

# Roboter og kompetencer

## Whitepaper



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

# Robotter og kompetencer

## Whitepaper

**Udarbejdet for:**  
Industriens Fond

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

Maj 2021  
Forfattere: Stig Yding Sørensen / Annemarie Holsbo / Leif Henrik Jakobsen

## Indhold

Sammenfatning.....	4
Overblik over udfordringen .....	6
Udfordringen set fra producenter/leverandører, virksomheder og uddannelser.....	8
1.    Robotter, markeder og kompetencer .....	10
1.1.    Industrien bliver automatiseret – kan Danmark bevare en plads i front?.....	10
1.2.    Markedet for kollaborative robotter i vækst.....	12
1.2.1.    Innovation i kollaborative robotter tager fart i Asien .....	15
1.2.2.    Robotklyngen i Danmark – esset i ærmet.....	16
1.3.    Værdikæden for dansk robotindustri.....	16
1.4.    Robotter og teknologi – arbejdet skifter karakter? .....	17
1.4.1.    Agilitet er et nøgleord .....	18
1.4.2.    Robotter og beskæftigelse – er der hænder nok til smart teknologi i Danmark?.....	20
1.4.3.    Cobots er ikke kun intuitive værktøjer .....	20
1.5.    Hvad står i vejen for cobots?.....	21
1.6.    Fremtidens robotjobs i industrien .....	23
1.7.    Løsninger og virkemidler.....	25
2.    Brug af robotter og cobots i Danmark.....	28
2.1.    Leverandører af robotter .....	28
2.2.    Brug af robotter i danske industrivirksomheder .....	30
2.2.1.    Hvorfor robotter og cobots – og vil vi få flere?.....	31
2.2.2.    Hvordan påvirker robotter og cobots organisationen? .....	32
2.2.3.    Sikkerhed .....	33
2.2.4.    Rekrutterings-, kompetence- og uddannelsesbehov .....	34
2.2.5.    Kompetencebehov for operatører og teknikere .....	35
2.2.6.    Læringsmiljø.....	36
2.2.7.    Uddannelseslandskabet.....	37
2.3.    Læringsform for kompetenceudvikling og særligt behov.....	38
Bibliografi .....	40
Interview.....	42

## Sammenfatning

Stor bevidsthed om fordele og udfordringer ved robotter/cobots:

- *Robotter og ikke mindst cobots vil vinde betydelig udbredelse de kommende år.*
- *For mange danske virksomheder, som konkurrerer på fleksibilitet og små produktionsserier, vil automatisering med brug af cobots være en vital vej til at fastholde deres internationale konkurrenceevne.*
- *Cobots er en ny måde, hvorpå maskine og menneske samarbejder – og det er ikke uden udfordringer.*
- *Danske fremstillingsvirksomheder er udfordret på at kunne opstille en business case, som sandsynliggør, at cobots er en forretningsmæssig god løsning.*
- *Teknologisk udfordrer cobots muligheden for den god business case på grund af deres relative langsommelighed (lav produktivitet) og uklarhed omkring kravene til sikkerhedsforanstaltninger.*
- *Cobots udfordrer produktionsmedarbejdernes faglige kunnen og kompetencer i forhold til at indgå i et team for styring, kontrol og realtidsoptimering af produktionen.*
- *Virksomhederne er udfordret på at udvikle nye læringssystemer, som understøtter kompetenceudvikling af egne medarbejdere, så de kan indgå i en fleksibel organisering af produktionen samt i fælles lærings- eller innovationsprocesser.*

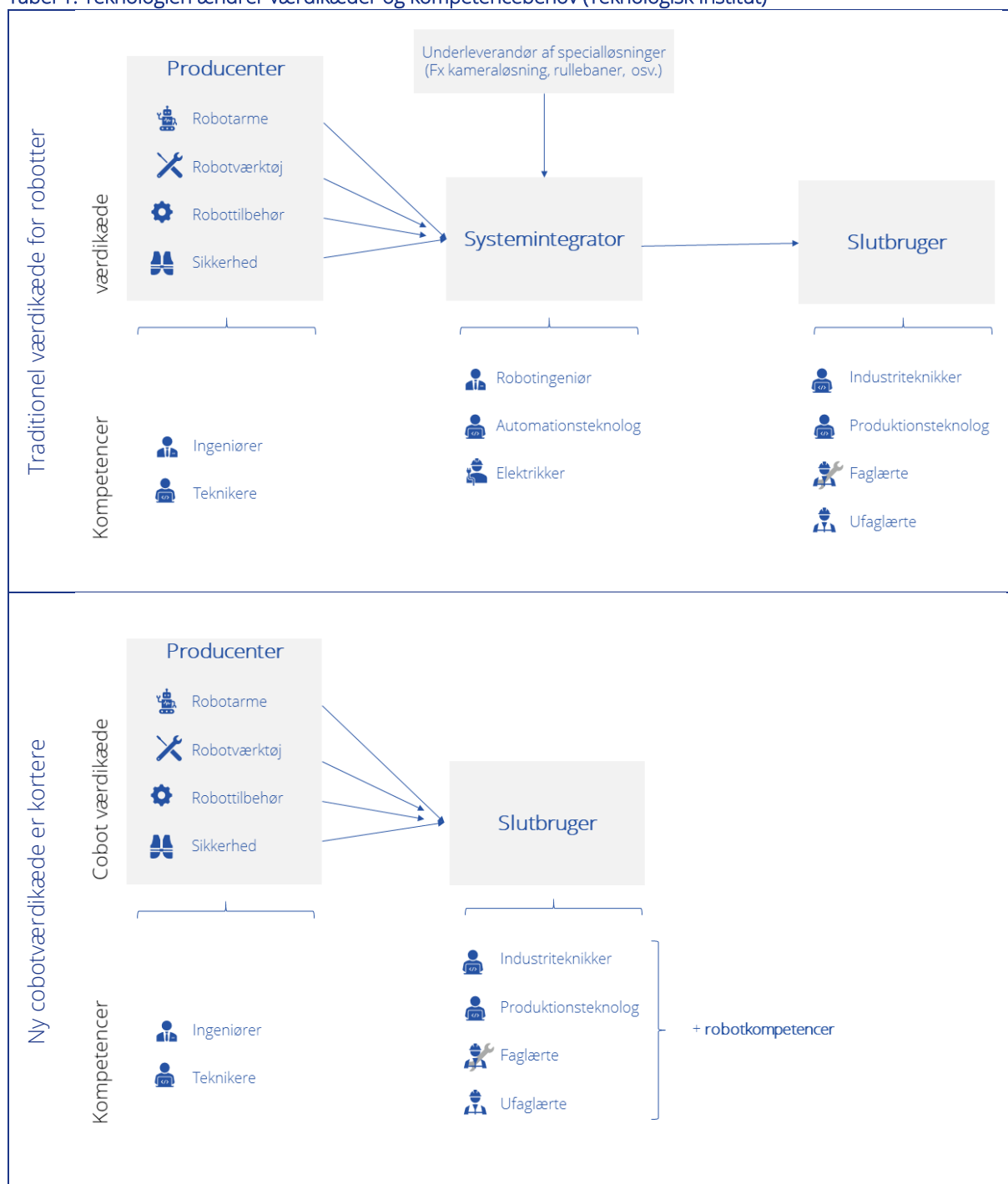
I dette whitepaper giver Teknologisk Institut et overblik over situationen i danske virksomheder og hvilke barrierer, der er for udbredelsen af en avanceret udnyttelse af cobots, herunder hvordan værdikæderne ser ud fra såvel robotproducenternes, komponentleverandører og systemintegratorer samt brugervirksomhedernes perspektiv. Whitepaperet giver desuden et overblik over hvilke virkemidler, der kan tages i brug for at skabe kompetenceudvikling, som sætter brugerne i stand til at anvende robotteknologien avanceret og agilt og i højere grad selv at påtage sig ansvaret som systemintegratorer.

**Baggrunden** for whitepaperet er behovet for at holde danske virksomheder konkurrencedygtige, når det gælder automation. Robotteknologien er under hastig udvikling, og et af de hurtigst voksende segmenter er cobotteknologien. Dette whitepaper beskæftiger sig med både robotter og cobots, hvor fokus særligt er på sidstnævnte, da væksten i dette segment er hastig og en væsentlig del af en agil produktion.

Cobots er defineret ved den direkte interaktion mellem maskine og medarbejdere (Mikkel Knudsen, 2020), og de mindre komplekse cobots reducerer behovet for tung robotviden i systemintegratortilbudet. I stedet for komplekse løsninger udnyttes cobottens muligheder for agil produktion direkte i virksomheden. Alle cobots er robotter, men ikke alle robotter er cobots.

Tabel 1 illustrerer forventningerne til ændringer i værdikæden, hvor der traditionelt har været et lag af systemintegratorer, repræsenteret ved specialister som ingeniører, automationsteknologer og elektriskere, der tilpasser systemerne med dele fra robotproducenterne og andre elementer til en automatiseringsløsning.

Tabel 1: Teknologien ændrer værdikæder og kompetencebehov (Teknologisk Institut)



Hos slutbrugervirksomheden har det traditionelt ikke været nødvendigt med stærke robotkompetencer. De leverede cobot-løsninger ændrer på det ved at være "plug'n'play" cobotløsninger, som slutbrugervirksomhederne umiddelbart kan bruge, hvis medarbejderne har de rette kompetencer. Udfordringen er at sikre, at slutbrugernes medarbejdere har de rette kompetencer til at håndtere den direkte interaktion og skabe den agile og effektive produktion. Medarbejderne skal have indsigt og forståelse for, hvornår det giver mening at tænke cobot-løsning og kunne vælge de rette "plug'n'play" komponenter, der kan sættes sammen til den rette cobot-løsning. Whitepaperet undersøger dette behov for kompetencer.

Der kan forventes en kraftig vækst i efterspørgslen af automationsløsninger i de kommende år, og væksten i antallet af robotingeniører samt faglærte inden for robot- og automatiseringsteknologi kan formentlig ikke følge med. Det flytter fokus over på cobots, som er lettere at håndtere i virksomhederne, og hvor behovet for avanceret teknologisk viden er reduceret.

Visionen er, at cobots bliver "plug'n'play". Det er ikke robotspecialister, der skal være operatører, når det gælder cobots, men operatørerne skal alligevel have robotkompetencer og et mindset, der matcher, for at udnytte cobottens muligheder – og det er måske også med støtte fra de dygtige operatører, at Danmark fortsat kan fastholde en konkurrenceevne, der er stærkere, end det de stadigt mere automatiserede virksomheder i bl.a. Asien og Kina kan præstere.

Dette whitepaper er skrevet på baggrund af den nyeste viden fra forskning og undersøgelser samt gennem interview med nøgleaktører fra både robot- og komponentproducenter, brugervirksomheder og uddannelsesinstitutioner. Med andre ord: Aktørerne i hele den værdikæde for cobots, som er beskrevet ovenfor.

## Overblik over udfordringen

Gennemgangen af de nyeste rapporter og en analyse af patenter på robotteknologi viser, at Danmark står stærkt inden for automation. Dog er udviklingen i de øvrige lande langt kraftigere. Fortsætter den nuværende udvikling i lige linje, vil Singapore i 2030 have flere robotter i arbejde end industriarbejdere. Kina vil være på en tredjeplads med 3.000 robotter pr. 10.000 medarbejdere, og Danmark vil falde fra en nuværende 6. plads til en femtendeplads med 413 industrirobotter pr. 10.000 medarbejdere. I 2010 lå Kina på en femtendeplads. De asiatiske lande står til at tage føringen, når det gælder automation, samtidig med at de sandsynligvis kan bevare en lønfordel. Store kinesiske producenter står på spring for at tage føringen på udviklingen af cobots.

EU-Kommissionen er midt i et projekt (Lucas Sakurada, 2021), hvor fremtidens jobprofiler undersøges for robotter og især cobots, hvilket tydeliggør behovet for kompetenceopgradering. Interessen for nye kvalifikationer på fabriksgulvet ses også i Asien og Afrika.

Udfordringen i en agil produktion er at kunne omstille sig hurtigt på alle niveauer. I figuren nedenfor, der er opstillet med inspiration fra bl.a. Schmidbauer et al. (Christina Schmidbauer, 2020), er bevægelsen i arbejdsfunktioner eller roller for løsning af standardiserede opgaver til mere innovation med cobots illustreret. På trin 1 er operatøren, som arbejder sammen med robotten på basis af en arbejdsinstruktion. Operatøren har ikke opgaven eller kompetencen til at omstille cobotten til nye opgaver. Disse roller omtaler Schmidbauer et al. som "bystander". På trin 2, som kan være mere hensigtsmæssigt i en agil produktion, har operatøren kompetencer til selv at indstille cobotten, så opgaven bliver løst, og denne kan yderligere løse driftsproblemer. Trin 2 og 3 omfatter de roller, som Schmidbauer et al. omtaler som "modifier". Det indebærer en vis grad af innovation. Skal der mere til, kræver det samarbejde med cobotspecialister eller -ingeniører, og det kan være nødvendigt med ekstern ekspert-hjælp, som på trin 5 er FoU-projekter.

Figur 1: Cobotoperatører fra standardopgaver til innovation

	Operatør	Kompleks operatør	Specialist operatør	Specialist ingeniør	Forskning
	I produktionen	I produktionen	I produktionen med intern udvikler	Intern udvikler med ekstern hjælp	Ekstern udvikling
Standard opgaver	Operatøren arbejder med cobots på basis af arbejdsinstruktion. Operatøren omstiller ikke selv cobots til nye opgaver.	Operatøren træffer selv beslutninger om indstillingen af cobotten, så opgaven bliver løst. Kan selv løse mindre komplekse produktionsstop eller omstillinger af opgaven.	Operatøren kan løse nye opgaver på nye måder og i nye sammenhænge med cobotten.	Cobots løser nye opgaver med brug af nye værktøjer eller nye kombinationer.	Udvikling af værktøj og samspil med cobot.
				<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
	"Bystander"	"Modifier"	"Programmer"	"Integrator"	
					Innovation

Rapporter fra fx Arbejderbevægelsens Erhvervsråd (Emilie Agner Damm, 2021) har beregnet, at der frem mod 2030 vil mangle 99.000 faglærte på det danske arbejdsmarked, og da de eksisterende faglærte ikke bare kan løbe hurtigere og arbejde i længere tid, er der behov for at kunne arbejde smartere og automatisere mere i industrien (Nielsen, 2021). Der er med andre ord faldende interesse for at tage uddannelser, der matcher industriens behov, som så igen mangler de kompetencer, der skal til for at udnytte mulighederne i cobots optimalt.

Udfordringen for industrien er dermed dobbelt. I udlandet udfordrer konkurrenter danske virksomheder både på lønniveau og automation, og i Danmark kan mangel på arbejdskraft samtidig blive et større problem for industrien. Et muligt svar er at gøre industrien mere agil og hurtigere omstillelig, og det kan kræve effektiv brug af robotter, herunder cobots, i alle dele af produktionen fra robotoperatørerne til robotspecialisterne. Studier af fx VTT i Finland har set på barrierer for optaget af kollaborative robotter (Aaltonen, 2020)<sup>1</sup>, og det mest presserende udviklingsbehov, VTT fandt, er at finde nye veje for en arbejdsfordeling mellem medarbejdere og cobots.

Hvis automation og agil produktion med cobots skal være en mulighed, kan løsningen være at efteruddanne bredt blandt de mennesker, der arbejder i industrien: Ufaglærte, medarbejdere med udenlandsk baggrund, faglærte og specialister med forskellige kompetencer.

Pointen understøttes af interviewene foretaget i forbindelse med dette whitepaper. Fx peger Mikkel Christoffersen, CEO, Odense Robotics, på, at cobots skal kunne anvendes af mennesker med meget forskellig baggrund, fordi interessen for at søge uddannelser inden for industrien på faglært niveau er dalende. Det kan være applikationer, hvor cobots er lette at anvende, men der er brug for viden for at kunne mere. Mikkel Christoffersen ser tre veje til løsning af udfordringen: 1. Plug'n'play-robotics, 2. værktøjskasser (toolkits til agilt brug af robotten) og 3. træning til medarbejderne. Det vil være væsentligt at skalere værktøjskasserne og træningen. Mikkel Christoffersen tilføjer, at hele fødekæden i

<sup>1</sup> Studiet fra VTT var finansieret af TEKES, den finske styrelse for Teknologi og Innovation, VTT selv og finske virksomheder.

innovationssystemet omkring robotter skal plejes, så der kommer ny viden, og ph.d'er, nye opstarts-virksomheder med innovative robotløsninger og virksomhedernes opmærksomhed samt viden om robotter skal styrkes.

I interviewet med Dansk Metal understreger Forbundssekretær Kasper Palm, at de innovative løsninger ofte findes i produktionen. Kasper Palm ser en konkurrencefordel i kulturen i danskledede virksomheder, da arbejdshierarkiet på danske arbejdspladser er lavt. På folk fra udlandet kan det virke absurd, at en dansk medarbejder kan gå til direktøren med den gode idé. Vores styrke er imidlertid, at vi har hovedet med på arbejde og forholder os til processerne. Kasper Palm ser to afgørende veje til, at danske virksomheder bliver mere automatiserede. Den ene vej er virksomhederne selv, der skal være mere fremsynede og få medarbejderne uddannet. Den anden vej er nationale mål eller et større pres for at få automatisering i virksomhederne. Det har man i Kina og Korea.

