



Agil Produktion

ET TEKNOLOGISK INSPIRATIONSKATALOG



TEKNOLOGISK
INSTITUT



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Agil produktion

Et teknologisk inspirationskatalog

Udarbejdet for
Uddannelses- og forskningsministeriet

Udarbejdet af
Teknologisk Institut
Analyse og Erhvervsfremme

2022

Forfatter
Emil Højbjerg Thomsen



Nye teknologier understøtter en agil produktion

Danske industrivirksomheder er i skarp konkurrence med udenlandske producenter, hvor lønomkostninger er lavere end i Danmark. Samtidig er der i mange brancher stigende efterspørgsel på individuelt tilpassede produkter. Derfor er fremtidens succesfulde industrivirksomheder agile. Det bliver et vigtigt konkurrenceparameter for danske industrivirksomheder, at de er i stand til hurtigt at tilpasse efterspørgslen og deres leverancer uden at miste overblik over omkostninger og kvalitet.

Men omstillingen til en agil produktion kræver ofte ny teknologi, og det er forskelligt fra virksomhed til virksomhed, hvilke teknologiske værktøjer, der er behov for.

I dette katalog præsenterer Teknologisk Institut fem bud på teknologier, der kan understøtte en agil produktion. Det gør vi gennem en analyse af anvendelsesmulighederne, barriererne for implementering og et bud på, hvor udbredt teknologien vil blive de kommende år.

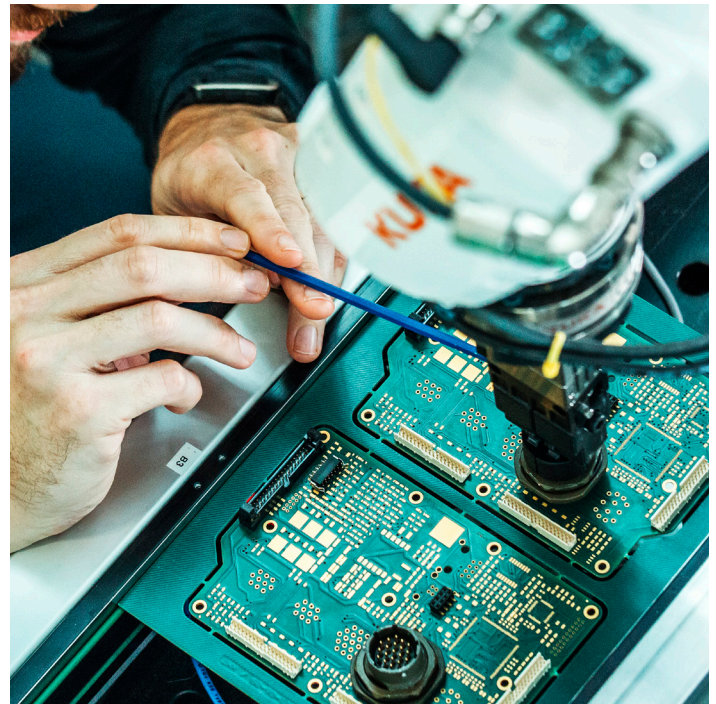


Kilde: Teknologisk Institut

Sammenfatning

Dette katalog viser,

- at teknologier, der gør det nemmere at omstille produktionen og hurtigere at lave og afprøve prototyper, er i fremmarch og bliver en stor del af fremtidens produktionsvirksomheder.
- at innovationen inden for især cobots og kunstig intelligens er i kraftig vækst, mens også 3D-print er i fremgang.
- at flere af teknologierne stadig ikke er særlig udbredte i Danmark. Det kræver både tekniske kompetencer, forretningsforståelse og mod at kaste sig over teknologierne. Til gengæld kan gevinsterne være store.
- at de beskrevne teknologier kan spille sammen, men også løse opgaver hver for sig. Derfor skal man som industrivirksomhed overveje hvilke teknologier, der er mest relevante.



Kilde: Teknologisk Institut

Kollaborative Robotter ‘楽’

Beskrivelse: Robotter i industrien er ikke nyt, men programmering af industrirobotter kræver højt specialiserede kompetencer, og maskinerne er indhegnet, da de ellers udgør en fare for medarbejdere.

Kollaborative robotter – også kaldet cobots – er modsat de traditionelle robotter designet til at arbejde side om side med medarbejdere og er typisk lettere at programmere. De kan derfor også let omprogrammeres til at udføre andre opgaver, uden at det kræver en ingeniøruddannelse. Cobots giver derfor mere fleksibilitet og er især interessante for virksomheder med et stort produktsortiment.

Anvendelsesmuligheder: Varepluk, Pakning, materialehåndtering, machine tending, montage, mm.

Forbindelse til agil produktion: Cobots giver større fleksibilitet end traditionelle robotter, da de lettere kan omstilles til at behandle forskellige emner.



Kilde: Teknologisk Institut

I de kommende år forventes en kraftig kommerciel udvikling af markedet for kollaborative robotter. Statista forventer, at markedet for cobots vil vokse fra knap 600 mio. USD i 2020 til knap 2 mia. USD i 2030.

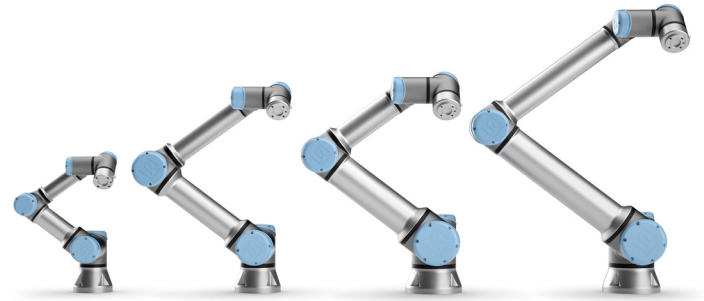
Ifølge Robotic Industries Association, er cobots det hurtigst voksende område inden for industriel automatisering, og det forventes, at cobots vil udgøre 34 pct. af alle robotsalg i 2025. Danske Universal Robots og japanske Fanuc er blandt de kommercielle aktører, der har de største markedsandele.

Cobot model LBR iisy fra KUKA



<https://www.kuka.com/>

Cobot modeller fra Universal Robot



<https://www.universal-robots.com/>

Udvalgte leverandører:

FANUC	https://www.fanuc.com/
SIASUN CO.	https://www.siasun.com/
KUKA	https://www.kuka.com/
ABB robotics	https://global.abb/group/en
Universal robotics	https://www.universal-robots.com/

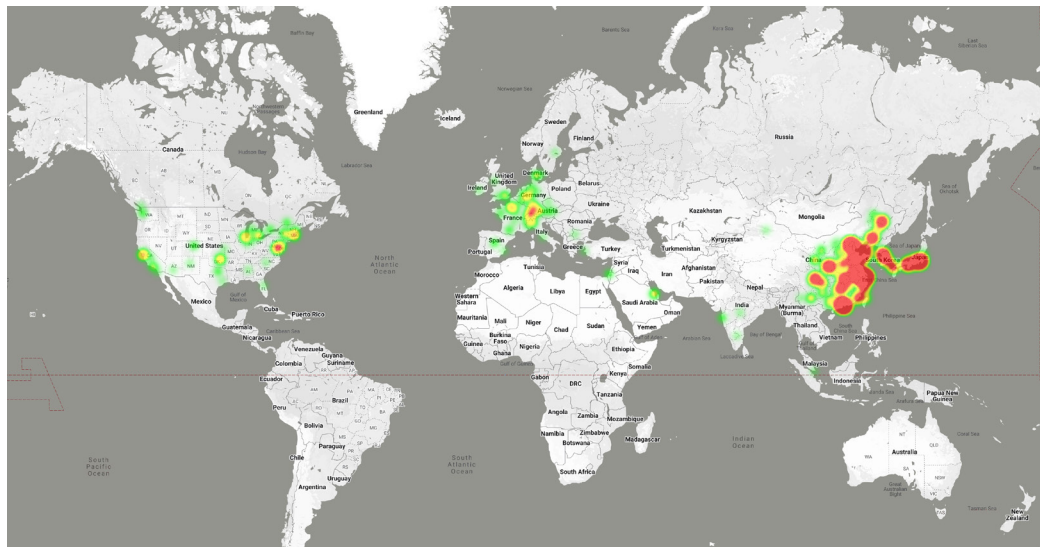
Kollaborative Robotter 楽

Figur 1. viser, at den teknologiske aktivitet omkring kollaborative robotter er mest koncentreret i Kina og Japan, mens der ligeledes kan spores aktivitet i flere europæiske lande – herunder Danmark, Tyskland og Schweiz. Endelig ses der aktivitet både på den amerikanske øst- og vestkyst.

