



AGIL PRODUKTION

NYE MULIGHEDER FOR DANSKE VIRKSOMHEDER



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Titel:

Agil produktion
Nye muligheder for danske virksomheder

Aktiviteter om Agil Produktion er støttet af
Uddannelses- og Forskningsstyrelsen

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Analyse & Erhvervsfremme

2022

Forfattere:

Stig Yding Sørensen
Emil Højbjerg Thomsen
og Andreas Munk Sørensen

Layout Anette Nicolajsen

Fotos:

Teknologisk Institut
Eletro Gruppen A/S
<https://danchell.dk>
<https://dk.vola.com>

Tak til virksomhederne

Vola, Danchell og Elektro Gruppen A/S
for medvirken

Indhold

AGILITET - EN STYRKE I EN GLOBAL VERDEN	4
LÆSEVEJLEDNING	7
DEN TEKNOLOGISKE VÆRKTØJSKASSE TIL AGIL PRODUKTION	8
GLOBAL SCREENING AF TEKNOLOGIER TIL AGIL PRODUKTION	10
FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS (FMS)	12
FMS OG INDUSTRI 4.0	15
TEKNOLOGISK UDVIKLING – HASTIGHED OG VOLUMEN	16
– FOR UDVALGTE NØGLETEKNOLOGIER	
TEKNOLOGISK LIVSCYKLUS FOR FMS-SYSTEMER	18
AGIL PRODUKTION SOM TANKESÆT	22
AGILITET I DANSKE VIRKSOMHEDER	30
TEKNOLOGI I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN	31
ORGANISERINGEN I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN	34
BILAG 1: ERFARINGER MED AGIL PRODUKTION - TRE VIRKSOMHEDSCASES	36
VOLA	36
ELEKTRO GRUPPEN A/S	39
PAUL E. DANCHELL A/S	44
BILAG 2: METODEN BAG TECH-MINING	48
BIBLIOGRAFI	53
AGIL PRODUKTION PÅ TEKNOLOGISK INSTITUT	54
FIGUR 1 UDSNIT AF STIKORD I DE IDENTIFICEREDE PATENTER FOR FMS SYSTEMER.	12
FIGUR 2 UDVIKLING AF FMS SYSTEMER - GLOBALE HOTSPOTS	13
FIGUR 3 VÆKST I UDVIKLING AF 5 NØGLETEKNOLOGIER TIL AGIL PRODUKTION	16
FIGUR 4 VOLUMEN I TEKNOLOGISK UDVIKLING	17
FIGUR 5 FEM FASER I TEKNOLOGISK MODENHED – IDEALMODEL FOR LIVSCYKLUS	18
FIGUR 6 TEKNOLOGISK LIVSCYKLUS FOR FMS - SYSTEMER	20
FIGUR 7 TI BRIKKER TIL AGILITET I VIRKSOMHEDEN	23
FIGUR 8 MEKANISERING I DANSKE SMV-FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDER	32
FIGUR 9 MEKANISERING I DANSKE SMV-FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDER – OPDELT EFTER BRANCHE	32
FIGUR 10 ORGANISERINGEN I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN	35
FIGUR 11 ORGANISERINGEN I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN EFTER BRANCHE.	35
FIGUR 12 BRED SØGNING VS. SNÆVER SØGNING I DATABASES	50
FIGUR 13 INDSIGTER OG BLIND SPOTS I TECH-MINING	51

Agilitet – en styrke i en global verden

Fremstillingsvirksomheder i Danmark er ofte i stærk konkurrence fra udlandet, hvor lønomkostningerne er lave. Ny teknologi betyder, at små serier og individuelle produktvarianter kan leveres. Det øger konkurrencen og presset for omstilling i danske virksomheder. Virksomheder, der hurtigt kan tilpasse sig efterspørgslen og evt. også leverancer uden at miste overblik over omkostninger og kvalitet, vil stå stærkt i denne konkurrence. Den fleksible produktion kendes også som agil produktion. Og fra virksomhed til virksomhed er det forskelligt, hvad der skal til for at gøre produktionen mere agil.

For mange danske virksomheder kræver det innovation af produktionssystemet, så systemet bliver mere fleksibelt og effektivt. En fleksibel produktion kan have flere udtryk afhængig af produkterne, teknologien og markedet. Flexibel produktion kan kræve fx modulisering og standardisering af både materialer og arbejdsgange, gennemtænkning af forretningen og den interne organisering, rekonfigurering af produktionen eller helt nye servicekoncepter.

Teknologiske værktøjer til en mere fleksibel produktion kan være digitale teknologier fra industri 4.0's værktøjskasse som fx cobots, AI, digitale twins, 3D print, selvkørende robotter eller sensorer.

Teknologisk Institut har indsamlet ny viden om agil produktion i Danmark ved at interviewe tre virksomheder, som arbejder målrettet med agil produktion: Vola, Danchell og Elektro Gruppen A/S. De fulde interview findes i bilag 1. Det er tre cases, som illustrerer, at agil produktion er et tankesæt mere end en bestemt teknologi. Agil produktion skabes af ledelse, ambition, tålmodighed og risiko-villighed og kan understøttes af teknologi.

Desuden er der trukket på globale databaser for at følge den seneste teknologiske udvikling om fleksible produktionssystemer samt trukket på survey-resultater med 2.206 SMV-fremstillingsvirksomheder i Danmark¹.

Visionen for den fuldt digitale, automatiserede, agile virksomhed er, at kunderne definerer det produkt, de ønsker (form, farve, størrelse, antal, funktioner mv.) digitalt, og at produktionen så automatisk indstiller sig, så produkterne leveres hurtigt, effektivt og i høj kvalitet. Det er en vision eller rettere en utopi, som på ingen måde ligger lige om hjørnet – selvom den teknologiske udvikling antyder, at der arbejdes konkret på visionen.

Formålet med analysen er at give et mere detaljeret og opdateret billede af, hvad agil produktion er og hvilke teknologier, der kan understøtte agil produktion. Rapporten belyser begrebet agil produktion. Det gør vi ved at afsøge den teknologiske udvikling for nogle af de væsentligste værktøjer, som virksomhederne har til rådighed ved indretningen af agil produktion. Desuden giver vi gennem cases eksempler på virksomheder, som arbejder med agil produktion.

¹Interviewene blev gennemført for Industriens Fond i 2019 og 2020 til brug for Innovationbenchmark.dk og bygger på en spørgeramme udviklet af Eurostat til vurdering af innovation i virksomheder. På Innovationbenchmark kan fremstillingsvirksomheder tage pulsen på innovationsniveauet i virksomhed og få indblik i de indsatsområder, der kan forbedres. Virksomheden kan også se, hvordan virksomheden placerer sig i forhold til sammenlignelige virksomheder. Data fra databasen er anvendt i nærværende undersøgelse. Innovationbenchmark er udviklet af Teknologisk Institut, CBS og SDU i forening for Industriens Fond. Innovationbenchmark er en del af Virksomhedsguiden.



Analysen viser,

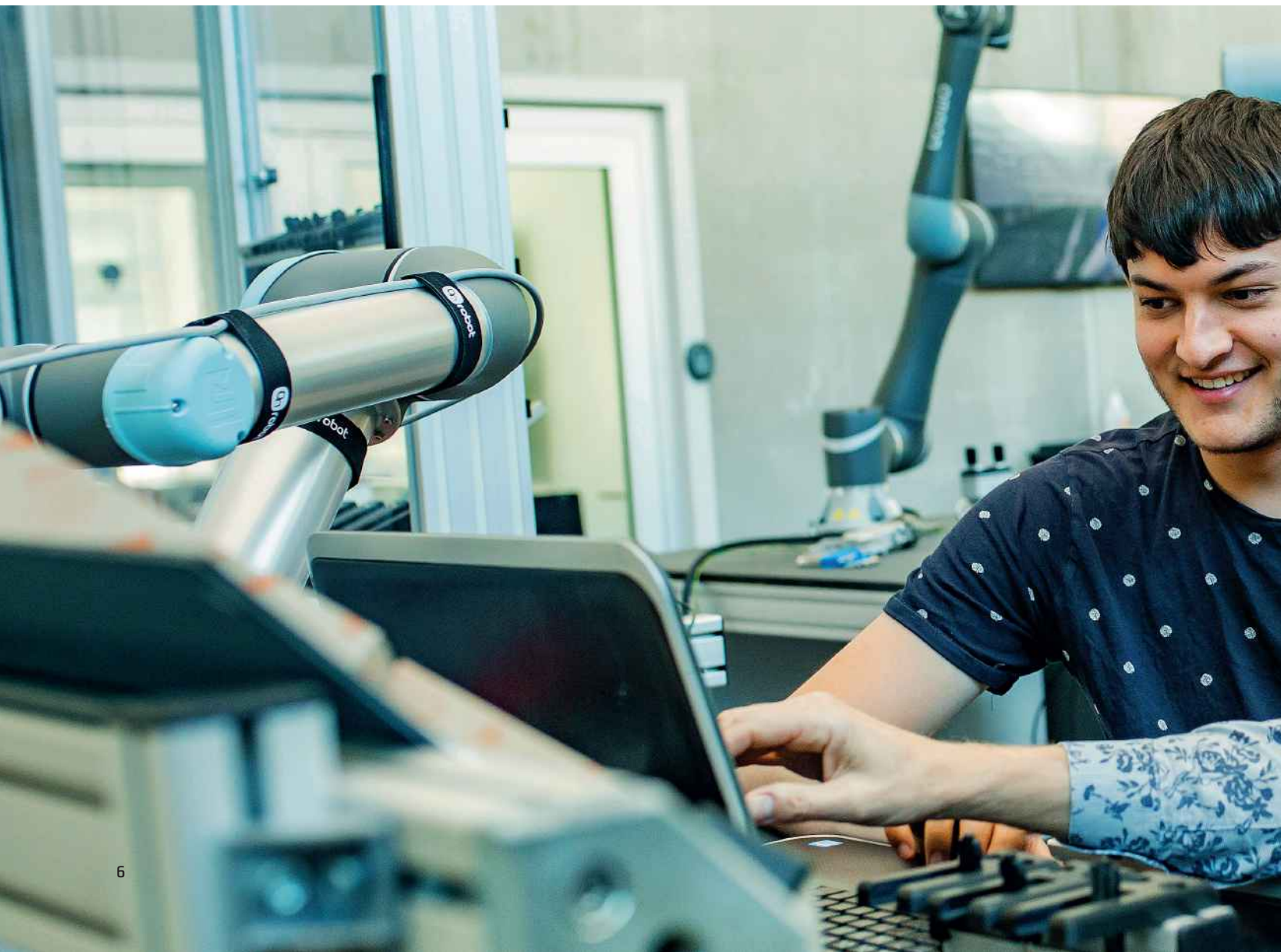
- » At **det teknologiske grundlag for agil produktion** er til stede i mange danske SMV-industrivirksomheder, hvor industri 4.0-teknologi bliver implementeret. Det er ikke velbelyst. Foreløbige tal fra survey viser, at næsten halvdelen af virksomhederne har en høj grad af mekanisering, især i produktionsprocesserne, at hver fjerde virksomhed har digitaliseret produktionsprocessen, og mere end hver femte har automatiseret styringen af mekaniserede processer.
- » At **omstillingen til agil produktion er en kontinuert proces**, som tager flere år. Omstillingen kræver vedholdenhed i ledelsen og klare ambitioner. Der skal tænkes i hele værdikæden med fokus på optimering. Virksomheder, hvor medarbejderne er organiseret i teams, er muligvis bedre stillet. Det gælder i halvdelen af Danmarks SMV-industrivirksomheder, jf. interview.
- » At **den agile produktion fortsat vil være afhængig af både mennesker og systemer**, der fleksibelt kan tilpasse markedets ønsker – om det så er en-stk produktion eller større serier – og understøttet af teknologi, hvor det er muligt.
- » At den teknologiske **udvikling på teknologier, der kan understøtte agil produktion, er hastig** og omfattende. Det kunne fx være robotter, additiv manufacturing, mobile robotter, kunstig intelligens og meget andet som avancerede sensorer, databaser, digital kommunikation eller software. Antallet af patenter på FMS-systemer er i 2021 hele 27 gange så stort som i år 2000.
- » At interessen for teknologiudvikling i totale **"Flexible manufacturing systems" [FMS] er i vækst** og især finder sted uden for Europa. I sammenligning med de understøttende teknologier er teknologiudviklingen stadig behersket. Desuden ser det ud til, at de FMS-systemer, der patenteres, er meget specialiserede og generelt ikke-overførbare til andre produktioner.
- » Der er stor forskel på, hvilke avancerede teknologier, der understøtter den agile produktion i den enkelte virksomhed. Teknologien er blandt andet afhængig af virksomhedens niche i markedet. Agil produktion skal derfor først og fremmest betragtes som et særligt mindset hos ledelse og medarbejdere.