## Udfordringen set fra producenter/leverandører, virksomheder og uddannelser

Set i et helikopterperspektiv er der blandt virksomheder, der anvender robotter, stor anerkendelse af og bevidsthed om, at robotter og cobots afhjælper mange u hensigtsmæssige arbejdssituationer og dermed dårlige jobs for medarbejdere i produktion og pakkeri. Både medarbejdere og ledere/mellemledere ser positivt på en øget automatisering, da det dels fremmer og understøtter produktiviteten samt konkurrenceevnen og dels åbner for nye, mere attraktive job. En gennemgående opfattelse er, at cobots er til småserieproduktion, hvor en udfordring er, at det kan være for tidskrævende at skifte emne eller værktøjer på cobots, hvorfor det ifølge nogens perspektiv er sådan at "arme og hænder stadig er det mest fleksible værktøj".

Set fra producenternes og leverandørernes side er der for mange virksomheder, der anskaffer en cobot uden at have en tilstrækkelig og overbevisende business case at beslutte sig ud fra. Det betyder, at de ikke præcis ved hvilke processer, der skal automatiseres, og hvilke emner, der skal indgå, og de har måske heller ikke haft en grundig sikkerheds- og risikoanalyse i forhold til, hvordan cobots spiller sammen med andet produktionsudstyr og medarbejdere især. Selv store virksomheder, der har erfaring med at integrere og arbejde med robotter og cobots, har øjensynligt også vanskeligt ved at opstille den gode business case, hvorfor der ofte er usikkerhed om værdien af cobots.

Hertil kommer, at der generelt er stor usikkerhed om, hvordan man skal håndtere krav eller mangel på samme til sikkerhed og arbejdsmiljø i forhold til at anvende cobots.

Denne opfattelse findes hos mange af de interviewede fremstillingsvirksomheder, som fremhæver, at det kan være svært at opstille en business case på indførelse af cobots. Nogle virksomheder ville ønske, at man kunne lave visualiseringer eller simuleringer af den proces, der skal automatiseres, og de tilknyttede processer. Hvis det samtidig var muligt at justere i en visualiserings-/simuleringsmodel, ville det yderligere være en hjælp. Udfordringer med opstilling af en business case er således ikke bare bundet til opstillingen af en økonomiske kalkule, men også til at kunne vurdere de rent tekniske udfordringer og muligheder.

Implementering af robotter og ikke mindst cobots har betydelige implikationer for de kompetencekrav, der stilles til medarbejdere i produktionen, og til den måde arbejdet bliver organiseret på.

Hvad angår kompetencekrav har robotter og cobots stor betydning for de jobs, der er i produktionen. For operatørerne medfører de nye job større ansvar for, hvordan den løbende produktion på maskinen (den samlede produktionsopsætning) med cobots og andre maskiner fungerer. Det drejer sig om et medansvar for planlægning af produktionen og logistikken i form af sikring af vare- og materialeflow,



kvalitetssikring og fejløverbågning (visuel kontrol) samt at kunne håndtere mindre fejlretning. Dertil kommer, at operatøren skal kunne foretage simple omstillinger eller små tilpasninger af maskinen/i programmerne. Kort og godt handler det om at sikre en løbende optimering af produktionen og afhjælpe eventuelle driftstop hurtigt og effektivt. Nogen taler om, at man skal beherske digitale analytiske kompetencer til realtidsstyring af maskinen.

Når der er behov for mere gennemgribende fejlretninger eller ændringer og tilpasninger af programmer mv., hvor man "går ind i cobotten", vil operatøren typisk skulle tilkalde en tekniker, der kan være placeret i mange forskellige afdelinger (vedligehold, produktionsteknik m.fl.). Teknikerne kan have forskellig baggrund. Det kan være en ikke-faglært superoperatør, der er blevet tilknyttet en tværgående PTA. Det kan være faglærte inden for maskinteknologi eller automatisering. Eller det kan være teknikumingeniører eller maskinmestre.

Der ses også en vis job- og ansvarsglidning mellem de dygtigste operatører og teknikerne, som betyder, at teknikerne bliver skubbet mere og mere væk fra problemløsning til i stedet at have fokus på forbedring og optimering. Dvs. mod mere udviklingsorienterede opgaver, som fordrer tekniske kompetencer om digital styring/programmering, herunder hvordan software kan integreres.

For at kunne udfylde disse jobfunktioner har de interviewede virksomheder fokus på en bred faglig, men også teknisk opkvalificering af operatører og teknikere. Her anvendes leverandørkurser, offentlige (efter)uddannelsestilbud og især egen introduktion og sidemandsoplæring, hvor sidstnævnte ofte står for en stor del af den gennemførte kompetenceopbygning. Sidemandsoplæring varetages, som begrebet signalerer, af andre erfarne medarbejdere på samme niveau i produktionen.

De interviewede virksomheder understreger, at oplæring til netop at betjene deres produktions setup er af vital betydning. Men der ses også en bekymring for, om denne sidemandsoplæring er systematisk og bred nok til at understøtte organisatorisk fleksibilitet, som fordrer, at operatører ikke bare kan betjene én type cobot (én produktionslinje), men kan flytte til andre produktioner, ligesom de skal kunne indgå i et tæt og lærende samarbejde med andre jobfunktioner/fagligheder i dagligdagen. Enkelte virksomheder har fokus på opkvalificering af de medarbejdere, som varetager sidemandsoplæring, og andre har udpeget særlige koordinatører (dygtige medarbejdere i produktionen) til at understøtte en fleksibilitet i organiseringen af arbejdet. Virksomheder synes søgende på, hvordan de kan komme videre ad denne vej.

Når virksomhederne efterspørger ikke bare tekniske, men også bredere kompetencer, hænger det sammen med, at succesfuld implementering af ikke mindst cobots er en proces, som forudsætter ledelsens og medarbejdernes involvering og engagement. For at kunne tilrettelægge nye cobotbaserede produktioner optimalt er det vigtigt at få al den viden frem og i spil om produktionen, som ikke nødvendigvis er registret og beskrevet, men i høj grad er indlejret hos medarbejderne som tavs viden. Det fordrer en åben virksomhedskultur, hvor medarbejdernes input betragtes som værdifuld viden, og hvor det samtidig er legitimt, at medarbejderne deler deres bekymringer i forhold til det nye udstyr, fx i forhold jobsikkerhed mv. På samme måde forventes det, at alle bidrager til og deltager i forbedringen af den eksisterende produktion og i udviklingsprojekter.

### **Læsevejledning**

Dette whitepaper er opdelt i to hovedsektioner. Den første sektion giver et overblik over udfordringerne ved konkurrencen på robotmarkedet samt indsigt i nyere undersøgelser om robotter og behovet for kompetencer. Den anden sektion sammenfatter om resultaterne af interviews med robotleverandører, virksomheder som bruger robotter og uddannelsesinstitutioner.

## 1. Robotter, markeder og kompetencer

I denne sektion undersøger vi den nuværende situation globalt og i danske industrivirksomheder, herunder både udviklere/producenter og brugervirksomheder. Hvor er markedet for robotter, og hvad er perspektiverne for danske virksomheder som hhv. robotleverandører såvel som robot- og cobotbrugere på et globalt marked?

Desuden gives et overblik over visioner for fremtiden og virksomhedernes oplevelse af barrierer i forhold til videreudvikling og brug af robotter i industrien. Hvad ved man om kompetencebehov i relation til robotter i industrien, og hvordan de kan tilgodeses? Kortlægningen vil give et overblik over de typiske barrierer, som virksomhederne møder, hvilke gab, der eksisterer, og hvilke virkemidler, der kan bringes i spil? Som grundlag for dette afsnit har vi trukket på nyere forskningslitteratur, patentdata, markedsrapporter samt resultater fra egne og andres surveys og undersøgelser samt interviews med Odense Robotics og Dansk Metal.

Industrien arbejder med både mere traditionelle robotter og cobots, og gennemgangen omfatter i princippet alle typer robotter. Dog vil det blive italesat, når fokus særligt er på cobots.

### 1.1. Industrien bliver automatiseret – kan Danmark bevare en plads i front?

Verdens største markeder for robotter er Kina, Japan, USA, Korea og Tyskland. Alle lande med en stærk bilindustri, men Kinas optræden på listen er værd at bemærke, og det, man kunne opfatte som et lavtlønsland, står for fire ud af ti robotinstallationer og er verdens største marked for robotter (Müller & Kutzbach, 2020). World Robotics rapporten (Müller & Kutzbach, 2020) opregner antallet af robotter i forhold til antal ansatte i industrien i de enkelte lande og finder, at Singapore lægger sig i spidsen med 918 robotter pr. 10.000 ansatte, og fortsat i top fem er Korea (855 robotter pr. 10.000 ansatte i industrien), Japan (364), Tyskland (346) og Sverige (277).

I 2019 var der 243 robotter i Danmark pr. 10.000 ansatte i industrien, hvilket er et stort antal i betragtning af, at Danmark ikke har en bilindustri eller anden storskalaindustri. Det bringer Danmark på en sjettedeplads over verdens robotnationer. I Kina er tallet 187 robotter pr. 10.000 ansatte i industrien, men det er også der, hvor væksten er stærkest. Hvis antallet af robotter pr. 10.000 ansatte i en anden industri end automobil opgøres, så er Danmark på en tredjeplads overhalet af Korea (657) og Japan (297).

Billedet og positionerne er dog ikke statiske og må forventes at udvikle sig kraftigt de næste 10 år. En fremskrivning foretaget af Teknologisk Institut, baseret på den årlige tilvækst de seneste 10 år, viser, at Singapore forøger antallet af robotter 13 gange, Kina 12 gange og Danmark 1,6 gange. Figur 2 viser rangeringen af top-15 lande for perioden 2010-2030. 2010-2019 har forskubbet Danmark fra en femteplads i 2010 til en sjettedeplads.<sup>2</sup>

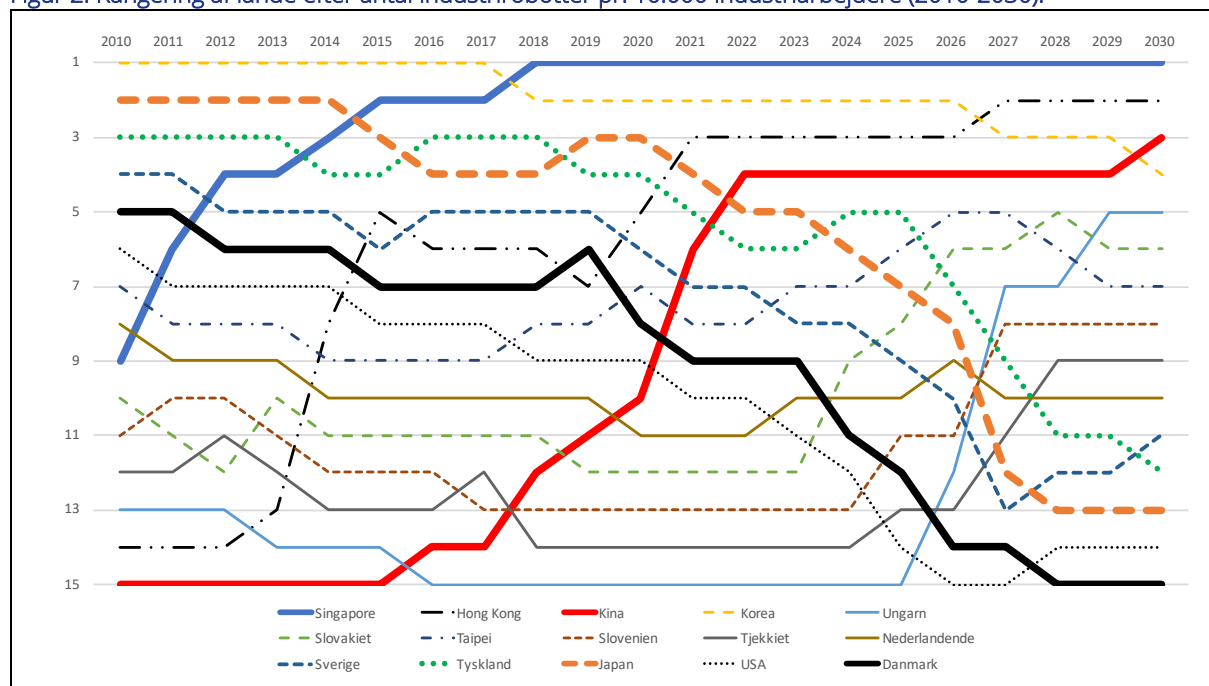
Men udviklingen i de øvrige lande er langt kraftigere, og fortsætter den udvikling i lige linje, så vil Singapore i 2030 have flere robotter i arbejde end industriarbejdere. Kina vil her være på en tredjeplads med 3.000 robotter pr. 10.000 medarbejdere, mens Danmark vil være på en femtendeplads med 413 industrirobotter pr. 10.000 medarbejdere. I 2010 lå Kina på en femtendeplads.

---

<sup>2</sup> Alle beregninger her på antal robotter, industriarbejdspladser mv. bygger på tal fra World Robotics rapporten (Müller & Kutzbach, 2020). Grafen er en forenkling som følger placeringen af top-15 lande i 2010 over tid. DK i 2010 lå på en suveræn 5. plads, hvorimod DK i 2019 ligger snævert foran på en delt sjettedeplads med mange andre lande.

Fremskrivningen her er naturligvis et groft overslag, for alt andet er sjældent lige over en 10-årig periode. Fx betød handelskrige i 2018/19 en lille nedgang i robottilvæksten, og COVID-19 kan også spille ind. Der kommer altså i en 10-årig periode andre begivenheder til, som hæmmer eller fremmer udviklingen. Men trenden er klar og illustrerer behovet for, at automatiseringen i Danmark accelereres. For i lyset af væksten i andre lande er placeringen i top 10 ikke givet.

Figur 2: Rangering af lande efter antal industrirobotter pr. 10.000 industriarbejdere (2010-2030).



Note: Egne beregninger og fremskrivning for 2020-2030 baseret på den årlige vækst for 2010-2019 (Müller & Kutzbach, 2020). Skalaen på y-aksen er rang i verden, så fx det land, der i et givet år har flest industrirobotter pr. 10.000 industriarbejdere, er nr. 1 osv.

World Robotics rapporten (Müller & Kutzbach, 2020) opgør brugen af robotter i verden for 2019, herunder også hvad robotterne anvendes til. Der opdeles i 11 funktioner, som robotter typisk har, samt kategorien andet. For langt de fleste lande ligger "andet" kategorien på 5pct.-15 pct., mens "andet" kategorien for Danmark fylder hele 36 pct. Det kan tolkes, som at robotter anvendes mere fleksibelt i Danmark end andre steder i verden<sup>3</sup>, fx til småskalaproduktion med behov for større grad af omstilling. I så fald illustrerer det, at robotterne og automatiseringen styrker konkurrencekraften i dansk industri på flere innovative og nye måder.

World Robotics rapporten (Müller & Kutzbach, 2020) opgør brugen af robotter i Danmark til at være særlig udbredt i fødevarer-, plast- og metalindustrien, men fordi en stor andel er "andet", er denne opgørelse usikker.

Over for det står en opgørelse fra rapportserien "Fremtidens teknologi i danske virksomheder" (Sørensen, 2018) fra 2018, som opgørte, at 44 pct. af fremstillingsvirksomhederne med mellem 10 – 1.000 ansatte får hjælp fra robotter. Analysen viser videre, at virksomheder i stort tal står klar til at investere i robotter i de kommende år. Udviklingen findes i alle brancher, og i nogle brancher, fx i tekstil- og læderindustrien, ser skiftet ud til at blive ganske dramatisk i de kommende år. For alle

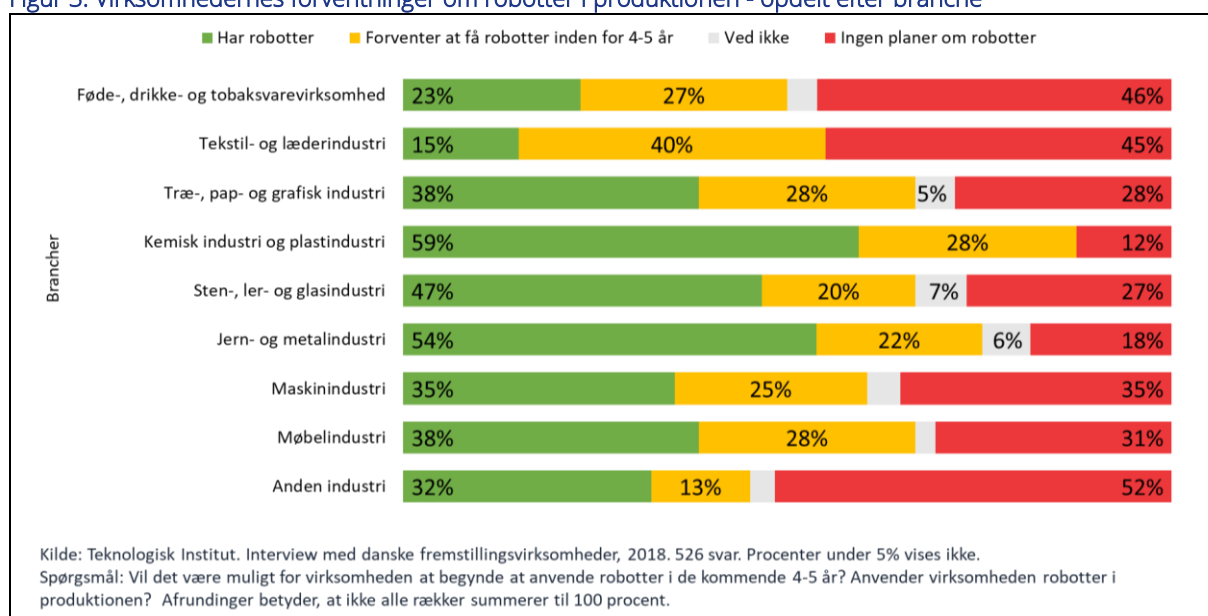
<sup>3</sup> "Andet" kategorien kan også skyldes usikre opgørelser, og i rapporten noteres det, at der for Danmark er en vis usikkerhed om, hvordan robotterne anvendes og i hvilke industrier.

brancher gælder, at det især er i større, internationalt orienterede og innovative eksportvirksomheder, at robotterne bliver sat i arbejde, men selv i de mindre virksomheder findes der robotter.

