocesser, sensorer kan gøre bygningsdrift mere effektiv og miljøvenlig, og droner kan nedbringe materialeforbruget ved renovering gennem detaljerede bygningsundersøgelser og opmålinger.

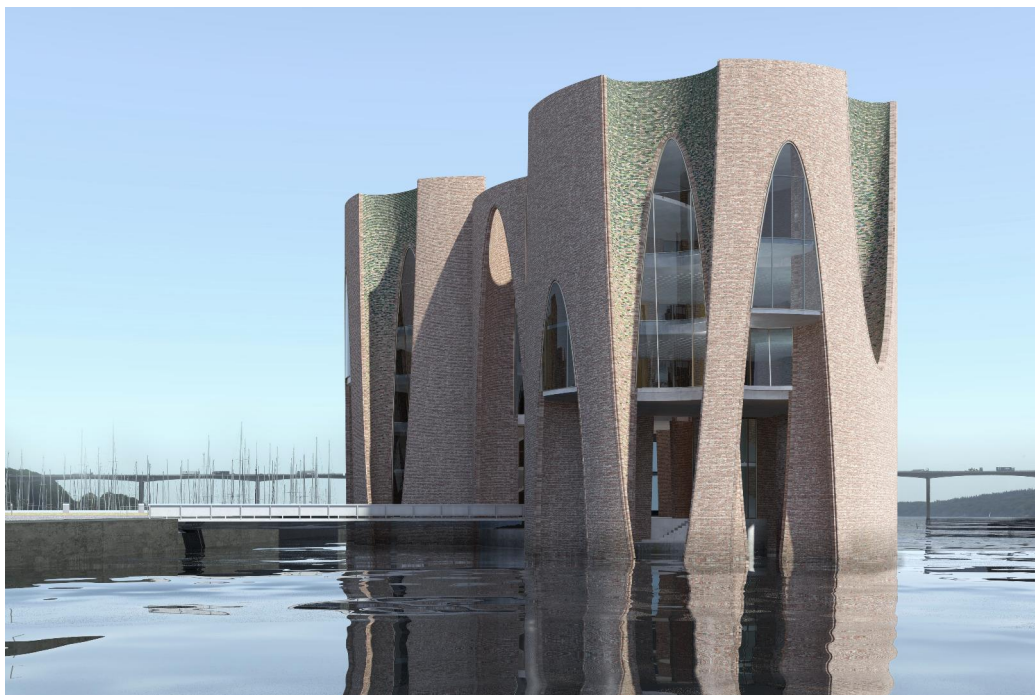
¹ Kilde: AGROINTELLI

Byggerobot mindsker udledningen af CO2

Virksomheden Odico producerer robotløsninger til blandt andet byggebranchen. Robotterne kan skære og fræse i forskellige materialer i tre dimensioner og blandt andet i organiske former, hvilket ellers er vanskeligt.

Robotterne kan reducere mængden af beton i byggeriet, som dermed også reducerer udledningen af CO2. Forskere vurderer, at cementindustrien står for 5-8 pct. af den samlede globale CO2-udledning. Ifølge virksomheden kan robotternes optimeringsalgoritmer spare store mængder beton, f.eks. op mod halvdelen af den beton, der normalt bruges i et dæk i en parkeringskælder. Det sker ved gennem robotfremstilling at muliggøre prisbillig realisering af avancerede konstruktionsformer, som anvender mindre materiale.

En af virksomhedens robotter er 'Factory on the fly', der leveres i en container, der kan placeres direkte på byggepladsen. Robotten betjenes med en iPad, uden at kunden har behov for kendskab til programmering.²



Konstruktionen af Olafur Eliassons ikoniske bygning Fjordenhus ved Vejle er et eksempel på organiske former, der er skabt ved hjælp af Odico-robotter fra Odense. Robotfremstillingen muliggør prisbillig og materialebesparende realisering af avancerede konstruktionsformer.

Foto og kilde: Odico

Der er også store muligheder i at anvende droner og anden robotteknologi til natur-, miljø- og vandovervågning. Der er f.eks. mulighed for langt mere omkostningseffektivt og samtidig naturskånsomt end i dag at identificere, opføre, overvåge og forvalte biodiversitet, herunder invasive dyr og planter, truede dyre- og plantearter, vildtbestande, ynglefugle, skadevoldere i landbruget mv.

² Kilde: Odico

Robotter og droner kan understøtte monitorering og måling af miljøkvalitet og biodiversitet inden for områder som havmiljø, natur, jordbundsforhold, geologi, luftkvalitet og atmosfæriske forhold, hvor teknologierne skaber nye og billigere muligheder for mere effektivt at observere og monitorere forandringer. Dette gælder ikke mindst i de arktiske områder, hvor en øget indsamling og udnyttelse af data fra blandt andet droner og satellitter kan styrke forståelsen af klimaprocesserne og konsekvenserne heraf.

Dertil kommer nye, bedre og billigere muligheder for at måle og overvåge miljøskadelige emissioner fra f.eks. skibsfart og landbrug, styrke fiskerikontrollen og forbedre affaldshåndteringssystemer. F.eks. kan robotsystemer kombineret med sensorer og kunstig intelligens sortere affald, så mest muligt – blandt andet plast og metal – kan genanvendes. Robotterne kan også genkende og sortere batterier og andet miljøskadeligt elektronikaffald fra det øvrige husholdningsaffald, så der kan tages særligt hånd om det.

Samtidig understøtter robotter en effektiv udvikling og produktion af teknologier til udvinding af vedvarende energi, herunder vindenergi, hvor vi i Danmark har en markant styrkeposition. F.eks. bruges robotter og droner i stigende grad til vedligeholdelse, reparation og kvalitetskontrol af vindmøller og komponenter hertil, hvilket kan forkorte reparationstiden og dermed omkostningstunge produktionsstop, når vindmøllen ikke producerer energi. Robotter bruges også i den automatiserede produktion af solpaneler, der betyder, at solpaneler kan fremstilles, så udnyttelse af solenergi bliver økonomisk rentabelt. Det kan sænke omkostningerne og øge effektiviteten af den vedvarende energiproduktion i Danmark og globalt.

Robotscanner til vindmøllevinger

Siemens Gamesa, DTU og GTS-instituttet FORCE Technology har i et fælles projekt udviklet et autonomt 3D robotscanner-system til automatisk kvalitetskontrol af overflader på vindmøllevinger i fabrikken. Der er tale om en autonom robot, der ikke skal forprogrammeres. Den kan tilpasse sig den enkelte vinge ved selv at finde ud af, hvad det er, den skal måle og tilpasse sine algoritmer i forhold til, hvor den skal bevæge sig hen.

Løsningen kan på sigt evt. bruges i andre sammenhænge, f.eks. til at finde indre defekter på store strukturer, så som broer, rørkonstruktioner og tårne til vindmøller. Projektet er blevet til i regi af MADE – Manufacturing Academy of Denmark, og har opnået finansiering fra Innovationsfonden.



Robotscanner til vindmøllevinger
Foto: Siemens Gamesa

Velfærd og udvikling i hele Danmark

Robotteknologi kan bidrage til velfærd og udvikling i hele Danmark. Danske fremstillingsvirksomheders konkurrenceevne baserer sig i vid udstrækning på evnen til at producere effektivt og af høj kvalitet, hvilket robotter kan bidrage til. Intelligent brug af robotløsninger får dermed stadig større betydning for konkurrenceevnen og for at fastholde og skabe nye, gode produktionsarbejdspladser i Danmark. Samtidig bidrager robotindustrien til vækst og arbejdspladser.

Der er indikationer på, at både arbejdsgivere og arbejdstagere ønsker at styrke anvendelse af robotløsninger i erhvervslivet³. Siden 2014 er udflytningen af danske arbejdspladser til udlandet stagneret⁴. En forbedret konkurrenceevne som følge af implementering af automatisering og robotteknologi kan være én af årsagerne hertil. I den samme periode er der sket en svag stigning i beskæftigelsen i industrien.

Årtiers ambitiøs dansk klima- og miljøpolitik har også gjort danske virksomheder meget miljø- og klimaeffektive, hvilket betyder, at placering af produktion i Danmark frem for i udlandet kan gavne det globale klima og miljø.

Fremstillingsvirksomhederne har i altovervejende grad placeret deres produktionsanlæg uden for de største byområder – og bredt i hele Danmark. Det gælder både store virksomheder som Vestas, Novo Nordisk, Grundfos, Danfoss og inden for landbrugs- og fødevarereproduktion. Det gælder også en meget stor del af de danske små og mellemstore virksomheder. Forsknings-, innovations- og uddannelsesaktiviteter, der understøtter ”produktions-Danmark”, vil derfor også udgøre et vigtigt bidrag til at skabe udvikling, vækst og arbejdspladser i hele Danmark.

Robotløsninger kan ikke blot bidrage til flere, men også til bedre, og for samfundet mere værdiskabende og velfærdsunderstøttende, arbejdspladser. Robotteknologi kan erstatte nedslidende arbejde med tunge løft og slidsomme gentagne bevægelser inden for produktion, byggeri og fødevarerhverv (f.eks. slagterier). Robotteknologi kan ligeledes erstatte risikobetonet arbejde med sundhedsskadelige kemikalier og materialer (f.eks. sprøjtemaling eller skære-, fræse- og svejsearbejde).

Robotter sorterer frugt og grønt til Netto-butikker

Der er i Danmark i dag flere eksempler på automatiserede lagre. Et af disse findes ved Køge. Her sorterer 15 robotter frugt og grønt til de næsten 300 Netto-butikker i Østdanmark. Robotanlægget er blandt andet udsprunget af behovet for bedre arbejdsmiljø, og robotterne har nu erstattet mange tunge løft på virksomheden. Netto-lageret har ved hjælp af robotter reduceret antallet af fejl og reduceret de manuelt belastende løft væsentligt. Det har betydet, at arbejdsmiljøet er forbedret.

³ Dansk Metal: Behov for robotter i dansk erhvervsliv, 2019

⁴ Danmarks Statistik, DST Analyse – Industrivirksomheder med høj outsourcingsaktivitet har næsten halveret antallet af ufaglærte siden 2008, 2018

Øget brug af robotter kan endvidere muliggøre, at seniorer eller ansatte med nedsat arbejdsevne kan forblive og fungere godt i arbejdet. På en række forskellige områder rummer teknologierne således potentialer for, at flere borgere kan få flere gode år på arbejdsmarkedet.

Robotter kan også bidrage til, at tid brugt på fysisk rutinearbejde i sundheds-, pleje- og omsorgssektoren kan konverteres til flere "varme hænder". Det gælder blandt andet inden for professionel rengøring og logistik, hvor servicerobotterne er godt på vej. Det er alt fra transport af udstyr og prøver, støvsugning, opsætning af stole eller krævende desinfektionsopgaver på sygehuse, plejehjem mv., der reducerer smitterisikoen, mens patienter er indlagt. Robotter kan også hjælpe personer med funktionsnedsættelse til at blive mere selvhjulpne (f.eks. i forbindelse med personlig hygiejne) og øge deres livskvalitet.



Mobil robot transporterer sterilt udstyr på Køge Sygehus
Foto: Mobile Industrial Robots A/S

Et stærkt dansk udgangspunkt

Danmark har på få år etableret en af verdens førende robotindustrier, der i dag består af virksomheder fordelt over hele landet med en særlig stærk koncentration af virksomheder på Fyn. Den danske førerposition er særligt baseret på udvikling og produktion af de såkaldte cobots, dvs. robotter, der arbejder side om side med mennesker. Netop inden for sådanne kollaborative robotter samt mobile robotter er Danmark førende på det globale marked, og markedet for disse typer robotter forventes at stige med 30 pct. årligt frem mod 2025.⁵

⁵ Damvad, Analyse af den danske robotindustri – En styrkeposition i vækst, 2019

Den danske robotklynge

Den danske robotindustri er på få år blevet en dansk styrkeposition. Der er i dag i alt 292 robotvirksomheder med ca. 8.500 medarbejdere fordelt over hele landet. Klyngens epicenter er på Fyn, hvor en tredjedel af virksomhederne ligger. Her er der et særligt stærkt robot-økosystem med tæt samarbejde mellem virksomheder, universiteter og GTS-institutter, blandt andet drevet af klynge- og netværksorganisationer så som Odense Robotics, RoboCluster og UAS Denmark (nu samlet i Robotics Alliance).