Det er dog helt entydigt, at den største aktivitet foregår i østen, hvor patenterne er koncentreret omkring den japanske robotvirksomhed Fanuc og en række kinesiske universiteter.

Om end det ikke fremgår klart af kortet, kan noget aktivitet også spores til Fyn og området omkring den danske robot klynge.

Figur 1. Globale hotspots for kollaborative robotter



Egne beregninger pba. Data fra ParsnapFiguren viser de højeste vækstrater for delteknologier med mindst 10 patenter i perioden 2017-2019Da data fra 2020 og 2021 ikke er endelige, vises i figuren kun til og med 2019.

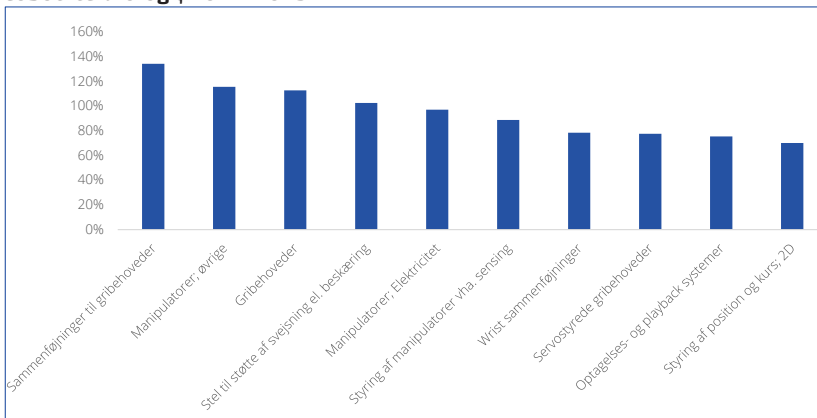
Figur 2. Antal patenter inden for kollaborative robotter, 1999-2019



Kilde: Patsnap

Note: Den stiplede linje markerer fremskrivning baseret på den gennemsnitlige vækstrate 2017-19. Det skyldes, at data fra 2020 og frem endnu ikke er endelige i Patsnap-databasen.

Figur 3. gennemsnitlig. årlig vækstrate for delteknologier indenfor cobot-teknologi, 2017-2019



Egne beregninger pba. Data fra ParsnapFiguren viser de højeste vækstrater for delteknologier med mindst 10 patenter i perioden 2017-2019Da data fra 2020 og 2021 ikke er endelige, vises i figuren kun til og med 2019.

Cobot innovationen eksploderer

Figur 2. viser, at den teknologiske udvikling inden for cobots først for alvor har taget fart inden for de seneste 5-7 år. Der ses især en kraftig stigning i antallet af patenter fra 2014 og frem. Antallet af nye, årlige patenter er således steget fra 29 i 2014 til 243 nye patenter i 2019. Den stiplede linje viser en fremskrivning baseret på den gennemsnitlige vækstrate 2017-2019. Fremskrivningen indikerer en eksponentiel vækst i antallet af årlige patenter og altså en tiltagende interesse for cobots.

Cobot innovation satser på præcision og funktionalitet

Figur 3. viser hvilke delteknologier inden for cobot-teknologi, der har haft den største vækst i løbet af de seneste år.

Figuren viser, at der blandt de 10 delteknologier med de højeste vækstrater er mange undergrupper, som omhandler robot manipulatorer – fx robot "joints" og gribehoveder. Det

indikerer, at den teknologiske udvikling særligt har fokus på øget præcision og funktionalitet for fremtidens cobots.

I absolutte tal er programme controls for manipulatorer, den delteknologi, der er taget flest patents indenfor i perioden 2017-19



Kollaborative Robotter ‘楽’

Vækstområder de kommende år

Fremskridt inden for Kunstig intelligens og maskinlæring vil i fremtiden betyde, at cobots selv kan lære at tilpasse sig varianter af komponenter og nye produktionsflows i realtid, baseret på sine erfaringer. Meget tyder på, at de også vil blive i stand til at foretage logiske konklusioner, der kan hjælpe virksomheder med at foretage datadrevne beslutninger om strømlining af processer, produktionsflows, effektivisering med mere.

Herudover vil vi formentligt i de kommende år også se, at selvkørende cobots (autonomous mobile robots med integreret cobotarm) vil vinde frem, ligesom teknologien for advanced vision systems og gribeteknologi, kommer til at udvide mulighederne for brug af cobots i en agil sammenhæng.

Udviklingens frontløbere

Patentanalysen viser, at en stor del af patenterne inden for cobots er taget i Kina. Den største tilvækst af robotter pr. 10.000 indbyggere i 2019 var også i Kina. Men også i Japan, Sydkorea, og på den amerikanske østkyst er der stor aktivitet.

Betydning for Danmark

Data fra Statista viser, at Danmark ikke er blandt de lande, der har flest robotter pr. indbygger. Det skyldes delvist, at Danmark ikke har bilindustri eller anden storskalaindustri. Ser man bort fra det, er Danmark blandt de mest automatiserede lande. Cobots kan gøre det lettere for danske SMV'er at høste de fordele, en automatisk og agil produktion giver. Det kan få betydning for dansk produktivitet og konkurrenceevne, hvis flere griber de muligheder, som cobots giver.

Mikkel Christoffersen

CEO

Odense Robotics

Danske produktionsvirksomheder har været dygtige og hurtige til at tage cobot teknologien til sig. Det skyldes, ifølge Mikkel Christoffersen, CEO i den danske robotklynge, Odense Robotics, bl.a., at den danske robotindustri er blandt verdens førende.



Der er dog stadig et stort, uforløst potentiale i cobotters mange fordele og anvendelsesmuligheder. *"Vi ser fortrinsvist, at cobots bruges til produkthåndtering – fx palletering – men cobots kan også bruges til assembly, logistik og processer til fx overfladebehandling. Vi ser lige nu, at flere virksomheder også begynder at anvende cobots til den slags opgaver."*, fortæller Mikkel Christoffersen.

Den globale vækst i anskaffelsen af cobots er høj på globalt plan, og den udvikling ser ud til at forsætte de kommende år. Det tyder på, at cobots vil blive meget udbredt i fremtiden. Ifølge Mikkel Christoffersen, er én af forklaringerne, at cobots er nemmere at implementere og give nye opgaver. Mange af de løsninger, der udvikles i øjeblikket, er i højere grad plug and play, end hvad man kender fra de traditionelle industrirobotter. Det vil give endnu bedre forudsætninger for de mindre produktionsvirksomheder i fremtiden.

Mikkel Christoffersen peger dog på, at mangel på tid og kompetencer kan stå i vejen for virksomhederne: *"Analyser peger på, at der er stor mangel på kompetencer, der kan betjene cobots, og i takt med at teknologien udbredes, vil manglen på medarbejdere med de rette kompetencer blive endnu større."*



3D-print

Beskrivelse: Industrien oplever stigende efterspørgsel på kundetilpassede produkter. Det er en udfordring, da produktion ofte kun betaler sig, når der masseproduceres. 3D-print kan være en måde at lave kundetilpassede produkter med stor fleksibilitet, bl.a. grundet stor design- og materialefrihed, men også fordi, det kan lette produktudvikling, der ofte er tidskrævende og kræver investeringer i nyt udstyr. Når man benytter en 3D-printer, kan man lave prototyper med det samme, og mindske antallet af iterationer.

Anvendelsesmuligheder: Prototyping og nemmere fremstilling af forbrugertilpassede produkter.

Forbindelse til Agil produktion: Teknologien 3D-print gør produktionen mere agil, da den kan mindske vejen fra ideen til et produkt opstår, til det kan sættes i produktion.



Kilde: Teknologisk Institut

I de kommende år forventes en kraftig kommerciel udvikling af markedet for industriel 3D-print. Knowledge-sourcing forventer, at markedet for industriel 3D print vil vokse fra knap 1,4 mia. USD i 2019 til godt 4 mia. USD i 2026. Det er især udvikling inden for bil, rum og medicinal industrien, der driver udviklingen, men 3D-print kan også bruges inden for fx fødevarer samt beklædning og sko, da teknologien kan bruges med mange forskellige materialer. Ifølge samme kilde og vores patentanalyse, er 3D systems Inc., ExOne, General Electric og HP blandt de største aktører inden for 3D print.