Virksomheder med robotter har i gennemsnit seks robotter i arbejde, og andelen af danske fremstillingsvirksomheder, der anvender robotter, er steget med 50 pct. siden sommeren 2015. I alt blev 526 danske fremstillingsvirksomheder i et repræsentativt udsnit interviewet. De noget højere tal i denne undersøgelse antyder, at World Robotics rapporten (Müller & Kutzbach, 2020) i nogen grad undervurderer anvendelsen af robotter i Danmark.

McKinsey (McKinsey, 2019) nævner en række trends, der driver udviklingen mod stadig mere automation: Faldende priser, lettere at anvende, forbinde og vedligeholde, stigende udbud, bedre teknologi, stigende lønninger, bedre adgang til kompetencer og lethed i konfigurationen.






Figur 3: Virksomhedernes forventninger om robotter i produktionen - opdelt efter branche



## 1.2. Markedet for kollaborative robotter i vækst

Markedet for kollaborative robotter er indtil videre et nichemarked, som med omkring 14.000 enheder i verden (IFR, 2019) udgør under fem pct. af de solgte robotter. Dog er det en teknologi i hastig vækst, og selvom der over tid har været et mindre fald, forudser markedsrapporter en årlig vækst på 28 pct. frem mod 2025 til en samlet global markedsværdi på 2,3 milliarder dollars. Internationalt er vækstdriverne for cobots en øget efterspørgsel på automation, økonomisk overkommelig teknologi med hurtig tilbagebetaling, teknologisk udvikling af applikationsmuligheder, i nogle tilfælde statsstøtte og en hurtig udvikling af nye digitale teknologier i industrien som 5G, IoT mv. (BIS Research, 2020). Samme kilde noterer, at markedet for kollaborative robotter er domineret af europæiske virksomheder, der har været de hurtigste til at optage kollaborativ robotteknologi, men væksten er stærkest i Asien. Market & Places har været endnu mere optimistiske og har forudset vækstrater helt op til 41,8 pct. frem mod 2025, hvor alene omsætningen på mekaniske cobotarme forventes at nå 11,2 milliarder dollars i 2030 (Markets & Markets, 2019). Nøgleord for væksten er her præcision, effektivitet og fleksibilitet.

Figur 4: Cobots fra Siasun, Elephant og Doosan - fra deres websites

  <p><b>XCR20-1100 Cobot of Siasun</b></p> <p>SIASUN XCR20-1100 is the latest cobot product of SIASUN with a payload up to 20kg with various advantages such as Collaborative Safety, High Payload, Easy-to-use, Low Power Consumption, Fast Deployment Change-over<sup>4</sup>. Set på Alibaba fra \$22,000 - \$66,000.</p>	  <p><b>myCobot</b></p> <p>myCobot is the world's smallest and lightest six-axis collaborative robot, jointly produced by Elephant Robotics and M5Stack. 3.600 kroner<sup>5</sup>. With a weight of 850g, a payload of 250g, and an arms-length of 350mm, myCobot is compact, but powerful.</p>	  <p><b>Doosan A0509 Collaborative Robot</b></p> <p>The A-Series boasts unrivaled speed and accuracy (due to the lower payload and reach) perfect for fast-paced collaborative environments<sup>6</sup>. Set til \$30.000.</p>
---	--	---

I 2019 forventede Markets & Market, at markedet for kollaborative robotter i Europa ville blive overhalet af APAC-landene<sup>7</sup>. Det er firmaer som Doosan Robotics (Syd Korea) og Techman Robots (Taiwan), der melder sig som leverandører af robotter på det asiatiske marked til især bilindustri, elektronikindustri og metalindustri. Også kinesiske firmaer er på vej med kollaborative robotter såsom Siasun (Kina), Elephant Robotics (Kina) og Han's Robot (Kina).

<sup>4</sup> <http://www.siasun.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=276&id=703>

<sup>5</sup> <https://shop.elephantrobotics.com/products/mycobot-worlds-smallest-and-lightest-six-axis-collaborative-robot>

<sup>6</sup> <https://diverseco.com.au/robotics/robot-models/cobots/>

<sup>7</sup> APAC: Asia-Pacific – landene omkring Stillehavet.

Figur 5: Cobots fra Universal Robots, Aubo og Rethink - fra deres websites

 <p><b>Universal Robots UR5/UR5e</b></p> <p>850mm working range, 5kg payload, controller: CB3/CB5 &amp; 12" polyscope control panel, repeatability: 0,1mm (UR5)   0,03 mm (UR5e), Force Momentum Sensor (UR5e), Every UR will be delivered incl. control box, teach pendant &amp; robot arm. Priser omkring \$35.000.</p>	 <p><b>AUBO AUBO-i7 Collaborative</b></p> <p>AUBO Robotics AUBO-i7 is a collaborative industrial robot certified safety functions, hand guide operation, and power and force limiting design type robot<sup>8</sup>.</p>	 <p><b>Sawyer BLACK Edition</b></p> <p>Sawyer is delivered as an out-of-the-box cobot solution, equipped with the powerful Intera software and two integrated camera systems. The built-in force-sensing capabilities allow Sawyer, also as BLACK Edition, to make adaptive decisions while executing tasks<sup>9</sup></p>
--	---	--

Helt i front med kollaborative robotter er danske<sup>10</sup> Universal Robots med en estimeret markedsandel på 44-47 pct. (2019). Andre store spillere på markedet for cobots er AUBO Robotics (US), FANUC (JP), Reethink Robotics (DE), Techman Robot (Taiwan) mv. (BIS Research, 2020).

Market & Markets nævner også KUKA (DE), Doosan Robotics (Sydkorea), ABB (Sverige), YASKAWA (Japan) og Precise Automation (S). Nye spillere er Automata (UK) og Productive Robotics (US) (Markets & Markets, 2019). Ifølge Market & Markets drives væksten og optaget af robotter i industrien af lave priser på robotterne samt hurtighed og lethed i programmeringen.

Bisresearch noterer, at cobots anvendes til at håndtere materialer (24 pct.), til mindre samleopgaver (21 pct.) eller til at passe CNC-maskiner (19 pct.). Især cobots med et payload på +10 kilo og med stor rækkevidde forventes at tage større markedsandele, hvis det ikke kompromitterer fx akkuratesse eller hastighed. Endelig nævner rapporten, at der i verden er mere end 50 virksomheder, der leverer cobots,

<sup>8</sup> <https://www.automation.com/product/aubo-i7-collaborative-robot.html>

<sup>9</sup> <https://www.rethinkrobotics.com/sawyer>

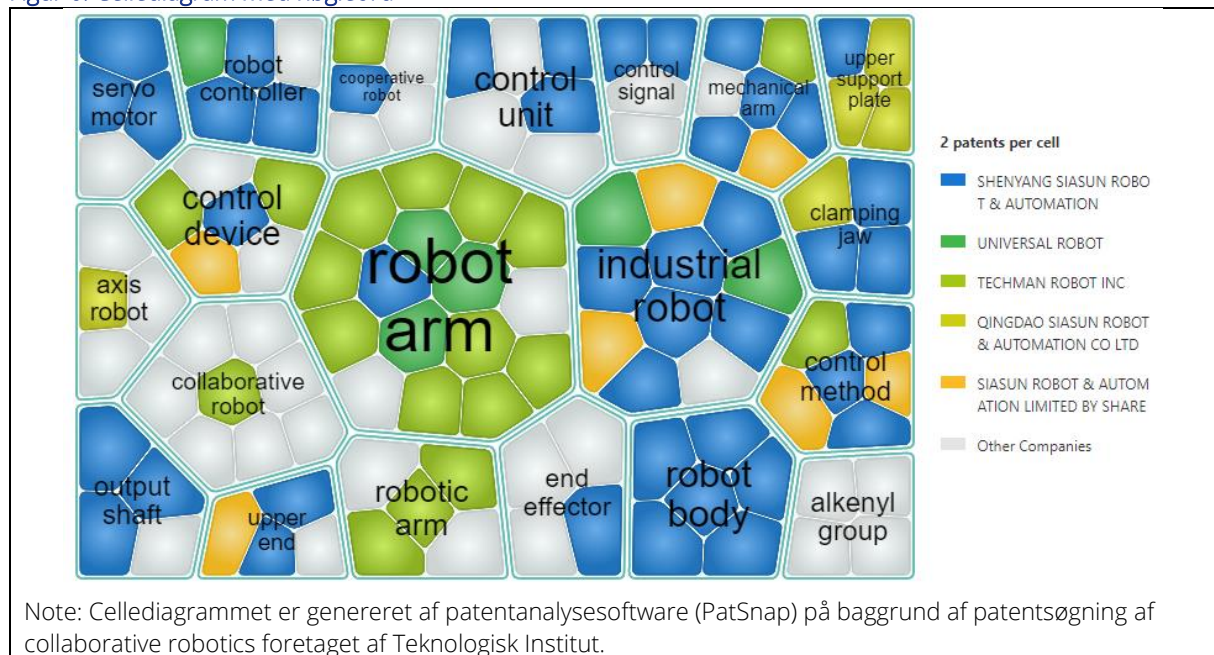
<sup>10</sup> Ejet af amerikanske Teradyne Inc. (US) siden 2015. I 2019 havde Universal Robotics kontorer i 20 lande verden over, og robotterne kan omstilles til en lang række specialfunktioner. Desuden leverer en lille underskov af virksomheder løsninger baseret på UR's platform -fx Technam Robot (Taiwan), Robotiq (Canada), Zimmer Group (DE), PIAB (Sweden), ATI (US), SICK (Germany), og Vention (Canada).

men kun få har nået større skala. Cobots kan ikke anvendes i alle opgaver, og et studie (Dannapfel M, 2019) har vha. en survey vist, at 61 pct. af de adspurgte virksomheder ikke har processer, der egner sig<sup>11</sup>.

### 1.2.1. Innovation i kollaborative robotter tager fart i Asien

Den hastige udvikling og den stigende asiatiske konkurrence understreges af en hurtig analyse af patenter på kollaborative robotter<sup>12</sup> gennemført af Teknologisk Institut. Teknologisk Institut finder i alt 2.196 patenter<sup>13</sup>. 836 af disse patenter er udtaget i mindst to lande. Hovedparten af patenterne er udtaget af kinesiske Siasun Robotics (378 patenter) og Techman Robots (41 patenter), mens Universal Robotics indgår med 46 patenter. I alt er 47 pct. kinesiske patenter. Sættes skillelinjen ved patenter udtaget i tre eller flere lande, er der 336 patenter, og her træder Universal Robots tydeligt frem med 40 patenter, men kinesiske Siasun har lige så mange patenter.

Figur 6: Cellediagram med nøgleord



I ovenstående "cellediagram" vises nøgleord fra de mest patenterende virksomheder, og hvor patenthavernes nøgleord koncentrerer sig. Den relative dækning er repræsenteret med antal celler for hver patentejer, og hver celle repræsenterer det samme antal patenter (i dette tilfælde; to). Diagrammet kan fortolkes som et udtryk for, at de stærkeste patenthavere står stærkest. Universal Robots dominerer celler omkring "industrial robot" og "robot arm", men Siasuns blå, grønne og orange farver dominerer det samlede billede. Antallet af patenter kunne gøres op pr. capita eller pr. industriarbejder, og så ville Universal Robotics stå endog meget stærkt, relativt set. Men i absolutte tal er konkurrencen fra Asien mere end tydelig.

<sup>11</sup> Forskerne sendte spørgeskemaet til 6.700 virksomheder i Tyskland, Østrig og Schweiz, men fik kun svar på 371 skemaer, så procenterne skal fortolkes mere end varsomt, da studiet ikke kan anses for repræsentativt.

<sup>12</sup> Der findes ikke teknologikoder, der kan indkredse kollaborative robotter, så her er anvendt nøgleord og virksomhedsnavne. Søgningen går primært på den tekniske platform: TACD\_ALL:("cobot\*" OR "collabora\* \$w5 robot\*") OR ALL\_AN:("Univers\* robot\*" OR "Elephant Robot\*" OR "Han's Robot\*" OR "Siasun Robot\*" OR "AUBO robot\*" OR "FANUC Robot\*" OR "Reethink Robot\*" OR "Techman Robot\*" OR "automata robot\*" OR "YASKAWA robot\*") OR ALL\_AN:("Universal Robot\*")

<sup>13</sup> Der er ikke søgt særskilt på udstyr som fx gribere, vision, AI eller andet.

## 1.2.2. Robotklyngen i Danmark – esset i ærmet

For dansk industri udgør robotklyngen i Danmark således en styrke, hvor teknologi og kompetencer kan udvikles i samspil. Styrkepositionen i Danmark er måske i særklasse en styrke for SMV-segmentet i industrien, som drager fordel af nærheden til teknologiudviklingen og en dynamisk forsknings- og innovationsinfrastruktur. Cobots og agil produktion er især en styrke i de virksomheder, der arbejder med små produktionsserier og specialiseret produktion. Universal Robots er en del af klyngen, og det er klart en styrke, som giver mulighed for innovation, forretning og udveksling af knowhow mellem robotproducenter, komponentleverandører og integratorer. Ydermere giver det mulighed for udveksling og samspil med forsknings- og innovationsinfrastrukturen i GTS og på universiteter.

Iris Group (Iris Group, 2019) har for robot-alliance.dk studeret robotklyngen i Danmark. Iris konkluderer bl.a.:

*"I modsætning til flere af de udenlandske robotklynger er den danske klynge og styrkeposition ikke knyttet til en bestemt industri, og de kollaborative industrirobotter har brede anvendelsesmuligheder og store vækstpotentialer."*

De konkluderer yderligere:

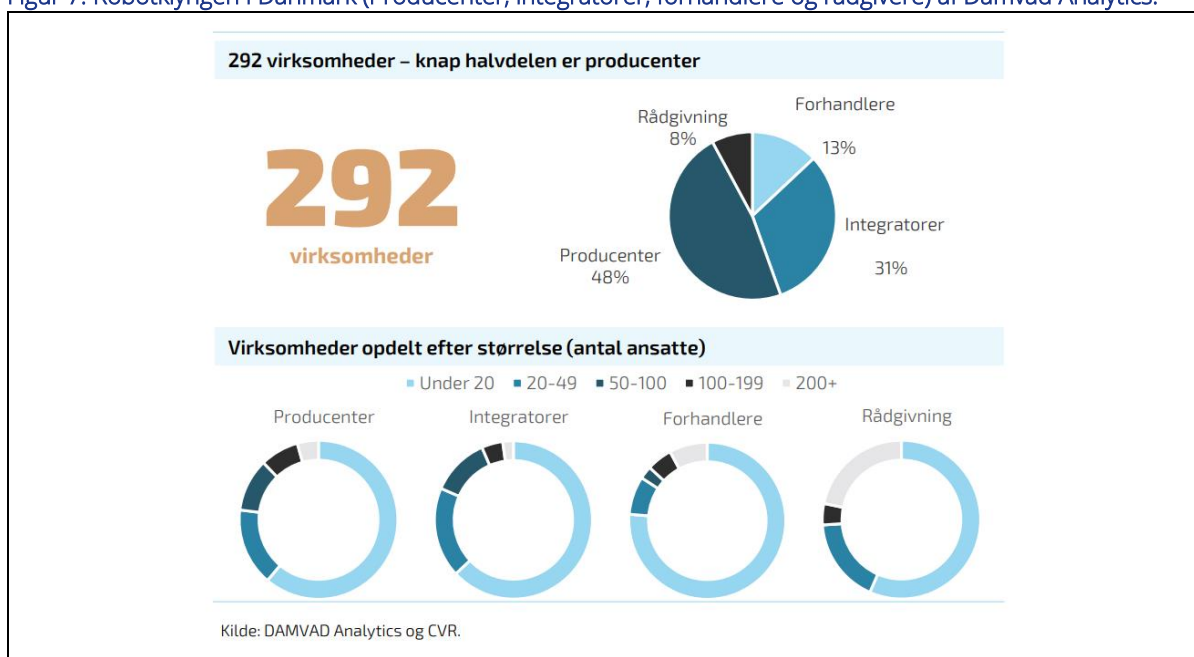
*"Generelt fremstår det danske økosystem og samarbejdet mellem de forskellige aktører (virksomheder, universiteter, GTS'er, myndigheder, klyngeorganisationer mv.) på robotområdet ekstraordinært stærkt. Ingen andre europæiske lande har tilsyneladende arbejdet lige så systematisk og strategisk med at gøre udvikling og produktion af robotter til et selvstændigt vækstområde."*

## 1.3. Værdikæden for dansk robotindustri

Iris Group vurderede, at virksomhederne inden for robot-og automationsområdet i 2017 beskæftigede ca. 8.500 årsværk. med en årlig vækst på knap 7,5 pct. En tilsvarende rapport fra Damvad Analytics i 2020 (Damvad Analytics, 2020) forudser, at robotklyngen vil beskæftige op mod 25.000 personer i 2025 og have en samlet omsætning på 52 mia. kroner, heraf 31 fra eksport. Damvad fandt 292 robotvirksomheder i Danmark, hvoraf halvdelen producerer robotter, mens en lille tredjedel er systemintegratorer. Endelig udgør forhandlerne 13 pct. og rådgiverne otte pct. af virksomhederne.