Hele den danske robotindustri har oplevet en betydelig vækst gennem de seneste år. Omsætningen er steget med 34 pct. fra 2014 til 2017 med en gennemsnitlig årlig vækst på 10,5 pct. Virksomhederne har en årlig eksport på mere end 10 mia. kr., hvilket udgør knap 60 pct. af den samlede omsætning.⁶

Denne succes er blandt andet skabt på grundlag af stærke videnmiljøer på universiteterne og i Godkendte Teknologiske Serviceinstitutter (GTS-institutter), som tidligt har indgået i tætte samspil med iværksættere og virksomheder – både i forsknings- og udviklingssammenhæng. 60 pct. af virksomhederne i den fynske robotklynge er tæt forankret i forsknings- og udviklingsmiljøerne.⁷

Samtidig er stærke viden- og uddannelsesmiljøer på universiteter, GTS-institutter, erhvervsakademier m.fl. vigtige forudsætninger for, at erhvervslivet kan lykkes med at styrke konkurrenceevnen gennem øget anvendelse af robotter. Værdien ved at implementere robotter kan øges, hvis virksomheder implementerer specialiserede robotløsninger ved hjælp af viden hos f.eks. danske robotvirksomheder, GTS-institutter og universiteter og i samspil med det private rådgivermarked.

⁶ Damvad, Analyse af den danske robotindustri – En styrkeposition i vækst, 2019

⁷ Robotter og Automatisering, Region Syddanmark, 2017

Kollaborative robotter – en dansk styrkeposition

En kollaborativ robot interagerer med sine omgivelser og samarbejder med mennesker. Det kan den, da den er udstyret med et sikkerhedssystem, der gør det muligt at arbejde uden sikkerhedsindhegning. Samarbejdende robotter understøtter en mere fleksibel produktion, hvor robotten kan overtage gentagende og belastende opgaver så som tunge løft.

Samarbejdende robotter er en dansk styrkeposition. Universal Robots lokaliseret i Odense var blandt de første til at lancere en samarbejdende robot og er i dag globalt markedsførende. Virksomheden havde i 2018 en markedsandel på mellem 50-60 pct., og virksomhedens omsætning voksede mellem 60-90 pct. per år i årene 2011-2017. Virksomheden blev stiftet i 2005 og beskæftiger i 2019 knap 700 medarbejdere.⁸

Mobile Industrial Robots er et andet eksempel på en ung virksomhed med høje vækstrater. Virksomheden gik på tre år fra at levere sin første robot i 2015 til at omsætte for over 200 millioner i 2018. Samme år blev virksomheden solgt til amerikanske Teradyne for 1,7 mia. kr. Virksomheden havde 3 medarbejdere i 2015, i dag er de 225 beskæftigede.⁹



Kollaborativ robot fra Universal Robots
Foto: Universal Robots

Det danske erhvervsliv tager i stigende grad robotter i brug. En analyse viser, at andelen af fremstillingsvirksomheder, der anvender robotter, er steget med 50 pct. siden 2015.¹⁰ På trods af denne vækst er det blot 12 pct. af de danske virksomheder, der benytter sig af robotteknologi.

⁸ Kilde: Universal Robots

⁹ Damvad, Analyse af den danske robotindustri – en styrkeposition i vækst, 2019 og Mobile Industrial Robots egne tal

¹⁰ Teknologisk Institut, Danske fremstillingsvirksomheder lukker robotterne ind, 2018

Flest industrivirksomheder har taget teknologien til sig, da godt en tredjedel (36 pct.) af danske industrivirksomheder benytter sig af robotteknologi.¹¹ Med 240 industrirobotter pr. 10.000 medarbejdere ligger vi på en pæn sjetteplads internationalt. Singapore top-per med 831 robotter per 10.000 medarbejdere inden for produktionsindustrien, fulgt af Sydkorea, Tyskland og Japan. Men nyeste tal viser også, at væksten i antallet af industrirobotter i Danmark er stagneret. I 2018 blev der solgt 673 industrirobotter i Danmark mod 800 i 2017.¹²

Etiske, juridiske og samfundsmæssige problemstillinger

Robotteknologi indebærer, at der skal færre hænder til at producere det samme som tidligere. Erfaringerne peger imidlertid ikke på, at teknologierne samlet set medfører færre job, men derimod forskudt beskæftigelse mellem brancher og jobfunktioner. Dette kan i sig selv skabe behov for kompetenceudvikling og omstilling, så nedlæggelse af jobfunktioner ikke fører til langtidsledighed og marginalisering.

Udviklingen og anvendelsen af robotteknologi rejser også en række vigtige etiske og juridiske problemstillinger, som trænger sig på i takt med, at robotteknologien rykker ud af fabrikshallernes indhegnede robotbure og ud, hvor de i stadig stigende omfang skal indgå i direkte samspil med mennesker. Øget anvendelse af robotteknologi skaber behov for at inddrage og forstå samspillet mellem tekniske, juridiske, etiske, sociale og økonomiske forhold og risiko for misbrug, ulykker, overvågning og krænkelse af privatlivets fred.

Hvordan forhindrer man f.eks., at droner kommer til at filme ind i folks boliger, når de anvendes til registrering af bygningers sundhedstilstand? Hvordan understøtter man, at robotter, der interagerer med mennesker, styrker den enkeltes kapacitet til at beherske sin (arbejds)situation frem for at føre til fremmedgørelse og afmagt? Hvad er de sociale og etiske implikationer ved brug af sociale robotter i ældreplejen så som babysælrobotter til demensramte?

Og hvad med den digitale sikkerhed? Hvordan undgås det, at man mister kontrollen med mere eller mindre autonome fartøjer? Kan vi være trygge ved, at teknologierne ikke bruges til kriminalitet eller terror?

Udviklingen går hurtigt, og der er behov for løbende at arbejde på, at de juridiske og samfundsmæssige rammer følger med.

¹¹ Danmarks Statistik, VITA 2019

¹² <https://www.dira.dk/nyheder/?id=2655>



Foto: Colourbox

Regulering af droneområdet

I foråret 2019 vedtog EU-Kommissionen to forslag til regulering af droneområdet i EU med ikrafttrædelse fra den 1. juli 2019. Anvendelsestidspunktet for regulering er fra 1. juli 2020.

Der er tale om ny EU-regulering, eftersom der ikke hidtil har været EU-regler på droneområdet. Reguleringen er vedtaget som to forordninger. Kommissionens gennemførselsforordning (EU) 2019/947 af 24. maj 2019 om regler og procedurer for operation af ubemandede luftfartøjer vedrører kravene til flyvning med droner (operative regler), hvilket i dag reguleres i luftfartslovens kapitel 9a. Kommissionens delegerede forordning (EU) 2019/945 af 12. marts 2019 om ubemandede luftfartøjssystemer og om tredjelandsoperatører af ubemandede luftfartøjssystemer vedrører markedsføring (produktkrav m.v.) og markedsovervågning af droner. Dette område er ikke omfattet af gældende regler på luftfartsområdet, og dermed er der tale om nye regler, som specifikt omhandler droner i forhold til markedsføring og markedsovervågning. Forordningerne vil have direkte virkning i Danmark. Den danske droneregulering vil derfor blive tilrettet i overensstemmelse med forordningernes bestemmelser med virkning fra den 1. juli 2020.

Med vedtagelsen af den ny EU-regulering vil der fremadrettet være fælles regler for flyvning med droner på tværs af EU-medlemsstaterne, hvorved det vil blive enklere for droneførere at anvende droner i EU.

Den nye regulering forventes at sætte nogle klarere rammer for droneområdet i EU såvel som Danmark, men der vil fortsat være etiske og juridiske problemstillinger, som reguleringen ikke indeholder svar på. Reguleringen må således blive tilpasset løbende i takt med den fortsatte udvikling af droneområdet.

Regulering af forsøg med selvkørende enheder

Regeringen er ved at se på etablering og omfang af en forsøgsordning for selvkørende enheder på færdselslovens område.

En selvkørende enhed kan beskrives som en førerløs, mindre leverancerobot, der kører med en lav hastighed, og som kan anvendes til for eksempel forskning og "last mile"-levering af mad, dagligvarer, medicin, beklædning og andre lignende forbrugsgoder. Selvkørende enheder kan også tænkes at blive brugt til at udføre forskellige serviceydelser. Det er i dag muligt at køre med selvkørende enheder på områder, hvor færdselsloven ikke finder anvendelse.

Denne strategi adresserer tre vigtige rammebetingelser for udviklingen og anvendelsen af robotteknologi i Danmark; forskning og innovation, adgang til kompetencer og internationalisering. Til slut ses på anvendelsen af robotteknologi i danske virksomheder som et første skridt mod eventuelle yderligere erhvervspolitiske indsatser på området.

Strategiens fokusområder

1. Forskning og innovation

Fokusområde 1: Forskning, innovation, udvikling og demonstration på robotområdet

Fokusområde 2: Teknologisk service til danske virksomheder, som udvikler og anvender robotter

Fokusområde 3: Bedre overblik over adgang til forskningsinfrastruktur

Fokusområde 4: Bedre adgang til ESA og NASA for danske robotforskere og –virksomheder

2. Adgang til kompetencer

Fokusområde 5: Styrkede robotteknologiske kompetencer gennem voksen- efter- og videreuddannelse

3. Internationalisering

Fokusområde 6: Stærk dansk deltagelse i EU's rammeprogram for forskning og innovation

Fokusområde 7: Adgang til verdensførende robotmiljøer via de danske innovationscentre

Fokusområde 8: Tiltrækning af udenlandske investorer

Fokusområde 9: Skræddersyede eksportfremmetilbud

4. Anvendelse af robotteknologi i danske virksomheder

Fokusområde 10: Viden om barrierer for virksomheders investering i automatisering og medarbejderes kompetencer.

Fokusområde 11: Styrket innovation i erhvervslivet gennem vidensamarbejde i klyngeorganisationer og innovationsnetværk

Forskning og innovation

Forskning og innovation er en forudsætning for at forløse det fulde potentiale, som robotteknologi indebærer. Den danske succes inden for robotteknologi er i høj grad skabt på grundlag af stærke videncenter på universiteterne og i GTS-institutter, der har indgået i tætte og frugtbare samspil med iværksættere og virksomheder.

Erfaringsmæssigt har produktionen af kandidater og ph.d'ere været afgørende for den succesfulde kommercialisering af robotteknologi. Samtidig er stærke videncenter på blandt andet universiteter og i GTS-institutter afgørende for erhvervslivets muligheder for at styrke konkurrencekraften gennem øget anvendelse af robotter.

Det er vigtigt, at ikke mindst universiteter fortsat har fokus på at videreudvikle videncenter og talentmassen inden for robotområdet. Samtidig opfordres forskere og virksomheder til at udnytte de mange muligheder, der findes for at få medfinansieret forsknings- og innovationsaktiviteter, hvori robotteknologisk udvikling eller anvendelse indgår.

Det er samtidig vigtigt, at man i GTS-nettet arbejder på at fastholde og videreudvikle sin nøglerolle i forhold til at opbygge og formidle robotteknologisk viden, teknologiplatforme og kompetencer til gavn for erhvervslivet.

Uddannelses- og Forskningsministeriet vil arbejde for, at der fortsat er gode betingelser for, at universiteter og GTS-institutter kan udfylde disse roller. Samtidig vil ministeriet arbejde på at få et bedre overblik over forskningsinfrastrukturen på området samt skabe gode rammer for, at danske robotaktører kan få adgang til forsknings- og udviklingsmidler i regi af det internationale rumsamarbejde i ESA og NASA.

Fokusområde 1: Forskning, innovation, udvikling og demonstration på robotområdet

Forskere og virksomheder opfordres til at udnytte de gode muligheder, der er for at få medfinansieret robotteknologiske projekter i det danske forsknings- og innovationsfinansierende system. Finansieringsmulighederne gælder både i forhold til udvikling og anvendelse af robotteknologi og findes i særlig grad inden for Innovationsfondens midler til henholdsvis "Nye teknologiske muligheder" og "Grøn forskning". Der er i bilag 1 en mere uddybende beskrivelse af eksempler på en række af de robotrelaterede forskningsbehov, der er identificeret inden for overskrifterne "Nye teknologiske muligheder", "Grøn forskning" og "Bedre sundhed"¹³.