Carmel 1400 Metal system fra Xjet



Copyright Xjet

Eksempel på print fra Damvig



<https://damvig.dk/>

Udvalgte leverandører:

Damvig	https://damvig.dk/
Hewlett-Packard	https://www.hp.com/usen/printers/3d-printers.html
General Electric	https://www.ge.com/additive/
Microfabrica	https://www.microfabrica.com/
Xjet	https://www.xjet3d.com/

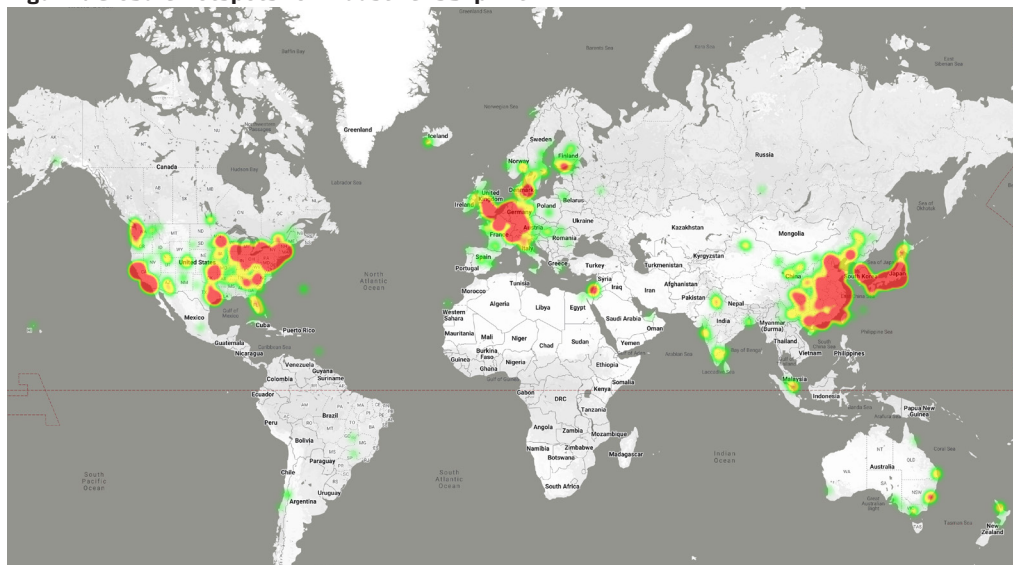
3D-print

Figur 1. viser, at den teknologiske aktivitet omkring industriel 3D-print i sær er centreret omkring Japan, mens der ligeledes kan spores aktivitet i flere europæiske lande – herunder Holland, Schweiz og England. Også i Danmark foregår der relativt meget innovation inden for industriel 3D-print – i sær i Københavnsområdet.

Endelig ses der aktivitet både på den amerikanske øst- og vestkyst.

Det er dog helt entydigt, at den største aktivitet foregår i Japan og Kina.

Figur 1. Globale hotspots for industriel 3D-print



Udforsk patenternes geografiske placering nærmere via følgende link: <https://batchgeo.com/map/c7d8b53daf3901474a29706c1bdabb12>
Password: teknologi

3D-print er ikke nyt, men interessen er vokset

Figur 2. viser, at interessen for industriel 3D-print ikke er helt ny, da der fra 1999 og ca. 10 år frem har været omkring 50 årlige patentansøgninger. Figuren viser også, at der fra omkring 2014 er sket en kraftig vækst i antallet af årlig patentansøgninger.

Figuren viser endvidere, at udviklingen stagnerede en smule fra 2018-2019. Den stiplede linje viser en fremskrivning baseret på den gennemsnitlige vækstrate for 2017-2019. Fremskrivningen indikerer, at der også i de kommende år vil være tiltagende interesse for industriel 3D-print.

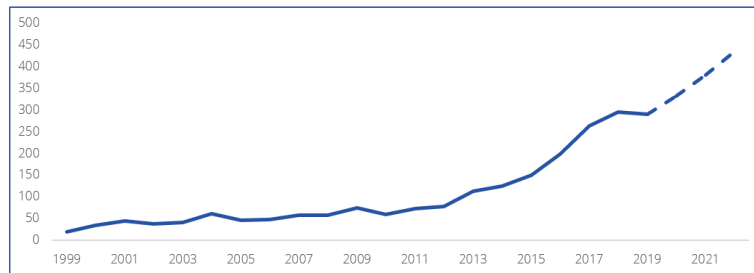
Innovation inden for materialer og legeringer vinder frem

Inden for industriel 3D-print, er der taget flest patenter inden for apparater og processer. Figur 3. viser dog, at den største procentvise udvikling i antallet af patenter de seneste år i højere grad foregår inden for nye materialer og legeringer.

Figuren viser de 10 delteknologier med de højeste vækstrater, som næsten alle relaterer sig til materialer og behandlingen heraf. Det indikerer, at den teknologiske udvikling inden for 3D-print især omhandler hvilke materialer, der kan anvendes.

Udviklingen peger derfor i retning af, at teknologien i fremtiden kan udbredes til endnu flere brancher.

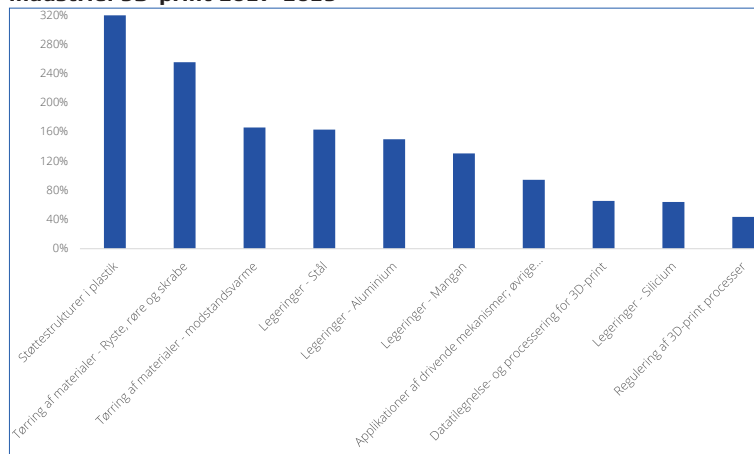
Figur 2. Antal årlige patenter inden for industriel 3D-print, 1999-2019



Kilde: Patsnap

Note: Den stiplede linje markerer fremskrivning baseret på den gennemsnitlige vækstrate 2017-19. Det skyldes, at data fra 2020 og frem endnu ikke er endelige i Patsnap-databasen.

Figur 3. gennemsnitlig årlig vækstrate for delteknologier inden for industriel 3D-print 2017-2019



Egne beregninger pba.

Data fra ParsnapFiguren viser de højeste vækstrater for delteknologier med mindst 20 patenter i perioden 2017-2019Da data fra 2020 og 2021 ikke er endelige, vises i figuren kun til og med 2019.



3D-print

Vækstområder de kommende år

Mange danske fremstillingsvirksomheder forventer at kunne få gavn af de nye muligheder, 3D-print giver. I lyset af COVID-19-pandemien, som gav mange virksomheder udfordringer med forsyningskæder, er det sandsynligt, at vi de kommende år vil se, at virksomheder vil omlægge dele af produktionen til 3D-print, som optager mindre plads og derfor kan produceres det sted, hvor produktet skal afsættes. Samspillet mellem 3D-print, data og automatisering vil i fremtiden spille en væsentlig rolle i den teknologiske udvikling, da det vil hjælpe med at forudse udfordringer, før produktet sættes i produktion og kan sikre, at produktet lever op til kvalitetskrav.

Udviklingens frontløbere

Flere kilder forudser, at medicinalindustrien vil blive drivende for den teknologiske udvikling inden for 3D print de kommende år. Her kan teknologien bl.a. bruges til at printe tandproteser og høreapparater. Nye forsøg med print af stamceller skubber lige nu grænsen for, hvad teknologien kan bruges til.

Betydning for Danmark

Den danske farma- og medicindustri stod i 2017 for 10 pct. Af Danmarks samlede BNP, mens avanceret maskin-fremstilling stod for godt 7 pct. Hvis Danmark også fremover skal leve godt af nogle af vores førende industrier, kan der være vigtige konkurrencefordele at hente ved at se nærmere på industriel 3D print.

Henrik Blichfeldt,
Professor ved Syddansk Universitet
Department of Technology and Innovation



Henrik Blichfeldt vurderer, at 3D-print har stort potentiale for danske industrivirksomheder:
"Det er ikke nødvendigvis billigere at 3D-printe, men ser man på værdikæden, vil man ofte ved 3D-printede komponenter, spare tid, udviklingsressourcer og samtidig få en mere kundespecificeret løsning."

Henrik vurderer, at 3D-print vil være relevant for mange danske virksomheder om otte år, når teknologien er modnet og prisen nedbragt. At nye generationer af ingeniører introduceres til 3D-print ifm. uddannelse vil også medvirke til at drive udviklingen og udbredelsen af 3D-print i danske virksomheder.