Agil produktion findes i fremstillingsvirksomheder med produktioner, hvor der er udviklet processer, værktøjer og organisation, så virksomheden kan reagere hurtigt på kunders behov og ændringer i markedet, samtidig med at virksomheden bevarer kontrollen over både omkostninger og kvalitet. Agil produktion er ofte knyttet til begrebet LEAN-produktion, hvor målet er at reducere spild (omkostninger, tid og materialer) i så høj grad som muligt. Man kan forestille sig produktioner, som enten er agile eller lean, men typisk ses tilgangene sammen.

Der tegner sig mange konkurrencemæssige fordele for mange danske virksomheder ved at indrette produktionerne mere agilt: Dels kan agile virksomheder give en hurtig og helt individuelt tilpasset løsning til kunderne,

dels forbliver virksomhederne konkurrencedygtige på prisen, fordi alle fordele fra serieproduktionen vedholdes og lagrene reduceres. Desuden kan kombinationen af håndarbejde og brugen af robotter eller CNC-maskiner sikre en højere kvalitet og nøjagtighed, end det ellers er muligt. Hvor mange virksomheder, der arbejder mere eller mindre agilt, og hvor mange, der målrettet arbejder i den retning, findes der ikke et klart overblik over.

Der kan knytte sig miljøgevinster til den agile produktion, hvis effektivisering indebærer mere effektiv brug af materialer og energi. De virksomheder, der først bevæger sig til en mere agil produktion, vil også høste de største forretningsmæssige gevinster. Sammenhængen er dog ikke velbelyst.



ANALYSE

LÆSEVEJLEDNING

Rapporten er i det følgende opdelt efter datakilderne. Først undersøges den teknologiske værktøjskasse til agil produktion ved en analyse af globale patentdatabaser. En del af analysen vurderer udviklingen af FMS-systemer. Metoden bag tech-mining er præsenteret i bilag 2. Næste trin er en præsentation af resultaterne fra tre casestudi-

er, hvor erfaringer fra tre virksomheder, der alle arbejder med agil produktion, opsamles. De tre cases er præsenteret i bilag 1. Endelig gennemgås resultater fra databasen bag innovationbenchmark.dk, som giver indblik i danske SMV-industrivirksomheders parathed til agil produktion.



Den teknologiske værktøjskasse til agil produktion

Hvilke teknologier, en virksomhed har brug for, afhænger meget af, hvad der skal produceres, og hvor stort et marked virksomheden har. I overvejelserne om agil produktion bliver der hurtigt talt om avancerede robotter, 3D print, sensorer og andre nyskabelser fra øverste skuffe i den teknologiske værktøjskasse. Derfor tager dette kapitel et dyk ned i teknologier, som kan understøtte en agil produktion. Men som vi skal se i det følgende kapitel, afhænger produktioner fortsat også af mennesker, ledelse og deres organisering.

McKinsey skrev i 2017 om Agil Produktion (McKinsey, 2017) med eksempler på højt automatiserede produktioner, som ved hjælp af billig, kapabel og fleksibel teknologi kunne skabe fuldt automatiserede produktioner:

- » Robotter, som hele tiden bliver billigere og dermed mere tilgængelige. Ifølge McKinsey er robotpriserne siden 1990 stort set halveret, mens udgiften til arbejdskraft er fordoblet.
- » Tilgængelige kompetencer. Der bliver hele tiden flere ingeniører og operatører, som har kompetencerne til at arbejde med robotteknologi, og den nyeste robotteknologi, cobots, kræver endnu færre kompetencer at anvende.
- » Digitalisering. Software og netværk betyder, at sensorer, actuatorer og maskiner taler bedre sammen, og det gør det i højere grad muligt at integrere teknologierne til en helhed.

- » Ny robotkapaciteter. Når AI og big data kombineres med sensorer og actuatorer, kan robotterne anvendes mere fleksibelt og ikke bare være en del af en produktionscelle.
- » Bedre robotter. Robotter udvikles hele tiden til at have flere akser, kunne løfte mere og kunne række længere, og stadig flere funktioner knyttes på.
- » Sikkerhed – robotterne som værktøj bliver stadig mere sikre for mennesker at samarbejde med, og cobots, hvori Danmark har en førende position, er en teknologi, som opsummerer mange af de fordele ved nye robotter, som er oplistet her ovenfor.

McKinsey konkluderede, at robotter vil gøre kortere serier rentable, fordi robotterne er fleksible og kan løse mange forskellige og komplekse opgaver. I de agile virksomheder vi har besøgt (Se cases) håndteres både længere serie og et styks produktion.

Robotteknologien kan kombineres med andre fleksible teknologier som CNC-maskiner, 3D-printere, RFID-tagging af komponenter og små køretøjer (automated guided vehicles (AGVs)), hvilket kan betyde enden for samlebåndet (McKinsey, 2017). Men idéen om fleksibel produktion eller FMS (Flexible Manufacturing Systems) kan spores helt til bage til 1960'erne i England, hvor "Molin System 24"² var en fleksibel maskine, som kunne arbejde 24/7 uden operatør, men bare computerstyret.

²Se patentet her; <https://patents.google.com/patent/US4621410A/en>



Det er en udvikling, som dansk teknologi bidrager stærkt til. I foråret 2021 beskrev Teknologisk Institut i et Whitepaper om Robotter og Kompetencer (Stig Y. Sørensen, 2021), at Danmark på den ene side har en stærk position på det globale marked for cobots, men også at markedet forsat kun udgør en lille del af det globale robotmarked. Også danske virksomheder er interesserede. En analyse fra Erhvervsministeriet viser, at "Samlet set er det omkring 40 pct. af de danske industrivirksomheder, som anvender fysiske robotter" og

"for nogle virksomheder handler det om, at de ønsker at opbygge en mere fleksibel organisation, hvor robotter kan komplementere medarbejderne og på den måde bidrage til at øge produktionen. For andre kan robotter bruges til at automatisere forskellige administrative processer

og tunge ensartede opgaver, som kan være nedslidende og mindre attraktive blandt medarbejderne. Samtidig kan der frigives ressourcer, og medarbejderne kan bruge deres tid på andre opgaver, som kan skabe vækst i virksomheden. Virksomhederne anvender generelt robotter for at øge produktiviteten, og fysiske robotter anvendes desuden i høj grad for at forbedre arbejdsmiljøet. Omvendt anvendes softwarerobotter i høj grad for at mindske antallet af fejl." (Erhvervsministeriet, 2021).

Perspektivet med at anvende teknologien til en fleksibel produktion er med andre ord ikke tabt for danske virksomheder.

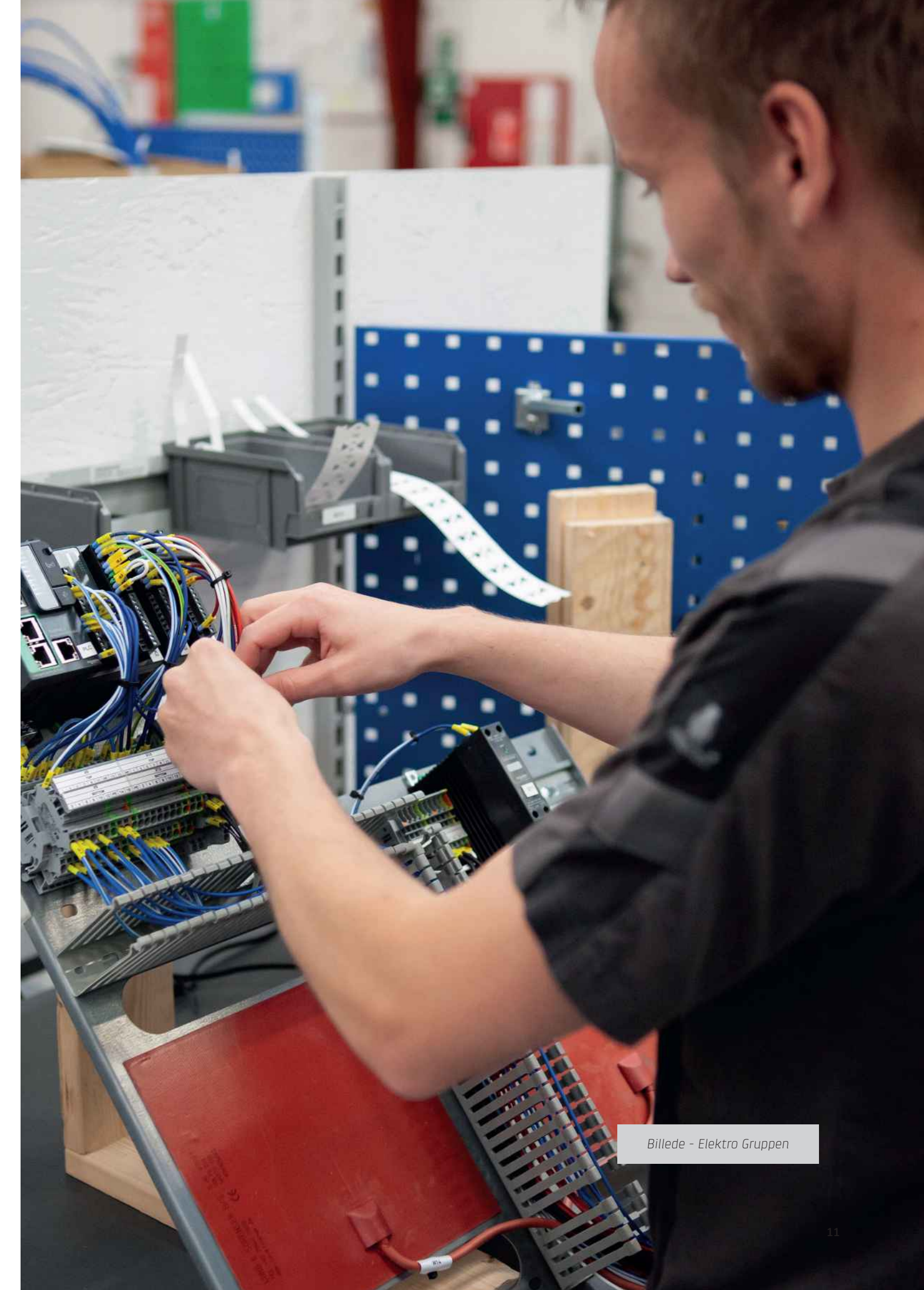
GLOBAL SCREENING AF TEKNOLOGIER TIL AGIL PRODUKTION

I ovenstående er nævnt en del teknologier, som er værd at holde øje med. Det følgende udgør en screening af globale patentdatabaser, som illustrerer udviklingen af teknologier globalt. Screeningen viser hastigheden i udviklingen, hvor i verden den teknologiske udvikling finder sted og teknologiens modenhed.

Patenter fortæller, hvem der har retten til at udnytte en teknologisk udvikling, men desværre kan vi ikke samtidig se, hvor meget den enkelte innovation skaber af udvikling, og hvor den bliver udnyttet. Til gengæld er patenterne ofte udtryk for, at der er et aktivt teknologisk miljø i geografisk nærhed (fx andre virksomheder eller universiteter) og et attraktivt marked enten lokalt,

regionalt eller globalt. Mange teknologier er ikke eksklusive for en enkelt virksomhed, men licenseres eller bygges ind i produkter og bliver tilgængelige for fx integratorer.

I de tal for publicerede patenter, der citeres nedenfor, er der tale om patentfamilier, hvor den samme innovation kan været patenteret i flere forskellige lande. I opgørelserne medtælles kun patenter, der er enten citeret af andre patenter eller publiceret af mindst 2 patentmyndigheder. Af-grænsningen sikrer, at det især er patenter af en vis kommerciel tyngde, der medtælles. Der findes ikke alternative og mere præcise databaser end patentdatabaserne, som opdateres dagligt, time for time.



Billede - Elektro Gruppen

FIGUR 2: UDVIKLING AF FMS-SYSTEMER - GLOBALE HOTSPOTS



Kilde: Teknologisk Institut analyse af globale patentdata af patenter på FMS (Flexible Manufacturing Systems). Kun patenter, som er citeret af et andet patent eller publiceret af mindst to myndigheder indgår.

Kortet kan tilgås online med link: is.gd/e3MiIP og password: teknologi

Figur 2 viser globale hotspots for patenter, og antageligvis er der omkring de hotspots teknologiudviklere, forskningsaktiviteter, større virksomheder og dermed finansiel interesse i at udnytte patenterne.