¹³ Når Folketinget afsætter midler til strategiske investeringer i forskning, er dette siden 2017 i vidt omfang gjort med afsæt i FORSK2025-kataloget, som er et viden- og prioriteringsgrundlag, der indeholder fire hovedområder, "Nye teknologiske muligheder", "Grøn vækst", "Bedre sundhed" og Mennesker og samfund". Kataloget giver et konsolideret overblik over fremtidens vigtigste forskningsområder, som ses fra en bred kreds af interessenter. Se mere på www.ufm.dk/forsk2025

Robotprojekter finansieret af Innovationsfonden

I perioden 2014 – 2019 har Innovationsfonden finansieret 73 projekter, hvori elementer af robotteknologi (herunder droner) indgår i større eller mindre omfang. Til de 73 projekter er der bevilget et samlet beløb på 333 mio. kr. Bevillingerne er primært givet under hovedområdet "Nye teknologiske muligheder", men der er også givet bevillinger til en række projekter under især "Grøn vækst" samt i lidt mindre omfang under "Bedre sundhed". Dertil kommer en række mindre projektbevillinger i regi af Eurostars, InnoBooster og Erhvervs-ph.d.-ordningen. De fire klart største bevillingsmodtagere er Danmarks Tekniske Universitet, Syddansk Universitet, Aalborg Universitet og Teknologisk Institut.

Forskning der bidrager til grøn omstilling

Som led i den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven for 2020 noterer partierne i den politiske aftaletekst, at de er enige om, at udmøntningen af de afsatte 619,6 mio. kr. til udfordringsdrevet grøn forskning under Danmarks Innovationsfond blandt andet inddrager brugen af kunstig intelligens og robot- og droneteknologiske perspektiver, der kan fremme den grønne omstilling. Desuden afsættes der med forskningsreserveaftalen 334,9 mio. kr. under Danmarks Fri Forskningsfond til at fremme forskernes egne originale idéer, der kan bidrage til den grønne omstilling, herunder løsninger der adresserer klima- og naturudfordringerne. Robotrelateret forskning rummer betydelige potentialer i forhold til at bidrage til at indfri ambitionerne for den grønne omstilling og indgår i en række af de forskningsområder, som findes inden for klima-, miljø- og naturområdet.

Det gælder inden for *landbrugs- og fødevarerproduktion*, f.eks. i forhold til udvikling af præcisionsjordbrug. Inden for miljø- og naturforvaltning er der robotteknologiske forskningsbehov, ikke mindst på droneområdet, der i bred forstand kan understøtte billigere samt mere effektiv og skånsom *måling, overvågning og forvaltning af miljø- og naturkvalitet*. Inden for *byggeriet*, er der behov for løsninger til opførelse af bygninger og bygningsdrift samt cirkulær ressourceeffektivitet og energieffektivisering. På *transportområdet* er der behov for forskning knyttet til blandt andet automatiserede (transport-)teknologier og -systemer på land, til vands og i luften, herunder droneteknologi.

Grønne teknologiske udviklings- og demonstrationsprogrammer

Der er også mulighed for at opnå medfinansiering til projekter med robotteknologisk indhold inden for udviklings- og demonstrationsprogrammerne på energi-, miljø- og fødevarerområdet, EUDP, MUDP og GUDP. UDP'erne bidrager væsentligt til Danmarks forreposition, når det gælder udvikling af innovative teknologiske løsninger, der baner vejen for et bæredygtigt samfund og skaber vækst, beskæftigelse og eksportmuligheder for danske virksomheder. Med den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven tilføjes udviklings- og demonstrationsprogrammerne yderligere 517,1 mio. kr. i 2020 fra forskningsreserven. For at opnå støtte skal projekterne have et tydeligt formål inden for energi-, miljø- eller fødevarerområdet.

Miljøovervågning af skibstrafikken ved brug af droner

Miljø- og Fødevareministeriets program for miljøteknologi (MUDP) har givet medfinansiering til at udvikle dronebaserede løsninger til overvågning, registrering og tilsyn med skibstrafikkens udledning af miljøskadelige svovl- og kvælstofpartikler via remote sensing. FN's Søfartsorganisation (IMO) har vedtaget regler, som sigter mod en væsentlig reduktion i skibstrafikkens forurening med svovloxider (SOX) og kvælstofoxider (NOx). I Nordsøen og Østersøen er der skærpede krav til udledningen. Effektiv håndhævelse af IMO-reglerne er vigtig. Både for at sikre den ønskede reduktion af skibsfartens luftforurening og for at sikre, at de "lovlydige" rederier ikke bliver underbudt af rederier, der vælger at se stort på de nye regler. Det er imidlertid en udfordring for de nationale myndigheder at gennemføre effektiv overvågning og tilsyn med skibenes emissioner. Sensorer, der kan måle forureningen, er udviklet, men det er en udfordring at komme tæt nok på/ind i skibenes røgfaner til at måle udledningerne og samtidig gennemføre tilsynet inden for en effektiv økonomisk ramme. Den teknologi, der er udviklet med støtte fra MUDP, demonstreres og testes pt. i et større EU-finansieret projekt med en dansk virksomhed som leder.



Foto: Colourbox

Teknologisk forskning

Med den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven for 2020 afsættes 68,9 mio. kr. til forskning i "Nye teknologiske muligheder", så der i alt er afsat 159,4 mio. kr. i 2020 til "Nye teknologiske muligheder" under Innovationsfonden på finansloven for 2020. Midlerne kan blandt andet bruges til forskning i kunstig intelligens og robot- og drone-teknologi. Innovationsfondens strategiske forskningsmidler til "Nye teknologiske muligheder" har hidtil spillet en stor rolle i medfinansiering af robotteknologiske projekter.

Området omfatter en række robotteknologiske forskningsbehov. Det gælder blandt andet i forhold til automatisering og digitalisering af produktion i små serier med stor varians, herunder omkostningseffektive robotsystemer samt rekonfigurerbare og genbrugelige robotløsninger. Samtidig er der behov for forskning i sensorer, der effektivt kan opsamle data i denne type fleksibel produktion. En robotteknologisk forskningsindsats kræver forskning både på hardwarensiden i form af blandt andet generiske moduler og på softwaresiden i form af blandt andet modellering af robotens processer.

Sundheds- og velfærdsrelateret forskning

I den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven for 2020 afsættes 66 mio. kr. til hovedområdet ”Bedre sundhed”, som udmøntes af Innovationsfonden. I aftalen er der ikke sat særligt fokus på forskningsbehov i relation til robotteknologi, som dog alligevel berøres i nærværende strategi. Der er mange arbejdsprocesser, der kan drage fordel af automation og robotter i sundheds-, pleje- og omsorgssektoren og derved frigive både ressourcer og tid til flere ”varme hænder”. Forskningsbehovene retter sig blandt andet mod at afprøve og afdække, hvordan de nye teknologier kan anvendes til at skabe en mere effektiv ressourceudnyttelse og mere brugerrettede løsninger. Men de retter sig også mod, hvilke konsekvenser teknologiske løsninger har for samfundet og for borgerens livskvalitet.

Andre kilder til finansiering af forsknings- og innovationsaktiviteter

Ud over de strategiske forskningsmidler findes også muligheder for at få finansieret forsknings- og innovationsprojekter med robotteknologisk indhold i en række andre sammenhænge. Det drejer sig om blandt andet Danmarks Frie Forskningsfonds forskellige virkemidler og Innovationsfondens midler til innovation og teknologiudvikling, herunder InnoBooster, Erhvervsforsker m.fl.

Robotprojekter finansieret af Danmarks Frie Forskningsfond

I perioden 2014 – 2018 har Danmarks Frie Forskningsfond finansieret 16 projekter, hvori elementer af robotteknologi (herunder droner og autonome fartøjer) indgår i større eller mindre omfang. Til de 16 projekter er der bevilget et samlet beløb på ca. 74 mio. kr. Bevillingerne er primært givet under *DFF – Teknologi og Produktion*, men også under *DFF – Kultur og Kommunikation* og *DFF – Natur og Univers*. Bevillingerne er fordelt på fire universiteter, nemlig Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Danmarks Tekniske Universitet og Syddansk Universitet.

Fokusområde 2: Teknologisk service til virksomheder, som udvikler og anvender robotter

Uddannelses- og Forskningsministeriet vil ved opslag af nye bevillinger til godkendt teknologisk service (GTS) prioritere opfølgning på robotstrategien som et fokusområde. Det vil indgå som et positivt bedømmelseskriterium, at ansøgningerne, hvor relevant, understøtter robotstrategiens ambitioner.

Robotaktiviteter i GTS-institutter

GTS-nettet omfatter syv institutter, som udvikler og tillemper egen og akademisk produceret viden til erhvervsrelevante teknologiske ydelser i form af rådgivning, kurser, testfaciliteter, standardiseringsarbejde m.m. I de seneste to resultatkontraktperioder (2016-18 og 2019-2020) er der givet bevillinger på godt 60 mio. kr. til aktivitetsplaner med hovedfokus på robotter (herunder droner). Derudover har Uddannelses- og Forskningsministeriet støttet aktiviteter, hvor robotter og droner har indgået som underordnede temaer. Særligt Teknologisk Institut har specialiseret sig i robotteknologier, men også FORCE Technology, DFM – Danmarks Nationale Metrologiinstitut og Alexandra Instituttet har væsentlige aktiviteter på områderne.

GTS-institutterne har gennem en årrække været særdeles aktive med henblik på at opbygge og formidle viden og kompetencer til gavn for roboterhvervet. Særligt mindre virksomheder er udfordrede, når de søger at styrke deres innovations- og konkurrenceevne gennem udvikling og anvendelse af ny avanceret robotteknologi. Det skyldes, at investeringer i forskning og udvikling er forbundet med betydelige omkostninger, tekniske udfordringer og usikkert afkast. Dertil kommer, at innovationsrelevant viden opbygget på universiteterne ofte kan være svær at implementere for virksomhederne. GTS-nettet spiller derfor en nøglerolle i forhold til at videreudvikle universiteternes såvel som deres egen forskning til teknologiplatforme, der er mere umiddelbart anvendelige for virksomhederne.

GTS-hjælp til at implementere kollaborative robotter

Markedet for de kollaborative robotter forventes at stige kraftigt i de kommende år. At implementere en kollaborativ robot – der skal arbejde side om side med menneskelige kollegaer – kræver mere end blot at tage den ud af kassen og opsætte den i sin produktion. Teknologisk Institut udvikler og tester mange forskellige kollaborative robotløsninger og har en lang række erfaringer med implementering af nye robotteknologier. Derfor har instituttet også et godt kendskab til de seneste sikkerhedsregulativer, standarder og myndighedskrav. Instituttet hjælper virksomheder med rådgivning fra designfase til godkendelse af cobot-systemer. Instituttet tilbyder også kurser og tests inden for kollaborative industrirobotter.

Fokusområde 3: Bedre overblik over adgang til forskningsinfrastruktur

Der vil i den kommende nye danske Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2020 fremsættes forslag om at gennemføre en landskabsanalyse, der giver et overblik over forskningsinfrastrukturer, herunder forskningsinfrastrukturer inden for robotteknologi, der eksisterer i Danmark.

En af rammebetingelserne for forskning og udvikling i robotteknologi er, at der er adgang til tilstrækkelig forskningsinfrastruktur inden for robotteknologi. Det gælder danske forskeres adgang til både national og international forskningsinfrastruktur.

Der eksisterer på nuværende tidspunkt ikke et overblik over alle danske forskningsinfrastrukturer, herunder hvilke forskningsinfrastrukturer der er inden for robotteknologi. Det foreslås derfor, at behovet for mere viden om forskningsinfrastrukturer inden for robotteknologi løses som en del af en generel landskabsanalyse af, hvilke forskningsinfrastrukturer danske forskere har adgang til i Danmark.

Omfanget af virksomheders anvendelse af forskningsinfrastrukturerne og samarbejder mellem universiteter, GTS-institutter, andre videninstitutioner og virksomheder forventes inddraget i analysen.