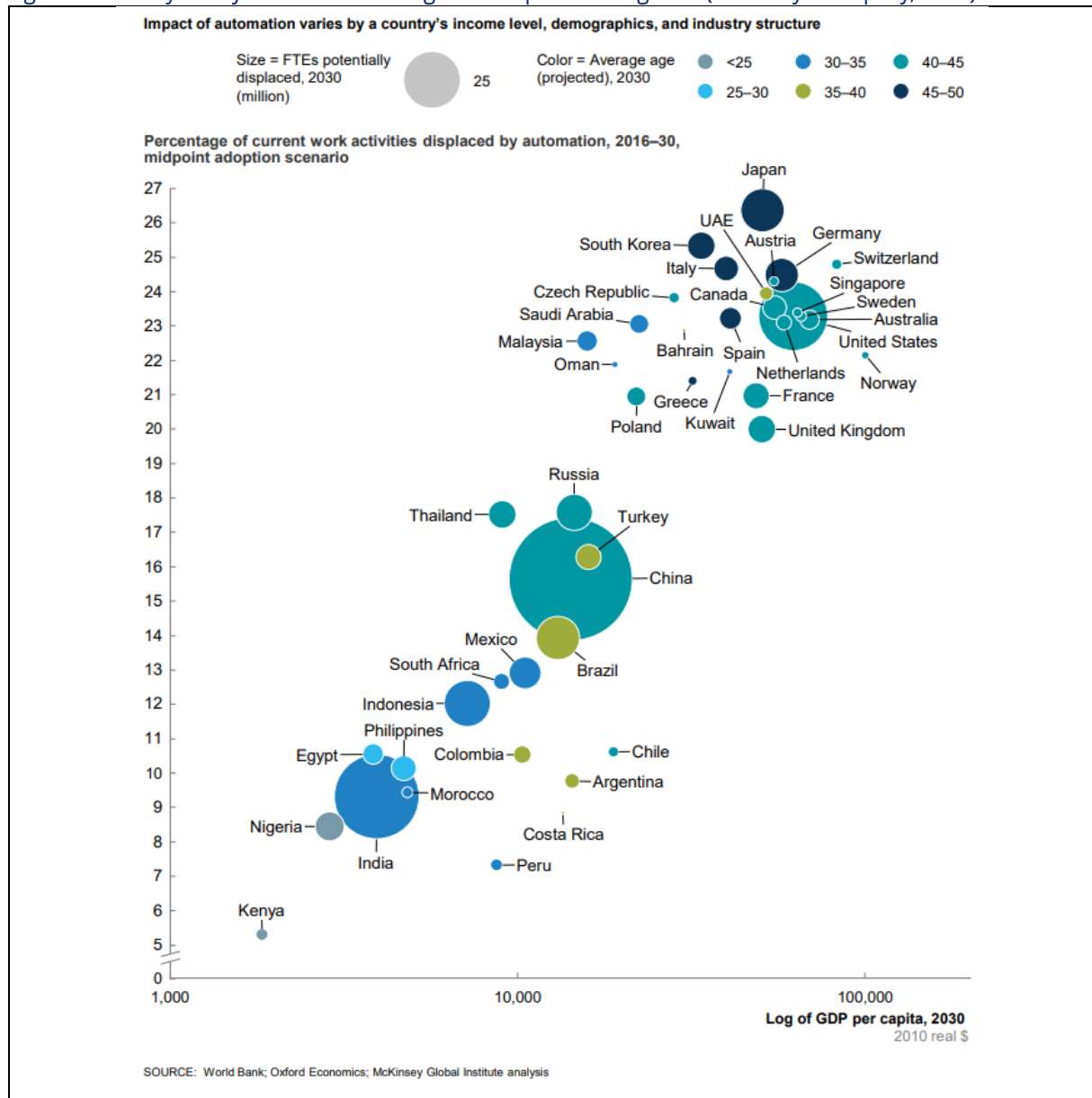
Figur 7: Robotklyngen i Danmark (Producenter, integratorer, forhandlere og rådgivere) af Damvad Analytics.



#### 1.4. Robotter og teknologi – arbejdet skifter karakter?

I industrien har teknologi gennem historien løbende ændret behovet for kompetencer. Engang var der brug for fyrbødere, hjulmagere eller telefonister, og nu er det cobotoperatører, der efterspørges. Nye teknologier i industri 4.0 ændrer kompetence- og jobprofiler for de mennesker, der skal arbejde med teknologierne, og McKinsey har estimeret, at et sted mellem 75 og 375 millioner arbejdere (svarende til 3pct.-14 pct. af den globale arbejdsstyrke) kommer til at skifte jobkategorier frem mod år 2030 – dvs. anvende nye kompetencer (McKinsey&Company, 2017).

Figur 8: McKinseys analyse af automation og effekten på beskæftigelsen (McKinsey&Company, 2017)



Figur 8 er fra McKinsey og viser, hvordan andelen af arbejdspladser, der skifter på grund af automation, korrelerer med BNP – og at de gamle industrinationer ligger i spidsen. Værd at bemærke er, at ændringerne i BRIC-landene er lige i hælene, fordi det også i disse lavtlønslande er en fordel at automatisere.

Danmark indgår ikke i figuren, men alligevel er det en nærliggende konklusion, at hvis danske industrivirksomheder skal holde sig i front, så er konstant innovation i automationen nødvendig, for verden er i bevægelse. Det samme gælder naturligvis Danmarks status som højt lønsland. De høje lønninger kan bevares ved at præstere bedre end andre ved hjælp af teknologi og kompetencer.

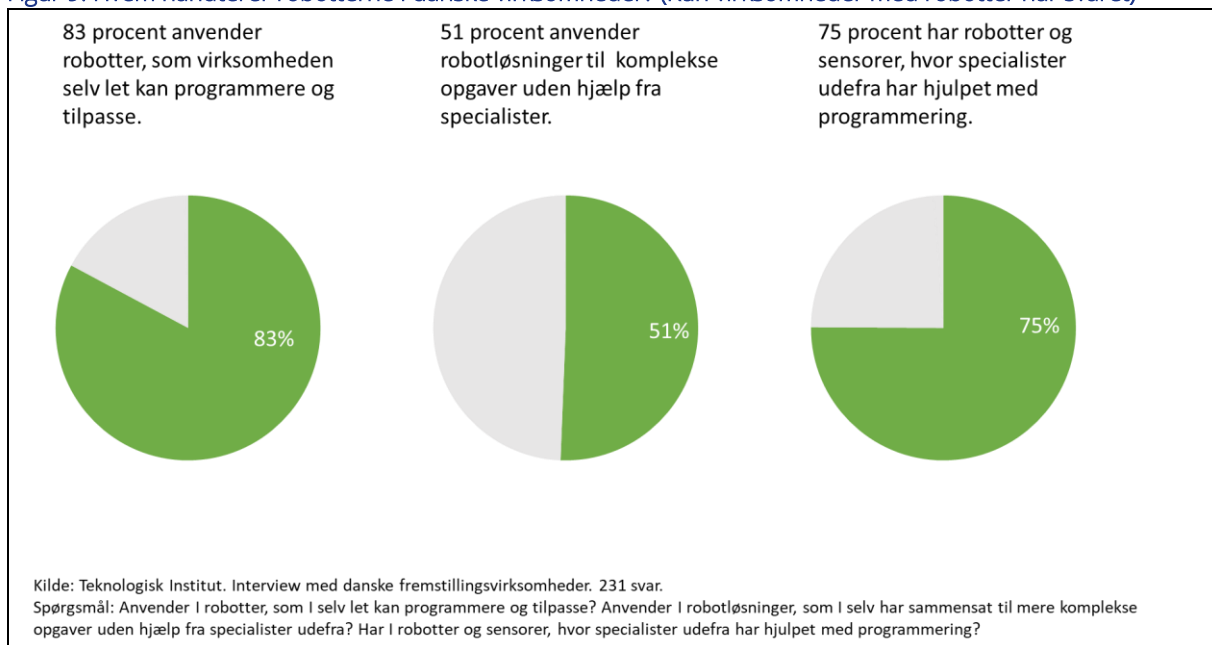
#### 1.4.1. Agilitet er et nøgleord

Evnen til at omstille og tilpasse robotter samt produktionsceller hurtigt og fleksibelt, så det svarer til efterspørgslen, kan være afgørende for mindre virksomheder. Teknologisk Instituts analyse fra 2018 (Sørensen, 2018) viste, at virksomhederne i Danmark har alle typer robotter i arbejde. 83 pct. af

virksomhederne med automatisering har robotter, der er lette at programmere og tilpasse. Det kan typisk være samarbejdende robotter ("co-worker"-robotter), som hurtigt kan omkodes eller instrueres i arbejdsopgaver.

Halvdelen af virksomhederne har mere komplekse robotløsninger, som de selv kan sætte i arbejde uden hjælp udefra af specialister. Endelig er der de robotter, hvor det er nødvendigt med specialister udefra for at få robotten programmeret til at spille sammen med fx sensorer. Specialister udefra kan fx være robotleverandøren eller leverandøren af det udstyr, som robotten skal kunne udnytte.

Figur 9: Hvem håndterer robotterne i danske virksomheder? (Kun virksomheder med robotter har svaret)



De næste trin, hvor danske industrivirksomheder kan bevare førerpositionen, kan være at øge ledere og medarbejders evne til agil produktion gennem automation samt at finde innovative og avancerede måder at udnytte robotter på. I de lande Danmark konkurrerer med, bliver der, som vist ovenfor, i stadig større omfang taget robotter i brug i produktionen. Automatiseret produktion er ikke i sig selv en konkurrencemæssig fordel, hvis ikke anvendelsen af robotterne er mere effektiv og fleksibel end i andre lande. I lyset af udnyttelsen af robotter i andre lande, så vil det, at virksomheder selv kan sætte robotter i arbejde på mere avancerede og innovative måder, være medvirkende til at bevare konkurrencemæssige fordele for danske virksomheder.

I et agilt produktionssystem vil det være afgørende, at virksomhedens egne medarbejdere, operatører og teknikere hurtigt og kvalificeret kan omstille produktionen efter markedskrav frem for at være afhængige af ekstern hjælp. På samme måde kan eksempelvis hvem som helst købe sav, hammer, tomrestok og skruetrækker og bruge dem, men det tager alligevel lang tid og en uddannelse at blive en dygtig snedker.

Market and Markets (Markets & Markets, 2019) peger på, at både SMV-segmentet og større virksomheder kan øge kvalitet og produktivitet med kollaborative robotter, samtidig med at medarbejdertilfredsheden øges. Robotterne klarer det kedelige, det farlige og det ensidigt gentagne arbejde.

## 1.4.2. Robotter og beskæftigelse – er der hænder nok til smart teknologi i Danmark?

Cobotindustrien er i stærk vækst og alligevel på mange måder i sin vorden (Mikkel Knudsen, 2020), og der er både økonomiske, sociale og teknologiske udfordringer for teknologien ifølge et metastudie fra Finland Futures Research Centre (Mikkel Knudsen, 2020). Økonomiske udfordringer er at tilpasse forretningsmodeller og værdiansættelser. Sociale udfordringer handler om at optimere samarbejdet mellem menneske og maskiner, og rent teknologisk er der fortsat udviklingsbehov hvad angår programmering og instruktioner med det formål at gøre cobots mere simple, samtidig med at de bliver mere avancerede med fx AI.

Det er en betydelig vækst alene i robotklyngen, og indregnes de industrivirksomheder, som i stigende grad skal bruge robotterne, så kan der forventes en stor efterspørgsel efter kompetencer.

Arbejderbevægelsens Erhvervsråd (Emilie Agner Damm, 2021) har i en fremskrivning beregnet, at der frem mod 2030 vil mangle 99.000 faglærte, og da de eksisterende faglærte ikke bare kan løbe hurtigere og arbejde i længere tid, så er der behov for at kunne arbejde smartere og automatisere mere i industrien (Nielsen, 2021). Rapporten fra Arbejderbevægelsens Erhvervsråd beregner også, at der i 2030 vil være et overskud i forhold til forventet efterspørgsel på 59.000 ufaglærte, 51.000 studenter uden yderligere uddannelse og 25.000 med en lang videregående uddannelse. Til undersøgelsen skal bemærkes, at en fremskrivning på 9 år er lang tid, og meget kan nå at ændre sig i både efterspørgsel og udbud. Men fremskrivningen er dog et varsel om, at manglen på faglært arbejdskraft alt andet lige kan blive alvorlig.

Omskoling og efteruddannelse kan blive nødvendigt, hvis efterspørgslen ikke ændrer sig med udbudet, og måske både ufaglærte og akademikere skal tænkes med ind i en kompetencemæssig opgradering til at kunne forstå eller bruge cobots næsten på linje med faglærte.

## 1.4.3. Cobots er ikke kun intuitive værktøjer

Opfattelsen er ofte, at cobots frigør virksomhederne fra at kunne særlige programmeringsværktøjer, og at problemer først skal løses som algoritmer. Cobots markedsføres med mere intuitive interfaces og med den påstand, at cobots lettere kan ændres.

Men forskning fra det tekniske universitet TU i Wien og Fraunhofer viser, at det intuitive i cobots endnu ikke arbejder helt så intuitivt, for der mangler standarder og vejledninger.

Det er nødvendigt med læring og træning, der er tilrettet det niveau, som brugerne skal kunne anvende cobotten på (Christina Schmidbauer, 2020). Et andet forskerhold (T.B. Ionescu, 2019) har opdelt brugerinterfacet (UI) for robotter i fire klasser: 0, 1, 2 og 3. Klasse 0 (bystander) er, hvor operatøren blot behøver at vide, om apparatet er tændt. Klasse 1 (modifier) er, hvor operatøren kan lave simple ændringer i robotens operationer. Klasse 2 (programmer) er, hvor operatøren kan ændre kontrolprogrammet. Endelig er klasse 3 (integrator), hvor operatøren kan kombinere robotten med nye værktøjer, sensorer og gribere.

Schmidbauer et al. (Christina Schmidbauer, 2020) har anvendt netop denne opdeling i deres analyse og udviklet et overblik over kompetencer og læringsmål, der er nødvendige på de forskellige niveauer. Tabellen er gengivet nedenfor, og læringsmål kan opdeles på forskellige dimensioner (Egen oversættelse).

Tabel 2: Skitse til cobotundervisningskoncept (egen oversættelse efter Schmidbauer et al.)

Niveau	Nødvendige kompetencer	Læringsmål efter dimensioner			Læringskoncept
		Kognitiv	Følelse	Psyko-motorisk	
Niveau 0 <b>Bystander</b>	Forståelse af sikkerhed.	Sikkerhedsrelateret og forståelse af risiko.	Bevidsthed om mulige risici.		Kombiner generelle sikkerhedsinstruktioner med cobotspecifikke instruktioner på en let forståelig måde, fx i handout, og vær sikker på at alle har forstået instruktionen. Test.
Niveau 1 <b>Modifier</b>	Forstå modifikation og den kinematiske <sup>14</sup> struktur af cobotten og dens adfærd.	Muligvis ændringer i software, basal mekanisk forståelse, kinematik.	Accept af tekniske begrænsninger, tillid til virkemåden.	Guidning af cobots med hånden eller let træning.	Meget basal teoretisk viden om fysiske egenskaber af cobot. Vise de tekniske egenskaber og træne fysisk interaktion. Giv eleverne opgaver.
Niveau 2 <b>Programmering</b>	Logisk forståelse, basal viden om programmering.	Kunne programmeringsinterface.	Forståelse af afhængigheder.		Forklare og træne programmeringsinterface, hav dokumentation af procedurer, giv eleverne avancerede opgaver.
Niveau 3 <b>Integrator</b>	Avanceret forståelse af interface og programmering.	Avanceret forståelse af afhængighed og sikkerhed.	Accept af sikkerhedsprocedurer.		Forklare cobots arkitektur – hardware og software – gennem grafik, tekster og træning. Dokumenter sikkerhedsforskrifter, hav en guide for konsistent interfacedesign.

Schmidbauer et al. (Christina Schmidbauer, 2020) konkluderer, at selvom cobots markedsføres som intuitive, så er der betydelige udfordringer, når cobots skal bruges agilt i virksomheder. Der skal læring og træning til, før cobots for alvor er produktive redskaber i en agil produktion.

Alle kan købe robotter, og moderne cobots er umiddelbart ret enkle at konfigurere, men det kræver dygtighed og kompetencer at blive dygtig til at se og udnytte mulighederne. Derudover spiller ledelsessystemerne i virksomhederne en afgørende rolle i forhold til at have blik for de muligheder, cobots kan have. Der er virkelig mange måder at programmere cobots på, og mange opstillinger skal fortsat bringes fra laboratoriestadiet til et virkeligt, industrielt miljø (Shirine El Zaataria, 2019).