Den store patentaktivitet er i Kina i de hightech-tunge områder omkring Beijing/Hebei, Yangze-deltaet (Shanghai) og Pearl-River (Guangdong, Hongkong). Det er de områder i Kina, hvor den teknologiske aktivitet er mest avanceret og på nogle områder førende i verden. Der er også stor aktivitet i Japan. I resten af verden er teknologiudviklingen mindre koncentreret. I Europa er det ty-

deligvis primært i Bayern, og i USA er det Silicon Vally, BoshWas, Great Lakes, Denver og Texas, der er tyngdepunkterne. Mange af patenterne er knyttede til den tunge bilindustri eller til deres teknologi-leverandører. Kortet er baseret på adressen på den nuværende patentejer, som i de fleste tilfælde er den samme, som den originale patenttager.

En af de mest patenterende virksomheder er amerikanske Fisher-Rosemount Systems Inc., som leverer proceskontrol, men også Siemens, Boeing, ABB og Rockwell ses i top-5 af de patenterende virksomheder.

BOKS 1: EKSEMPLER PÅ PATENTER OMKRING FMS-SYSTEMER

Eksempler på patenter omkring FMS-systemer er fx fulde systemer som Siemens-patentet "Method and system for manufacturing industrial unit goods": "Provided is an application of the described (or similar) decisiontheoretic approaches to ensure the quality, output and timeliness of manufactured products for flexible and adaptable production systems, by determining and inte-grating suitable quality assurance measures which are integrated into the production process in an optimal manner. Thereby, a pareto-optimal sequence of production steps and quality assurance mechanisms are determined that provides an optimal trade-off between target product quality, production time and production costs. Since the approach is performed in an automated way, it can even be performed for flexible production scenarios down to a production of lot size 1." (Pa-tent EP2018181825, 2018)

Et andet fuldt system er fra ExaLeap, som tilsyneladende er en kinesisk startup i USA, "Flexi-ble and dynamic factory": "A factory control system is configured for operating a factory having a transport line and a plurality of manufacturing stations, wherein one of the manufacturing stations is configured to make a first product, wherein the transport line is configured to transport and deliver physical component(s) for the one of the manufacturing stations to make the first product, and wherein the one of the manufacturing stations is at a first elevation in the factory, the transport line is at a second elevation in the factory, the second elevation being different from the first elevation, the factory control system configured to obtain manufacturing information, wherein the factory control system comprises a transport control configured to generate first signal(s) based on the manufacturing information to operate a mechanical component in the transport line to deliver the physical component(s) for the one of the manufacturing stations to make the first product." (Google Translate fra Kinesisk), CN201980082019.6, 2019)

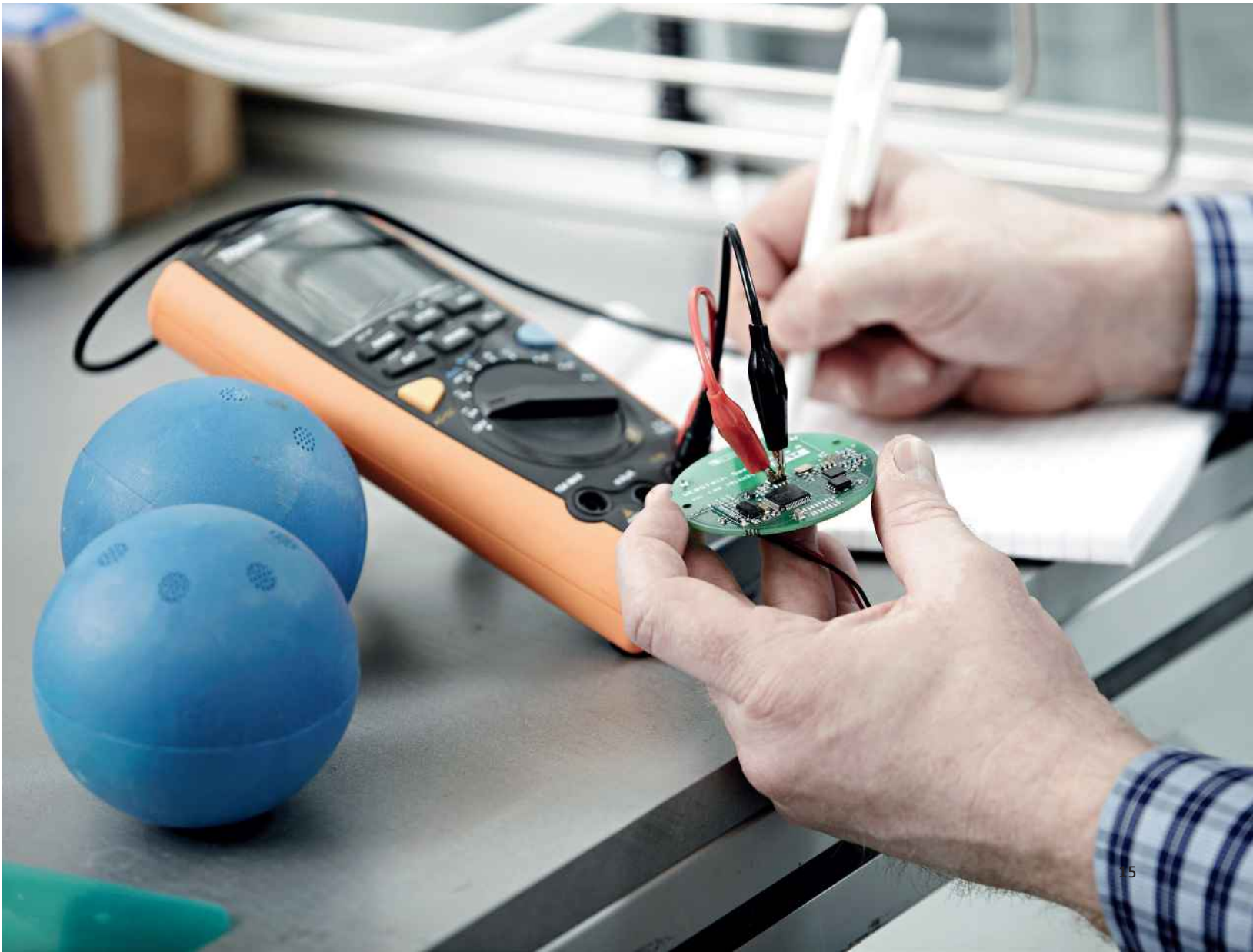
Endelig er der et eksempel fra FISHER-ROSEMOUNT SYSTEMS, INC. på et digital system, "Open architecture industrial control system": "An industrial control system, such as a process control for use in a process plant, uses a hardware/software architecture that makes the system more reactive by making the system more resilient, responsive, and elastic. The industrial control system includes one or more distributed input/output (I/O) controller devices (BFN I/O controllers) which are coupled to field devices within a plant and provide direct or indirect access to the field devices for control and messaging purposes, one or more advanced function and computation nodes, and one or more user nodes coupled to the BFN I/O controllers via a network connection. The advanced function nodes store and execute virtual machines, devices, or entities, which decouples the hardware used in the control system from the software that functions on that hardware, making the system easier to scale, reconfigure, and change. Moreover, the industrial control system uses a selfdescribing data messaging scheme that provides both the data and a description of the data from a sender to a receiver, which enables different messaging protocols and data formats to be used in the control system, which also makes the system more open." (US US62/492895, 2017).

Eksemplerne i Boks 1 illustrerer, at interessen for at udvikle FMS-systemer er intakt. Det er værd at bemærke, at Kina som traditionelt lavtlønsområde også kan være på vej mod en førerposition på dette område, hvilket vil give dem konkurrencemæssige fordele på både løn og automation.

FMS OG INDUSTRI 4.0

Relationen mellem FMS-systemer og industri 4.0 ligger snublende nær (Sullivan, 2020). Før i tiden blev produktionskostninger holdt nede ved hjælp af masseproduktion, hvor de ens høj kvalitetsprodukter blev produceret med høj hastighed. Kodeordet i dag for mange virksomheder, der vil arbejde agilt, er "mass customisation" – altså evnen til at producere en stor variation af kvalitetsprodukter, der passer til efterspørgslen, men uden at

miste den høje hastighed og lave pris. Med andre ord agil produktion. Det kræver formentlig en større grad af automatisering, digitale systemer og kunstig intelligens mv. Industri 4.0 er et andet udtryk for, at digitale netværk forbinder maskinerne og systemerne i produktionen, og i kombination med automatiseringen i FMS-systemer er der et klart slægtsbånd.



TEKNOLOGISK UDVIKLING – HASTIGHED OG VOLUMEN – FOR UDVALGTE NØGLETEKNOLOGIER

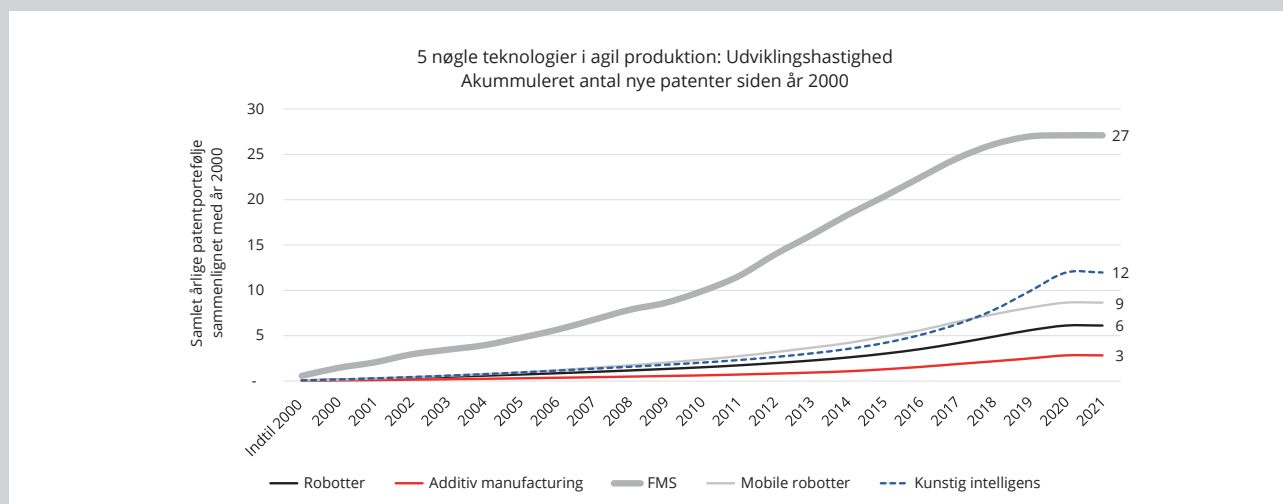
I de næste figurer illustreres den teknologiske udvikling over tid for FMS-systemer og for fire teknologier, som er blandt de vigtige teknologier for agile produktionssystemer.

Figur 3 illustrerer hastigheden i den teknologiske udvikling. Udviklingen er illustreret ved at beregne, hvor hurtigt mængden af patenter på et teknologisk område fordobles i forhold til den samlede mængde af patenter på området frem til 1999. Udviklingen for FMS-systemer er sammenlignet med udviklingen på en række andre nøgleteknologier for agile produktionssystemer. For eksempel er der i 2021 tre gange så mange patenter på additiv ma-

nufacturing³, som omfatter fx 3D-print, som der var for tyve år siden. Antallet af patenter for kunstig intelligens er 12-doblet på tyve år – og for FMS-systemer er der intet mindre end 27 gange så mange patenter.

Udviklingen for samlede FMS-systemer kan være en funktion af systemernes delelementer, som kan være den løbende udvikling af systemer og teknologier, som understøtter en fleksibel produktion. Det kunne fx være robotter, additiv manufacturing, mobile robotter, kunstig intelligens og meget andet som avancerede sensorer, databaser, digital kommunikation eller software.

FIGUR 3: VÆKST I UDVIKLING AF 5 NØGLETEKNOLOGIER TIL AGIL PRODUKTION



Kilde: Teknologisk Institut analyse af globale patentdata. Grafen viser udviklingen i den akkumulerede mængde publicerede patenter pr. teknologiområde i sammenligning med den akkumulerede mængde indtil år 2000. FMS betyder "Flexible Manufacturing Systems".

Bemærk: at tallene fra 2019 er midlertidige, da der løbende foregår opdateringer af databaserne. I søgningen indgår patenter, som enten er citeret af mindst et andet patent eller publicerede af mindst to patentmyndigheder.

³Additive teknologier er fremstillingsteknologier, der kan bygge emner op lag på lag, typisk 3D-print

Figur 4 tre viser volumen af den teknologiske udvikling for de samme nøgleteknologier. Figuren viser, at selvom 4.553 patenter for FMS-systemer er mange, så er der mange flere innovationer, når det handler om kunstig intelligens, hvor der indtil december 2021 er identificeret næsten 1,5 millioner patenter eller omkring 330 gange så mange patenter som for FMS-systemerne. Også antallet af robotpatenter og patenter for additiv manufacturing er mange gange højere end for FMS-systemer. Der er 23.047 patenter for mobile robotter, hvilket illustrerer, at der er tale om en relativt ny teknologi.