Forskningsinfrastruktur til anvendelse af droner til dataindsamling – UAS ability

Med støtte fra Uddannelses- og Forskningsministeriets Pulje til Forskningsinfrastruktur er der investeret 30 mio. kr. i en forskningsinfrastruktur, der skal fremme anvendelsen af droner og droneteknologi. Formålet er dels at videreudvikle drone-teknologien og dels at øge og forbedre anvendelsen af droner i forskningsopgaver, særligt til dataindsamling inden for klima- og miljøområdet, eksempelvis til undersøgelser af klimaforandringers påvirkninger i Arktis, miljøovervågning af danske kyster eller analyser af bygningers energitab. Der er desuden inkluderet uddannelse af droneoperatører i forskningsinfrastrukturen. Forskningsinfrastrukturen ventes at fremme både teknologiudvikling og produktion af droner samt mulighed for spinoff-virksomheder og tiltrækning af udenlandske virksomheder til Danmark.

Fokusområde 4: Bedre adgang til ESA og NASA for danske robotforskere og -virksomheder

Der er i januar 2020 etableret et offentligt-privat partnerskab for global Space Exploration, som blandt andet skal arbejde for at bygge bro mellem danske interesser og kompetencer inden for robotteknologi og rumfart.

Der stilles enormt store krav til teknologier, der bruges i rummet, og der følger et vigtigt kvalitetsstempel, når danske forskningsmiljøer og virksomheder leverer teknologi til ESA og NASA – et kvalitetsstempel, som kan bruges i mange andre sammenhænge. Det nationale partnerskab for global Space Exploration vil arbejde for at skabe de optimale rammer for, at de danske robotaktører kan få adgang til forsknings- og udviklingsmidler i ESA og NASA. Danske robotkompetencer anvendes allerede i dag på den internationale rumstation til træning af astronauter. Ambitionen er at fastholde disse kompetencer på en ny rumstation omkring månen og på senere rumrejser til Mars samt at supplere med flere danske kompetencer inden for exoskeleton-systemer, multiagent-systemer/kollaborative robotter, kunstig intelligens, avancerede sensorer og – potentielt – bio-inspirerede robotter til udforskningen af solsystemet.

Adgang til kompetencer

Den danske robotindustri har hen over de seneste år gennemlevet en kraftig vækst i eksport, omsætning og beskæftigelse, og hele 78 pct. af virksomhederne i robotindustrien identificerer adgang til kvalificeret arbejdskraft som den største barriere for den fremtidige vækst.¹⁴ Samtidig indebærer indførelse af ny robotteknologi bredt i erhvervslivet, at mange arbejdsopgaver forsvinder og erstattes af nye, som kræver nye færdigheder, uddannelse og efteruddannelse.



Foto: Colourbox

En lang række uddannelser bidrager til at levere kvalificeret arbejdskraft til roboterhvervene. Det gælder dimittender fra erhvervsakademier, professionshøjskoler og universiteter, men også faglærte fra erhvervsuddannelserne, hvor udviklingen af uddannelserne er kendetegnet ved betydelig involvering fra arbejdsmarkedets parter. Samtidig er kompetenceudvikling og opkvalificering af medarbejdere på alle niveauer væsentligt for, at arbejdsstyrken kan håndtere de nye teknologier og bidrage til, at de udbredes i virksomhederne.

Det primære ansvar for at udvikle og udbyde uddannelser, der imødekommer samfundets og erhvervslivets behov, ligger hos uddannelsesinstitutionerne. Uddannelsesinstitutionerne har derfor en helt afgørende rolle i forløse robotområdets potentialer.

¹⁴ Odense Robotics, Insigth Report 2019

Robotuddannelser i Danmark

Tre universiteter udbyder uddannelser med hovedfokus på robotter: Syddansk Universitet (SDU), Aalborg Universitet (AAU) og Danmarks Tekniske Universitet (DTU). SDU udbyder uddannelser i robotteknologi på både bachelor-, professionsbachelor- og kandidatniveau. AAU udbyder bacheloringeniøruddannelsen "Robot systems". Fra 2019 udbyder AAU også en teknisk kandidatuddannelse i "Robotics", og DTU udbyder en kandidatuddannelse i "Autonomous systems". Derudover er der på en række uddannelser mulighed for at vælge specialisering eller moduler inden for robotteknologi.

Mellem 2010 og 2018 er bestanden af studerende på robotuddannelserne på universiteterne steget markant. Stigningen skal både ses i forhold til et øget udbud af robotuddannelser, men også en stigning af studerende på de enkelte uddannelser. Hvor der er i 2010 var 15 studerende på de danske universiteters robotuddannelser, var der 568 studerende i 2018.

Kandidater fra robotuddannelser har generelt en lavere ledighed end andre dimittender på kandidatniveau. I 2016 var ledigheden 0,7 pct. (målt i 7. kvartal efter dimission). Til sammenligning lå ledigheden for alle dimittender på kandidatniveau på ca. 11 pct.¹⁵

Erhvervsakademier og professionshøjskoler udbyder også en række uddannelser, der er relevante for robotområdet. Flere steder i landet uddanner erhvervsakademier blandt andet automationsteknologer, datamatikere, it-teknologer og produktionsteknologer. Professionshøjskolerne udbyder diplomingeniøruddannelser (professionsbachelorniveau) i blandt andet softwareteknologi og it-elektronik.



Foto: Colourbox

Videncentre for erhvervsuddannelser om automation og robotteknologi

Undervisningsministeriet etablerede i 2017 ni videncentre for erhvervsuddannelser. Videncentrene skal bidrage til, at elever i erhvervsuddannelserne kan håndtere den hastige teknologiske udvikling og matche de kompetencer, som virksomhederne efterspørger på et digitalt arbejdsmarked.

Der er etableret to videncentre for automation og robotteknologi. Videncentrene har investeret i forskellige teknologier inden for opstilling og idriftsættelse, produktion med automatiseret produktionsudstyr, service, vedligehold, fejlfinding og reparation inden for både bearbejdnings- og konstruktionsområdet.

Der er afsat i alt 213 mio. kr. til etablering, drift og et særligt udstyrsløft af de ni videncentre i perioden 2017-2020. I 2019 blev der igangsat en evaluering af videncentrene med henblik på beslutning om videncentrenes eventuelle videreførelse efter 2020.

STEM-uddannelser

Mange af de såkaldte STEM-uddannelser (Science, Technology, Engineering and Mathematics) understøtter indirekte robotindustrien og anvendelsen af robotter i erhvervslivet. Uddannelserne beskæftiger sig med teknologi, der har betydning for robotområdet, de uddanner dimittender, der kan arbejde med robotter, og leverer kandidater til ph.d.-uddannelse inden for robotforskning.

Med *Teknologipagten* er formålet at løfte arbejdsstyrkens tekniske og digitale færdigheder. Både gennem opkvalificering, men også ved at spore flere unge ind på digitale og teknologiske uddannelser, blandt andet inden for robotteknologi. Med Teknologipagten er der sat mål om, at Danmark om 10 år står med ca. 10.000 flere personer end ellers med en videregående eller faglært uddannelse inden for STEM-områderne.

Videregående STEM-uddannelser

I 2018 blev der udbudt omkring 330 videregående STEM-uddannelser på danske erhvervsakademier, professionshøjskoler og universiteter. Der blev i 2019 optaget 15.448 personer på en STEM-uddannelse, hvilket er en stigning på 15 pct. siden 2013. Cirka en tredjedel af de optagne på STEM-uddannelserne er kvinder, mens to-tredjedele er mænd.

Antallet af dimittender fra ikke-ledighedsdimensionerede STEM-uddannelser er generelt steget i de senere år, særligt på kandidatniveau. Hvor der i 2009 var omkring 1.500 dimittender, var der i 2018 over 3.500 danske dimittender på kandidatniveau fra ikke-ledighedsdimensionerede STEM-uddannelser.¹⁵ I december 2019 indgik regeringen og et bredt flertal i Folketinget aftale om at fordele 102 mio. kr. til at øge optaget på STEM-uddannelserne frem mod 2022.

¹⁵ Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriets Datavarehus

¹⁶ Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriets Datavarehus

Mere fleksible universitetsuddannelser

Der er i 2019 indført bedre rammer for mere fleksible universitetsuddannelser, som bidrager til at øge udbuddet af kvalificeret arbejdskraft gennem blandt andet: 1) Bedre mulighed for at arbejde efter bacheloruddannelsen og vende tilbage til en kandidatuddannelse, 2) Mulighed for 1-årige akademiske overbygningsuddannelser og 3) Bedre mulighed for at studere på deltid.

Disse ændringer bidrager til at imødekomme blandt andet robotindustriens efterspørgsel efter et øget udbud af kvalificeret arbejdskraft, idet de understøtter en lettere og hurtigere adgang til arbejdsmarkedet. Samtidig forbedres mulighederne for at skifte mellem at fordybe sig på et universitet og udføre arbejdsopgaver i en virksomhed, hvilket også har været et ønske inden for roboterhvervene. Bachelorer har nu mulighed for at prøve deres uddannelse af i et job og vende tilbage til universitetet for at bygge oven på det, de har lært i jobbet. Det vil samtidig give de studerende et bedre grundlag for f.eks. at vælge en relevant kandidatuddannelse inden for et andet fag end deres bacheloruddannelse.

Samtidig har universiteterne mulighed for at udbyde 1-årige akademiske overbygningsuddannelser, der sigter på at udbygge de studerendes faglighed i forhold til bachelorniveauet, herunder også inden for andre fagområder. Der lægges op til, at uddannelserne udvikles i tæt samarbejde med aftagerne.

Endelig har de studerende fået mere fleksibilitet til at studere på deltid sideløbende med deres job, blandt andet gennem en udvidelse af erhvervskandidatordningen, hvilket kan bidrage til at imødekomme efterspørgslen efter arbejdskraft.

Opkvalificering af medarbejdere

Som følge af den teknologiske udvikling er der behov for løbende at kunne tilbyde muligheder for opkvalificering. Med vækstpakken fra 2014, *Danmark helt ud af krisen – virksomheder i vækst*, understøttede man udviklingen af og deltagelsen på tekniske og produktionsrettede akademiuddannelser, herunder i automation og drift, energiteknologi, informationsteknologi og miljøteknologi, som alle er relevante for anvendelsen af robotter i de danske virksomheder. Deltagelsen på de omfattede uddannelser er mere end tredoblet i perioden 2014 – 2019.

Med trepartsaftalen fra oktober 2017 er der taget en række initiativer og afsat samlet 2,5 mia. kr. til at skabe et voksen-, efter- og videreuddannelsessystem (VEU), der er bedre gearret til at styrke hele arbejdsstyrkens digitale og teknologiske kompetencer og tilpasse sig arbejdsmarkedets skiftende behov. Til at understøtte dette etableredes blandt andet en rådgivende arbejdsgruppe med arbejdsmarkedets parter og de videregående uddannelsesinstitutioner med råderet over 5 mio. kr. årligt i aftaleperioden, som løber fra 2018-2021. Arbejdsgruppen skal blandt andet rådgive om en udviklingsindsats for øget brug af fagspecifikke kurser samt om den teknologiske og digitale udviklings påvirkning af uddannelserne og kompetencebehov. Derudover afsættes der 65 mio. kr. årligt i aftaleperioden til en omstillingsfond til dækning af deltagerbetaling på akademi- og diplomuddannelser for faglærte og ufaglærte.

Herudover har videregående uddannelsesinstitutioner under Uddannelses- og Forskningsministeriet i forlængelse af trepartsaftalen om VEU fået mulighed for hurtigere at

kunne imødekomme arbejdsmarkedets behov for nye kompetencer ved at kunne udbyde særskilte moduler, som ligger uden for de eksisterende videregående deltidsuddannelser. Opstår der behov for kompetencer, der ikke er dækket af de eksisterende uddannelser, kan VEU-systemet dermed hurtigt reagere og udbyde et modul inden for det givne område. Det vil blandt andet kunne bidrage til at opkvalificere kandidater fra ikke-teknologiske områder med teknologiske kompetencer.

Fokusområde 5: Styrkede robotteknologiske kompetencer gennem voksen-, efter- og videreuddannelse

Der igangsættes en indsats inden for videregående voksen-, efter- og videreuddannelse (VEU), der skal understøtte kompetenceudvikling og omstilling af ansatte i virksomheder, som anvender robotteknologi.