## 1.5. Hvad står i vejen for cobots?

VTT i Finland har set på barrierer for optaget af kollaborative robotter (Aaltonen, 2020)<sup>15</sup> og konkluderer, at cobots repræsenterer "the missing link" med fleksibel produktion, simpel programmering og muligheden for at arbejde tæt på mennesker uden større sikkerhedsforanstaltninger. I den finske survey var den mest almindelige barriere manglende viden. Manglende viden om fx applikationer, gode eksempler, lovgivning og almindeligt kendskab til cobots, herunder fordomme, står i vejen for brug af cobots, og det mest presserende udviklingsbehov, fandt VTT, er at finde nye veje for arbejdsdeling mellem medarbejdere og cobots. Andre barrierer nævnt var fx langsommelighed, low payload, integration i eksisterende produktion, ansvarsfordeling, sikkerhed ved griberne og vanskeligheder ved at tilpasse løsninger til behovet.

Analyser fra Ingeniørforeningen (Larsen, 2019) og fra Teknologisk Institut "Fremtidens teknologi i danske virksomheder" (Sørensen, 2018) viser på samme måde, at viden kan være en barriere. Mange virksomheder går i stå i deres investeringer i robotter, fordi det kan være svært at se, hvor robotten kan hjælpe i fx mindre produktioner, og virksomhederne mener selv, at de har god indsigt i, hvad robotteknologi kan og ikke kan. Det kan være en misforståelse hos nogle virksomheder, for robotteknologien er i rivende udvikling. Det kan ovenikøbet være en farlig misforståelse, hvis virksomheden går glip af

<sup>14</sup> Kinematik = matematiske beskrivelse af bevægelse

<sup>15</sup> Studiet fra VTT var finansieret af TEKES, den finske styrelse for Teknologi og Innovation, VTT selv og finske virksomheder.

effektiviseringsgevinster, som konkurrenterne pludselig høster. Med til billedet hører, at mere end hver femte virksomhed, der i 2018 ikke havde robotter, var ved at gøre sig klar til at indføre dem. Det er en klar indikation på et robotmarked i vækst med plads til specialiseringer inden for de enkelte brancher. Virksomhederne har fokus på robotternes nytteværdi og effekt som værktøj i deres produktion.

En af brobyggerne mellem robotindustrien og industrien i Danmark er Cobots Knowledge Lab<sup>16</sup> støttet af Industriens Fond. En undersøgelse fra Cobots Knowledge Lab (Peter Lemcke Frederiksen, 2020) viste, at blandt virksomhederne, som ikke anvender cobots, men gerne vil i gang, er der i alle tilfælde et stort fokus på økonomiske gevinster, mens det i gruppen af virksomheder, som allerede anvender cobots, forholder det sig anderledes. Hos dem, der allerede anvender cobots, er fokus på økonomiske fordele typisk nedtonet i forhold til andre fordele såsom at følge med den teknologiske udvikling, at være en attraktiv arbejdsplads, at udvikle medarbejderne og at skabe værdifuld læring i organisationen.

Undersøgelsen (Peter Lemcke Frederiksen, 2020) viste videre, at både virksomheder, der anvender cobots, og virksomheder, der ikke gør, oplever, at manglende viden og kompetencer er barrierer. Undersøgelsen så desuden nuanceret på virksomhederne alt efter deres erfaringer med anvendelse af cobots (Se Figur 10).

**Figur 10: Kategorisering af virksomheder ift. brug af cobots (Peter Lemcke Frederiksen, 2020)**

<p><b>Type 1: Begyndere</b></p> <p>Begynderne er de mindst modne. Her er man endnu ikke gået i gang med cobots, og man har først og fremmest brug for inspiration fra andre for at komme i gang. Udfordringen for denne gruppe er typisk at få ledelsens opbakning i udviklingsprojekter.</p> <p>Medarbejdermodstanden er en reel barriere, da det ikke er klart for hverken ledelse eller medarbejdere, om indførelsen af cobots vil føre til afskedigelser.</p>	<p><b>Type 3: De innovative</b></p> <p>Hos de innovative eksisterer der et innovativt mindset, hvor ledelsen prioriterer innovation og læring. Det er ofte dedikerede ildsjæle, der driver udviklingen hos de innovative.</p> <p>Hos de innovative virksomheder er der en realistisk opfattelse af, at man selv kan, og at man selv udvikler løsninger, som passer til virksomhedens specifikke behov.</p>
<p><b>Type 2: De parate</b></p> <p>Hos de parate anvender man på nuværende tidspunkt én eller flere cobots i produktionen, og man har allerede realiseret de første gevinster enten i form af forbedret flow, bedre arbejdsmiljø, øget kvalitet eller økonomiske gevinster.</p> <p>Hos de parate inddrages medarbejderne aktivt i udviklingsprojekter. Ledelsen støtter her fuldt ud nye automatiseringsprojekter.</p>	<p><b>Type 4: Frontløberne</b></p> <p>Frontløberne er karakteriseret ved, at de allerede er blandt de bedste i landet til at udnytte cobots aktivt i deres produktion. Denne gruppe har typisk svært ved at finde inspiration hos andre virksomheder.</p> <p>Frontløberne har også iværksat udviklingsprojekter i samarbejde med eksterne samarbejdspartnere – f.eks. GTS-institutter, universiteter, systemintegratorer eller cobotleverandører.</p>

Teknologisk Instituts opdeling i virksomheders parathedsniveau fra begyndere til frontløbere matcher forskning fra TU i Wien og Fraunhofer (Christina Schmidbauer, 2020), som opdeler kompetenceniiveauet til brug af cobots fra level 0 (bystander) til level 1 (integrator). Virksomheder, hvor medarbejderne forstår potentialet i cobots og har kompetencerne til at arbejde dynamisk med dem, vil alt andet lige stå stærkere konkurrencemæssigt end virksomheder, der blot indfører cobots uden yderligere opkvalificering af medarbejderne. Konkurrencefordelen for danske virksomheder ligger således ikke

<sup>16</sup> <https://cobotlab.dk/>

blot i en stærk automatisering, men i at have medarbejdere, som kreativt og innovativt kan udnytte cobots fordele i en produktiv og agil produktion.

## 1.6. Fremtidens robotjobs i industrien

Et nyt europæisk studie (Lucas Sakurada, 2021) har undersøgt jobannoncer for at kortlægge jobprofilerne for personer, der arbejder med industri 4.0 teknologier såsom Collaborative Robotics (cobots), Additive Manufacturing (AM), Mechatronics og Machine Automation (MMA), Data Analytics (DA), Cybersecurity (CS) og Human-Machine Interface (HMI). Studiet er blevet udarbejdet som led i EU-initiativet "Making our Workforce Fit for the Factory of the Future"<sup>17</sup>.

I studiet blev europæiske jobbanker analyseret og sammenholdt med diverse studier, og resultatet blev 100 nye jobprofiler. I forhold til kollaborative robots blev der identificeret seks jobprofiler, som blev præsenteret i forhold til kvalifikationsniveau (tekniker, specialist, ingeniør, arkitekt og udvikler) og niveau fra praktisk (operationel) til taktisk og videre til strategisk niveau<sup>18</sup>: De seks jobprofiler er vist nedenfor.

Tabel 3: Fremtidens jobprofiler for kollaborative robotter (Fra Making our Workforce Fit for the Factory of the Future (Lucas Sakurada, 2021) – forkortet af Teknologisk Institut)

Name	Description	Soft Skills	Hard Skills	Profile Type	Profile Level
<b>Industrial collaborative robotics developer</b>	Professionals that are responsible for implementing collaborative robotic systems and infrastructures applied to manufacturing domain.	Teamwork, communication skills, capacity to adapt to new situations.	Collaborative robots, robots programming, mechatronics, AI, programming, automation safety rules, kinematics, human-robot collaboration, augmented reality, computer aided drafting and design.	developer	operational

<sup>17</sup> [Making our Workforce Fit for the Factory of the Future \(fit4fof.eu\)](http://fit4fof.eu) er betalt af H2020 programmet.

<sup>18</sup> Rapporten er på engelsk, men en mulig oversættelse af "technician" kan være personer med træning fra AMU eller en erhvervsfaglig uddannelse, hvor specialisten har mere teoretisk viden om emnet. På praksisniveauet går beslutningskraften omkring enkeltpersoners/eget arbejde på kort sigt, taktisk niveau indebærer at have ledelseskompetence over flere, og på det strategiske niveau har man indflydelse på måske en hel organisation over tid. Se alle fremtidsjobprofiler på <http://fit4fof.estig.ipb.pt/jobProfiles>

Name	Description	Soft Skills	Hard Skills	Profile Type	Profile Level
<b>Collaborative robot re-sponsible</b>	Professionals that are responsible to oversee the robot's operation on the shop floor and respond to malfunctions or error signals, carrying out both routine and emergency maintenance tasks and involve other experts as needed. If a robot must be taken out of service, the coordinator will replace it with a substitute in order to reduce production downtime.	Interdisciplinary, project management, teamwork, learnability.	Robot mechatronics, robots programming, scheduling, human-robot collaboration, augmented reality.	technician	operational
<b>Collaborative robotics expert</b>	Professionals that are responsible for designing and developing collaborative robotic solutions where robots are sharing their workspace with the operators. In particular they are responsible for creating sets of rules for the application of collaborative robots in workspaces, and for optimizing the design of workstations where humans and robots work in proximity.	Critical/analytical thinking, teamwork, communication skills, emotional intelligence.	Collaborative robots, robots programming, mechatronics, AI, programming, automation safety rules, human-robot collaboration, augmented reality.	specialist	strategical
<b>Intelligent robotics expert</b>	Professionals that are responsible for designing, developing, constructing, testing, and maintaining advanced, industrial, or service-based smart robotic solutions, using software and hardware architecture and artificial intelligence algorithms.	Critical/analytical thinking, creativity, teamwork, capacity to adapt to new situations, learnability, emotional intelligence.	Digital skills, robotics, AI, smart sensors, digital twin, data analytics, cloud computing, IoT, software development.	specialist	tactical
<b>Humanoid expert</b>	Professionals that are capable of developing and integrating humanoid devices in modern production lines.	Teamwork, creativity, critical/analytical thinking, communication skills, learnability, emotional intelligence.	AI, smart sensors, artificial vision, programming, robotics, humanoid technologies	specialist	tactical



Name	Description	Soft Skills	Hard Skills	Profile Type	Profile Level
<b>Collaborative robotics technician</b>	Professionals that are responsible for maintaining collaborative robotics applications under operation, including their predictive, preventive, and corrective maintenance tasks.	Teamwork, proactive, capacity to adapt to new situations, learnability.	Collaborative robots, robots programming, mechatronics, electronics, safety rules, maintenance, human-robot collaboration, augmented reality.	technician	operational

Tilsvarende blev der identificeret nye jobprofiler for de øvrige Industri 4.0 teknologier. Jobprofilerne bygger på analyser af eksisterende jobprofiler fundet i jobopslag, og i lyset af den hastige teknologiske udvikling dukker der løbende nye løsninger op – også med disruptive effekter. Det er en udvikling, der kan gå hurtigt, ligesom skiftet til Smartphones efter Apples introduktion af ny, brugervenlig teknologi, mens andre teknologier er længere tid om at få effekt end forventet, fx "telearbejde"<sup>19</sup> eller selvkørende biler.

De fleste jobprofiler, EU-studiet (Lucas Sakurada, 2021) identificerer, virker til at være mere knyttet til et specialiseret niveau, som en udbygning af f.eks. faglærte, tekniker- eller ingeniørkompetencer herunder Industriel cobot udvikler, hvis de da ikke bygger på helt nye uddannelser, fx "Humanoid Ekspert". Enkelte af de identificerede jobprofiler er dog helt på operatørniveau, fx "Cobotansvarlig". Når ikke flere på operatørniveau er nævnt, kan det måske skyldes metoden med at søge i jobannoncer. Jo mere der er behov for specialkompetencer, des tydeligere vil det stå i en jobannonce, mens de, der arbejder sammen med cobots i produktionen, måske ikke afkræves særlige kompetencer eller let kan uddannes dertil. Endelig er det måske overset, og derfor ikke nævnt i jobannoncerne, at en opgradering på alle kompetenceniveauer til at arbejde med cobots kan have konkurrencemæssige fordele.

Interessant er det også at notere, at opdatering af kompetencer i forbindelse med indførelse af robotter også studeres ivrigt andre steder i verden, fx Singapore (Learn, 2020) eller Afrika (Calitz, 2021). Det er ikke kun Europa, der er opmærksom på muligheder og udfordringer ift. kompetencer.

## 1.7. Løsninger og virkemidler

Mikkel Christoffersen, CEO, Odense Robotics<sup>20</sup>, har set udfordringen fra Asien, herunder især Kina. Tendensen for robotinnovationen er, set fra Mikkel Christoffersens stol, at der i de kommende år vil være mange eksempler på plug'n'play-funktionalitet og løsninger, der får robotsystemer til at arbejde sammen. Antallet af robotter vil blive mangedoblet, og fx har OnRobot A/S og en række andre tilbehørsproducenter i Odense set en forretningsmulighed i at bygge accessories til robotterne. Således kan integratorerne i stedet koncentrere sig om mere komplicerede opgaver. Udfordringen er, at stor vækst i antal af robotter ikke følges af en tilsvarende vækst i antallet af integrationsingeniører, hverken i Danmark eller globalt, og der vil være en markedsefterspørgsel efter plug'n'play-løsninger.

<sup>19</sup> I 1990'erne var der flere rapporter, der forudså en snarlig overgang til "telework", men visionerne er først for alvor blevet til virkelighed i 2020/21 som effekt af COVID-19, og de langsigtede effekter er ikke set endnu. Se fx rapport fra EU Kommissionen i 1999: <http://www.fim.uni-linz.ac.at/research/telework/tw99.pdf>

<sup>20</sup> Interview 21. maj 2021

Mikkel Christoffersen ser for sig, at der i de store virksomheder vil være en "Chief Robotics Officer" på linje med CIO'en, som kender sin virksomheder, kan igangsætte integration og kan indkøbe de rigtige cobots.

Cobots skal kunne anvendes af mennesker med meget forskellig baggrund, fordi interessen for at søge uddannelser inden for industrien på faglært niveau er dalende. I dele af industrien er der nærmest fare for affolkning. På den baggrund ser Mikkel Christoffersen et behov for at løfte vidensniveauet hos mange medarbejdere med andre baggrunde til fleksibel håndtering af processer i virksomheden. Det gælder også medarbejdere fra andre EU-lande, som arbejder i produktionen. Selv personer uden en teknisk uddannelse skal kunne give robotten nye opgaver og flytte den rundt, så den kan indgå i nye processer.

*Der er brug for meget træning, og opgaven, kan vi ikke forvente, kun bliver løst af faglærte, siger Mikkel Christoffersen. En mulig strategi kunne være at løfte de faglærtes uddannelsesniveau, men dét alene er ikke tilstrækkeligt, for søgningen til uddannelserne er for lav, så der er for få faglærte at løfte i forhold til behovet. Det er nærmest en talentkrise, siger Mikkel Christoffersen.*

Løsningen er tredelt set fra Odense Robotics: Plug'n'play-robotics, værktøjskasser eller toolkits til agil brug af robotten og træning til medarbejderne. Det vil være væsentligt at skalere værktøjskasserne og træningen. Mikkel Christoffersen tilføjer, at hele fødekæden i innovationssystemet omkring robotter skal plejes, så der kommer ny viden fx understøtte ph.d'er og nye opstartsvirksomheder med innovative robotløsninger. Virksomhedernes opmærksomhed og viden om robotter skal styrkes.

*Det er en misforståelse, at cobots altid er lette at anvende. Det kan være sandheden for nogle applikationer, men der er brug for viden for at kunne mere. Det er vanskeligt at sætte nye jobtitler på, men man kunne tænke i en slags robotkørekort – som PC-kørekortet. Det kan sætte mindsettet på plads, og det bør være lige så tilgængeligt som PC-kørekortet var, slutter Mikkel Christoffersen.*

Forbundssekretær i Dansk Metal, Kasper Palm<sup>21</sup>, anerkender udfordringen fra Asien, herunder især Kina. Han peger dog også på, at med det højere lønniveau i Danmark er tilbagebetalingstiden på robotter mindre end i Asien. Desuden er Kasper Palm opmærksom på cobots og er ikke i tvivl om, at cobots har rykket markedet. Han forventer, at med lavere priser og mere enkle robotter vil også mindre virksomheder få cobots på et tidspunkt:

*Den lave pris på cobots gør, at selv en smedemester har råd til at købe en robot, så teknologien er mere tilgængelig. Det er blevet muligt, og programmeringen er lettere. Det betyder bare, at der kan komme flere robotter ind i virksomhederne – også på mindre smede- og maskinvirksomheder, siger Kasper Palm.*

*Vi bliver presset af konkurrenterne, men vi er langt fremme i Danmark. Vi er dem, der bruger flest robotter. Alene lønforskellen til andre lande gør, at automatisering med robotter har været i gang i mange år. Når jeg taler med medlemmerne af Dansk Metal, så er de positive og viser forståelse for, at automation og robotter er nødvendig, fortæller Kasper Palm. Og robotter bliver af Dansk Metals medlemmer set som et værktøj, der gør tingene hurtigere og billigere. Sådan har det altid været. I min læretid var der snak om, at der engang havde været mange flere drejebænke. Men i dag bliver tingene lavet helt anderledes.*

Kasper Palm fortæller, at Dansk Metals faglærte er vant til at tænke i nye måder at arbejde på, og det er i lige så høj grad i produktionen som i udviklingsafdelingen, at nogen får øje på mere effektive måder at løse opgaverne på.