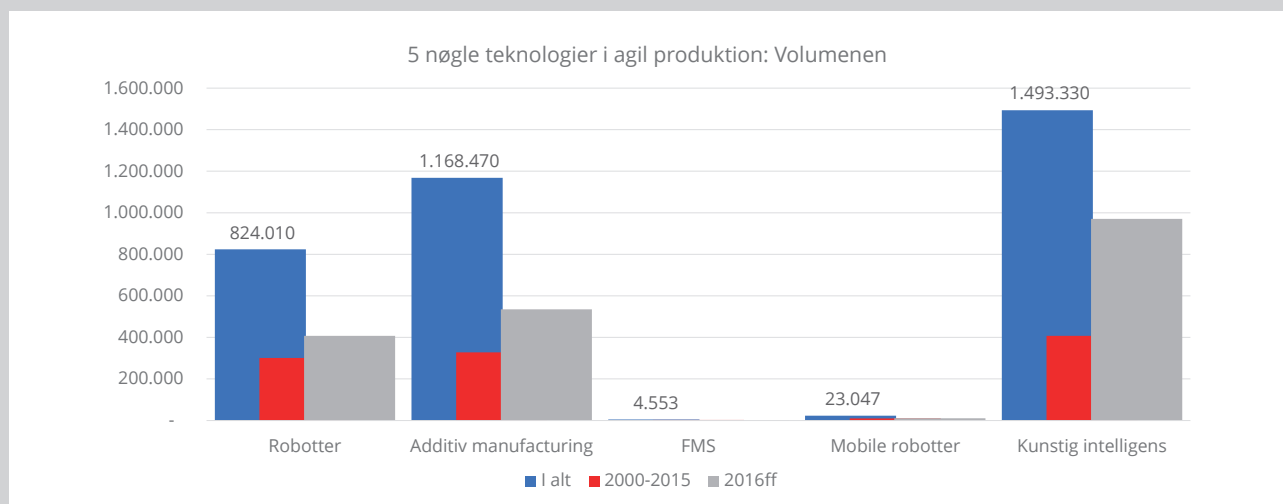
Figur 4 illustrerer desuden den teknologiske udvikling på anden vis. Den blå stolpe illustrerer den samlede volumen, den røde stolpe mængden af patenter deraf, som blev udgivet over femten år fra 2000-2015, og den grå stolpe viser udviklingen siden 2016. For FMS-systemer og mobile robotter er tallene for små til, at de kan ses – men for de tre andre teknologiområder er det værd at bemærke, hvor stor mængden af patenter er siden 2016 – og for

kunstig intelligens udgør patenterne mere end halvdelen af alle de patenter, der gennem tiden er udtaget på kunstig intelligens.

Eftersom FMS-systemer er sammensat af mange andre teknologier, er det ikke mærkeligt, at der er væsentligt færre systemer. En anden årsag kan være, at det er vanskeligt at finde fulde systemer, der kan tilpasses tilstrækkeligt mange virksomheder til at være kommercielt interessante og dermed egnede til patentering. Det er en hypotese, men de tre danske case-virksomheder, som indgår i denne analyse, er så forskelligt organiseret og tilgangen så forskellig, at det er vanskeligt at forestille sig et one-size fits all turnkey-system.

Ingen af de tre interviewede case-virksomheder baserer sig på et fuldt færdigt eller et patenteret system. Virksomhederne Vola, Danchell og Elektro Gruppen A/S har hver deres approach til agil produktion, der producerer til forskellige markeder, og deres teknologier er vidt forskellige.

FIGUR 4: VOLUMEN I TEKNOLOGISK UDVIKLING



Kilde: Teknologisk Institut analyse af globale patentdata. Grafen viser mængden af publicerede patenter pr teknologiområde samlet set til i dag, samt for perioden 2000-2015 og mængden siden 2016.

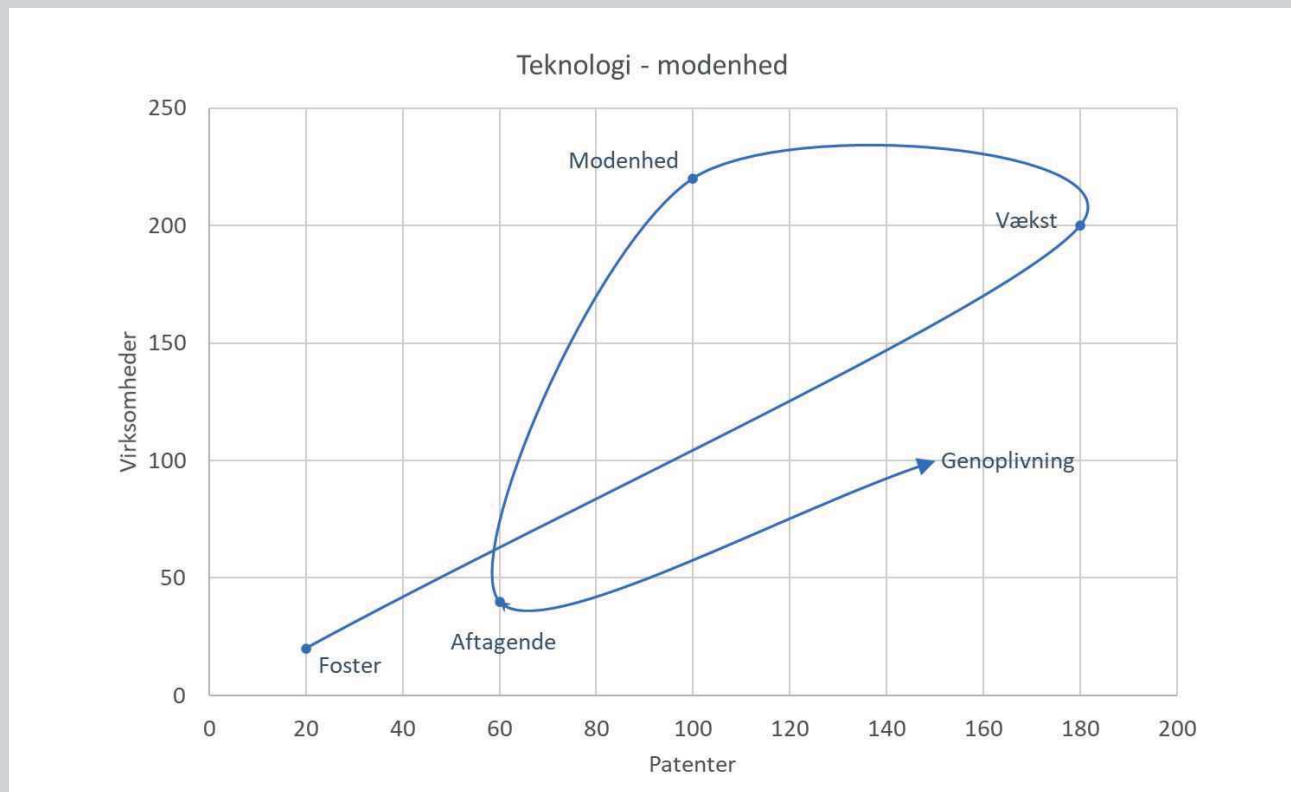
Bemærk: at det samlede antal patenter siden 2016 kan blive væsentligt større i takt med at patenterne for især 2020 og 2021 færdig registreres. I søgningen indgår patenter, som enten er citeret af mindst et andet patent eller publicerede af mindst to patentmyndigheder.

TEKNOLOGISK LIVSCYKLUS FOR FMS-SYSTEMER

Forholdet mellem ansøgere og antal patenter på et givet område år for år er interessant at holde øje med (Se Figur 5 Teknologisk Livscyklus for FMS-systemer). Forholdet mellem antal ansøgere og antal patenter kan for-

tælle noget om, hvilket udviklingstrin teknologien er på. Et teknologiområde i vækst og udvikling kan være interessant at investere i, mens teknologier, som er i en afsluttende fase, måske er mindre interessante at investere i.

FIGUR 5: FEM FASER I TEKNOLOGISK MODENHED – IDEALMODEL FOR LIVSCYKLUS





Der er ideelt set fem faser af teknologisk livscyklus⁴ at notere sig:

- » Den første fase - omtalt som **fosterstadiet** - er den tidlige fase, hvor de første innovationer bliver til. Forskning og udvikling er koncentreret omkring få virksomheder, og antallet af patentansøgere og patenter er lavt.
- » Den anden fase er **vækststadiet**. Her har der været teknologiske gennembrud, hvor antallet af både ansøgninger og ansøgere vokser som indikation på et voksende marked.
- » Den tredje fase er **modenheden**, hvor der er færre virksomheder, der investerer i forskning og udvikling. Modenheden kendetegnes af langsommere vækstrater i ansøgere og færre nye patenter. Der er måske tale om en konsolidering af markedet.
- » Fjerde fase er den **aftagende** fase. I den aftagende fase forsvinder antallet af ansøgere fra markedet, og der er ikke meget fremgang med teknologien. I grafen vil det ses som en kurve, der vender tilbage mod nulpunktet.
- » **Genoplivning** kan konstateres, når en aftagende teknologiudvikling får nyt liv og revitaliserer innovationen med flere ansøgere og flere patenter. Det kan fx ske ved teknologiske gennembrud eller understøttes af fx politisk interesse og samfundsinvesteringer.

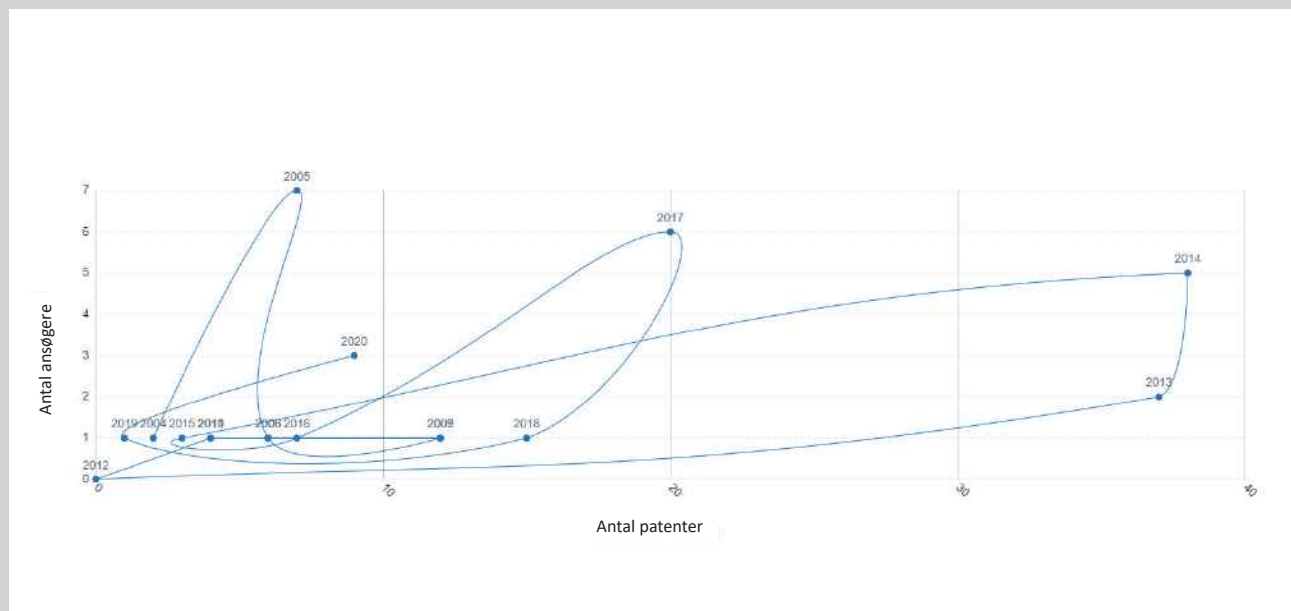
⁴Technology Life Cycle er udviklet af PatSnap, som omtaler faserne som embryonic, growth, maturity, decline and recovery.

Figur 6: Teknologisk livscyklus for FMS-systemer læses ved at følge linjens opture og nedture kronologisk. Nogle årstal står oven i hinanden, så det kan være lidt vanskeligt at aflæse.

Hovedindtrykket, når FMS-teknologiens udvikling følges over de seneste tyve år, er, at der er startvanskeligheder, og indtil videre har teknologien befundet sig på et vækststadium hele tre gange (2005, 2014 og 2017) og gør det måske også igen i 2021. Men i ingen af de tre tilfælde er væksten fortsat. Den har aftaget hurtigt igen for derefter at blive genoplivet snart efter.

Der findes ikke nogen entydig tolkning på den udvikling. Men det er en mulighed, at visionen om det fleksible produktionssystem og en teknologisk løsning er så stærk, at den holder sig i live, og at teknologiske udviklinger på andre områder med jævne mellemrum genopliver visionen og fører til ny teknologisk udvikling. Om der på et tidspunkt er tilstrækkeligt med teknologiske gennembrud og en stærk nok markedsinteresse til, at FMS-systemerne for alvor får fart på væksten, kan ikke konkluderes på nuværende tidspunkt.