Der er i regi af trepartsaftalen nedsat en VEU-arbejdsgruppe med arbejdsmarkedets parter og repræsentanter for de videregående uddannelsesinstitutioner. VEU-arbejdsgruppen skal blandt andet rådgive om arbejdsmarkedets kompetencebehov i lyset af den teknologiske og digitale udvikling.

I samarbejde med VEU-arbejdsgruppen undersøges det, om der er behov for at igangsætte nye initiativer inden for automation og robotter, eksempelvis i form af nye uddannelser, understøttelse af kompetenceudvikling, analyser eller udviklingsprojekter.

Internationalt samarbejde

Danmark er med i front på robotområdet, men den internationale udvikling går stærkt, og meget ny viden udvikles uden for Danmarks grænser. Mange lande – heriblandt USA, Tyskland, Kina og Korea – satser på at udvikle stærke klynger inden for robotområdet, og konkurrencen om medarbejdere, investeringer og markedsandele er hård. Samtidig er der et uudnyttet potentiale for øget eksport af dansk robotteknologi.

Det er derfor vigtigt, at danske videnmiljøer og virksomheder har god og nem adgang til internationale eksportmarkeder, nyeste internationale viden, relevante internationale samarbejdspartnere og udenlandske investeringer.

Et centralt forum for internationalt vidensamarbejde er det europæiske forsknings- og innovationsprogram, Horizon 2020, hvor danske forskningsmiljøer og virksomheder kan indgå i samarbejder med institutioner og virksomheder i andre EU-lande.

De otte danske innovationscentre kan bistå danske forskningsmiljøer og virksomheder med at få adgang til international viden, samarbejdspartnere, talent og investeringer i verdensførende innovationsøkosystemer. Centrene har blandt andet fokus på at styrke dansk forskning inden for klima, miljø og sundhed samt udvikling af nye, grønne teknologier og løsninger til brug for bæredygtig omstilling. Flere af innovationscentrene er placeret på destinationer med særdeles stærke robotmiljøer, f.eks. i USA, Tyskland, Israel, Kina og Sydkorea.

Fokusområde 6: Stærk dansk deltagelse i EU's rammeprogram for forskning og innovation

Uddannelses- og Forskningsministeriet vil arbejde for en fortsat stærk, dansk deltagelse på robotområdet i EU's rammeprogram for forskning og innovation. Indsatsen skal understøtte, at potentielle danske ansøgere har en klar forståelse af, hvad mulighederne er inden for robotfeltet i rammeprogrammet (både det nuværende Horizon 2020 og det kommende Horizon Europe), samt via rådgivning at skabe bedre vilkår for ansøgerne.

I Horizon Europe programmet vil der være fokus på integration mellem kunstig intelligens og robot- og droneteknologier på tværs af anvendelsesområder. Dette vil eksempelvis ske via brug af kunstig intelligens, Big Data og robot- og droneteknologiske løsninger, der kan fremme den grønne omstilling. Herunder vil der blive igangsat en række partnerskaber på klima-, miljø- og fødevarerområdet med fokus på anvendelse af digitale teknologier til løsninger, der adresserer den grønne omstilling.

I forbindelse med lanceringen af Horizon Europe i 2020 vil Uddannelses- og Forskningsministeriet afholde en række målrettede informationsaktiviteter om de nye muligheder på robotområdet.

Dansk hjemtag af EU-midler til forskning og innovation i robotter

Der er stigende fokus på robotteknologier både i EU's nuværende og kommende rammeprogram for forskning og innovation, herunder automatisering, digitalisering, big data samt udvikling af kunstig intelligens. Danmark har hidtil klaret sig godt i den internationale konkurrence om EU-midler til forskning og innovation i robotter, herunder droner, og har siden Horizon 2020's start i 2014 hjemtaget 142 mio. kr. til danske aktørers robotaktiviteter, alene i Horizon 2020's særlige program for informations- og kommunikationsteknologier. 142 millioner svarer til 3,65 pct. af det samlede uddelte beløb til alle lande og ligger dermed et godt stykke over det gennemsnitlige danske hjemtag.

Fokusområde 7: Adgang til verdensførende robotmiljøer via de danske innovationscentre

De danske innovationscentre tilbyder målrettede programmer og aktiviteter for danske virksomheder, iværksættere og forskningsmiljøer inden for robotområdet. Gennem strategisk rådgivning og et stærkt netværk giver centrene adgang til samarbejdspartnere, ny teknologi, finansiering og beslutningstagere og styrker derved virksomhedernes vækstpotentiale og forskningsmiljøernes mulighed for at samarbejde med de bedste og mest innovative offentlige og private aktører på området.

Konkrete aktiviteter kan f.eks. være workshops, master classes og innovation camps for danske og internationale forskere og virksomheder på robotområdet. Innovationscentre kan dermed bidrage til at give de danske aktører bedre mulighed for at tiltrække talentfulde studerende og forskere. Det styrker muligheden for kapacitetsopbygning inden for forskningsfeltet og for at øge det fremtidige udbud af kvalificeret arbejdskraft, så det kan matche og følge med efterspørgslen i dansk erhvervsliv. Derudover kan indsatserne fremme forskningsbaseret entreprenørskab og teknologioverførsel inden for roboterhvervet. De danske universiteter, innovationsnetværk – heriblandt RoboCluster – og andre aktører i erhvervsfremmesystemet er centrale samarbejdspartnere, ligesom relevante danske offentlige og private fonde kan involveres.

Innovationscentre er en del af det danske vidensbaserede innovationssystem. Centrene er placeret i otte af verdens førende innovative regioner med stærke robotmiljøer, blandt andet i USA, Tyskland, Kina og Korea. De rådgiver danske videnstunge virksomheder, forsknings- og uddannelsesinstitutioner og offentlige organisationer og giver dem adgang til internationale partnere og beslutningstagere. Innovationscentre bringer desuden viden hjem til Danmark og skaber stærke partnerskaber på tværs af lande, sektorer og organisationer med fokus på at udvikle idéer til bæredygtige løsninger og produkter.

Strategisk samarbejde mellem stor tysk bilfabrikant og innovationscentret i München

Innovationscenteret i München (ICDK München) har set en forretningsmulighed for agile danske robotvirksomheder med fleksible robotløsninger – som f.eks. cobots – og har skabt en platform for samarbejde mellem BMW Group og danske start-ups, virksomheder og universiteter. For at imødegå den stigende kompleksitet i intralogistik benytter BMW Group også robotløsninger.

Innovationscentret etablerede kontakten til BMW Group i 2018 og planlagde et besøg for den tyske virksomhed i den fynske robotklynge. Her blev Odense Robotics (en del af Robotics Alliance) inddraget som partner og fungerede som indgang til en række danske start-ups og virksomheder. De danske virksomheder blev inviteret til en eksklusiv workshop med virksomheden, der gav de danske virksomheder særlig indsigt i fremtidens produktionslinje samt mulighed for at pitche produkter og forretningsidéer for logistikafdelingen i BMW Group. ICDK München har desuden skabt en platform for samarbejde mellem virksomheden og de danske universiteter, som blandt andet har givet Syddansk Universitet mulighed for at sende studerende i praktik hos den tyske virksomhedsgigant.

Fokusområde 8: Tiltrækning af udenlandske investorer

Invest in Denmark arbejder målrettet på at tiltrække udenlandske investorer og virksomheder til roboterhvervet i Danmark med udgangspunkt i de danske styrker og kompetencer inden for robotteknologi. Den danske styrkeposition inden for robotteknologi er et godt udgangspunkt for at tiltrække udenlandske investeringer på området, der kan styrke den danske robotklynge yderligere.

Invest in Denmark vil gennem sin globale tilstedeværelse synliggøre de danske styrker inden for robotteknologi internationalt og gå målrettet efter udenlandske investorer og virksomheder med henblik på at få dem til at investere i Danmark.

Innovation camps i de danske innovationscentre

Innovation Centre Denmark i Shanghai har i samarbejde med Invest in Denmark de seneste år haft stor succes med at afholde fokuserede robotics innovation camps i Kina, senest Robotics Innovation Camp 2019. Formålet er at introducere en delegation af danske små og mellemstore virksomheder til det kinesiske robotics- og automatisationsøkosystem. Det skal skabe grundlag for seriøse forretningsdiskussioner og matchmaking med potentielle kinesiske samarbejdspartnere og investorer.

Fokusområde 9: Skræddersyede eksportfremmetilbud

The Trade Council (Danmarks Eksportråd) tilbyder danske robotvirksomheder skræddersyede eksportfremmetilbud med mulighed for tilskud til små og mellemstore virksomheder.

Robotindustrien har med sine høje vækstrater og store markedsandele inden for blandt andet kollaborative og mobile robotter et potentiale for øget eksport. Det kan dog være vanskeligt for særligt små og mellemstore virksomheder at opnå den internationale synlighed og de internationale relationer, der er vigtige forudsætninger for øget eksport. The Trade Council's specialiserede Tech-eksportrådgivere er til stede i mere end 22 lande med tæt samarbejde og kendskab til det lokale erhvervsliv og de lokale markeder. Eksportrådgivere tilbyder konkret virksomhedsrådgivning, hvor virksomheder sammen med eksportrådgiveren kan skræddersy den løsning, der passer bedst til den enkelte virksomhed.

Anvendelse af robotteknologi i danske virksomheder

Gode uddannelses-, forsknings- og innovationspolitiske rammebetingelser for udvikling og anvendelse af robotteknologi er vigtige for erhvervslivet. Et næste skridt kan være at styrke brug af robotteknologi *bredere* i dansk erhvervsliv via andre typer af indsatser. Omkring 12 pct. af danske virksomheder har i dag investeret i robotter, og yderligere automatiseringsindsatser med robotter i flere virksomheder vurderes at kunne styrke erhvervslivets konkurrenceevne og påvirke beskæftigelsen positivt.

Når virksomheder implementerer robotteknologi, kan det medføre en række positive gevinster. Det kan f.eks. være i form af at:

- Forbedre arbejdsmiljøet
- Øge virksomhedens produktivitet og derved konkurrenceevne
- Fastholde produktion i Danmark – og skabe nye, gode arbejdspladser til en ordentlig løn
- Afhjælpe noget af presset på arbejdsmarkedet efter kvalificeret arbejdskraft.



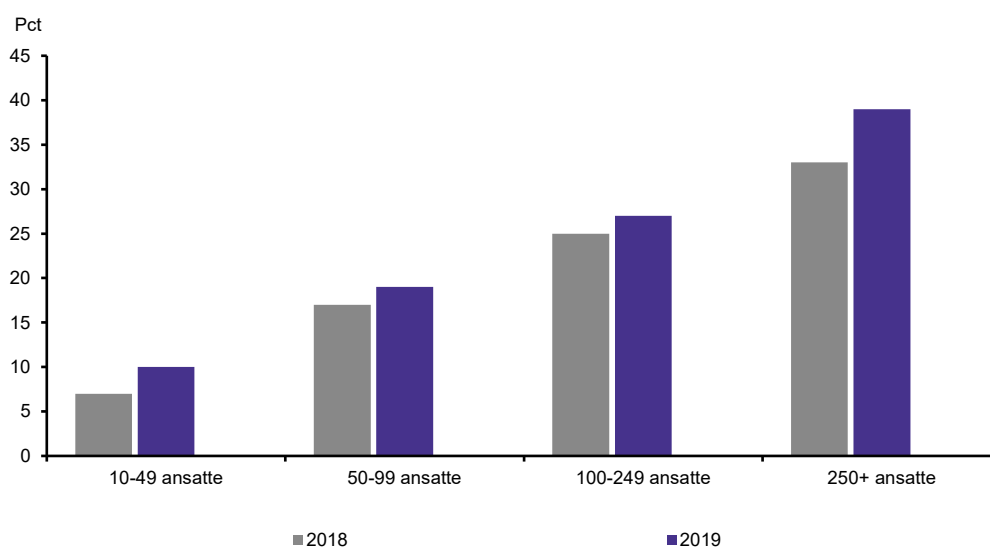
Foto: Colourbox

Men samtidig vil arbejdsopgaverne på den givne arbejdsplads også ændre sig – helt eller delvist. Nogle analyser peger på, at omkring 40 pct. af arbejdstimerne kan automatiseres, og at det især er rutineprægede, gentagne opgaver, der kan automatiseres¹⁷. Omkring 250.000-300.000 personer på det danske arbejdsmarked har jobfunktioner, som er i høj risiko for at blive automatiseret. De fleste i denne gruppe er privatansatte som f.eks. lagermedarbejdere, operatører og visse kontorarbejdere. Det stiller store krav til det danske efteruddannelsessystem, og det kræver en fælles indsats at understøtte, at alle kommer godt og trygt igennem omstillingen. Det er et ansvar, der hviler på både regeringen, erhvervslivet og den enkelte medarbejder. Tal fra Dansk Metal viser, at virksomhederne nu arbejder mindre målrettet med medarbejdernes kompetencer end bare forrige år.