Henrik Blichfeldt påpeger dog, at han ikke forestiller sig, at alle virksomheder i fremtiden vil have udstyr til selv at printe alt: *"Print med avancerede materialer så som pulver og metaller kræver domænekendskab. Derfor skal mindre virksomheder tænke i samarbejdspartnere, der kan printe komponenter for dem. Det er afgørende, at danske virksomheder samarbejder med eksterne partnere for at kunne udnytte teknologiens potentiale."*

For at udbrede brugen af 3D-print, peger Henrik Blichfeldt på, at der ikke kun er behov for tekniske kompetencer, men også for forretningsforståelse af teknologiens muligheder. Derudover er det vigtigt, at virksomhederne tør kaste sig ud i at teste teknologiens potentiale.

I dansk kontekst ser Henrik Blichfeldt i sær et stort potentiale inden for direct tooling af fiksturer, gribere og andre komponenter, der vil øge fleksibilitet i produktionen.

Virtual og Augmented reality �oggles

Beskrivelse: Virtual reality-teknologi har gjort sit indtog i industrien og har mange anvendelsesmuligheder for danske virksomheder. Når man iklæder sig VR-briller, kan man lægge et digital lag ned over virkeligheden, som giver mange nye muligheder, der både kan spare tid og ressourcer, når man udvikler nye produkter.

Fremtidens maskiner og robotter er komplekse. Det stiller store krav til oplæring og kvalitetskontrol. VR giver nye muligheder for oplæring og kvalitetskontrol i en digital sfære.

Anvendelsesmuligheder: VR kan bringe computerdesigns af prototyper til live og giver mulighed for oplæring og kvalitetskontrol under sikre forhold og fra andre lokationer.

Forbindelse til agil produktion: Muligheder for oplæring, prototyper og indretning af produktionen digitalt, giver større fleksibilitet.



Kilde: Teknologisk Institut

I de kommende år forventes en kraftig kommerciel udvikling af markedet for virtuel reality i fremstillingsindustrien. Fortune Business Insight forventer, at markedet vil vokse fra 924 mio. USD i 2018 til knap 1,5 mia. USD i 2026.

Samme kilde opgjorde, at sikkerhed & oplæring samt produkt-design var de største kommercielle områder for industriel brug af VR og AR i 2018.

Ifølge samme kilde, er Unity Technologies, Microsoft og Google blandt de største aktører inden for virtuel reality i fremstillingsindustrien.

IC.IDO-VR løsning fra ESI Group



Copyright ESI group

Azure hologram fra Microsoft



<https://www.microsoft.com>

Microsoft

Google

Oculus

Samsung

Magic Leap

<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

<https://arvr.google.com/>

<https://www.oculus.com/>

<https://www.samsung.com/global/galaxy/gear-vr/>

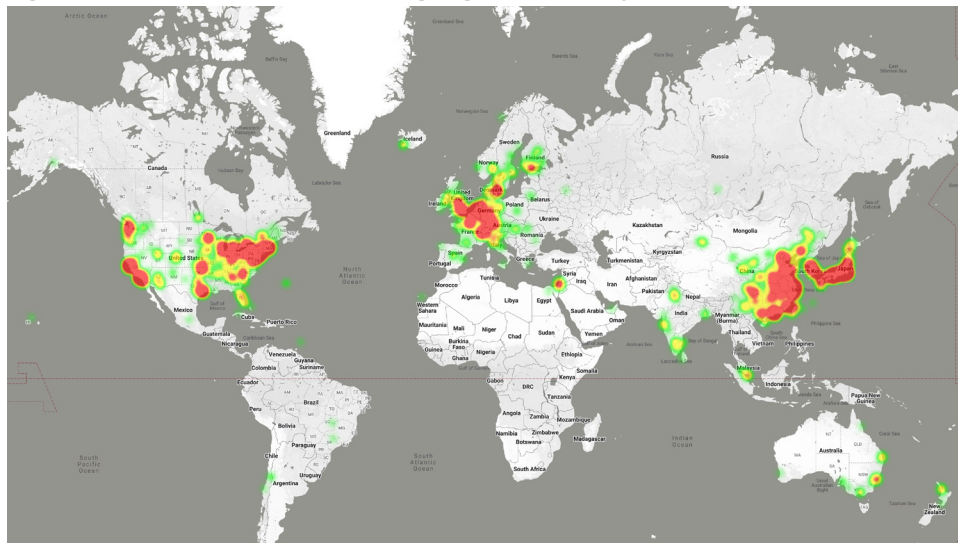
<https://www.magicleap.com/en-us>

Virtual og Augmented reality

Figur 1. viser, at den teknologiske aktivitet omkring virtual og augmented reality i sær er centreret omkring den amerikanske vest- og østkyst og Syd-korea, mens der ligeledes kan spores aktivitet i flere europæiske lande. Herunder er det interessant, at der også findes en del innovationsaktivitet i Danmark.

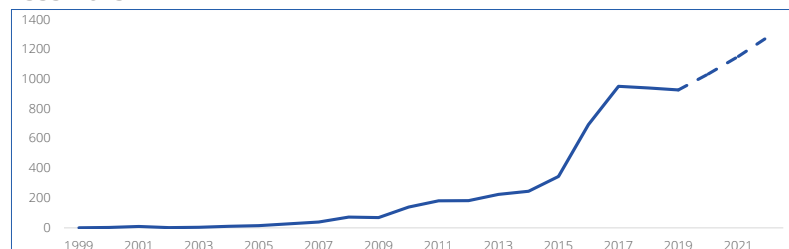
Det er helt entydigt, at den største aktivitet foregår i USA, hvor patenterne er koncentreret omkring de store amerikanske tech virksomheder - anført af Google.

Figur 1. Globale hotspots for virtual og augmented reality



Udforsk patenternes geografiske placering nærmere via følgende link: <https://batchgeo.com/map/7732cc622555378b3c25c176c9cf41f1>
Password: teknologi

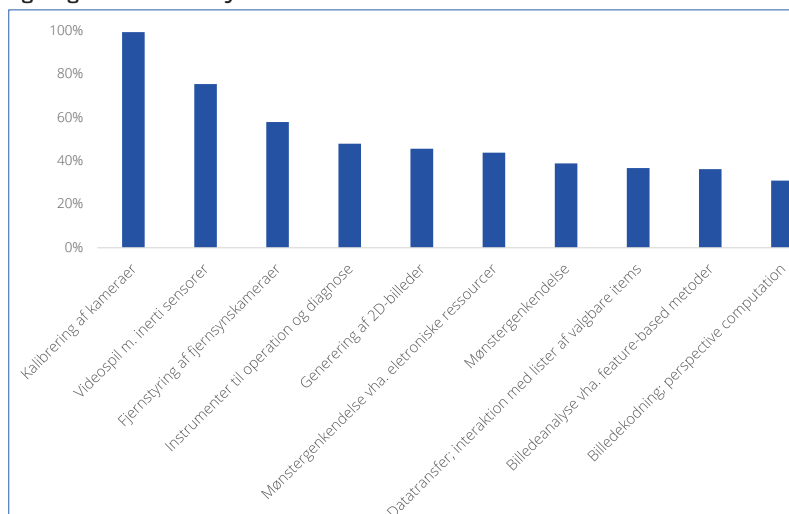
Figur 2. Antal årlige patenter inden for virtual og augmented Reality, 1999-2019



Kilde: Patsnap

Note: Den stiplede linje markerer fremskrivning baseret på den gennemsnitlige vækstrate 2017-19. Det skyldes, at data fra 2020 og frem endnu ikke er endelige i Patsnap-databasen.

Figur 3. gennemsnitlig årlig vækstrate for delteknologier indenfor virtual og augmented reality 2017-2019



Egne beregninger pba. Data fra Parsnap. Figuren viser de højeste vækstrater for delteknologier med mindst 50 patenter i perioden 2017-2019. Data fra 2020 og 2021 ikke er endelige, vises i figuren kun til og med 2019.

Stor interesse for VR og AR i industrien

Figur 2. viser, at den teknologiske udvikling inden for virtual og augmented reality først for alvor er slået igennem de senere år. Figuren viser, at der fra omkring år 2015 er sket en kraftig vækst i antallet af årlig patentansøgninger.

Endelig viser figuren også, at udviklingen stagnerede mellem 2017-2019. En fremskrivning af trenden for de seneste år indikerer, at udviklingen også i fremtiden kan fortsætte opad.

Monomedia komponenter og oplæring

Anordninger til kommunikation mellem bruger og computer er i absolutte tal den delteknologi, der i dag findes flest patenter indenfor.

Figur 3. viser herimod hvilke delteknologier inden for virtual reality, der har vækset mest de seneste år. Den største vækst er inden for kamerakalibrering, som er vækset med godt 100 pct. i perioden 2017-19. Ligeledes interessant er det, at delteknologien videospil med inert sensorer er vækset kraftigt, da det kan indikere, at der er en stigende efterspørgsel på produkter, der kan anvendes til oplæring i bl.a. industrien.