FIGUR 6: TEKNOLOGISK LIVSCYKLUS FOR FMS-SYSTEMER



Kilde: Teknologisk Institut analyse af globale patentdata af patenter på FMS (Flexible Manufacturing Systems). Kun patenter, som er citeret af et andet patent eller publiceret af mindst to myndigheder indgår.



Billede - Elektro Gruppen

Agil produktion som tankesæt

Teknologi er et meget synligt og spektakulært element ved agil produktion, men den fuldautomatiske fabrik, som selv producerer, pakker og distribuerer efter kundens ordrer - blot materialerne leveres ved døren - findes ikke. Derfor er for eksempel FMS-systemer ikke hele fortællingen om agil produktion.

Agil produktion kan heller ikke konstateres ved at tælle avanceret teknologi som nævnt ovenfor. I sidste ende er teknologien blot det værktøj, der understøtter, at produktionen kan være agil.

Avanceret teknologi kan meget vel være en del af løsningen og er det ofte, men grundlæggende er agil produktion en måde eller en filosofi for at organisere og lede produktion i en virksomhed. Virksomheder er organisationer med mennesker, og uden dem ville der blot stå bygninger og teknologi inaktivt hen. Produktion kræver mennesker, og derfor er mennesker også centralt i agil produktion.

Teknologisk Institut har besøgt tre virksomheder:

- » **Vola**, der producerer armaturer,
- » **Danchell**, der producerer elektronik, og
- » **Elektro Gruppen A/S**, der bl.a. producerer eltavler.

Bagerst i rapporten er de tre virksomheder og deres tilgang til agil produktion præsenteret i større detaljer.

Fælles for de tre virksomheder er, at de er dybt specialiseret i deres produkt, deres materialer, processer og deres niche på markedet. Det er inden for den specialiserede ramme, agiliteten udformer sig. En kerne i de tre virksomheder er håndværket, og i alle virksomheder er der

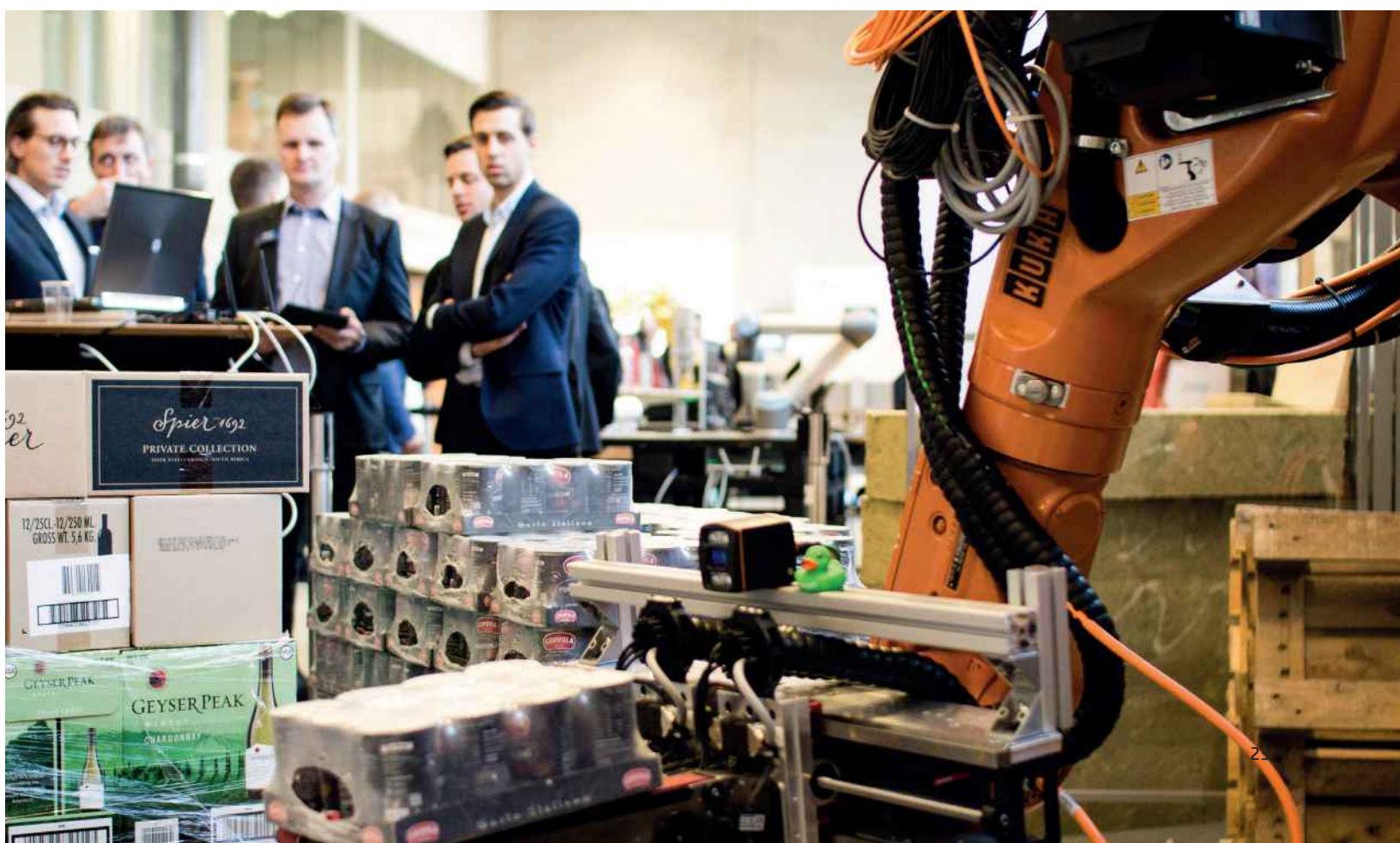
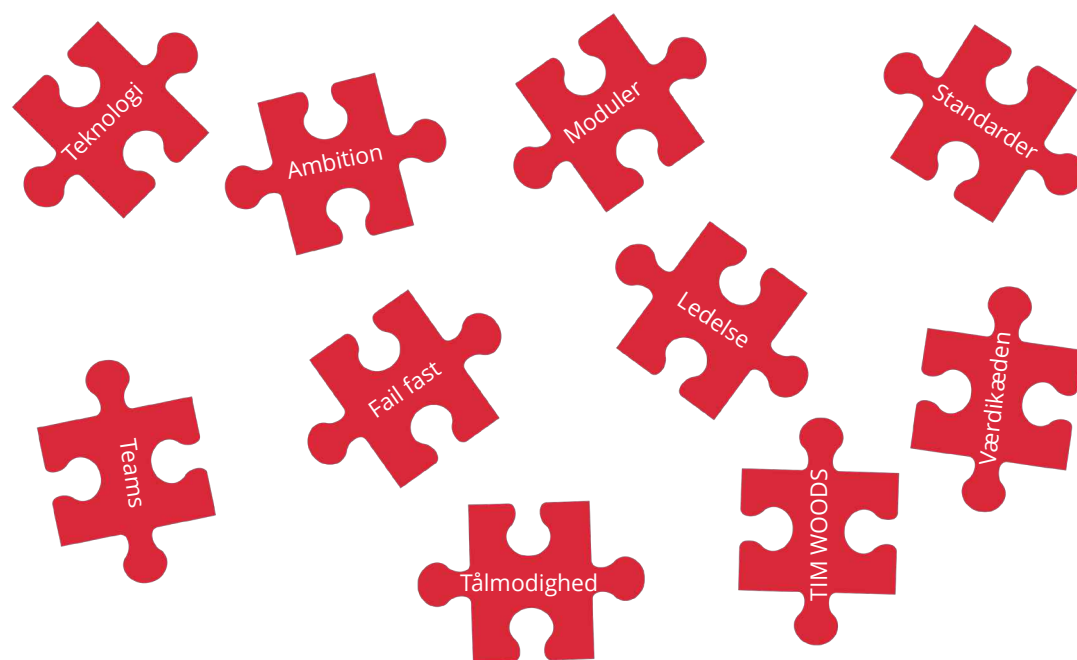
manuelle processer, men indretningen af produktionen og understøttelsen af teknologi betyder, at "håndværkeren" er langt mere effektiv og produktiv end i en traditionel virksomhed. Indretningen af den agile produktion betyder også, at der kan udføres håndværk af høj kvalitet, også selvom væsentlige funktioner i produktionen udføres af ufaglærte medarbejdere.

De tre firmaer har alle flere års arbejde bag sig med at gøre deres produktion så agil som muligt. Det vil sige, at de hurtigt og omkostningseffektivt kan levere kundetilpassede kvalitetsprodukter i små og store mængder, og at de er i stand til dels at lave flere samtidige produktioner dels at lave produktioner i forskellige mængder.

Det er forskelligt, hvad det kræver af avanceret teknologi, men de har alle digital styring af processer og fremgangsmåder, og de har alle arbejdet målrettet med organisation og ledelse. Det er desuden et fælles kendetegn, at processen til en agil produktion har varet i flere år, og at alle tre virksomheder fortsat finder muligheder for at blive agile. Endelig er det et fælles kendetegn for virksomhederne, at der i tilrettelæggelsen af produktionsprocesserne er fokus på at holde omkostningerne nede og at sikre match mellem opgaver og medarbejdernes kompetencer.

De 10 brikker til agilitet i virksomheden uddybes herunder:

FIGUR 7: TI BRIKKER TIL AGILITET I VIRKSOMHEDEN



TANKESÆT

1. ANVENDELSE

Anvendelsen af teknologi er meget forskellig fra virksomhed til virksomhed, men digitalisering og digital styring af arbejdsprocesser, ordrer, lager og programmering af maskiner er dog en nøgleteknologi i alle virksomheder. I den ene ende af Volas produktion anvendes CNC-maskiner, der er forprogrammeret og betjenes af robotter. Her laves elementer og komponenter klar. I den anden ende af Volas produktion samles og monteres produkterne individuelt, hvor samlebåndet er afløst af mobile robotter og et automatisk højlager. Hos Elektro Gruppen A/S anvendes en 3D-printer i nogle sammenhænge, men her ligger agiliteten lige så meget i, at medarbejderne hurtigt kan omstille arbejdsbordene og opstillingen til den enkelte produktion og at variationen i komponenter er reduceret. Hos Danchell anvendes specialiseret automatikudstyr, som kan placere og håndtere placeringen af komponenter på printplader efter den individuelle ordre.

2. AMBITION

Ambitionen om agilitet er fælles for virksomhederne og grundlaget for agiliteten i virksomheden. Det at tænke i at optimere produktionen efter agilitet og samtidig bevare kvalitet og holde omkostningsniveauet nede har konsekvenser i alle produktionsprocessens led. Hos Danchell omtales tankesættet om agil produktion også som effektiv og intelligent fleksibilitet. Vola arbejder ud fra en "værdipyramide", som har fire elementer: Vær helhedsorienteret, vær ansvarlig, vær agil og vær ambitiøs, hvilket gennemsyrrer alle beslutninger i virksomheden, og fokus er hele tiden på at reducere håndteringen. Det er ikke langt fra tankegangen hos Elektro Gruppen A/S, som arbejder med en konstant forbedringskultur, som bygger på LEAN-principperne. I LEAN handler det om at fjerne forhindringer for en effektiv produktion og reducere omstillingstiden fra en produktion til den næste. Fx reduceres kompleksiteten ved at reducere produkterne til "legoklodser" eller ensartede moduler, så man fx hurtigt kan plukke dele fra en produktion til en anden produktion, hvis komponenterne er ens.

3. LEDELSE

Ledelsen holder fast i ambitionen i omstillingen til agil produktion. Det er ledelsens ansvar at omsætte ambitionerne til praktisk virkelighed. Der arbejder ledelserne meget forskelligt. Hos Vola og Danchell er produktioner og arbejdsform besluttet af ledelsen, og det er ledelsen, der leder og fordeler arbejdet. Arbejdet er alle steder inspireret af LEAN-principper i forskellige varianter. Da det kan tage mange år, er opbakningen fra ejerkreds og bestyrelse vigtig for, at ændringer i ledelsesprioriteringen ikke truer processen. Hos Elektro Gruppen A/S er der i eltavleproduktionen et stort fokus på, at ledelsen håndterer forandringsprocesserne ved at forklare og have svar på hvorfor og hvordan agiliteten skal kunne lade sig gøre, men også at medarbejderne inddrages og selv tager ansvar for processen i vidt omfang. Ledelsen italesætter kultur, fremhæver forandringer og fejrer de små sejre. Hos Elektro Gruppen A/S kan den løbende proces med omstilling til agilitet ikke håndteres fra hjørnekontoret.