En analyse fra Teknologisk Institut fra 2018 viste, at andelen af fremstillingsvirksomheder, der anvender robotter, er steget med 50 pct. siden 2015¹⁸. Den stigende andel kan formentlig både forklares med faldende priser på robotteknologi og en stigende erkendelse blandt virksomhedsledere af, at det er nødvendigt at "følge med udviklingen", hvis de skal klare sig på markedet. Analysen viste samtidig også, at mange virksomheder går i stå i deres investeringer i robotter, fordi de har svært ved at se, hvor robotten kan hjælpe i f.eks. mindre produktioner.

Figur 1

Virksomheder der anvender robotter efter virksomhedsstørrelse, i pct., 2018 og 2019



Anm.: Både servicerobotter og industrirobotter

Kilde: Danmarks Statistik, Statistikbanken, tabel ITAV7

Som det fremgår af figuren, er der sammenhæng mellem virksomhedernes størrelse (målt ud fra antal ansatte) og andelen af virksomheder, der benytter robotteknologi. Jo større virksomheder, desto flere robotter. Set på tværs af sektorer og virksomhedsstørrelse er det 12 pct. af alle virksomheder, der benytter sig af robotteknologi. Fordelt på sektorer er det langt overvejende industrien, som har den højeste andel af virksomheder, der benytter robotteknologi, med 36 pct. i 2019.

¹⁷ McKinsey & co. *Automatiseringens effekter på det danske arbejdsmarked*, 2017

¹⁸ Teknologisk Institut. *Danske fremstillingsvirksomheder lukker robotterne ind*. 2018.

Fokusområde 10: Viden om barrierer for virksomheders investering i robotteknologi og medarbejdernes kompetencer

Der er behov for mere viden om, hvilke barrierer og udfordringer danske virksomheder, herunder små og mellemstore virksomheder (SMV'er), bliver mødt af i forhold til at investere i robotteknologi og i deres medarbejderes kompetencer.

Erhvervsministeriet udgav i 2016 en analyse om automatiseringspotentialer hos danske SMV'er. Analysen identificerede også en række konkrete barrierer for SMV'erne. Den primære barriere var, at robotter udgjorde for stor en investering for den enkelte virksomhed. Der var dog også omtrent 20 pct. af de adspurgte SMV'er, som mente, at manglende viden, manglende adgang til kompetente medarbejdere samt for stor risiko ved at omlægge produktionen, udgjorde en stor eller meget stor barriere. Data var baseret på en spørgeskemaundersøgelse fra 2014.

Siden da er priserne på robotteknologi faldet, og anvendelsesmulighederne er steget, herunder også for mere specialiserede opgaver. Samtidig er der i store dele af dansk erhvervsliv en efterspørgsel på kvalificeret arbejdskraft, som er vanskelig at imødekomme. Investeringer i robotteknologi kan reducere noget af presset på arbejdsmarkedet. På den baggrund ventes det, at virksomhedernes barrierer kan have ændret karakter.

Erhvervsministeriet vil opdatere analysen og udvide den med et fokus på barrierer for virksomhedernes investering i medarbejdernes kompetencer.

På baggrund af analysen vil der blive taget stilling til, hvordan der skal følges op i forhold til en erhvervspolitisk indsats. Samtidig følges udviklingen løbende gennem en række indsatser, der arbejder med anvendelse af robotteknologi, f.eks. Digital Hub Denmark og SMV:Digital, ligesom der forventes at være fokus på automatisering og robotter i Erhvervsfremmebestyrelsens kommende strategi.

Fokusområde 11: Styrket innovation i erhvervslivet gennem vidensamarbejde i klyngeorganisationer og innovationsnetværk

Samarbejde mellem videninstitutioner og virksomheder har været en af nøglerne til, at de danske styrker inden for robotteknologi er opstået, og at de danske robotvirksomheder er blandt de bedste i verden. Et stærkt vidensamarbejde mellem forskning og erhverv har fortsat potentiale til at styrke udvikling og innovation blandt de danske virksomheder på robotområdet.

Robotområdet er videntungt, og der stilles store krav til virksomhederne om at være innovative og på forkant med den seneste udvikling. Samtidig har vi i Danmark en række stærke forskningsmiljøer med fokus på robotteknologi. Vidensamarbejder på robotområdet skal sikre, at de stærke forskningsmiljøer i høj grad bidrager til at styrke innovation i det danske erhvervsliv.

Klyngeorganisationer og innovationsnetværk har en vigtig rolle i den sammenhæng. De kan skabe en strategisk og professionel ramme for vidensamarbejde og bygge bro mellem både virksomheder, videninstitutioner, offentlige aktører og andre, som kan bidrage til styrket innovation i erhvervet.

Den offentlige indsats for at styrke vidensamarbejde gennem klynger og innovationsnetværk er i øjeblikket under forandring. Der skal fremover være færre og stærkere aktører, som i højere grad imødekommer virksomhedernes behov. Som led heri skal Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse udpege en række erhvervs- og teknologiområder, inden for hvilke Uddannelses- og Forskningsministeriet tildeler statslige forsknings- og udviklingsmidler til aktiviteter i klynger og innovationsnetværk. Erhvervsfremmebestyrelsen kan desuden prioritere midler til at understøtte klyngeindsatsen.

Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse har i sit udkast til den kommende strategi for decentral erhvervsfremme udpeget robot- og droneteknologi blandt de områder, den fremtidige klyngeindsats skal fokusere på. Såfremt området bliver udpeget i bestyrelsens endelige strategi vil Uddannelses- og Forskningsministeriet tildele midler til aktiviteter, som skal styrke vidensamarbejde på området. Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse fremhæver i sit strategiudkast, at bestyrelsen desuden vil tildele egne midler til at styrke den fremtidige klyngeindsats, herunder indsatser med fokus på robotter.

Innovationsnetværk med fokus på robotteknologi

Der er pt. i alt 17 innovationsnetværk, som understøtter videnspredning, match-making og samarbejde mellem videninstitutioner og virksomheder. Uddannelses- og Forskningsministeriet finansierer blandt andet innovationsnetværket RoboCluster (12 mio. kr. 2019-2020), som omfatter udvikling og anvendelse af kollaborative og mobile robotter såvel som droner. Partnere i netværket er universiteter (SDU, AAU, AU og DTU), GTS-institutter (TI og Force Technology), Designskolen Kolding samt klyngeorganisationerne Odense Robotics og UAS Denmark.

Bilag 1: Eksempler på forskningsbehov

I Danmark har vi en stærk tradition for at samarbejde om nye løsninger på tværs af organisatoriske og faglige skel, og det er netop i mødet mellem forskellige discipliner og tilgange, at nybrud ofte forekommer, og uventede og innovative løsninger opstår. Robotteknologi er i sin natur tværdisciplinær, og succes med robotløsninger fordrer involvering af mange forskellige teknologiområder og faglige discipliner som f.eks. materialeteknologi, kunstig intelligens, mekanik, billedbehandling, internet of things, sensorer, aktuatorer og menneske-maskin-interaktion samt andre forhold som adgang til data, kvalitet i data, opbygning af databaseinfrastruktur, standardisering, åbne standarder mv. En vigtig vej til at forløse potentialerne er gennem forskningssamarbejder, hvor faggrænser krydses, og brugere inddrages. Succes på robotområdet går i høj grad på tværs af forskningsdiscipliner og indbyder til tværfaglighed blandt brede dele af det danske forskningslandskab.

Når udfordringerne angribes i et samspil mellem forskellige faglige vinkler øges samtidig sandsynligheden for, at den nye viden hurtigere finder konkret anvendelse i erhvervslivet og den offentlige sektor. Danmark er på en række områder – f.eks. inden for design og arkitektur – kendt for at indtænke den ”menneskelige faktor”, når produkter eller nye løsninger udvikles, og den menneskelige faktor er i stigende grad væsentlig at indtænke, når nye robotteknologier skal udvikles og ibrugtages. Det er derfor måske ikke overraskende, at den fynske succes med kollaborative robotter er skabt netop i Danmark. Samtidig går udviklingen i retning af, at stadigt flere robotter vil operere i direkte samspil med mennesker uden for fabrikshallernes sikkerhedsindhegninger.

Sammenlignet med mange andre lande har Danmark endvidere stærke traditioner for hurtig og kreativ anvendelse af nye teknologier og for – på tværs af organisatoriske og faglige skel og i konstruktive samarbejder mellem offentlige og private aktører – at udvikle innovative løsninger baseret på nyskabende ibrugtagning af ny teknologi. Samlet set er der således et stærkt udgangspunkt for at videreudvikle den danske succes i forhold til udvikling og anvendelse af robotter.

Nye teknologiske muligheder

Med den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven for 2020 afsættes 68,9 mio. kr. til forskning i ”Nye teknologiske muligheder”, så der i alt er afsat 159,4 mio. kr. i 2020 til ”Nye teknologiske muligheder” under Innovationsfonden på finansloven for 2020. Midlerne kan blandt andet bruges til forskning i kunstig intelligens og robot- og drone-teknologi.

Området omfatter blandt andet en række robotteknologiske forskningsbehov. Det gælder blandt andet i forhold til automatisering og digitalisering af produktion i små serier med stor varians, herunder omkostningseffektive robotsystemer samt rekonfigurerbare

og genbrugelige robotløsninger. Samtidig er der behov for forskning i sensorer, der effektivt kan opsamle data i denne type fleksibel produktion. En robotteknologisk forskningsindsats kræver forskning både på hardwarens siden i form af generiske moduler og på softwaresiden i form af modellering af robotens processer. Herunder retter forskningsbehovet sig mod modelbaseret simulering af disse processer samt læringsbaseret optimering af robotprogrammeringen. Der er i denne sammenhæng også et potentiale i forskning i og udvikling af nye og nemmere måder at instruere robotterne på. Et element i den forbindelse er menneske-robot-interaktion (HMI), hvor maskinen eksempelvis opsamler informationer i form af biologiske signaler, som konverteres til kontrolsignaler til robotten.

Der er behov for både at understøtte vidensamarbejder mellem videninstitutioner og virksomheder og for kapacitetsopbygning på videninstitutionerne. Det kan bidrage til at opbygge generisk og strategisk vigtig viden inden for brede teknologiplatforme samt at udvikle og udvide talentmassen blandt forskere (herunder ph.d'er og Erhvervs-ph.d'er) og studerende, så det fremtidige udbud af kvalificeret arbejdskraft og offentlige videnspartnere kan matche og følge med efterspørgslen i erhvervslivet. Indsatsen kan også bidrage til at understøtte grundlaget for en effektiv vidensspredning, eksempelvis via GTS-systemet, så flere danske virksomheder realiserer de potentialer, som robotteknologierne rummer. Endelig kan det bidrage til at understøtte forskningsbaseret entreprenerskab og teknologioverførsel, der er områder, som har stor betydning for roboterhvervet.

Grøn forskning

Som led i den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven for 2020 noterer partierne i den politiske aftaletekst, at de er enige om, at udmøntningen af de afsatte 619,6 mio. kr. til udfordringsdrevet grøn forskning under Danmarks Innovationsfond blandt andet inddrager brugen af kunstig intelligens og robot- og droneteknologiske perspektiver, der kan fremme den grønne omstilling. Desuden afsættes der med forskningsreserveaftalen 334,9 mio. kr. under Danmarks Fri Forskningsfond til at fremme forskernes egne originale idéer, der kan bidrage til den grønne omstilling, herunder løsninger der adresserer klima- og naturudfordringerne.