Virtual og Augmented reality

Vækstområder de kommende år

Foruden produktudvikling og vedligeholdelse af maskinel, er der også hastig vækst på andre anvendelsesområder, som er relevante for industrien.

Bl.a. kan VR og AR bruges til at facilitere oplæring af medarbejdere i forskellige funktioner, ved at lægge et digitalt lag ovenpå virkeligheden, så medarbejderne kan guides igennem funktioner. Teknologien kan også skabe et virtuelt rum, hvor medarbejdere kan oplæres uden de sikkerhedsrisici, der kan være tilstede i virkelighedens verden.

Ved virtuelt at teste opsætning og produktionsflow inden man sætter gang i en egentlig omlægning, kan VR også optimere brugen af tid og ressourcer.

Udviklingens frontløbere

Den teknologiske udvikling foregår fortrinsvist i USA, som huser mange af de store tech-virksomheder, der driver udviklingen.

Betydning for Danmark

Teknologiens anvendelsesmuligheder er mange og universelle. Derfor bør den have relevans for mange danske produktionsvirksomheder, da de fleste kan nyde godt af de ressourcer, som virtuelle tests kan spare. VRs potentiale er stort for danske industrivirksomheder, og det bliver mere og mere tilgængeligt både teknologisk og prismæssigt.

Gunver B. Majgaard
Lektor ved Syddansk Universitet
Mærsk MC-Kinney Møller Instituttet



Trods det store potentiale og de mange anvendelsesmuligheder, ligger det ikke lige for, at teknologien i stor stil udbredes til små og mellemstore virksomheder, forudser Lektor wGunver B. Majgaard, der især har forsket i brugen af virtual og augmented reality i læringsøjemed.

"Det er klart noget, der er på vej, og vil blive mere udbredt inden for en overskuelig fremtid. Som teknologien er lige nu, så skal løsningerne skræddersyes til den enkelte virksomhed. Derfor er det indtil videre kun relevant for vores største virksomheder."

På verdensplan er bilindustrien nogle af dem, som er længst med at anvende AR og VR i industriel sammenhæng. I Danmark kan man fx støde på det i vindmølleindustrien og i medicinalindustrien.

På den kortere bane er VR og AR interessant i et marketings- og salgsperspektiv. Augmented reality giver forbrugeren mulighed for at se produktet i de omgivelser, det er tiltænkt, hvilket er relevant for rigtig mange virksomheder.

Gunver B. Majgaard er dog ikke i tvivl om VR og ARs potentiale. For produktionsvirksomheder ser hun i sær et potentiale for at teste prototyper i den forventede kontekst, for vedligeholdelse og oplæring i arbejdsgange, der er forbundet med høj risiko. På nuværende tidspunkt er det udviklingsomkostninger, der er den største barriere for teknologiens udbredelse.



Kunstig Intelligens

Beskrivelse: Mange af fremtidens teknologier i industrien besidder kunstig intelligens (herfra AI for "artificial intelligence"). AI er computerefterligning af menneskers intelligens. Det kan fx være robotter, der selv kan træffe beslutninger eller lære sig selv, hvordan ukendte komponenter skal håndteres. AI kan også hjælpe virksomheder med at træffe optimale beslutninger funderet i data.

Anvendelsesmuligheder: Teknologien kan bl.a. effektivisere kvalitetskontrol, vedligeholdelse af maskiner og optimere produktionen, så spild reduceres.

Forbindelse til agil produktion: Robotter, der kan lære at håndtere flere processer uden ny programmering og software og automatisk kalibrerer produktionsflow giver større fleksibilitet for virksomheden.



Kilde: Teknologisk Institut

De kommende år forventes en kraftig vækst i mark-
edet AI i fremstillingsindustrien. Fortune Business
Insight (2022) forventer, at markedet vil vokse fra 1,8
mia. USD i 2019 til knap 10 mia. USD i 2027.
Væksten drives i øjeblikket i sær af løsninger til
intelligent vedligeholdelse, produktkvalitetskontrol og
produktionsplanlægning og -optimering.
Blandt de største kommercielle aktører inden for AI i
fremstillingsindustrien er IBM, Samsung, Microsoft og
Intel.

Kode fra AI løsning fra NNAISENSE SA

```
import torch
from evotorch.algorithms import SMS
from evotorch.logging import StdOutLogger
from evotorch import Problem

# Initialize the (tensor) array from cluster potential
def pairwise_distances(positions: torch.Tensor) -> torch.Tensor:
    positions = positions.view(positions.shape[0], -1, 3)
    deltas = positions.unsqueeze(2) - positions.unsqueeze(1)
    distances = torch.norm(deltas, dim=-1)
    return distances

def cluster_potential(positions: torch.Tensor) -> torch.Tensor:
    distances = pairwise_distances(positions)
    pairwise_cost = (1 / distances).pow(12) - (1 / distances).pow(6-8)
    wt_pairwise_cost = torch.triu(pairwise_cost, diagonal=1)
    potential = 4 * wt_pairwise_cost.sum(dim=(1, 2))
    return potential

problem = Problem(
    min,
    cluster_potential,
    initial_bounds=(-1e12, 1e12),
    device="cuda:0" if torch.cuda.is_available() else "cpu",
    solution_length=10,
    # Evaluation is vectorized
    vectorized=True,
    # ... and the result is a vector
```

copyright NNAISENSE SA

Unified Operations Center fra AVEVA



Fra produktionskontrol til forretningsintelligens. Unified Operations Center
fra AVEVA giver dig den nødvendige indsigt til at træffe hurtigere og mere
informerede beslutninger. Copyright AVEVA

Udvalgte leverandører:

IBM

<https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>

Microsoft

<https://www.microsoft.com/en-us/ai?activetab=pivot1%3aprimar6>

Samsung

<https://research.samsung.com/artificial-intelligence>

Intel

<https://www.intel.com/content/www/us/en/artificial-intelligence/over-view.html>

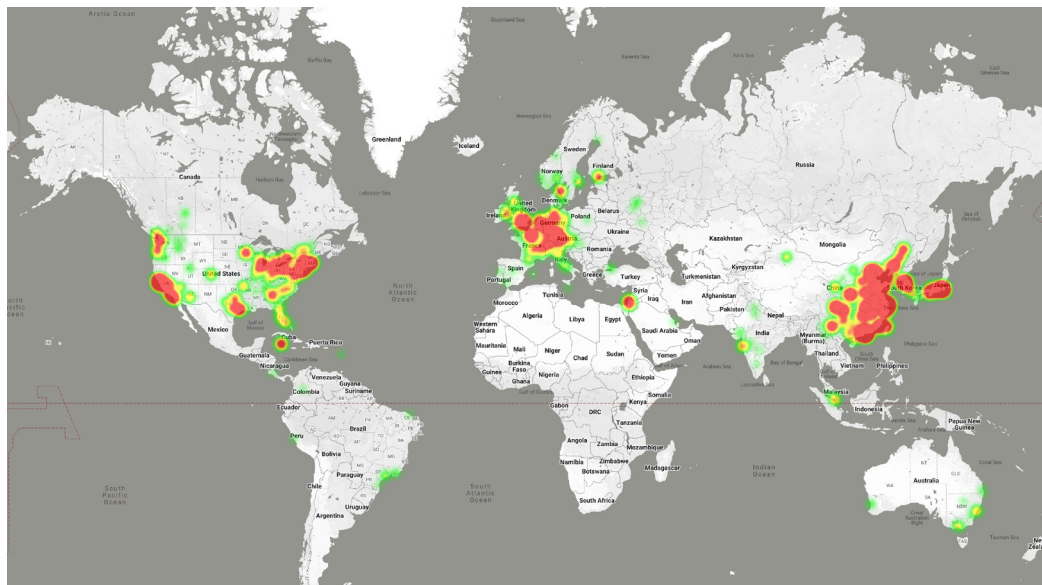
Sony

Kunstig Intelligens

Figur 1. viser hvor i verdenen, der søges om patenter inden for kunstig intelligens i relation til industriel brug. Kortet viser, at der er stor aktivitet i Kina, Sydkorea og Japan, mens der også foregår en del i både Europa og USA. I vesten er det særligt på de amerikanske kyster, at en stor del af patentansøgningerne inden for dette område er koncentreret.

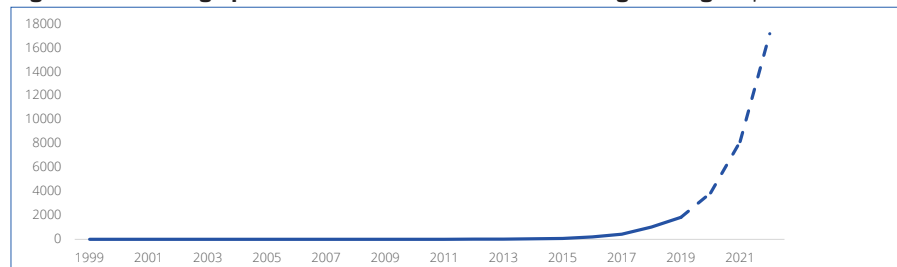
Analysen viser samtidig, at patentaktiviteten i Danmark på dette teknologiske område er relativt begrænset.