4. TEAMS

Medarbejderne er i alle de tre virksomheder organiseret i teams, som jævnligt ved tavlemøder gør status, løser problemer og finder forbedringer. Hos Elektro Gruppen A/S arbejdes der med selvstyrende teams, hvor det er teamet selv, som finder den mest effektive måde at løse en produktion på og opstiller produktionslinjen så effektivt som muligt. Hos Elektro Gruppen A/S har ledelsen en understøttende funktion med fokus på at reducere håndteringen og på håndteringen og understøttelsen af omstillingen til en agil produktion.

5. TÅLMODIGHED

Tålmodighed er et fælles kodeord for de tre virksomheder. Produktionsvirksomheder omstiller sig ikke til agil produktion fra den ene dag til den anden. I alle tre virksomheder har det været en proces over flere år, og det er en proces, der fortsætter. Omstillingen til agil produktion kræver løbende forandringer i måden at arbejde på. Som medarbejder kan der være forskel i arbejdsopgaver og rutiner fra dag til dag, og det kan i nogle produktioner give modstand. Så der skal arbejdes med kultur, med engagement og med kompetencer, og desuden kan der være nye materialer og teknologier og bygninger, der skal arbejdes med. Uden ambitionen og et stærkt ledelsesfokus kan det ikke lykkes. Elektro Gruppen A/S ser implementeringen af agil produktion i fire faser: Læring, konvertering, stabilisering og udbredelse.

6. FAIL FAST

Fejlkultur - Hvad, en agil produktion indebærer, er vidt forskelligt fra virksomhed til virksomhed, men fælles for de tre virksomheder er, at de har prøvet sig frem. Der findes ikke en endelig målestok eller målstreg for, hvornår virksomheden er agil. Der er kun at være hurtig til at adoptere det, der virker, og hurtig til at opgøre det, der ikke fungerer. Alene det at lede virksomheden efter fail fast-tankegangen kræver en vis risikovillighed. Hver gang man prøver noget nyt, forlader man jo noget kendt. Men fail fast betyder også, at man ikke skal forsætte ud på isen, når det knager og brager.

7. TIM WOODS

Agilitet i virksomheden handler om opmærksomhed på fleksibilitet i alle led. Danchell nævner TIM WOODS som huskeord på, hvor forbedringer kan finde sted. TIM WOODS er et akronym for Transport, Inventory, Motion, Waiting, Over production, Over processing og Defects and Skills. Elektro Gruppen A/S nævner produktionsguruen Dr. W. Edwards Deming: "95 % of waste in worker's performance is governed by the System"⁵ som et råd om ikke kun at have opmærksomheden rettet mod produktionshallen, men at have hele systemet med i ligningen. Pointen i Demings forskning er, at en stor del af den måde, medarbejdere arbejder på, er bestemt af systemets indretning. Effektiviteten stiger for alvor, når den måde, systemet arbejder på, i stedet er bestemt af medarbejdernes indretning.

8. MODULER

Modulisering af arbejdsprocesserne. Moduleringen betyder hos Elektro Gruppen A/S, at den enkelte medarbejder hurtigt kan komme i gang, og på den enkelte arbejdsstation betyder moduleringen, at der kan laves flere forskellige produkter i samme team. Moduleringen går igen hos Danchell og Vola i nogle af produktionsfaserne. Hos Vola bliver komponenter og instrukser bragt til den enkelte arbejdsstation af selvkørende robotter. På arbejdsstationen samles og testes produktet med det samme og sendes tilbage med den selvkørende robot, som sørger for, at produktet gemmes på det automatiske lager. Det næste produkt, der skal samles på arbejdsstationen, kan være et helt andet og til en anden ordre. Digitale systemer holder styr på, hvor ordrens dele befinder sig og sikrer optimering af produktionen, så ordrene afsluttes til tiden. Moduleringen betyder også, at et sammenbrud på en arbejdsstation ikke stopper en hel produktionslinje.

⁵Deming er blandt andet citeret i Scholtes, PR 1998 'The leader's handbook: making things happen, getting things done' McGraw-Hill, London p 296. Dr. Deming var rådgiver for kontinuerlige forbedringer i produktioner helt tilbage i 1950'erne for japanske virksomheder. Læs mere om Dr. Deming på Deming The Man - The W. Edwards Deming Institute

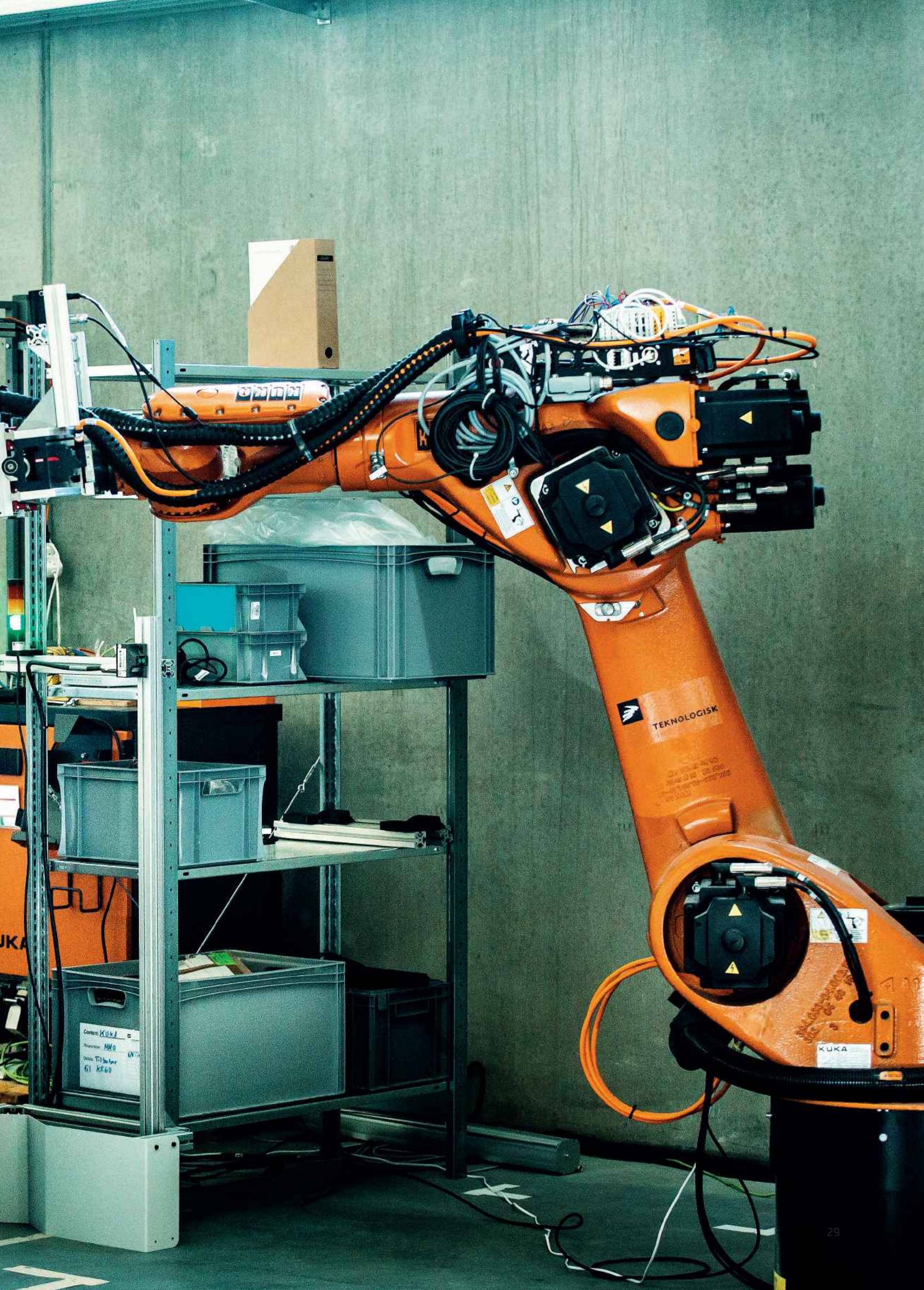
9. STANDARDER

Standardisering af materialer og komponenter er en fordel. Det reducerer kompleksitet i produktionen, understøtter kvalitet og reducerer lagerbehov og forenkler leveringen. Det har været en mulighed hos Elektro Gruppen A/S og hos Vola. Standardisering af komponenter betyder for Vola, at virksomheden har en enorm varians til kunderne med 150.000 varenumre, men samtidig nærmest intet lager og en meget kort leveringstid af både et-styks og flere-styks leverancer, som er individuelt tilpasset. Hos Danchell, der producerer for andre elektronikvirksomheder, giver standardisering ikke mening, så der er et lager af komponenter til hver produktion.

10. VÆRDIKÆDEN

Endelig skal nævnes værdikæden både bagud til leverandører og fremad til kunder. Arbejdet med agilitet har haft forskellige konsekvenser for virksomhederne. Vola har reduceret antallet af leverandører og kan de fleste processer selv. Råvarerne kan leveres af flere forskellige leverandører. Der leveres flere gange om ugen, så der er ikke noget større lager hos virksomheden. Hos Elektro Gruppen A/S er der skåret ned på mængden af komponenter, så de komponenter der anvendes, bedre understøtter standardisering af processerne. Agiliteten betyder for Volas kunder, at de kan få ethvert produkt, når som helst som de ønsker det, i en høj kvalitet. For Danchells kunder betyder agiliteten, at priserne holdes nede, produktionstiden er kort og kvaliteten høj. For Elektro Gruppen A/S's kunder betyder agiliteten, at produktionstiden er kort og kvaliteten er høj – men også at vi præger kundens valg af komponenter til komponenter, der er lettere at skaffe. Det kræver et godt samarbejde med kunden at levere, og vi ændrer ikke noget uden kundens accept.





TEKNOLOGISK

TEKNOLOGISK

KUKA

Content: KUKA
Revision: MM 0
Date: 11.04.14
41 KE60



Agilitet i danske virksomheder

Der findes ikke sikre overblik over, hvor langt danske fremstillingsvirksomheder er med at indrette deres processer agilt. De tre case-virksomheder, Vola, Danchell og Elektro Gruppen A/S, peger samstemmende på, at det er en proces, der tager år, og den bliver aldrig færdig. Der er hele tiden nye områder, der kan optimeres.

I forbindelse med udviklingen af Innovationbenchmark.dk⁶ for Industriens Fond er over 2.000 SMV-fremstillingsvirksomheder blevet interviewet om deres innovationsaktiviteter. På hjemmesiden kan virksomheder tage pulsen på egen innovationsaktivitet og benchmarke med tilsvarende virksomheder. Interviewene er indsamlet i 2019 og 2020. En del af spørgesættet har relation til agil produktion og er derfor medtaget her.

Den ene del handler om virksomhedernes organisering, og den anden del handler om virksomhedernes mekanisering og automatisering. På samme måde som i de foregående kapitler er der således både en teknologisk vinkel og en organisatorisk vinkel på agiliteten i danske virksomheder. I forståelsen af analysen skal det tages i betragtning, at spørgsmålene blev stillet for at belyse innovation og ikke agilitet. Derfor kan resultaterne kun betragtes som et bidrag til forståelsen af agilitet i danske virksomheder og ikke give det fulde billede.

⁶Udviklet af Teknologisk Institut, CBS og SDU.