Robotrelateret forskning rummer betydelige potentialer for at bidrage til at indfri ambitionerne for den grønne omstilling og indgår i en række af de forskningsområder, som findes inden for klima-, miljø- og naturområdet.

Det gælder inden for *landbrugs- og fødevarerproduktion*, hvor robotteknologierne har et betydeligt potentiale til at producere mere miljøeffektivt og nedbringe ressourceforbrug og klimaftryk. Hertil kommer, at robotter og droner i kombination med satellitter rummer væsentlige muligheder for såvel producenter som myndigheder i form af smartere regulering og kontrol. Det gælder f.eks. i udvikling af præcisionsjordbrug, som blandt andet kan reducere behovet for bekæmpelsesmidler og udledning af næringsstoffer til vandmiljøet samt spare energi og arbejdskraft. Inden for gartneri og frugtavl kan der med fordel anvendes robotter, som udstyret med arme og sensorer f.eks. kan finde ud af, hvilke bær eller frugter som er modne. I kvæg- og svinebesætninger kan robotter anvendes til at optimere fodringsstrategier og forbedre sundhed, dyrevelfærd og produktivitet.

En række forskningsbehov relaterer sig til *byggeriet*, hvor robotteknologi skaber nye muligheder i forhold til både opførelse og drift af byggeri og bygværker. Manuelt arbejde, som kan være forbundet med fysisk nedslidning, fylder stadig meget i byggeriet, og automatiseringspotentialerne ved brug af robotter er store, men det er forbundet med udfordringer at indføre nye, innovative robotteknologiske løsninger. Forskningsbehovene retter sig blandt andet mod at øge cirkulær ressourceeffektivitet og energieffektivisering i byggemassens samlede livscyklus. Dette gælder også løsninger til bygningsdrift og droner til bygningsundersøgelser og opmåling ved renovering.

På *transportområdet* er der behov for forskning knyttet til automatiserede og autonome transportteknologier og -systemer på land, til vands og i luften, herunder droneteknologi. Dette inkluderer områder som f.eks. kommunikationsteknologi i forbindelse med V2V (*vehicle-to-vehicle*), I2V (*infrastructure-to-vehicle*) og V2I (*vehicle-to-infrastructure*), transportadfærd (trafikantadfærd ved blandet trafik mellem selvkørende/semiautomatiske køretøjer og ikke-automatiske trafikanter såsom cyklister og fodgængere) og realtidsoptimering i forbindelse med udnyttelse af infrastrukturen. Herudover er der brug for forskning i perspektiver for brug af droner og selvkørende enheder i den land-baserede transportsektor, f.eks. til transport af varer, udførelse af serviceydelser og til måling eller styring af trafiksystemer, herunder trafik på landbrugsarealer.

På det *maritime område* er der behov for udvikling af en række teknologier som grundlag for automatisering og autonomisering, herunder intelligente sensorer, samarbejdende sensor-*clustre*, *Big Data*-analysemodeller, navigation samt digital kommunikation om bord på skibet og fra skibet til landorganisationer, hvor endemålet er det ubemandede skib, enten styret fra en kontrolcentral eller autonomt. Til søs kan droner f.eks. finde anvendelse til inspektion af skibe oppefra og af svært tilgængelige tanke og last-rum samt til undervandsinspektioner og -reparationer.

Forskningsbehovene retter sig også mod robotter, primært droner, der i bred forstand kan understøtte *monitorering og måling af miljøkvalitet og biodiversitet* inden for områder som havmiljø, natur, jordbundsforhold, geologi, luftkvalitet og atmosfæriske forhold, hvor teknologierne skaber nye og billigere muligheder for mere effektivt at observere og monitorere forandringer. Dette gælder ikke mindst i de arktiske områder, hvor en øget indsamling og udnyttelse af data fra blandt andet droner og satellitter kan styrke forståelsen af klimaprocesserne og konsekvenserne heraf. Men det gælder også i forhold til miljøovervågning og naturforvaltning i hele kongeriget, herunder i forhold til udvikling i vilde dyrebestande, kystlinjer mv.

Væsentlige forskningsbehov, som går på tværs af ovenstående underemner under "Grøn forskning", relaterer sig til udvikling af – og samspil med – *digitale infrastrukturer*, som mobile robotteknologier, f.eks. droner, skal fungere i, når de skal agere i det åbne rum uden for aflukkede industrihaller til lands, til vands eller i luften. Det kommende 5G-netværk vil være af stor betydning for at sikre pålidelig kommunikation til robotter i det åbne rum. Der er behov for forskning, der retter sig mod en såvel effektiv som sikker anvendelse af automatiserede/autonome systemer, herunder krav til trafikstyring (UTM: Unmanned Traffic Management), deling af sensordata, cybersikkerhed og behovet for at beskytte infrastrukturen mod uønsket indtrængen (drone-modforholdsregler/counter-drone measures) og standarder for åbne grænseflader mellem eksempelvis IoT systemer og data indsamlet fra droner for effektiv dataudveksling og bredere anvendelse af dataene.

Fælles for de nye teknologiske muligheder er, at robot- og dronesystemer i forskellig grad vil være afhængige af at kunne positionere sig nøjagtigt. Ofte helt ned på centimeterniveau. Forskningen kan med fordel indtænke potentialerne, som følger med den voksende rumbaserede infrastruktur, som kan anvendes til f.eks. positionering og navigation. Satellitnavigationssystemer som GPS, GLONASS, Beidou og EU's eget Galileo-system samt mikro- og nanosatellitter kan anvendes til overvågning og styring af f.eks. markrobotter eller droner til miljøovervågning.

Ud over ovenstående tekniske og beregningsmæssige forskningsbehov er der blandt andet en række regulatoriske, standardiseringsrelaterede og menneske-maskin-interface-problematikker, der er relevante at behandle i forskningen.

Testbed for Præcisionspositionering og Autonome Systemer (TAPAS)

Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering har taget hul på opgaven med at udvikle nøjagtig positionering gennem introduktionen af en udviklingsplatform for nøjagtig positionering. Anvendelse af nøjagtige positioneringsdata på centimeterniveau bevæger sig med stor hastighed fra niche- til massemarkedet. Teknologier som førerløse køretøjer og smart-city løsninger vil ofte være afhængige af nøjagtig positionering.

Formålet med TAPAS er at give erhvervslivet, forskningsinstitutioner og offentlige myndigheder mulighed for at udvikle forretningsområder ved at afprøve, teste og dokumentere nye anvendelser inden for positionering på centimeterniveau – også for genstande i bevægelse. Placeringen i et tætbeboet område i Aarhus by og havn gør, at brugerne kan teste produkter og løsninger i et virkelighedsscenario.

TAPAS har ophæng i Danmarks Nationale Rumstrategi, som peger på, at den teknologiske udvikling inden for positionering og det europæiske globale satellitbaserede navigationssystem (GNSS), Galileo, skal komme flest mulige borgere og virksomheder til gavn.

Bedre sundhed

I den politiske aftale om fordeling af forskningsreserven for 2020 afsættes 66 mio. kr. til hovedområdet "Bedre sundhed", som udmøntes af Innovationsfonden. I aftalen er der ikke sat særligt fokus på forskningsbehov i relation til robotteknologi, som dog alligevel berøres i nærværende strategi. Der er allerede udviklet blandt andet løftelifte til plejesektoren og selvkørende robotter, der for eksempel transporterer blodprøver på sygehuse. Men der er fortsat mange arbejdsprocesser, der kan drage fordel af automation og robotter i sundheds-, pleje- og omsorgssektoren og derved frigive både ressourcer og tid til flere "varme hænder". Forskningsbehovene retter sig blandt andet mod at afprøve og afdække, hvordan de nye teknologier kan anvendes til at skabe en mere effektiv resourceudnyttelse og mere brugerrettede løsninger, men retter sig også mod hvilke konsekvenser teknologiske løsninger har for samfundet og for borgernes livskvalitet. Potentialet retter sig blandt andet mod udvikling af robotteknologiske produkter, teknologier og løsninger, som gør den enkelte borger mest mulig selvhjulp. Det kan dreje sig om

borgere med kroniske sygdomme eller med nedsat funktionsevne, som ved hjælp af teknologi kan få forbedret livskvalitet og evt. have et aktivt arbejdsliv, samtidig med at sundheds-, pleje- og omsorgssektorerne aflastes. Der er også behov for mere viden om, hvordan løsninger skal designes, konstrueres og implementeres, så både det professionelle personale og borgerne involveres og aktiveres i egen omsorg og behandling.

Bilag 2: Bibliometrisk analyse

Indledning

Dette bilag giver et overblik over den danske forskningsaktivitet på robot- og droneområdet målt på publikationer. Langt den overvejende del af den offentlige robot- og droneforsknings resultater vil forventeligt ende med at blive publiceret. Enten i et tidsskrift eller på en conference, som er en ofte anvendt publiceringskanal inden for blandt andet ingeniørvidenskaber, datalogi mv. Det samme gør sig dog ikke helt gældende for det private erhvervsliv, hvor man blandt andet pga. konkurrencehensyn kan undlade at publicere forskningsresultaterne, da publikationen vil stille virksomhedens nyeste viden offentlig tilgængelig – også for eventuelle konkurrerende virksomheder. Den følgende bibliometriske analyse må derfor forventeligt give en bedre afspejling af resultaterne af den forskningsaktivitet der foregår i den offentlige sektor, mens der kan være yderligere aktivitet i den private sektor, som ikke kan ses i en analyse af publikationer.

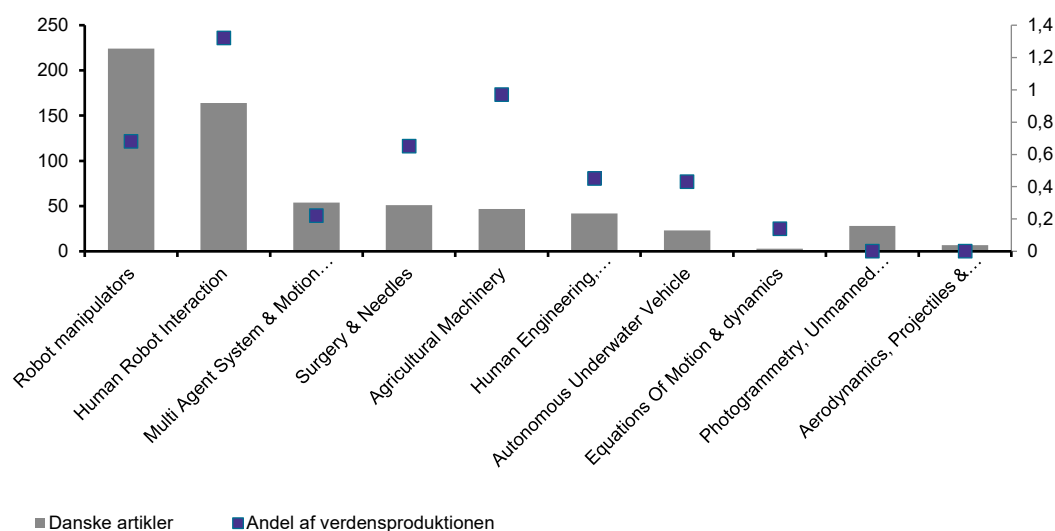
Omfanget af robotforskning (inklusive droneforskning)

Nedenstående figur 2 viser både antallet af publikationer, der har haft minimum en dansk medforfatter, samt hvor stor en andel disse publikationer udgør af den samlede verdensproduktion inden for det givne fagfelt.

I alt udgav danske forskere 643 publikationer inden for robot- og droneforskning i årene 2014 til 2018. Det svarer til ca. 130 publikationer om året. Antallet kan dog vel være højere, da robot- og droneteknologi er områder, der er svære at afgrænse. Områderne "Robot manipulators" og "Human robot interaction" er de to største fagfelter med tilsammen ca. 60 pct. af alle publikationer inden for robot- og droneforskningen. Det er samtidig de to fagfelter inden for robot- og droneforskningen, hvor den danske andel af den samlede verdensproduktion er blandt de højeste – henholdsvis 0,68 og 1,32 pct. af verdensproduktionen. Også inden for "Agricultural Machinery" er den danske andel af verdensproduktionen relativt høj. Til sammenligning fylder alle danske publikationer (forstået som publikationer med minimum en dansk forfatter) 0,9 pct. i samme periode (2014-2018).