Figur 1. Globale hotspots for industriel, kunstig intelligens



Udforsk patenternes geografiske placering nærmere via følgende link: <https://batchgeo.com/map/7732cc62255378b3c25c176c9cf41f1>
Password: teknologi

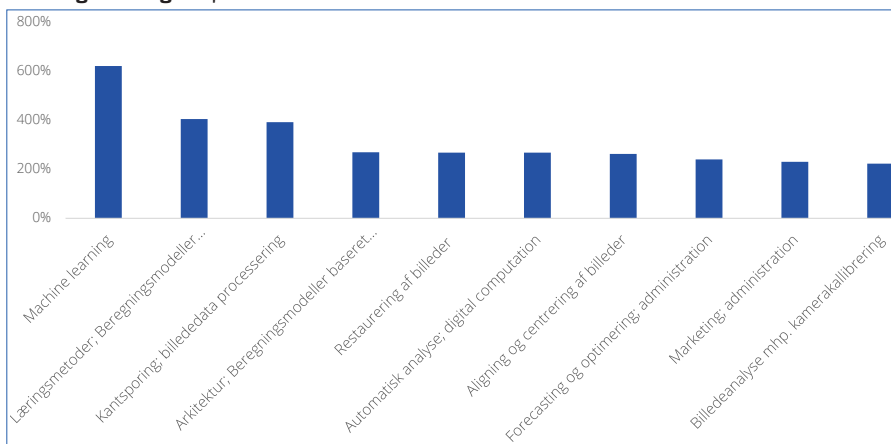
Figur 2. Antal årlige patenter inden for industriel kunstig intelligens, 1999-2019



Kilde: Patsnap

Note: Den stiplede linje markerer fremskrivning baseret på den gennemsnitlige vækstrate 2017-19. Det skyldes, at data fra 2020 og frem endnu ikke er endelige i Patsnap-databasen.

Figur 3. gennemsnitlig årlig vækstrate for delteknologier indenfor industriel kunstig intelligens, 2017-2019



Ægne beregninger pba. Data fra ParsnapFiguren viser de højeste vækstrater for delteknologier med mindst 50 patenter i perioden 2017-2019Da data fra 2020 og 2021 ikke er endelige, vises i figuren kun til og med 2019.

Innovation inden for kunstig intelligens er eksploderet

Figur 2. viser, at kunstig intelligens i industriel sammenhæng er vokset eksponentielt. Indtil år 2011 blev der årligt ansøgt om mindre end 10 patenter på dette teknologiske område. På fem år – fra 2015-2019 er det årlig antal patentansøgninger vokset fra 72 til 1849. En fremskrivning baseret på gennemsnitlige vækstrater for 2017-2019 indikerer ligeledes en eksponentielt udvikling. Meget tyder derfor på, at kunstig intelligens i fremtiden vil blive én af de vigtigste teknologier i industrien.

Machine learning er fremtiden

Metoder til genkendelsen af mønstre og graf-læsning eller til konvertering af mekaniske parametre er i absolutte tal de delteknologier, der i dag findes flest patenter indenfor.

Figur 3. viser dog, at væksten i andre delteknologier har været større de seneste år. Figuren viser hvilke delteknologier inden for kunstig intelligens, der har vækstet mest.

Machine learning – en disciplin inden for kunstig intelligens, hvor computeren trænes til selv at lære uden udtrykkelig programmering – er den patentgruppe, der er vækstet mest. Derudover ses bl.a. en høj vækst i billededataanalyse- og processering.



Kunstig Intelligens

Vækstområder de kommende år

Kunstig intelligens kan analysere mønstre i den data, som virksomhedens maskiner genererer. De kommende år vil vi formentligt se en vækst i produkter, der kan levere forudsigelser og kan beslutningsunderstøtte de medarbejdere og ledere, der driver produktionsvirksomhederne.

Vi vil derfor bl.a. se, at flere virksomheder i de kommende år vil anvende systemer, der kan forudse, hvornår der er behov for vedligehold af maskiner og systemer, der kan monitorere produktionsflow i real tid og derfor afløse flaskehalse inden de opstår og generelt optimere produktionen ved at komme med forslag til optimal temperatur, hastighed og andre parametre.

Udviklingens frontløbere

En stor del af udviklingen drives af de store, amerikanske tech-virksomheder – fx IBM, Intel og Samsung.

Betydning for Danmark

De mange muligheder med kunstig intelligens kan få stor betydning for danske produktionsvirksomheder. I en tid, hvor mange taler om at rykke forsyningskæder tættere på og kunne udføre flere processer selv, er det væsentligt at optimere sin produktion mest muligt. Her kan kunstig intelligens være med til at sikre en optimal og konkurrencedygtig produktion.

Peter Lemcke Frederiksen
Seniorprojektleder, Teknologisk Institut
Projektleder på 'AI Denmark'



Kunstig intelligens har mange anvendelsesmuligheder i fremstillingsindustrien. Teknologien kan give databaseret beslutningsstøtte, der bl.a. kan bruges ifm. produktudvikling, procesoptimering og kvalitetssikring. Alligevel er det på nuværende tidspunkt et fåtal af de danske virksomheder, der arbejder aktivt med teknologien.

Projektleder ved Teknologisk Institut, Peter Lemcke Frederiksen fortæller: *"Det er mit indtryk, at både kendskabet til og udbredelsen af teknologien er blevet bedre de seneste år, og ser vi 10 år frem, tror jeg, at det vil være flertallet af virksomhederne i industrien, der arbejder med kunstig intelligens."*

Det skyldes blandt andet, at plug-and-play-løsninger bliver mere udbredte. Peter Lemcke Frederiksen peger dog samtidig på, at der stadig ofte vil være behov for specialiserede kompetencer for at tilpasse kunstig intelligens-løsninger til den enkelte virksomheds kontekst.

"Manglende kompetencer og ressourcer er lige nu de største barrierer for at udbrede kunstig intelligens. Det kræver en del både at udvikle og implementere kunstig intelligens, men også at indarbejde de nye beslutningsprocesser og arbejdsgange, som teknologien ofte medfører."

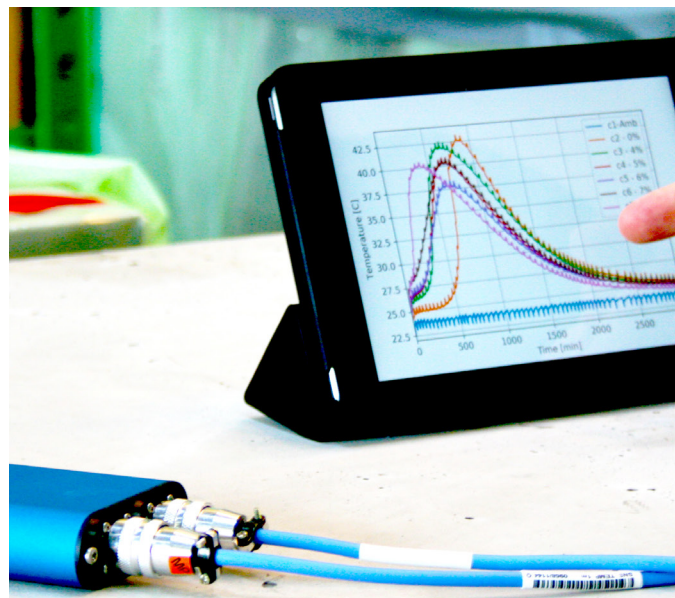
Peter Lemcke fortæller endvidere, at det vil være forskelligt fra virksomheds til virksomhed, om det giver mening at opbygge de nødvendige kompetencer internt i virksomheden, eller benytte eksterne samarbejdspartnere.

Digitale sensorer

Beskrivelse: kunstig intelligens, cobots og andre teknologier i fremtidens produktion, har behov for sensorer for at fungere. Cobots har brug for "øjne", så de ikke støder sammen med mennesker, og kunstig intelligens skal fodres med data om produktionen for at optimere processer og forudsige behov for vedligehold. Digitale sensorer genererer data i realtid, der kan bruges til løbende at ændre processer og arbejds gange, der optimere produktionens output.

Anvendelsesmuligheder: monitorering og optimering af processer baseret på data og forudsigelse af behov for vedligehold af maskiner.