TEKNOLOGI I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN

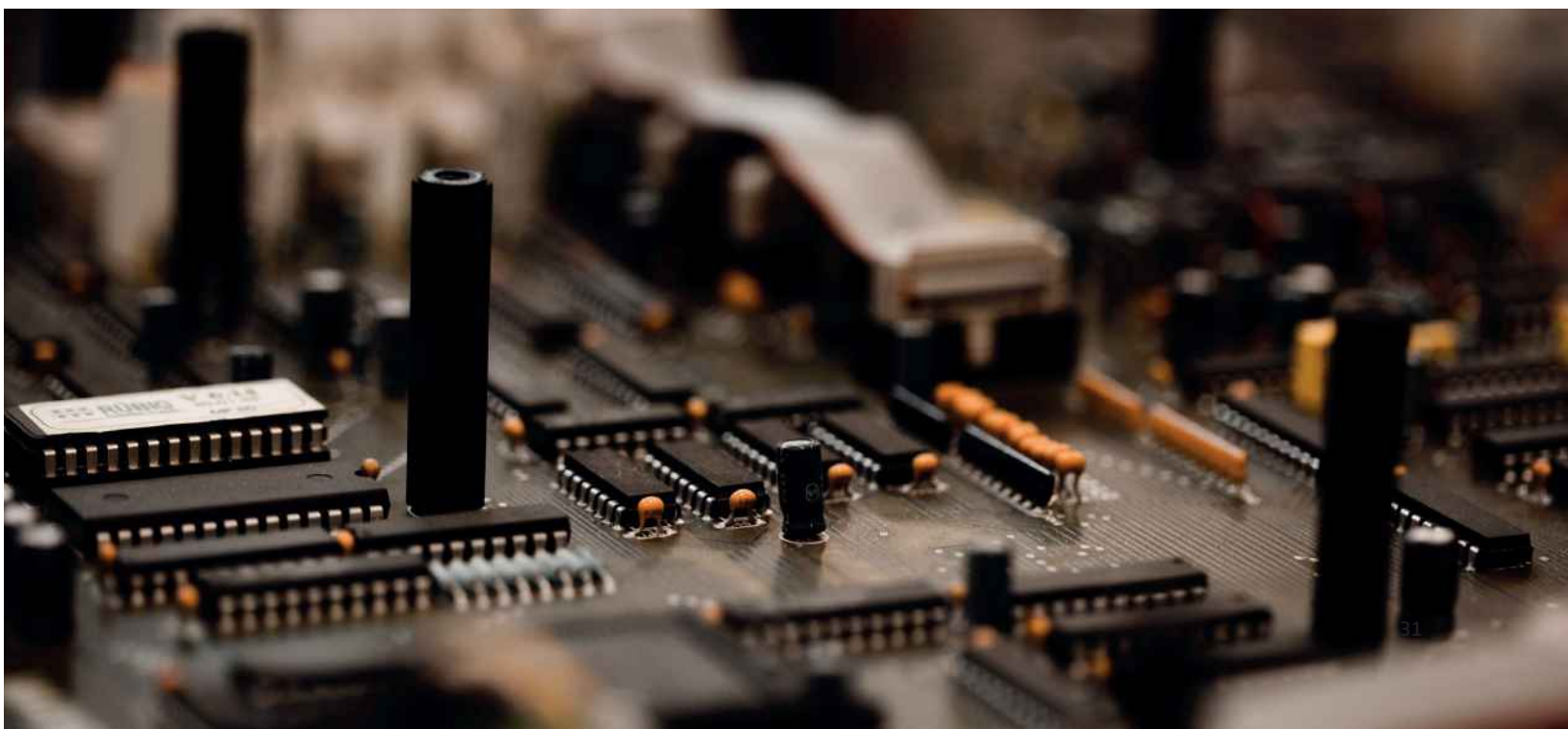
Teknologien i virksomheden kan være dels teknologi, der anvendes i forskellige faser af produktionen fra styringen af lageret og tilfødningsprocesser til fremstilling og pakning, og dels kan det være teknologi, der anvendes til styring af produktionsprocessen.

Der er stor forskel på, hvor i processen virksomhederne har mekaniseret deres processer. I surveyet blev virksomhederne bedt om at svare på, hvor stor den del af processen der var mekaniseret fra ingenting til enkelte del-processer til mere end halvdelen eller fuldstændigt mekaniserede processer. I figur 7 er andelen af virksomheder, som har mekaniseret mindst halvdelen af fremstillingsprocessen, vist.

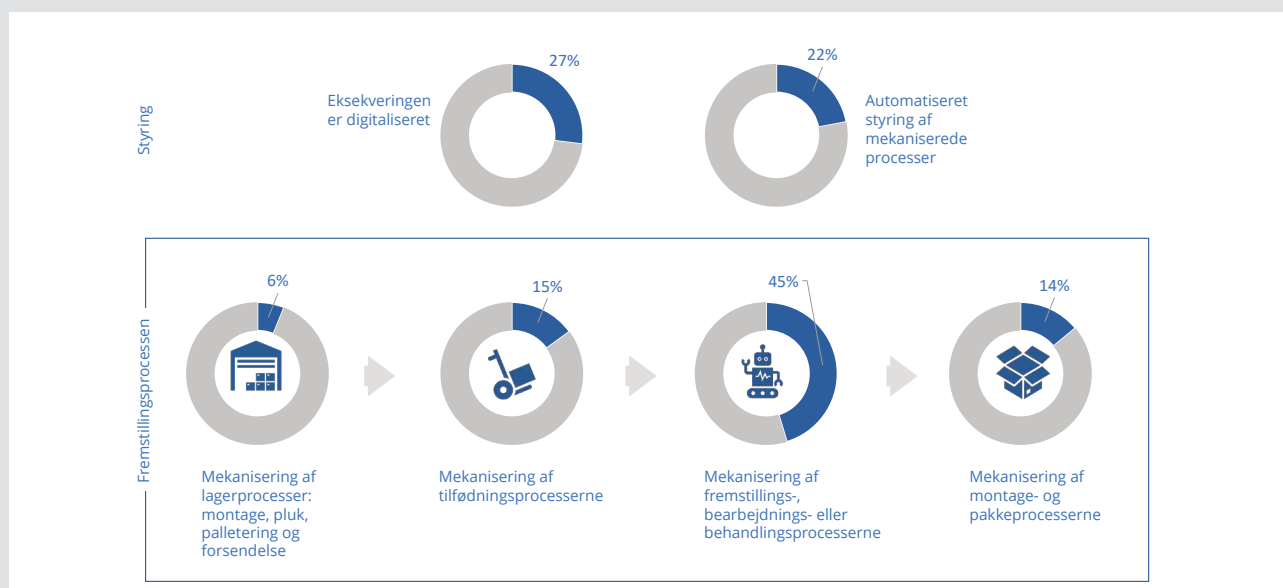
Næsten halvdelen af SMV-virksomhederne har mekaniseret selve fremstillingsprocessen. Det kan være alt fra bånd til programmerede CNC-maskiner eller robotter. En ud af tyve virksomheder har mekaniseret lagerprocesserne med fx lagerautomater eller lagerhoteller. En ud af seks virksomheder har mekaniseret tilfødningsprocesserne, og tilsvarende har en ud af seks virksomheder mekaniseret pakke- og montageprocesserne.

Styringen af processerne foregår de fleste steder med analoge eller manuelle systemer. Hver fjerde virksomhed har digitaliseret eksekveringen af fremstillingsprocessen og lidt færre har en automatisk styring af de mekaniserede processer.

I de tre case-virksomheder beskrevet ovenfor var graden af mekanisering meget forskellig, men fælles for virksomhederne var anvendelsen af digitale teknologier. Evnen til at styre produktionen digitalt fra ordren indkommer, indtil den er pakket og leveret, er en væsentlig del af agiliteten. Hos case-virksomhederne er det digitale systemer, der samlet har overblikket over lageret, processen og leveringen og kan levere de nødvendige instrukser til medarbejdere i processen. Om produktionen egner sig til automatisk styring af de mekaniserede processer, var der forskel på.



FIGUR 8: MEKANISERING I DANSKE SMV-FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDER



Note: Andelen af 2.206 SMV fremstillingsvirksomheder der svarer, at mindst halvdelen af processerne er automatiske eller mekaniserede.

Kilde: Data fra innovationsbenchmark analyserne for Industriens Fond 2019 og 2020.

FIGUR 9: MEKANISERING I DANSKE SMV-FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDER OPDELT EFTER BRANCHE

	Lager	Tilfødnings	Fremstilling	Pakning	Digitalisering	Automatik	4 ud af 6
Føde-, drikke-, og tobaksvirksomhed	8%	22%	49%	35%	22%	21%	15%
Tekstil- og læderindustri	6%	13%	38%	6%	19%	14%	4%
Træ-, pap-, og grafisk industri	11%	21%	53%	21%	27%	27%	14%
Kemisk industri og plastindustri	10%	25%	64%	23%	36%	35%	18%
Sten-, ler-, og glasindustri	9%	28%	56%	31%	27%	38%	22%
Jern-, og metalindustri	3%	14%	48%	7%	31%	23%	6%
Elektronikindustrien	7%	9%	32%	11%	29%	15%	8%
Maskinindustrien	5%	10%	37%	9%	26%	18%	7%
Møbelindustrien	5%	14%	48%	12%	27%	17%	7%
Anden industri	3%	7%	32%	7%	16%	13%	3%
Alle fremstillingsvirksomheder	6%	15%	45%	14%	27%	22%	9%

Note: Svar fra 2.206 SMV fremstillingsvirksomheder

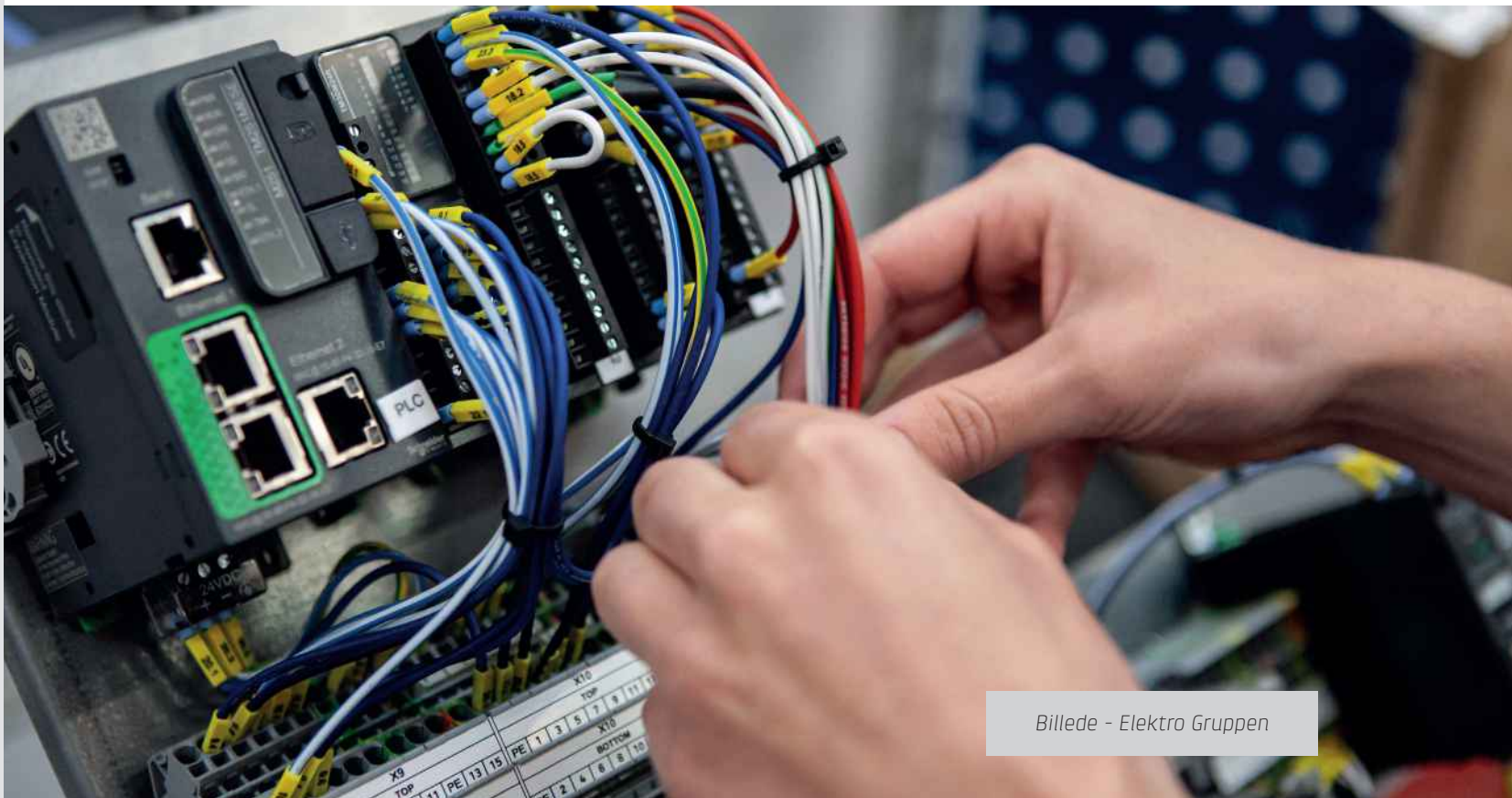
Kilde: Data fra innovationsbenchmark analyserne for Industriens Fond 2019 og 2020.

TEKNOLOGI

Figur 8 viser de samme svar, men opdelt efter branche. Den sidste søjle viser andelen af virksomheder pr. branche, som til mindst 4 ud af de 6 spørgsmål om mekanisering og styring har svaret, at det omfatter mindst halvdelen af aktiviteten. De virksomheder, som i høj grad mekaniserer og styrer, kan måske betragtes som agilt parate ud fra en teknologisk synsvinkel.

En høj agil parathed gælder knap hver tiende fremstillingsvirksomhed, og inden for sten-, ler- og glasbranchen, der typisk anvender højovne til fremstilling af fx glas, cement eller mursten, er det hele 22 procent. Også den kemiske industri og fødevarerindustrien har en høj score. Det er virksomheder, som ofte har processtyring, som lettere lader sig styre mekanisk end fx værktøjsfremstilling eller fremstilling af møbler.