---

<sup>21</sup> Interview 25. maj 2021

*På arbejdspladserne er det ok, at folk har en holdning og tænker logisk. Vi har en stor fordel i, at arbejdshierarkiet på danske arbejdspladser er kort. På folk fra udlandet kan det virke absurd, at en dansk medarbejder kan gå til direktøren med den gode idé. Vores styrke er, at vi har hovedet med på arbejde og forholder os til processerne, fortæller Kasper Palm, Dét kan de få svært ved at indhente i Asien.*

I øvrigt må ideerne komme sammen med dem i udviklingsafdelingen, men det er ofte faglærte tæt på produktionen, der har ideerne, og ofte er det en fælles indstilling til robotterne: "Hvis vi får en robot ind, så kan vi spare og gøre noget andet". De faglærte er ikke bange for, at robotterne overtager, og erfaringen er jo, at automatisering fører til vækst. Det kan være anderledes for ufaglærte.

Kasper Palm ser to afgørende veje til, at danske virksomheder bliver mere automatiseret. Den ene vej er virksomhederne selv, der skal være mere fremsynede og få medarbejderne uddannet. Virksomhederne skal sikre, at medarbejderne er på forkant, selvom virksomheden ikke i dag har robotter. For det kommer den til på sigt. Virksomhederne må gerne være mere på forkant.

*Desuden, siger Kasper Palm, er den anden vej til mere automatisering, at arbejdsmarkedets parter, og også staten, presser på med at få flere robotter. Gerne med mål for hvor mange robotter man skal have. Vi har talt om et robotfradrag, så det bliver lettere, men robotterne er dog kommet ned i pris. Når Kina og Korea tager føringen, så er det, fordi de har nationale planer for opgraderingen. Der halter vi måske lidt efter i Danmark, selvom vi har en robotklynge, som er vigtig for understøttelsen.*

Kasper Palm understreger, at både virksomheder og medarbejdere skal have mere viden. Det er vigtigt, at man har viden om robotterne for at bevare arbejdspladserne. Har man viden, er man bedre rustet.

*Uddannelse er nødvendigt, og nye jobprofiler diskuteres jo. Er der fx brug for robotmekanikere eller robotoperatører? Erhvervsuddannelserne står allerede stærkt, og det er værdifuldt at se uddannelserne i forhold til fagene, for hvordan kan man bruge robotter, når man skal svejse, og hvordan kan automatikteknikkerne reparere robotter? Det er vigtigt, at robotter er en integreret del af uddannelsen – og måske allerede helt tilbage til folkeskolen. For de, der er uddannet år tilbage, skal det være muligt at få efteruddannelse. Det er nye værktøjer. Det skal vi kunne bruge, slutter Kasper Palm.*

## 2. Brug af robotter og cobots i Danmark

Med afsæt i ovenstående overblik vil vi i nedenstående forfølge, hvordan danske virksomheder på det konkrete plan benytter robotter eller cobots med særligt fokus på hvilke krav, det stiller til kompetencer, herunder hvilke virkemidler, der kan tages i brug for at skabe kompetenceudvikling, der gør virksomhederne i stand til at anvende teknologien avanceret og agilt.

Kompetencerne ift. til robotter/cobots spænder fra at se de værdiskabende muligheder i brugen af robotter/cobots, over kompetencer til at vælge den rette robot og værktøj, kompetencer i robotsikkerhed, kompetencer til at forstå hvad robotter/cobots betyder for virksomhedens forretning og organisation og til at konfigurere robotter/cobots til relevant opgaveløsning, programmering og styring.

Tre centrale danske aktørtyper har gennem interviews bidraget til at belyse denne problemstilling med særligt fokus på de kompetencebehov, som gør sig gældende i produktionen. Den ene aktørtype er de danske og udenlandske virksomheder, som producerer og/eller sælger robotter, robotarmene og andet udstyr dertil, som fx Universal Robots, OnRobots eller Schunck. Den anden gruppe er de virksomheder (repræsenteret ved produktionsledere, mellemledere i produktionen og operatører), som allerede har gjort sig erfaringer med at (sam)arbejde med cobots eller robotter. Endelig er den tredje gruppe repræsentanter fra videncenter for automation og robotter, som har til huse på erhvervsskoler, samt Industriens Uddannelser, der er den partsstyrede organisation, som via flere forskellige faglige- og efteruddannelsesudvalg arbejder med kompetenceudvikling i forhold til opkvalificering af arbejdsstyrken.

Virksomhedernes ledelse og medarbejdere er på forskellige niveauer af indsigt og viden, og de tilbud, de får om kompetenceudvikling, skal naturligvis matche det niveau, der er deres udgangspunkt. Kompetenceopbygningen kan ske i en kombination af sidemandsoplæring, praksiserfaring, leverandørkursus og understøttende uddannelse via erhvervsskolerne, akademierne, universiteter eller hos private udbydere såsom Teknologisk Institut.

Vi vil i det følgende præsentere resultaterne fra interviewene.

### 2.1. Leverandører af robotter

De udviklere, producenter og salgsselskaber af robot- og cobotteknologi, vi har talt med, synes på mange måder, at deres produkt i sig selv er "plug'n'play". Det gælder både levering af komplette standard eller kundetilpassede løsninger for brug af robotter og ved levering af standardudstyr og komponenter (fx værktøjer som griber mv.), at de skal kunne fungere på alle typer af robotter/cobots. Det gælder uanset producent eller software, da de er designet til at arbejde ud fra platforme, som kan håndtere sammenkobling med anden og evt. ukendt software.

Et fælles træk er, at leverandørerne har fokus på at sænke kravet til programmeringsfærdigheder for at kunne installere deres produkter. En typisk ambition er, at produkterne (robotter/cobots som værktøjer) ikke må kræve nogen særlig forudsætning for at kunne installeres, men skal kunne bruges intuitivt som en mobiltelefon. Og langt de fleste, også mindre, virksomheder har disse kompetencer, da det er deres kerneforretning at arbejde med automatiserede produktionsanlæg.

Når det er sagt, er der også en fælles erkendelse af, at der i Danmark er et behov for fleksible løsninger, da rigtig mange virksomheder er underleverandører og ikke masseproducerende virksomheder. Der er videre en erkendelse af, at de masseproducerende virksomheder langt hen ad vejen anvender industrirobotter og har kompetencer til at (videre-)udvikle automatiseringsløsninger med brug af

industrirobotter. I forhold til at udvikle og anvende fleksible automatiserede systemer med brug af kolaborative robotløsninger bliver det fremhævet, at sådanne systemer må bygge på et industrielt produktionsdesign med muligheder for rekonfiguration og modularisering, hvorved brug af robotter/cobots bliver mere komplekst. Dette bl.a. pga. nødvendigheden af at kunne omstille produktionen, deltage i udviklingsarbejde, vælge den rette nye robotarm til en ny opgave, hvilket ikke altid er så simpelt.

En leverandør af robotløsninger vil arbejde strategisk for, at flere SMV'er skal blive brugere af cobots. Deres opfattelse er, at for mange SMV'er vælger cobots fra uden at have en tilstrækkelig og overbevisende business case at beslutte sig ud fra, da de ikke er præcise nok i forhold til hvilke processer, der skal automatiseres, samt hvilke emner, som skal indgå. De har måske heller ikke foretaget en grundig risikoanalyse i forhold til, om de forskellige dele af udstyret, der skal spille sammen, rent faktisk kan spille sammen. Selv store virksomheder med erfaring med at integrere og arbejde med robotter og cobots har øjensynligt også vanskeligt ved at opstille den gode business case, hvorfor der ofte er usikkerhed om værdien af cobots.

En af leverdørene af robotløsninger udtrykker sig meget klart i forhold til, at de i fremtiden vil satse meget mere på SMV'erne. Det vil de gøre ved, at de vil bedre til at forstå dem og bedre til at forstå, hvad der skal til, for at de føler sig bedre supporteret. Noget vedr. at indgå i bedre partnerskaber og bedre samarbejde med udstyrsleverandører. SMV'erne er det helt store, underservicerede marked. Vi skal løse flere af problemer blandt de små virksomheder med bedre support. Og vi skal være bedre videnspartnere for dem.

Deres vurdering er, at det i for mange små virksomheder har været svært at vise en rigtig god business case – især fordi forberedelsen hos ledere og medarbejdere ikke har været god nok. En udstyrsleverandør fortæller om cobots, der er blevet indkøbt til en specifik opgave, og hvis den på et tidspunkt bliver uaktuel, fordi man mister en ordre eller lignende, er det ikke alle virksomheder, der er gode til at sætte udstyret i spil over for nye opgaver. Så står cobotten og samler støv.

Leverandørerne påpeger, at det nok er en ledelsesopgave at gå i front i forhold til automatisering og indførelse af robotter/cobots, men samtidig er det helt centralt, at de operatører, der har været og fremover fortsat skal være tilknyttet processen, aktivt inddrages. I nogle små virksomheder har man forsøgt sig – uden succes – med robotter og cobots, og der er nogle barrierer, der skal overvindes for at komme videre.

*Det er en ledelsesopgave, men det skal ikke skubbes alt for højt op, for så bliver det et stort projekt i stedet for et lean automation projekt. Hvordan den optimale automatisering foregår, er svært at sige, men det er vigtigt, at alle de praktiske problemer løses af dem, der har erfaring fra produktionen. Ledelsen skal være med, men det er operatørerne, der kender processerne og ved, hvor der ville kunne rationaliseres, hvis de vil det.*

En skrækhistorie er, når opgaven bliver løftet for højt op eller for langt uden for dem, der har den konkrete viden. En leverdør fortæller, at:

*[...] i én virksomhed havde de meget pragmatisk indført robotter, som tog nogle ringe og fødte dem ind i en anden maskine med fikstur. Det var de meget begejstrede for. Nu vil de gentage det på tre andre linjer. Men den systemintegrator, de involverede, mente, der var brug for meget mere, og opgaven var efter hans mening meget mere kompleks. Så blev det et stort projekt på trods af den tidligere succes med at indføre en robot og det faktum, at der allerede var mange mennesker i virksomheden, der vidste noget om bearbejdningsværktøjer.*

Noget kunne tyde på, at mange SMV'er har erkendt, at det kan være en udfordring med en succesfuld implementering af robotløsninger. Eksempelvis har en leverandør erfaret, at omkring 25 pct. af SMV'er, der deltager på det online leverandørkursus, endnu ikke har købt udstyr, men gennemfører kurset som en del af oprustningen eller forberedelsen til at træffe et kvalificeret valg.

De leverandører, vi har talt med, vurderer som udgangspunkt, at medarbejderne har eller vil være i stand til at tilegne sig de kompetencer, der er nødvendige. Det er ikke mere, end man kan lære på tre dage på et af deres leverandørkurser. Sammenfattende kan **kompetencekrav** beskrives, som det at alle må have viden og indsigt i form af robotforståelse og basale IT-kompetencer, evner til problemløsning, dataforståelse (brug af data/dataanalyse), som et grundlag for at kunne nyttiggøre den digitale værdi af robotløsninger mv. Det forudsætter, at der organisatorisk er åbnet for, at operatørerne har lov til at intervenere i cobottens udførelse af arbejdsopgaverne.

Groft sagt peger interviewene med leverandørerne på, at det fulde udbytte opnås ved at tage ejerskab over den nye teknologi og ved at have kompetencer til at tage det i brug. I produktionen. Blandt operatørerne er opgaverne typisk velbeskrevne, så det kræver (blot) IT-forståelse og forståelse for brug af elektronik/IT-udstyr, herunder for brug af cobots og dets programudstyr. Fra et udviklerperspektiv er der stor forskel mellem robotter og cobots det brugervenlige interface.

Uanset at leverandørerne erkender, at det er lederne, der skal træffe beslutningerne om at investere i cobots, arbejder leverandørerne ikke med systematisk kompetenceløft af lederne i virksomhederne. De erkender, at der er behov for, at lederne er i stand til at vurdere spørgsmål i relation til tekniske og økonomiske potentialer samt at kunne afklare spørgsmål knyttet til sikkerhed, mens det på ledelsesniveau i mindre grad er nødvendigt med stor teknisk viden. Til gengæld er det centralt med viden om/forståelse af hvad værdien af robotter/cobots kan være i en bred forretningsmæssig og økonomisk forståelse. Leverandørerne har ikke tilkendegivet at de påtager sig at løfte ledelsens kompetenceniveau i forhold til de strategiske beslutninger vedr. cobots.

Én leverandør mener, at indføring af cobots er med til at stimulere udviklingen i virksomhederne:

*Jeg er sikker på, at automationen vil drive sig selv frem, fordi der er færre mennesker, der ønsker at stå ved maskinerne eller lave svejsearbejde. Produktionsteknologierne har flyttet sig meget, og det betyder, at emnerne løbende bliver mere og mere velegnede til automation. Når man får en cobot indendørs, er det lidt ligesom Pandoras æske, der skubber på, at man er nødt til at have løst en masse andre problemstillinger, logistik, tegninger, dataopsamling og meget mere. På den måde er cobots en slags katalysator for udviklingsprocesser i virksomhederne, som langsomt tager fat om at arbejde med de mange udfordringer, der kan opstå i forbindelse med udviklingen. Vores erfaring er, at i de virksomheder hvor de får de kollaborative robotter, sker der en stor udvikling: "Det var ikke så svært. Vi kunne godt lære at bruge dem, og nu kan vi komme videre."*

## 2.2. Brug af robotter i danske industrivirksomheder

De interviewede virksomheder repræsenterer fremstillingsvirksomheder, som gennem årtier har arbejdet målrettet på øget automatisering af deres produktion. Alle de interviewede virksomheder har 5-10 års erfaring med at anvende robotter, om end robotterne ikke nødvendigvis er implementeret i alle produktionslinjer. Kort og godt er disse virksomheder alle erfarne i forhold til at optimere produktionen gennem øget automatisering, herunder med at tage ny teknologi og specielt robotter og cobots i anvendelse. For disse virksomheder er robotter og cobots endnu et skridt, men dog et radikalt skridt, ud ad automatiseringsvejen.

### 2.2.1. Hvorfor robotter og cobots – og vil vi få flere?

De interviewede virksomheder – både ledelse og medarbejdere – er enige om, at robotter og cobots er nødvendige – endog af vital betydning. For det første er øget automatisering, og dermed øget brug af robotter, med til at øge produktiviteten (rationalisering og mulighed for at øge produktionsvolumen), hvilket er afgørende for at fastholde en international konkurrenceevne og dermed arbejdspladser i Danmark. For det andet åbner anvendelsen af robotter og cobots for, at medarbejderne bliver aflastet for nogle nedslidende og belastende arbejdsopgaver, hvad enten det er tunge løft, maler-, støbe- og slibeopgaver eller lignende.

Virksomhederne har stor bevidsthed om den samlede fortælling om øget anvendelse af robotter/cobots. I dagens Danmark er det ikke nemt at få arbejdskraft, og slet ikke dygtige medarbejdere, der vil være ansat i en produktionsvirksomhed – ikke mindst som operatør. Der er derfor en pointe i at fremhæve, at robotter og cobots gør arbejdet mindre nedslidende, samtidig med at det bliver en mere spændende arbejdsplads med avanceret, digital teknologi. Og flere af de interviewede virksomheder fremhæver tillige, at vil man som medarbejdere være med på den digitale omstilling, vil det også være en løndrivende faktor. Nogle virksomheder fortæller desuden, at de brugere teknologien som et argument i forbindelse med rekruttering: *Vi er ikke en almindelig industriel produktionsvirksomhed – vi har robotter og kører i treholdsskift.*

De interviewede virksomheder er enige om, at udviklingen går i retning af, at der i de kommende år bliver indført flere robotter og cobots, således at de opgaver, som stadig er manuelle, bliver automatiseret, f.eks. i sliberiet *"[...] hvor der er rigtig mange møgjob, som ikke er gode for operatørerne, og de job skal vi have automatiseret. Min ambition er, at slibeafdelingen, i modsætning til i dag, bliver en attraktiv afdeling at være i."*

Brug af robotter/cobots vil således være en omsiggribende proces. Flere virksomheder erkender, at der vil være nogle operatører, der ikke synes, det er en spændende ny mulighed at arbejde med robotter. Antagelsen er, at der fortsat vil være manuelle opgaver rundt omkring på virksomhederne, hvor de, der ikke ønsker/kan se sig selv som en del af en digitaliseret produktion, kan søge hen. *Når vi laver nye processer, er der nogle erfarne operatører, der får lov til at komme med. Nogle vil gerne mere end andre, men der er fortsat plads til dem, der ikke vil med på robot-/cobotbølgen.*

I forhold til cobots nævner flere virksomheder, at det kan være svært at opstille gode business cases på indførelse af cobots. Nogle virksomheder ville ønske, at man kunne lave visualiseringer eller simuleringer af den proces, der skal automatiseres, samt de tilknyttede processer. Hvis det samtidig var muligt at justere i visualiserings-/simuleringsmodellen, ville det yderligere være en hjælp.