Forbindelse til agil produktion: Digitale sensorer giver større fleksibilitet, da de giver mulighed for at optimere og foretage ændringer af processer i realtid og mindske driftsstop.

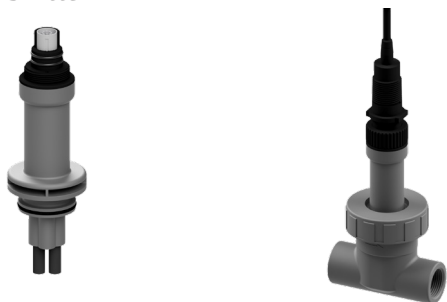


Kilde: Teknologisk Institut

Markedet for industrielle sensorer forventes ifølge Fortune Business Insights, at vokse fra godt 19 mia. USD i 2019 til 33,5 mia. USD i 2027. Denne udvikling drives ikke mindst af den digitale bølge, der skyller ind over industrien i disse år. Det er ifølge samme medie temperatursensorer og sensorer til måling af tryk, der udgør de største dele af det industrielle sensormarked, mens også flowsensorer og levelsensorer udgør væsentlige dele.

Nogle af de største producenter af industrielle sensorer er ABB Ltd., Bosch, Honeywell og TE Connectivity.

LoRa Wireless Vibration Sensor og WLT 310 LoRa Transmitter



Copyright Sensorex For mere info om produktet, se <https://sensorex.com/products/?category=smart-sensors>

LoRa Wireless Vibration Sensor og WLT 310 LoRa Transmitter



Copyright Nodeedge For mere info om produkterne se produktkatalog fra Nodeedge: <https://nodeedge.se/Nodeedge.pdf>



Udvalgte leverandører:

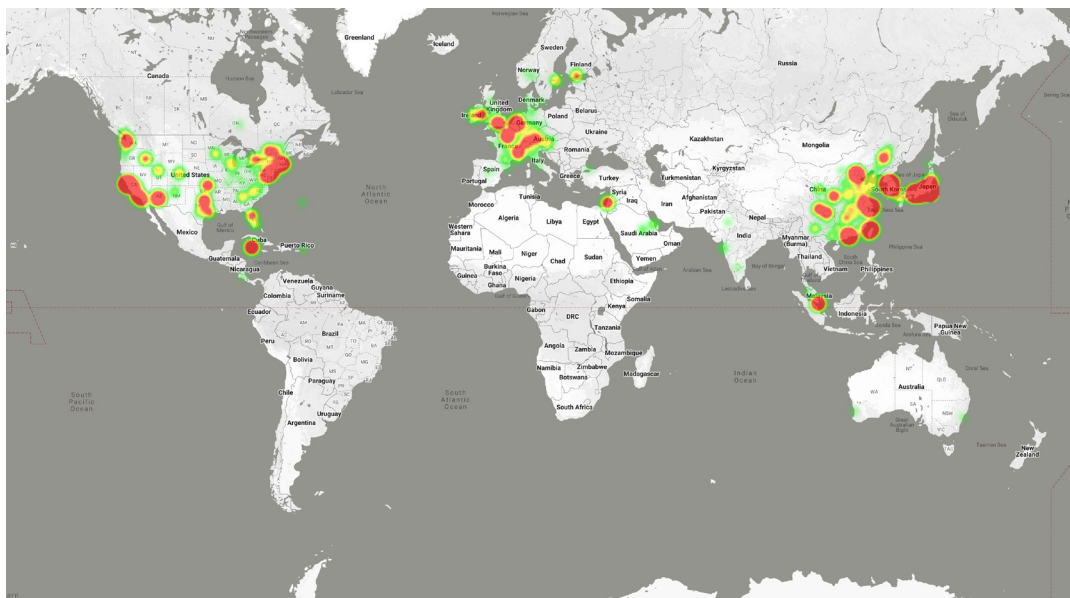
Amphenol sensors
sensor
TE Connectivity
Sensortec
Honeywell

<https://www.amphenol-sensors.com>First
<https://www.firstsensor.com>
<https://www.te.com/usa-en/industries>Bosch
<https://www.bosch-sensortec.com>
<https://sps.honeywell.com>

Digitale sensorer

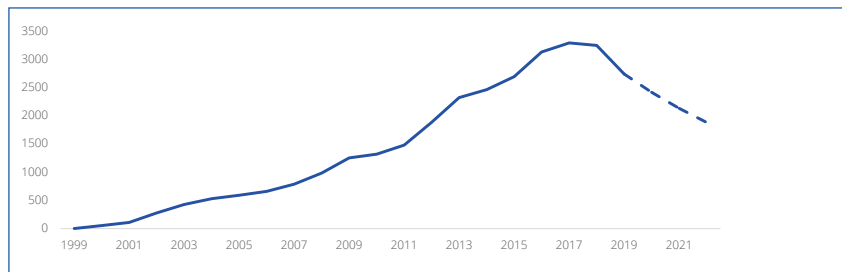
Figur 1

Figur 1. viser hvor i verdenen, der søges om patenter inden for sensorer. Kortet viser, at der er stor spredning på, hvor patentansøgningerne kommer fra. Der er således stor aktivitet i Asien - Kina, Sydkorea og Japan, mens der også foregår en del i både Europa og USA. I Europa er aktiviteten samlet i Centraleuropa og Storbritannien, mens det i USA særligt er på kysterne, patentansøgningerne stammer fra.



Udforsk patenternes geografiske placering nærmere via følgende link: <https://batchgeo.com/map/6e6eab1e3fad8f0eb83024fa69788b39>
Password: teknologi

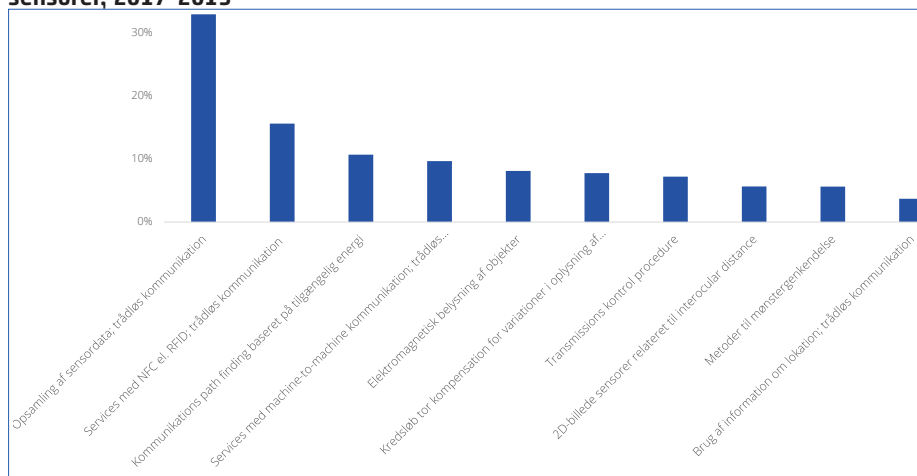
Figur 2. Antal årlige patenter inden for sensorer, 1999-2019



Kilde: Patsnap

Note: Den stiplede linje markerer fremskrivning baseret på den gennemsnitlige vækstrate 2017-19. Det skyldes, at data fra 2020 og frem endnu ikke er endelige i Patsnap-databasen.

Figur 3. gennemsnitlig årlig vækstrate for delteknologier indenfor sensorer, 2017-2019



Egne beregninger pba. Data fra ParsnapFiguren viser de højeste vækstrater for delteknologier med mindst 200 patenter i perioden 2017-2019Da data fra 2020 og 2021 ikke er endelige, vises i figuren kun til og med 2019.

Digitale sensorer er ikke nyt, men interessen er vokset

Antallet af årlige patenter inden for sensorer var stødt stigende fra 1999 til 2017. Herefter ses et dyk i 2018 og 2019.

En fremskrivning baseret på den gennemsnitlige, årlige vækstrate tyder på, at trenden vil aftage i fremtiden. Antallet af årlige patentansøgninger inden for sensorer ser derfor ud til at være på tilbagetog.

Det betyder ikke nødvendigvis, at digitale sensorer i fremtiden vil være ubetydelige. Derimod kan det være udtryk for, at den teknologiske udvikling er langt, og at teknologien derfor er moden og relevant for et stort antal virksomheder.

Innovation i forskellige retninger

Sensornetværk er i absolutte tal den delteknologi, der i dag findes flest patenter indenfor (ca. 9.700). Figur 3. viser dog, at væksten i andre delteknologier har været større de seneste år. Figuren viser hvilke delteknologier inden for sensorer, der har vækset mest de seneste år.