Figur 2

Antal danske publikationer (venstre akse) og andel af samlede verdensproduktion i procent (højre akse), fordelt på fagfelter, 2014–2018



Kilde: SciVal, Elsevier 2019. Data udtrukket september 2019.

Robot manipulators:

Kategorien befinder sig i grænselandet mellem computerteknologi, ingeniørvidenskab og fysik, samt hvordan robotter kan "manipulere" elementer i den fysiske verden. Det handler mest om det fysiske, en robot kan gøre, og relaterer sig derfor hovedsageligt til industrielle robotter – både traditionelle og kollaborative. Forskningspublikationerne handler ofte om mekaniske funktioner, sensorer, kontrol og bevægelse.

Human Robot Interaction:

Kategorien handler om computerteknologi, software og interaktion med mennesker. Der er fokus på, hvordan robotter kommunikerer og lærer i forhold til omskiftelige omgivelser. Kategorien relaterer sig derfor hovedsageligt til servicerobotter inden for både de logistiske typer, men også de typer, der i højere grad arbejder med mennesker.

Følgende to tabeller viser henholdsvis de tre mest publiceringsaktive danske institutioner samt top tre mest publiceringsaktive lande inden for de fem største danske robotforskningsområder.

Inden for disse fem områder går Syddansk Universitet (SDU), Aalborg Universitet (AAU) og Aarhus Universitet (AU) flest gange igen og er dermed de mest publiceringsaktive danske aktører inden for robot- og dronedeforskning, jf. tabel 1 nedenfor. Tabellen viser ikke antallet af citationer disse publikationer har opnået, da antallet af robot- og dronedeforskningspublikationer fordelt på institutioner er lavt. Der er dog angivet to feltvægtede citationsscorer inden for området Robot Manipulators, hvor antallet af publikationer har været >50, hvilket ses som en absolut minimumsgrænse i forhold til denne type

analyse. De feltvægtede citationsscorer er angivet i parentes og kun opgjort for SDU og AAU.

Tabel 1

De fem mest publiceringsaktive danske institutioner, fordelt på de fem største fagfelter inden for robot- og droneresforskning, 2014-2018

	DK top 1	DK top 2	DK top 3
Robot manipulators	SDU (1,04)	AAU (1,55)	DTU
Human Robot Interaction	SDU	AAU	AU
Multi Agent Systems & Motion Planning	AAU	SDU	AU
Surgery & Needles	KU	AU	AAU
Agricultural Machinery	AU	AAU	KU

Kilde: SciVal, Elsevier 2019

Danske forskningspublikationer fylder dog relativt lidt, set i forhold til den samlede globale publikationsproduktion, hvor USA og Kina – og i mindre omfang Japan – er dominerende lande.

Tabel 2

De tre mest publiceringsaktive lande, fordelt på de fem største fagfelter inden for robot- og droneresforskning, 2014-2018

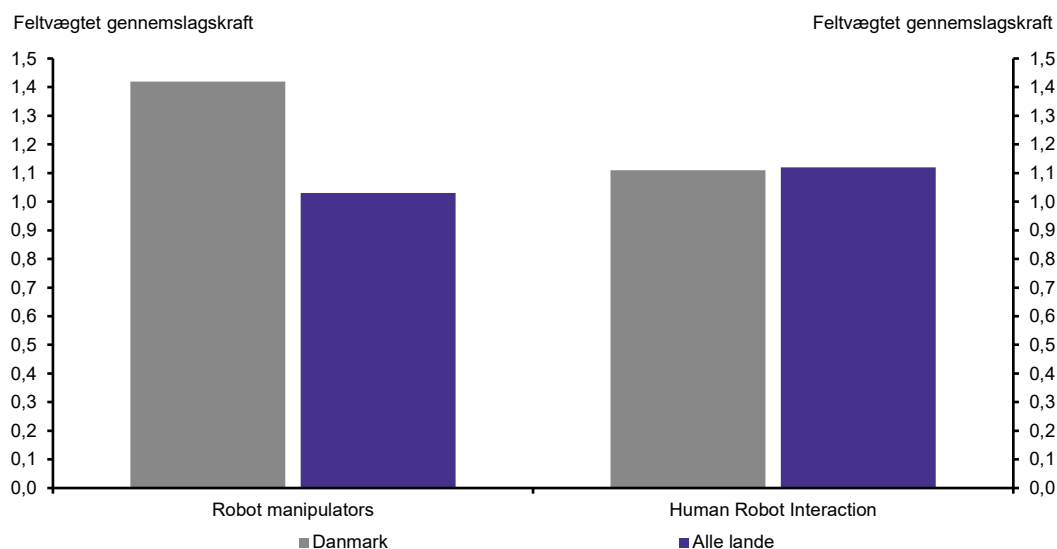
	Verden top 1	Verden top 2	Verden top 3
Robot manipulators	Kina	USA	Japan
Human Robot Interaction	USA	Japan	Tyskland
Multi Agent Systems & Motion Planning	Kina	USA	Storbritannien
Surgery & Needles	USA	Kina	Tyskland
Agricultural Machinery	Kina	USA	Indien

Kilde: SciVal, Elsevier 2019

Antallet af publikationer er en proxy for forskningsaktiviteten og en spredningsvej for viden inden for de akademiske miljøer. Antallet af citationer kan siges at være en proxy for, om den viden, der formidles via publikationerne, er fundet anvendelig af andre fagfæller. Således taler man om citationer som en proxy for peer-to-peer gennemslagskraft. I nedenstående figur ses den feltvægtede gennemslagskraft. Danske publikationer har i gennemsnit en højere gennemslagskraft målt på citationer end gennemsnittet af publikationer inden for samme fagfelter.

Figur 3

Feltvægtet gennemslagskraft (citationsscore), fordelt på de to største fagfelter, 2014-2018



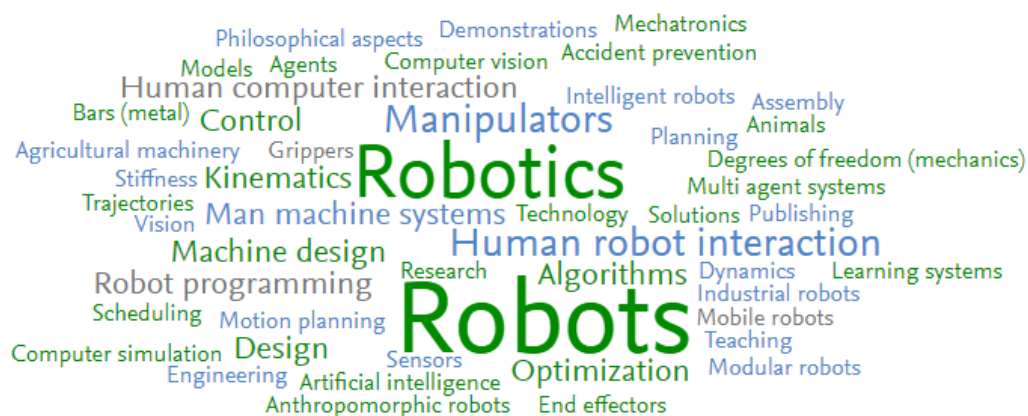
Kilde: SciVal, Elsevier 2019

Note: Med feltvægtet menes der, at der tages højde for fagfelternes citeringstraditioner, året publikationen er udgivet i, og hvilken type publikation, der er tale om (f.eks. reviewartikel, conference article etc.). Figuren medtager kun fagfelter med minimum 100 artikler i den undersøgte periode. Tallene skal dog læses med forbehold, da små publikationsmængders giver øget risiko for ustabile resultater.

En anden tilgang til at belyse det faglige fokus i robot- og droneforskning samlet er ved at generere en wordcloud på baggrund af de anvendte keywords. Følgende viser en illustration over de top 50 mest anvendte keywords.

Figur 4

Wordcloud baseret på de 50 mest anvendte keyfrases inden for dansk robot- og drone-forskning, 2014-2018



Kilde: SciVal, Elsevier 2019

Metode

Den bibliometriske analyse er baseret på den internationale, kommercielle publikationsdatabase Scopus og det dertilhørende analyseværktøj Scival. Scopus dækker publikationer i godt 22.000 internationale tidsskrifter og 5,7 mio. publikationer i conference proceedings. Robot- og droneteknologi er ikke prædefinerede forskningsområder i de bibliometriske databaser. Der findes forskellige tilgange, hvorpå man kan afgrænse områderne. Uddannelses- og Forskningsministeriet har tidligere i forbindelse med en kortlægning af droneforskning benyttet en bloksøgningstilgang, hvor man ud fra emneord (keywords) mv. har kunne afgrænse de relevante publikationer. I nærværende analyse er der dog valgt en anden metodik. Scival har udviklet en algoritme, som via citationsnetværk identificerer og inddeler publikationer i "topics" og herefter "topic clusters". Med denne tilgang er alle publikationer fra Scopus (godt 70 mio.) blevet inddelt i 96.000 topics, som herefter er blevet samlet i yderligere 1.500 topic clusters. Fordelen ved disse topics og topic clusters er, at de ikke er afhængige af den klassiske inddeling i fagområder, men i højere grad afspejler forskningens udvikling, som den ser ud her og nu. Dertil hjælper Scivals algoritme med at identificere f.eks. understøttende teknologi, hvis forbindelse til robotteknologien kan ses i citationerne, men som ikke nødvendigvis ville være muligt at identificere via f.eks. en bloksøgning. En sidste fordel ved tilgangen er, at det er muligt at finde flere topic clusters inden for robot- og droneforskning, som det vil fremgå nedenfor, og på den måde kan man emneinddele robot- og droneforskningen, hvilket styrker analysen som videngrundlag for dansk forskning på området. Der er dog også en begrænsning ved tilgangen; Da man benytter Scivals algoritme til at identificere forskningsområder, er det ikke muligt at tilpasse afgrænsningen, f.eks. fra-sortere publikationer, som ikke ligger klart inden for definitionen, eller tilføje yderligere emneord, relevante tidsskrifter mv.

I alt blev der identificeret 19 topic clusters (fagfelter) ud af de i alt 1.500 mulige, hvor ordet "robot" eller "unmanned ariel vehicle" indgik som topic, og hvor der har været danske publikationer i perioden 2014-2018. Heraf er ni blevet sorteret fra, da de vurderes at ligge uden for den valgte afgrænsning af robot- og droneteknologi¹⁹. Dermed er ti områder inden for robot- og droneteknologi udvalgt til nærværende analyse. Da fagfelternes navne er genereret automatisk på baggrund af de mest anvendte keywords, er der foretaget enkelte justeringer for at gøre fagfelterne nemmere at formidle, som det fremgår af nedenstående tabel:

Tabel 3

Overblik over fagfelter (topic clusters) inden for robot- og droneforskning

Original titel på fagfelt	Fagfeltets betegnelse i analysen
Robots; Robotics; Manipulators	Robot manipulators
Robots; Robotics; Human Robot Interaction	Human Robot Interaction

¹⁹ De ni områder er: "Hernia; Herniorrhaphy; Laparoscopy", "Renal Cell Carcinoma; Nephrectomy; Neoplasms", "Students; Teaching; Education; Computer Science", "Propulsion; Communication; Liquid Metals, Reinforcement", "Learning; Robots; Artificial Intelligence", "Airports; Air Transportation; Aircraft", "Wings; Aircraft; Aerodynamics", "Wings; Elastomers; Micro Air Vehicle (MAV)" og "Aerodynamics; Projectiles; Aircraft"

Multi Agent Systems; Motion Planning; Robots	Multi Agent Systems & Motion Planning
Surgery; Needles; Robotics	Surgery & Needles
Agriculture; Fruits; Agricultural Machinery	Agricultural Machinery
Human Engineering; Ergonomics; Automation	Human Engineering, Ergonomics & Automation
Autonomous Underwater Vehicles; Underwater Acoustics; Remotely Operated Vehicles	Autonomous Underwater Vehicles
Robots; Equations Of Motion; Dynamics	Equations Of Motion & Dynamics
Photogrammetry; Unmanned Aerial Vehicles (UAV); Remote Sensing	Photogrammetry, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) & Remote Sensing
Aerodynamics; Projectiles; Aircraft	Aerodynamics, Projectiles & Aircraft

Kilde: Scival 2019.