Alt i alt er der ikke én vej for indførelse af flere robotter/cobots, men som disse eksempler viser:

- *Kombinationen af cobots og robotter er fremtiden for vores virksomhed.*
- *Den næste automatiseringsfase kommer til at se på hele logistikområdet – eller, sagt på en anden måde, robotter/cobots vil brede sig til flere dele af produktionen.*
- *Vi repræsenterer den type virksomhed, hvor det er standardmasseproduktionen, der er i højsædet, og ikke fleksibilitet og omstillingsparathed. Derfor er det vores vurdering, at robotter er en stor gevinst for produktionen, mens cobots, efter vores mening, arbejder for langsomt og derfor er sværere at vise kan betale sig.*

- *Cobots egner sig til småserieproduktion med stor variation, hvor udfordringen er at opnå den rette balance mellem hastighed og sikkerhed.*

Flere af de virksomheder der indgår i undersøgelsen giver tillige udtryk for, at der i fremtiden må være endnu mere integration af vision systemer og sensorer samt behov for i "real time" at kunne aflæse og analysere data mv. fra produktionen for løbende at kunne optimere produktionen med henblik på såvel produktivitet som kvalitet. *Alt i alt en større helhedsforståelse af det samlede system.*

## 2.2.2. Hvordan påvirker robotter og cobots organisationen?

Robotternes indtog på danske arbejdspladser har tilsyneladende, ifølge de interviewede virksomheder, ikke i nævneværdig udstrækning påvirket arbejdsorganiseringen, men snarere arbejdets indhold. Nogle job forandrede sig, men ikke mere end da man gik fra NC- til CNC-maskiner. Derimod synes mange, at introduktionen af cobots på mange måder påvirker operatørernes job ved at gå fra manuel produktion (at gøre det) til at få større ansvar for, hvordan den løbende produktion på maskinen (den samlede produktionsopsætning) med robotter og andre maskiner fungerer. Det kan være et medansvar for planlægning af produktionen og logistikken i form af sikring af vare- og materiale flow, kvalitetssikring og fejloverbågning (visuel kontrol) samt at kunne håndtere mindre fejlretning. Dertil kommer, at operatøren ved cobotten skal kunne foretage simple omstillinger eller små tilpasninger af maskinen/i programmerne. Kort og godt handler det om at sikre en løbende optimering af produktionen og afhjælpe evt. driftstop hurtigt og effektivt. Nogle taler om, at man skal beherske digitale analytiske kompetencer til realtidsstyring af maskinen.

Hvis cobotten stopper, skal operatøren kunne lave den første fejlfinding og evt. genstarte produktionen, men typiske vil det dreje sig om at kunne følge de anvisninger og meddelelser, der kan aflæses via en PC. Ud fra denne information skal man finde fejlen/analysere sig frem til årsagen til fejl eller driftstop og finde en løsning.

Skal der foretages fejlretning eller ændringer/større tilpasninger af programmer mv., hvor man "går ind i cobotten", vil operatøren typisk skulle tilkalde en tekniker, der kan være placeret i mange forskellige afdelinger (vedligehold, produktionsteknik m.fl.), der kan gå et spadestik dybere. Teknikerne kan have forskellig baggrund. Det kan være en ikke-faglært superoperatør, der er blevet tilknyttet en tværgående PTA, det kan være faglærte inden for maskinteknologi eller automatisering, eller det kan være teknikumingeniører eller maskinmestre.

Nogle virksomheder forventer og håber, at der vil ske en form for job- og ansvarsglidning mellem de dygtigste operatører og teknikerne, som vil betyde, at teknikerne bliver skubbet mere og mere væk fra problemløsning mod at have fokus på forbedring og optimering. Dvs. mod mere udviklingsorienterede opgaver, som fordrer tekniske kompetencer om digital styring/programmering, herunder hvordan software kan integreres:

*Kompetenceglidning eller -løft i de forskellige stillingskategorier er et pres for nogen, og de siger fra, men de fleste vil gerne være dygtigere og være en del af denne rejse.*

Endelig tyder det også på, at organisatorisk fleksibilitet vil spille en større rolle, fordi forskellige jobfunktioner i dagligdagen har et tæt og lærende samarbejde. Fx skal operatører ikke bare betjene én type robot (produktionslinje), men skal kunne flytte til andre produktioner – kaldet intern arbejdspendling. Det har bl.a. betydet, at nogle virksomheder har udviklet særlige jobfunktioner til koordinering, fx oplæringskoordinator, ligesom der ses koordinatører inden for kvalitet, teknik mv.



I de fleste tilfælde er det den eller de operatører, der hidtil har udført opgaven på maskinerne, der fortsætter med at løse opgaven – nu blot med en cobot som makker. Adskillige virksomhedsledere og tekniske chefer har fortalt, at de i forbindelse med introduktionen af cobots er blevet opmærksomme på, hvor stor betydning det har, at den operatør, der har stået for den manuelle proces, er en del af automatiseringsarbejdet fra begyndelsen

Hvor hele udviklingen tidligere ofte foregik i "lukkede bobler" mellem forskellige teknikere og ingeniører, og udviklingsarbejdet kunne strække sig over flere år, er opfattelsen i dag, at hvis man skal have en agil produktion i gang hurtigt og effektivt, er det nødvendigt, at operatørerne og driftsteknikere involveres tidligt og bidrager med deres viden og erfaring. Med andre ord: At den tavse viden, en erfaren operatør har i forhold til en given proces, bliver italesat og bruges i udviklingen af den tekniske løsning.

To eksempler illustrerer, hvordan medarbejdernes tavse viden og ekspertise har camoufleret essentielle processer. Det første eksempel handler om limprocesser, som egentlig lod til at være relativt lige ud af landevejen, og investeringen i en cobot blev primært taget for at forbedre kvaliteten. Men det tog omkring et halvt år at få cobotten kørt ordentlig ind, så den kunne det samme som operatøren. Det hang sammen med, at mens opgaven blev udført manuelt, havde operatøren løbende justeret på mængden af lim på det emne, der skulle arbejdes på, herunder taget højde for limens konsistens og viskositet:

*Selvom limeprocessen forekom simpel, viste den sig at være meget kompleks. Operatørerne havde tidligere hele tiden justeret og tilpasset f.eks. limens konsistens, så den passede. Robotten kørte bare på uden nogen forbehold. Det hele måtte gentænkes, og mange dele udskiftes.*

Det andet eksempel vedrører slibeprocessen i en virksomhed hvor emnet tidligere manuelt blev holdt mod et slibebånd og grater i to slibeforløb blev fjernet. Automatiseringen vedrørte i første omgang grovslibningen, den første slibning. Udfordringen viste sig at være, at operatørerne under arbejdet løbende havde justeret tryk på slibebåndet og tiden, som emnet blev slebet, hvortil kommer, at emnerne har forskelligt behov for grovslibning. Nogle har megen grat, der skal fjernes, andre ganske lidt. Cobotten, som har overtaget opgaven, behandler som udgangspunkt alle emner ens, men den er nu blevet programmeret, så den får de fleste emner bearbejdet godt, men der er nogle, som har fået for lidt slibning. Her ville operatøren tidligere have kørt lidt mere eller trykket lidt hårdere. De udsving, der er, opfanges i anden del af slibningen, finslibning, som også fungerer som en slags kvalitetskontrol af robotens arbejde.

### 2.2.3. Sikkerhed

Spørgsmålet om sikkerhed i forbindelse med at benytte cobots spiller en stor rolle både i bruger- og udviklervirksomhederne, ligesom det er et tema for uddannelsesorganisationerne.

De virksomheder, der producerer cobots, er bevidste om, at der er et sikkerhedstema, som skal håndteres i virksomhederne:

*Mange virksomheder bliver meget bekymrede. Kollaborative robotter kan overvåge og sikre, at de kan arbejde blandt mennesker. Kollisioner mellem mennesker og udstyr kan blive voldsomt kompliceret, hvis man arbejder med tænkte eksempler, der bliver meget: "Hvad nu hvis?". Der skal laves en klassisk risikovurdering. Meget andet udstyr i virksomhederne er også farligt, men det har man vænnet sig til. Vi har solgt rigtig mange robotter, og der er ikke sket nogle ulykker endnu.*

En anden udvikler siger, at fordi der mangler vejledninger, så hviler hele spørgsmålet om sikkerhed på vurderinger.

*Vi bruger en sikkerhedskonsulent for at sikre, at vores produkt er forsvarligt. Som regel laver vi en installation og tester den, inden vi afleverer til kunden. Dens arbejdsområde er beskrevet i CE beskrivelsen. Men hvis de så laver om, kan vi ikke længere være ansvarlige, og på en måde modarbejder det fleksibiliteten og det smarte ved cobots.*

I de virksomheder, der anvender cobots, er der ligeledes opmærksomhed på sikkerheden. Og de påpeger, at der:

*[...] mangler officielle vejledninger i forhold til cobotter. Det er ukendt land, vi bevæger os ind på. Hvornår skal den stoppe? Hvor hurtigt må den køre. Kan folk komme til skade? Hvad hvis den slynger det emne, den har i griberen, ud?*

*AMO (arbejdsmiljøorganisationen) har været involveret og bekymrer sig for, om det er sikkerhedsmæssigt forsvarligt. Den pragmatiske løsning er, at vi har besluttet, at den (cobotten) ikke må løfte og bevæge emner over en højde på 1,5 meter. Så rammer den ikke nogen i ansigtet!*

De to videncentre for automation og robotter er ligeledes meget bevidste om, at sikkerhedsspørgsmålet og usikkerheden i forhold til, hvad man kan og må, og hvornår udstyret er forsvarligt sikkerhedsmæssigt, fylder meget i de virksomheder, som har indført eller står over for at skulle indføre cobots. Opfattelsen er, at hele spørgsmålet om CE-mærkning og sikkerhed er et stort og svært område, som bliver yderligere svært, fordi der mangler vejledninger.

*Hvis du køber en færdig celle, der skal flytte dimser fra a til b, må operatørerne ikke rette på programmerne, for så gælder garantien ikke. Hvis de selv programmerer cobotten, skal der laves en sikkerhedsrisikovurdering, hver gang de ændrer på noget eller flytter cobottens arbejdsområde. CE-mærkning er en stor udfordring.*

Sammenfattende handler det ikke bare om automatisering og brug af robotter/cobots, men også om alt det, der er udenom, herunder om arbejdsorganisering, arbejdsmiljø og kompetencer.

#### 2.2.4. Rekrutterings-, kompetence- og uddannelsesbehov

Til den automatiserede produktion med udbredt anvendelse af robotter efterspørger de interviewede virksomheder primært:

- **Operatører** (timelønnede), som ikke behøver at være faglærte, selvom det vurderes som en fordel at have en eller anden form for faglig uddannelse, ligesom det tæller positivt at have gennemført industrioperatøruddannelsen, der er en kort (18md) erhvervsuddannelse eller via AMU-moduler at have sammenstykket et længerevarende AMU-forløb. Det helt afgørende er, at operatørerne har et teknisk mindset samt vilje og gåpåmod i forhold til at arbejde med tekniske og digitale systemer – robotter og cobots. Med andre ord kan operatører komme "direkte ind fra gaden", og nogle virksomheder anvender tillige sommerferieafløsere. Operatørerne skal kunne se sig selv i en arbejdsfunktion, som kræver selvstændighed, analytiske og planlægningsmæssige kompetencer samt en villighed til løbende kompetenceudvikling.
- **Vedligeholdelsesfolk** må have en faglig uddannelse inden for produktionsteknologi, mekanik, elektronik, programmering el. lignende, ligesom maskinmestre kan være at finde her.

- **Driftsteknisk afdeling** – en produktionstekniskafdeling vil typisk være det tekniske center, der står for udvikling og tilpasning af (standard-)software og brugerflader såvel som det samlede tekniske setup. Uddannelsesmæssigt vil man typisk finde medarbejdere med en videregående uddannelse, herunder forskellige typer ingeniører og personer med en anden teknisk eller maskinmæssige uddannelse.

Mellem disse stillingskategorier er der ofte en vis glidende overgang, således at erhvervs erfaring og kurser mv. betyder, at fx operatører kan påtage sig mere teknisk komplekse arbejdsopgaver. Omvendt kan faglærte med deres tekniske og håndværksmæssige baggrund fungere som medudviklere i forhold til cobots.

Mange af de interviewede ledere og mellemlider tilkendegiver, at når situationen nu er sådan, at de har vanskeligt ved at rekruttere operatører med megen teknisk kunnen eller erfaring, er noget af det, de går efter, "teknisk nysgerrighed". Hvis medarbejderne signalerer nysgerrighed og åbenhed i forhold til nye teknologier, robotter og cobots, er det vurderingen, at de vil være parate og i stand til at tilegne sig de kompetencer, der skal til:

*Vi vil helst ansætte nogen med en teknisk uddannelse, fx som maskinoperatører el.lign., men de hænger ikke på træerne. I øjeblikket er den type arbejdskraft en mangelvare. Så generelt er de nyansatte ikke på det ønskede tekniske niveau for at kunne indgå i en fuldautomatisk produktion. Når vi vurderer ansøgere til job hos os, ser vi efter hvilken uddannelse, de har, og især på hvilke tekniske kurser, de har, helt bredt forstået. Det er er bedst, hvis basis er i orden. Og så tager vi dem altid med ud, så de kan se produktionen og få syn for sagen, og vi kan se deres reaktion.*

## 2.2.5.      **Kompetencebehov for operatører og teknikere**

Ud over den tidligere omtalte teknologiske nysgerrighed, som anses for at være en forudsætning for at blive en god medarbejder, er der en række andre kompetencer, der er nødvendige for at møde forventningerne til en kompetent medarbejder. Interviews med ledere og medarbejdere i virksomhederne og med repræsentanter fra videntcentre og industriens uddannelser peger på, at medarbejderne, og i en vis udstrækning lederne, skal have nedenstående kompetencer, der er samlet i tre grupperinger som et udtryk for den samlede ønskeliste til medarbejdernes kompetencer. Vi kalder det ønskeliste, fordi hvis nogen bliver spurgt om, hvilke kompetencer, der er behov for, og det i princippet er gratis at svare, vil det altid være en "det bedste ville være situation", der er indeholdt i svaret.

- **Personlige eller almene kompetencer**
  - Have vilje og gåpåmod; turde handle.
  - Have analytiske kompetencer – gennemskue og omsætte data.
  - Læse (og forstå) en vejledning.
  - Forestille sig noget tredimensionelt.
  - Kunne visualisere, f.eks. fra data eller tegning.
  - Have teknisk flair.
  - Være forandringsparat og have selvtillid.
  - Kunne samarbejde tværfagligt.
  - Kunne kommunikere på flere forskellige niveauer.
  - Skrive, læse og regne.
  - Sprog.
  - Evne at samarbejde.
  - Tænke selvstændigt.

➤ **Teknisk faglige kompetencer**

- Kunne lave en teknologirisikovurdering.
- Have teknisk forståelse og viden.
- Kunne starte, lukke og betjene maskinen/robotten/cobotten.
- Kunne omsætte de kendte referencepunkter fra den fysiske maskine til robotudstyret (sammenligning med mekanikeren, der tidligere kunne løfte motorhjelm og se, hvad der var galt. Nu får han en udskrift fra datasystemet, som han skal kunne omsætte).
- Kunne tilbageføre udstyret til udgangsreferencerne.
- Kunne gennemføre systematisk fejlfinding (indledende fejlsøgning).
- Have dybdegående kendskab til, hvordan maskinen fungerer. Det gælder alle personalegrupper, operatør, vedligehold, serviceteknikker.
- Have kendskab til strøm.
- Have kendskab til sensorer.
- Kunne læse og forstå et softwareprogram.
- Kunne gennemføre løbende optimering.
- Have forståelse for og viden om sikkerhed.
- Have grundlæggende digital forståelse.

➤ **Ledelsesmæssige kompetencer**

- Kunne tilrettelægge og planlægge arbejdsopgaver i samspil med andre.
- Arbejde struktureret og systematisk.
- Vide meget om egne processer.
- Kunne lave procesanalyse, systematik.
- Evne at arbejde innovativt.

Denne "ønskeliste" retter sig sådan set mod alle typer af medarbejdere i produktionen, dog med den forskel, at omfang eller krav til faglig dybde varierer mellem de forskellige arbejdsopgaver eller jobfunktioner.

## 2.2.6. Læringsmiljø

Når de meget konkrete ønsker til kompetencer er så brede og på sin vis omfattende, hænger det sammen med en erkendelse af, at succesfuld implementering af robotter, og ikke mindst cobots, er en proces, som forudsætter ledelsens og medarbejdernes involvering og engagement.

Der skal være blik for hvilke dele af den nuværende produktionsproces, der med fordel ville kunne overføres til en robot/cobot, og ikke mindst hvilke implikationer, det har for logistik og flow i hele virksomheden/afdelingen. Der skal være en åbenhed i virksomhedskulturen, der gør det legalt for medarbejderne at tage deres bekymringer i forhold til det nye udstyr op, som fx "Kan jeg beholde mit job?" og "Skal jeg nu i gang med en masse efteruddannelse eller ligefrem omskoling?". Interviewene viser nemlig, at der også i de virksomheder, der allerede har indført robotter og cobots, er behov for, at medarbejderne bliver taget alvorligt med deres spørgsmål og bekymringer.

Virksomhederne er bevidste om, at hvis de skal have en nogenlunde stabil drift, skal der være flere, der kan arbejde sammen med og betjene robotterne ud fra det samme princip, der gælder alt andet udstyr på virksomheden. Det dur ikke at være afhængig af enkelte medarbejdere.

## 2.2.7. Uddannelseslandskabet

Erhvervsuddannelsessystemet er en af de store spillere i forhold til kvalificering af arbejdskraften i produktionsvirksomhederne. Der er i dag en række erhvervsuddannelser (EUD), hvor der indgår læring om teknologi f.eks. i uddannelserne inden for automatik og proces, industrioperatør/industri tekniker m.fl. Disse uddannelser kan også gennemføres som såkaldte EUX-forløb, hvor eleven både får den faglige uddannelse, og hvad der svarer til en studentereksamen i de almene fag (gymnasialt niveau). En erhvervsuddannelse er en kombination af skoleforløb og arbejde i en praktikvirksomhed.