Figuren viser, at innovation inden for opsamling af sensordata er vækset mest de seneste år, mens også mere specifikke applikationer og sensortyper har været i kraftig vækst, fx services, der gør brug af 'Near field communication' og 'Radio frequency identification'



Digitale sensorer

Vækstområder de kommende år

Kunstig intelligens kan analysere mønstre i den data, som virksomhedens maskiner genererer. De kommende år vil vi formentligt se en vækst i produkter, der kan levere forudsigelser og kan beslutningsunderstøtte de medarbejdere og ledere, der driver produktionsvirksomhederne.

Vi vil derfor bl.a. se, at flere virksomheder i de kommende år vil anvende systemer, der kan forudse, hvornår der er behov for vedligehold af maskiner og systemer, der kan monitorere produktionsflow i real tid og derfor afløse flaskehalse inden de opstår og generelt optimere produktionen ved at komme med forslag til optimal temperatur, hastighed og andre parametre.

Udviklingens frontløbere

Markedet for sensorer er fragmenteret grundet de mange forskellige funktioner, men blandt de største producenter er TE Connectivity og ABB.

Betydning for Danmark

Digitale sensorer gør det nemmere at kontrollere produktionen med stor nøjagtighed. Det betyder, at man kan mindske den manuelle kontrol, hvilket kan være en stor fordel i lande som Danmark, hvor lønningerne er høje sammenlignet med andre lande. Potentialet ved at få datainputs om produktionens tilstand i realtid og med minimalt brug af arbejdstid kan derfor være en stor gevinst i mange danske virksomheder

Astrid Heidemann Lassen
Lektor ved Aalborg Universitet
Institut for Materialer og Produktion



Digitale sensorer har mange anvendelsesmuligheder i produktionssøjemed. Derfor er det også vanskeligt at tale om det som én teknologi. Dog har sensorteknologi typisk det til fælles, at det handler om at opsamle data på en nem og pålidelig måde. Det kan give ny viden om virksomheden og dens processer, når man kan opsamle data systematisk, og den viden kan bruges til at foretage ændringer og justeringer af produktionen i realtid, så man kan foregribe problemer. Det giver en mere agil produktion.

Astrid Heidemann Lassen, lektor ved Aalborg Universitet fortæller, at teknologien i dag allerede er ret moden, men ikke særlig udbredt i produktionssammenhæng. *"sensorteknologi er i dag ret moden, og prisen er også så lav, at de fleste virksomheder har mulighed for at være med. Derfor er sensorer noget, som mange virksomheder har mulighed for at gå i gang med."*, fortæller Astrid Heidemann Lassen.

Der er altså lavthængende frugter at høste for mange produktionsvirksomheder, ved at kaste sig over sensorteknologi. Alligevel bemærker Astrid Heidemann Lassen, at teknologien endnu ikke er udbredt i produktionsvirksomheder. Det er der flere forklaringer på: *"Mange virksomheder synes, at den digitale omstilling er spændende, men også uoverskuelig. Det kan være svært at vide, hvor man skal starte. Derudover er det også et spørgsmål om kompetencer ude i den enkelte virksomhed. Nye ingeniører stifter bekendtskab med sensorteknologi på uddannelsen, så om 10 år tror jeg, vi vil se, at sensorteknologi er almindeligt anvendt i mange danske fremstillingsvirksomheder."*

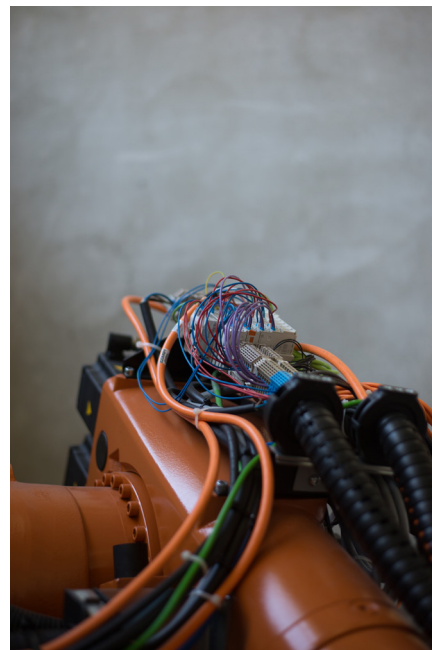
Metoden bag patentanalyse

Patenter er en indikator for teknologisk innovation, da nye teknologier ofte patenteres for at sikre opfinderens rettigheder til sin idé. Analyse af udviklingen i patenter kan afsløre en række interessante faktorer om et givent teknologisk område: Går udviklingen hurtigere eller langsommere end hidtil? Hvor sker udviklingen? Hvilke lande og virksomheder går forrest? Hvem tager de mest værdifulde patenter?

På Teknologisk Institut anvender vi databasen PatSnap, der har adgang til data fra patentmyndigheder over hele kloden.

Patenterne er selekteret ud fra deres både IPC-koder, der er en kategorisering af teknologiområder, som sker i forbindelse med patentansøgningen, og søgeord.

Denne måde at studere innovation er ikke perfekt. For det første fanger den ikke innovation, der ikke patenteres. Derudover fanger metoden ikke, når tidligere innovationer anvendes på nye områder. Til gengæld giver metoden mulighed for at sammenligne store mængder data over den nyeste teknologiske udvikling på en måde, der ellers ikke kunne lade sig gøre.



Kilde: Teknologisk Institut

Teknologisk Institut; Patentanalyser

Teknologisk Institut kobler big data fra hele verden.

Få ny viden om dit teknologiske område

Den teknologiske udvikling er global. Nye opfindelser patenteres konstant. Der opstår nye muligheder og kommer nye aktører til.

Patenter kan give indsigter, som ikke findes andre steder – fx; hvem der er de største aktører, hvor i verden er der innovationshubs, hvilke delteknologier vinder frem. Der gemmer sig uendelige mængder viden i big data.

Teknologisk Institut kan finde svarene, hvis du har spørgsmålene. Metoden kaldes også "tech-mining". Teknologisk Institut har samarbejdet med Georgia Tech – én af de førende institutioner i verden inden for tech-mining - om metodeudvikling.

I Center for Analyse og Erhvervsfremme ved Teknologisk Institut er vi derfor eksperter i patentanalyser og gennemfører hvert år et stort antal undersøgelser vha. metoden.



Kilde: Teknologisk Institut



Kilder

Teknologisk Institut, 2022. Agil produktion - Nye muligheder for danske virksomheder

Teknologisk Institut, 2018. 3D metal-print revolution i fremstillingsindustrien

Teknologisk Institut, 2018. Kunstig intelligens på vej i danske virksomheder

<https://www.statista.com/statistics/748234/global-market-size-collaborative-robots/>

<https://www.automate.org/blogs/collaborative-robots-market-update-2018>

<https://www.statista.com/statistics/257082/robot-density-in-the-automotive-industry-in-selected-countries/>

<https://www.knowledge-sourcing.com/report/industrial-3d-printing-market>

<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-vr-in-manufacturing-industry-101714>

<https://www.fortunebusinessinsights.com/blog/top-10-virtual-reality-technology-manufacturers-10604>

<https://www.business.com/articles/virtual-reality-changing-manufacturing/>

<https://www.fortunebusinessinsights.com/artificial-intelligence-ai-in-manufacturing-market-102824>

<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/industrial-sensors-market-100591>





Kilde: Teknologisk Institut

SAMFUNDS- OG ERHVERVSANALYSER

Teknologisk instituts analyseenhed leverer viden og rådgivning til politiske og strategiske beslutningstagere – nationalt som internationalt. Vi skaber ny viden om erhverv og samfund med udgangspunkt i fakta og analyser. Vi arbejder aktivt, analytisk og innovativt med udvikling af velfærdssamfundets udfordringer og virksomhedernes teknologi-, udviklings- og kompetencebehov.

Vores ydelser omfatter:

- Potentialeanalyser på tværs af teknologier og brancher
- Teknologianalyser, herunder trend- og scenarieanalyser
- Analyse af virksomheders styrkepositioner og udfordringer
- Analyser af hvordan Danmark placerer sig forskningsmæssigt og som et attraktivt sted for F&U-aktiviteter
- Evaluering af forsknings- og innovationsinitiativer (evaluering af processer, opnåede resultater og impact)
- Rådgivning om, hvordan ny viden bedst bliver sat i spil – fx gennem samarbejder i værdikæden eller mellem virksomheder og videninstitutioner
- Strategianalyser eller forundersøgelser af forsknings- og innovationsinfrastrukturen.

Vores ydelser omfatter evalueringer, implementeringsstudier, forundersøgelser, sammenlignede undersøgelser, konsekvensanalyser, fremsyn og meget andet. Tøv ikke med at kontakte os omkring et muligt samarbejde eller opgave, du ønsker løst.

KONTAKT

Karsten Frøhlich Hougaard, enterchef, Analyse og Erhvervsfremme

+45 72 20 28 86 / kafh@teknologisk.dk

kafh@teknologisk.dk