For at understøtte udbredelsen af automatisering og robotteknologi er der etableret et videnscenter hvor afdeling syd har til huse på erhvervsskolerne Herningsholm Erhvervsskole & Gymnasier, EUC Syd og Syddansk Erhvervsskole mens afdeling Nord er et samarbejde mellem TEC, NEXT, EUC Nordvest, TECHCOLLEGE samt Mercantec. Videncentret skal servicere hele Danmark. Videnscentret blev udpeget af Undervisningsministeriet i oktober 2017 og forventes at fungere til og med 2024. Industriens Fond har bevilliget 3,1 mio. kr. til projektet, som skal være med til at give branchen for automation og robotteknologi et ekstra videnløft.

Videncentret havde som udgangspunkt tre forskellige indsatsområder (1) videnformidling til folkeskoler, (2) kompetenceløft i forbindelse med automation og robotteknologi til virksomheder og (3) løft af kompetencerne på erhvervsuddannelserne. De to første indsatsområder er i dag nedprioriteret for at fokusere på indsatsen i forhold til erhvervsskolerne. Arbejdet er baseret på en kaskadetanke hvor videnscentrene løfter EUD-underviserens kompetencer, som derefter kan gennemføre bedre undervisning for deres elever, der tager deres viden med i praktikvirksomhederne.

Videncentret oplever, at der er stort behov for at kompetenceudvikle underviserne, fordi det for nogle underviseres vedkommende er mange år siden de selv gennemførte deres erhvervsuddannelse. En anden udfordring er, at det ikke er alle erhvervsskolerne, der har avanceret automatiserings- og robotudstyr. Andre skoler inviteres til at komme på videncentret og benytte deres udstyr, men videnscentret har også en mobil enhed, der kan køres rundt i landet og ud på skolerne. Det er videncentrets oplevelse, at der på de fleste skoler er et stort efterslæb. Mange skoler er for små til selvstændigt at vedligeholde og udvikle en faglighed inden for avanceret automatiserings- og robotteknologi.

Når erhvervsskolelærerne bliver bedre kvalificeret i forhold til avanceret automatiserings- og robotteknologi, kan det forventes at have en positiv afsmitning på arbejdsmarkedsuddannelserne. Der vil være en del af de lærere, der er på erhvervsuddannelserne, som også ville skulle undervise, når der gennemføres AMU kurser. Et AMU-kursus kan vare fra en dag til flere uger, hvis der sammensættes et forløb.

De AMU-kurser, som Industriens Fællesudvalg udbyder, er rettet mod de ikke faglærte operatører. De er henvendt til de medarbejdere, der skal kunne starte, lukke og betjene maskinen/robotten/cobots. Efter deres opfattelse er det de faglærte, der vedligeholder og programmerer robotterne, men kun med anvendelse af den mest simple blokprogrammering. De yngre faglærte har lært det på deres erhvervsuddannelse som mekaniker eller automatikmekaniker. De ældre faglærte kan godt have brug for et grundlæggende kursus på samme niveau som de ikke faglærte.

Fem dages AMU-kurset Robotbetjening for operatører beskrives i overskriften således:

*Med udgangspunkt i gældende sikkerhedsregler i forbindelse med robotanlæg lærer du at betjene et robotanlæg forsvarligt. Du får kendskab til industrirobotters opbygning, funktioner og anvendelsesområder og kan opbygge mindre programmer, rette programfejl samt genstarte robotten korrekt efter driftsstop.*

Foruden dette kursus er der to andre kurser: Håndtering med industrirobotter for operatører og Robot, periferiudstyr for operatører, begge kurser varer i fem dage.

Industriens Uddannelser fortæller at det på trods af et generelt fald i AMU-aktiviteterne på mange områder, fortsat er aktivitet indenfor robot- og cobotteknologi, selvom det, ligesom al mulig anden uddannelse indenfor det sidste år, har været coronaramt.

### 2.3. Læringsform for kompetenceudvikling og særligt behov

Læring eller kompetenceudvikling foregår overordnet set på to forskellige måder i virksomhederne. Det ene finder sted i forbindelse med indkøb af nye robotter og andet udstyr, hvor leverandører overdrager viden til de kommende brugere, og den anden er via løbende formel og uformel kompetenceudvikling af medarbejderne.

Alle de interviewede virksomheder benytter sig af kurser fra leverandørerne i forbindelse med køb af robotter eller cobots. Disse kurser fungerer som en udmærket introduktion til udstyret, oplever brugerne. Udstyrsleverandørerne tilpasser deres kurser i forhold til den aktuelle målgruppe og dennes kompetenceniveau, og et typisk forløb i forbindelse med installation og indkøring af en cobot varer i tre dage.

Udstyrsleverandørerne kan, ud over den grundlæggende undervisning i hvordan udstyret anvendes, også lave mere grundlæggende programmeringsundervisning i forbindelse med overdragelse af udstyret.

En af brugervirksomhederne fortæller, og det bekræftes af udstyrsleverandørerne, at hvis udstyret i en længere periode anvendes til bearbejdning af det samme emne på den samme måde, glemmer operatørerne den programmering, de har lært, fordi den ikke har været brugt.

*Selv om medarbejderne har været på kurser i forhold til programmering af robotter, er det svært at holde kompetencerne ved lige, for vi ændrer ikke så tit ved noget. Så ender det alligevel med, at vi skal have fat i leverandøren, når noget skal omprogrammes.*

De fleste virksomheder arbejder systematisk med at kompetenceudvikle medarbejderne, så de ikke kommer i en situation med for få kompetente medarbejdere i forhold til udstyret. Samtidig er det dog ikke en hemmelighed, at der hurtigt "går drift i det", og at det derfor kan være svært at fastholde principperne om kompetenceudvikling.

Meget af kompetenceudviklingen i forhold til robotter foregår via sidemandsoplæring, og det er også den oplæringsform, der i virksomhederne tillægges størst vægt. I de store virksomheder udarbejdes der vurderinger af individuelle kompetencebehov og dertil knyttede uddannelsesprogrammer såvel som afdelinger, der står for undervisning og afholdelse af interne kurser.

En teknisk chef vurderer, at kompetenceopbygningen især er afhængig af muligheder for at prøve og lære sammen med en anden erfaren person: *70 pct. viden stammer fra sidemandsoplæring, 20 pct. kommer via arbejdet, 10 pct. via uddannelse.* Nedenstående eksempler illustrerer nogle af de intentioner, der er om kompetenceudvikling:

- Oplæring/træning af operatører er todelt med en kombination af teori og praksis med vægt på praksis:
  1. Basisoplæring som sidemandsoplæring, hvor man oplæres i det konkrete produktions-setup.
  2. 2x1 uge om principperne ved produktion baseret på robotter, fx som et introduktionskursus, og et mere udvidet kursus, hvor der går mere i dybden med tekniske problemstillinger, fx udbudt af AMU centre, videntcentre eller private udbydere – gerne med en forankring i eller reference til det produktionsanlæg de senere skal arbejde med.
- Træning vedr. vedligehold (baggrund som maskinteknikere, automatik, værktøjsmager e.lign.). Om at forstå systemsammenhænge og om at kunne læse/fortolke information fra robotten og følge de procedurer, der skal følges for at rette fejl, så vedligeholdelsesteamet skal være klar som "et hold under et Formel 1-løb":
  - Programmering – læringsproces understøttet af kursus – uden at det nødvendigvis drejer sig om avanceret programmering.
  - Trænes i at køre anlæg uanset om det er manuel produktion, eller det involverer robotter.

En del virksomheder har haft medarbejdere på robotkurser i Sønderborg på EUC Syd, som er et af videnscentrene for automation og robotteknologi. Industriens Uddannelser fortæller, at på trods af et generelt fald i AMU-aktiviteterne på mange områder, er der indenfor robot-/cobot- og teknologiområdet fortsat aktivitet, selvom det inden for det sidste år har været coronaramt.

Nogle virksomheder har i forbindelse med interviewene efterlyst kurser om:

- Lettere programmering, specielt i forhold til at anvende cobots.
- Sikkerhed, specielt i forhold til at anvende cobots.

Selvom der, som beskrevet, er udviklet forskellige koncepter for sidemandsoplæringsforløb, og det at sidemandsoplæring spiller en så afgørende rolle i kompetenceudviklingen af ikke-faglærte og faglærte i virksomhederne, er det et område, der kunne styrkes og udvikles ved fx at sætte fokus på de kompetencer, den, der står for sidemandsoplæringen, skal besidde.

## Bibliografi

- Aaltonen, I. &. (2020). Experiences and expectations of collaborative robots in industry and academia: barriers and development needs. *Procedia Manufacturing*, 38, 1151-1158. Hentet fra [https://www.researchgate.net/publication/339116944\\_Experiences\\_and\\_expectations\\_of\\_collaborative\\_robots\\_in\\_industry\\_and\\_academia\\_barriers\\_and\\_development\\_needs](https://www.researchgate.net/publication/339116944_Experiences_and_expectations_of_collaborative_robots_in_industry_and_academia_barriers_and_development_needs)
- Apte, P. (2020). *Cobots in Manufacturing: Your New Coworker Might be a Collaborative Robot*. EPICOR. Hentet fra <https://www.epicor.com/en-us/shopfloor/technology/cobots-in-manufacturing/>
- BIS Research. (2020). *Global Collaborative Robot Market is Forecasted to Reach \$2.3bn by 2025*. STATEON. Hentet fra [https://statzon.com/insights/global-collaborative-robot-market?gclid=Cj0KCQjwp86EBhD7ARIsAFkgakjDWFNc9P3or9M0Ud3sjqKuIAXvuwqXwG3\\_DNtFE9BuZ8CcnF5R1oaAtelEALw\\_wcB](https://statzon.com/insights/global-collaborative-robot-market?gclid=Cj0KCQjwp86EBhD7ARIsAFkgakjDWFNc9P3or9M0Ud3sjqKuIAXvuwqXwG3_DNtFE9BuZ8CcnF5R1oaAtelEALw_wcB)
- Calitz, A. P. (2021). *The Future African Workplace: The use of collaborative robots in manufacturing*. Hentet fra Future Skills Centre: <https://fsc-ccf.ca/references/the-future-african-workplace-the-use-of-collaborative-robots-in-manufacturing/>
- Christina Schmidbauer, T. K. (2020). Teaching Cobots in Learning Factories – User and Usability-Driven Implications. *Procedia Manufacturing* 45, s. 98–404.
- Damvad Analytics. (2020). *Analyse af den danske robotindustri. En styrkeposition i vækst*. Hentet fra [https://www.odenserobotics.dk/wp-content/uploads/2020/11/Analyse-af-Danmarks-robotindustri\\_Damvad-Analytics-April2019-1.pdf](https://www.odenserobotics.dk/wp-content/uploads/2020/11/Analyse-af-Danmarks-robotindustri_Damvad-Analytics-April2019-1.pdf)
- Dannapfel M, W. T. (2019). *Human Machine Cooperation in Smart Production: Evaluation of the Organizational Readiness*. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. Hentet fra <http://www.ijmerr.com/show-166-1078-1.html>
- Emilie Agner Damm, J. N. (2021). *Danmark mangler 99.000 faglærte i 2030*. Arbejderbevægelsens Erhvervsråd. Hentet fra [https://www.ae.dk/sites/www.ae.dk/files/media/document/ae\\_temapublikation\\_danmark-mangler-99.000-fagl%C3%A6rte-i-2030\\_web\\_0.pdf](https://www.ae.dk/sites/www.ae.dk/files/media/document/ae_temapublikation_danmark-mangler-99.000-fagl%C3%A6rte-i-2030_web_0.pdf)
- IFR. (2019). *World Robotics 2019 - Industrial Robots and Service Robots*. Frankfurt: VDMA Services GmbH. Frankfurt: IFR, International Federation of Robotics.
- Iris Group. (2019). *Den danske robotklynge i et globalt vækstperspektiv*. december. Hentet fra <https://robotics-alliance.dk/wp-content/uploads/2019/12/Den-danske-robotklynge-i-et-globalt-v%C3%A6kstperspektiv.-Dec2019.pdf>
- Larsen, C. S. (2019). *Hvor langt er danske virksomheder med industri 4.0?* Ingeniørforeningen i Danmark. Hentet fra <https://ida.dk/media/7524/ida-analyse-hvor-langt-er-danske-virksomheder-med-industri-40-csl-okt-2020.pdf>
- Learn, T. E. (November 2020). *Upskilling for a future with collaborative robots*. Hentet fra <https://govinsider.asia/>: <https://govinsider.asia/future-of-work/upskilling-for-a-future-with-collaborative-robots-ntuc-learninghub/>
- Lucas Sakurada, C. A. (Marts 2021). Analysis of New Job Profiles for the Factory of the Future. *Studies in Computational Intelligence book series (SCI, volume 952)*. Hentet fra [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-69373-2\\_18](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-69373-2_18)
- Markets & Markets. (2019). *Collaborative Robot (Cobot) Market by Payload, Component (End Effectors, Controllers), Application (Handling, Assembling & Disassembling, Dispensing, Processing), Industry (Electronics, Furniture & Equipment), and Geography - Global Forecast to 2026*. Markets & Markets. Hentet fra <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/collaborative-robot.asp>



- McKinsey. (2019). *Industrial robotics – insights into the sector's future growth dynamics*. McKinsey. Hentet fra <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/growth%20dynamics%20in%20industrial%20robotics/industrial-robotics-insights-into-the-sectors-future-growth-dynamics.ashx>
- McKinsey&Company. (2017). *JOBS LOST, JOBS GAINED: WORKFORCE TRANSITIONS IN A TIME OF AUTOMATION*. McKinsey&Company. Hentet fra [https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi%20jobs%20lost-jobs%20gained\\_report\\_december%202017.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi%20jobs%20lost-jobs%20gained_report_december%202017.pdf)
- Mikkel Knudsen, J. K.-O. (2020). Collaborative Robots: Frontiers of Current Literature. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications* 3(2) 13-20.
- Müller, C., & Kutzbach, N. (2020). *World Robotics 2020 – Industrial Robots*. Frankfurt am Main, Germany: IFR Statistical Department, VDMA Services GmbH.
- Nielsen, H. F. (2021). EKSPERTER: NØDVENDIGT MED FLERE ROBOTTER. *Teknisk Fokus*. Hentet fra <https://www.tekniskfokus.dk/eksperter-noedvendigt-med-flere-robotter/>
- Peter Lemcke Frederiksen, J. W. (2020). *COBOTS I Dansk produktion - gevinster og barrierer ved brug af kollaborative robotter*. Teknologisk Institut i samarbejde med SDU og AAU - finansieret af Industriens Fond. Hentet fra <https://cobotlab.dk/wp-content/uploads/2020/08/Cobots-i-dansk-produktion.pdf>
- Risager, C. (2011). *Service Robots - business perspectives*. Teknologisk Institut. Hentet fra <https://www.slideshare.net/innobasque/robotica-de-servicios-claus-risager-danish-technological-institute>
- Shirine El Zaataria, M. M. (2019). *Cobot Programming for Collaborative Industrial Tasks: An Overview*. Faculty of Engineering, Environment and Computing, Coventry University, UK og Rolls Royce, UK. Hentet fra [https://www.researchgate.net/publication/331855439\\_Cobot\\_programming\\_for\\_collaborative\\_industrial\\_tasks\\_An\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/331855439_Cobot_programming_for_collaborative_industrial_tasks_An_overview)
- Sørensen, S. Y. (2018). *Danske fremstillingsvirksomheder lukker robotterne ind*. Teknologisk Institut.
- T.B. Ionescu, S. S. (2019). A Participatory Programming Model for Democratizing Cobot Technology in Public and Industrial Fablabs. *Procedia CIRP*, nr. 81, s. 93-98.

## Interview

Leverandører af robotter mv.

- **Migatronics**, CEO Christian Bols
- **Odense Robotics**, CEO Mikkel Christoffersen
- **OnRobot**, Head of R&D Niels Falkenberg
- **Schunck DK**, General Manager Per Martens
- **Technicon**, CEO Casper Hansen
- **Universal Robots**, Innovation Manager Anders Beck

Virksomheder

- **Alfa Laval**, Servicefunksionsleder Jesper Karlsen, Team Manager Karsten Markussen, Project Manager Andy Schmidt og Operatør Søren
- **Delta Optical Thin Film**, CEO Poul Svensgaard
- **Kamstrup**, Flemming Møller Hansen, Head of global production og Afdelingsleder Susanne Ransby
- **LEGO**, Director - OT Automation & Robotics John Christiansen og René Klaris fra udviklingsafdelingen **LINAK**, Project Engineer, Digital Production Peter Lund Andersen, Senior Director Tøben Levisen, Arbejdsleder Per Hviid Michaelsen og Robotoperatør Thomas Hendriksen,
- **Mirit Glas**, CEO Jens Milbrat og Produktionschef Kjeld Lauritsen
- **VELUX**, Technology Contributor Sigurd Lazic Villumsen og Teknologichef Martin Jensen

Uddannelsesaktører institutioner

- **Industriens Uddannelser**, Uddannelseskonsulent Katrine Laubjerg
- **Dansk Metal**, Uddannelses- og IKT-Sekretariatet, Forbundssekretær Kasper Palm
- **Videnscenter for automatisering og robotteknologi**, Afdeling Nord: Videncenterchef John Hansen og Afdeling Syd: Videncenterchef Erik Wancsher og Nicolaj Kirkeby