Virksomhederne bør primært sammenligne sig inden for samme branche, hvor marked, teknologi og vilkår er sammenlignelige. Der er interviewet virksomheder med 10-250 ansatte, og i de mindste virksomheder kan volumen eller økonomien måske ikke retfærdiggøre investeringen i teknologi. I alle brancher er der virksomheder, som er langt i mekaniseringen og den digitale og/eller automatiske styring.



Billede - Elektro Gruppen

ORGANISERINGEN I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN

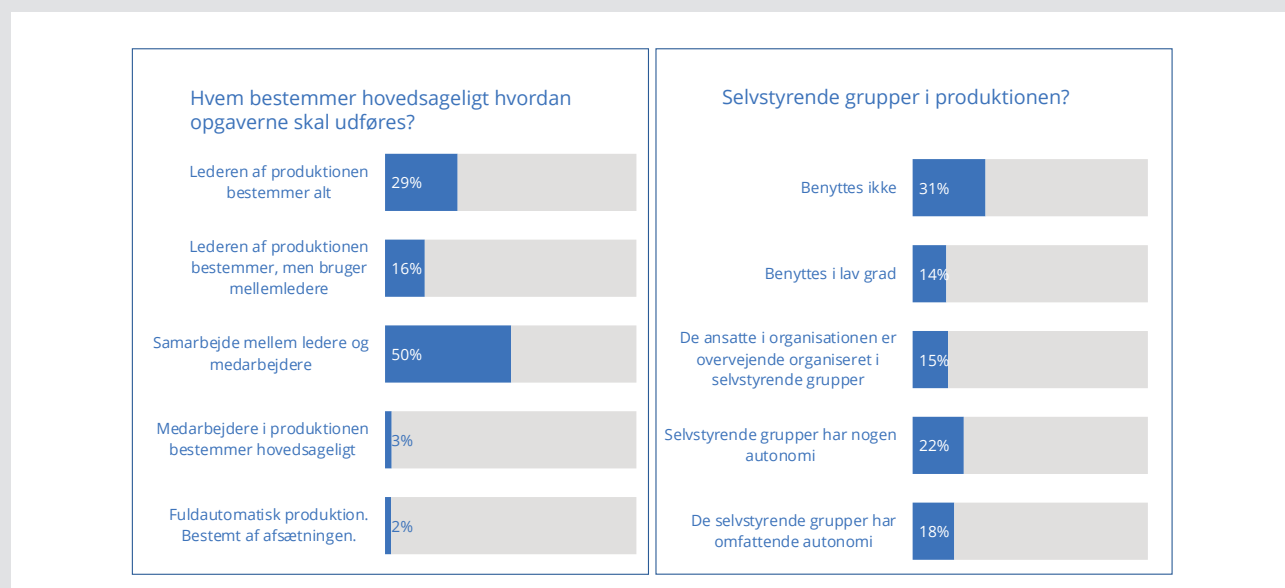
Case-interviewene viste forskelle i organiseringen i de agile virksomheder fra Elektro Gruppen A/S med meget selvstyrende grupper til Vola og Danchell, hvor ledelsen i højere grad dirigerede organiseringen af produktionen.

I SMV-fremstillingsvirksomhederne er det typisk en ledelsesopgave at beslutte, hvordan opgaverne skal udføres. De færreste har overladt det fuldstændig til medarbejderne eller maskinerne. I halvdelen af virksomhederne foregår det i et samarbejde med medarbejderne.

Der er stor forskel på virksomhedernes organisering på medarbejderniveau. 31 procent har ikke selvstyrende grupper, mens 18 procent har selvstyrende grupper med omfattende autonomi. Virksomhederne med selvstyrende grupper, der har en omfattende autonomi, anvender typisk også en lidt højere grad af teknologi i fremstillingsprocessen.

Variationen i anvendelsen af selvstyrende grupper findes i alle brancher. Der er dog brancheforskelle. Fx har 24 procent af elektronikbranchen meget autonome selvstyrende grupper, mens det kun gælder 15 procent i fødevarerbranchen; se figur 10:

FIGUR 10: ORGANISERINGEN I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN



Note: 2.206 SMV fremstillingsvirksomheder, enkelte ved ikke svar er ikke medregnet.
 Kilde: Data fra innovationsbenchmark analyserne for Industriens Fond 2019 og 2020.

FIGUR 11: ORGANISERINGEN I FREMSTILLINGSINDUSTRIEN EFTER BRANCHE.



Note: 2.206 SMV fremstillingsvirksomheder, enkelte ved ikke svar er ikke medregnet.
 Kilde: Data fra innovationsbenchmark analyserne for Industriens Fond 2019 og 2020.

BILAG 1: ERFARINGER MED AGIL PRODUKTION - TRE VIRKSOMHEDSCASES

VOLA

VOLA er en dansk producent af vandhaner og armaturer. VOLA fejrede sit 50-års jubilæum i 2018 og har i dag omkring 250 medarbejdere på fabrikken i Horsens. Virksomhedens produktion af vandhaner og armaturer startede med et armatur designet af arkitekten Arne Jacobsen til den nye nationalbank i 1950'erne. Det blev den originale VOLA-vandhane, hvor kun armaturet er synligt, men vandrør og andre installationer er skjult. I dag er sortimentet udvidet til at omfatte både produkter til badekar, køkken og badeværelse. Virksomheden leverer løsninger til nationale og internationale markeder. VOLA har salgsrepræsentanter i mange forskellige lande og har ekspertise i de regler, der gælder i de enkelte lande.

VOLA besluttede i 2002 – som var en periode, hvor flere virksomheder flagede ud eller blev sat i en situation, hvor de skulle træffe et valg om at flage ud eller ej – at VOLA skulle fokusere på at blive mere agile i produktionen samt reducere lagerbeholdningen betydeligt i stedet for at flytte produktionen ud af Danmark. Der blev sat fokus på det agile – at være omstillingsparat – som blev inkluderet i virksomhedens "værdipyramide". "Værdipyramiden" har fire elementer: Vær helhedsorienteret, vær ansvarlig, vær agil og at vær ambitiøs. "Værdipyramiden" er formuleret for et par år siden, men har været en del af tankesættet hos VOLA og i de beslutninger, som træffes fra kommunikation, salg, design, tekniske løsninger over produktionen til emballage og service.



Design, kvalitet og ressourcebevidsthed er i fokus, så der fx kan skaffes reservedele til armaturer, der er mere end 50 år gamle.

VOLA har hovedsæde i Horsens, har samlet alle sine afdelinger på samme adresse. Det giver virksomheden fleksibilitet og gør det nemt for medarbejderne at kommunikere på tværs af afdelingerne, hvilket er vigtigt, når man ønsker at være agil og fleksibel i produktionen. Kun galvanisering er overladt til underleverandører. Teknologisk Institut har talt med teknisk innovationschef Jan Steen Jørgensen og fabriksdirektør Peder Nygaard for at høre, hvordan VOLA har håndteret målet om at blive agil og fleksibel i produktionen, og hvordan det er tænkt ind i den daglige drift. Arbejdet med at blive en agil virksomhed har stået på i 20 år, og det er ifølge Jan Steen Jørgensen og Peder Nygaard en proces, som hele tiden er under udvikling.

Agilitet på VOLA

Resultatet er i dag, at virksomheden i dag, har 150.000 varenumre og kan med kort varsel levere kundetilpassede produkter med alt fra et stk. til det antal, kunden ønsker, direkte til kunden uden have noget egentlig lager hverken på fabrikken eller hos forhandleren. I dag er gennemløbstiden nede på 3 dage i stedet for 30 dage for 95 % af produkterne. Tilsvarende har 30 % af alle ordrelinjer én leveringsdag. I løbet af en uge sendes typisk 10.000 færdigproducerede emner fra fabrikken i Horsens. Ordrehorisonten er 1-2 uger.

VOLA kan fremstille armaturer og vandhaner i en række forskellige modeller med forskellige variationer og farver. Virksomheden arbejder med en række standardmodeller, som kan modificeres, men virksomheden kan også levere individuelle produkter, der kan konfigureres fuldt ud, f.eks. deres håndklædetørre, der kan tilpasses ethvert badeværelse og ethvert mål.

VOLA leverer blandt andet til større byggeprojekter i Danmark og udlandet. Jan Steen Jørgensen og Peder Nygaard fortæller, at tidsrammen for f.eks. byggeprojekter ofte er en dynamisk størrelse, og derfor er det en kæmpe fordel, at VOLA er agile i produktion og derved kan producere det enkelte produkt med meget kort frist. VOLA har ofte 90.000 oprettede ordrer, hvor tidshorisonten for levering kan aftales indtil sidste øjeblik. Virksomheden har et single-piece-system, der kan håndtere 800 færdigvarer, men også gå helt ned til et enkelt produkt pr. ordre.

Fabrikschef Peder Nygaard forklarer, at målet har været at lave en organisation med fokus på parathed frem for fokus på at producere til lager. Med det meget brede sortiment ville alt for meget energi og kapital blive bundet i lager. Produktionsformen og tankesættet bag er VOLA's vej til at differentiere sig i markedet og ikke satse på at masseproducere på nogle få armaturer og dermed indgå i en priskrig.

I stedet for opbygning af lager og masseproduktion er fokus konstant på optimering og reducere af håndteringen, så vejen fra råvare til produkt bliver så let som muligt. Et af de vigtigste første skridt har været at reducere omstillingstiden, dvs. den tid det tager at omstille produktionen til at fremstille et andet produkt. Dette har været afgørende, da ordrerne ofte først kommer kort før, kunden har brug for dem. Filosofien her kendes også som QRM – Quick Response Manufacturing og anvendes på specialvarer.

"Vi ved f.eks. endnu ikke, hvad vi skal lave i januar, så korte deadlines arbejder vi med", forklarer Jan Steen Jørgensen og Peder Nygaard, og fortsætter med et andet eksempel: "Det kan også være at kunden opdager en fejl i bestillingen, så der ikke var kun var brug for ét armatur, men 38. Det kan vi hurtigt håndtere, og kunderne vil ofte ikke opdage, at alt er produceret her og nu til netop dem. Det ligger ikke på et lager og venter".

En hjørnesteen i agiliteten for Horsens-virksomheden er deres eget "Easy Creator-system" i Axapta, som de selv har udviklet i 2008. Systemet er en variant konfigurator. Digitaliseringen betyder, at programmer til CNC-programmerne automatisk findes frem.

De agile løsninger indgår i alle faser og er en integreret del af virksomhedens organisatoriske struktur. Det har været afgørende, at alle medarbejdere har købt ind på visionen, siger Peter Nygaard. I produktionen skal hver medarbejder kunne håndtere flere produktionsstationer. Der anvendes også visuelle styringsværktøjer som f.eks. skærme og farvediagrammer, så medarbejderne kan se, hvor der er mest brug for deres opmærksomhed.

I det agile har det også været tanken, at medarbejderne skal kunne hjælpe hinanden mere på tværs og dermed reagere hurtigere på en ordre eller en kundeforhenvendelse. Der holdes løbende tavlemøder med inspiration i LEAN, hvor produktionen kan planlægges og optimeres. Det kræver ledelsesmæssig opmærksomhed og opfølgning at arbejde med konstante ændringer. Medarbejderne på VOLA er organiseret i teams med en teamleder.



VOLA er på forkant med brugen af robotter i produktionen, herunder som en af de første i Nord-europa til at bruge selvkørende robotter. De selvkørende robotter er et slags fleksibelt transportbånd, som hele tiden kan fordele dele til montage til medarbejderne og levere de samlede produkter tilbage på båndet, som holder styr på leveringen.

Ordrene produceres i et "single-piece flow", så der hele tiden kan justeres, og det er det digitale system, der holder styr på, hvor i processen ordrens enkelte dele befinder sig og sørger for, at ordrespecifikationen følger med til montagen. Det er vigtigt for VOLA, at produkterne stadig er håndsamlede, for det giver den bedste føling med den endelige kvalitet. Hænder opdager let skæve samlinger, ru overflader mv. Hvis der er flere styk i en ordre, samles de færdige dele i et automatisk lagerhotel, som så samler og leverer den samlede ordre til pakning, når alle dele er klar.

Selvom virksomheden forsøger at inddrage det agile perspektiv fra toppen og nedad på alle niveauer, er der stadig steder, hvor det ikke giver mening, forklarer Jan Steen Jørgensen.

VOLA har stadig en række produkter, der er produceret af deres CNC-maskine og som har batchnumre. Det er deres såkaldte PUSH-produktion – altså halvfabrikata, komponenter og dele, der kan trækkes fra et lager. CNC-maskiner og større KUKA-robotter bruges de steder i produktionen, hvor det stadig giver bedst mening. Andelen af processen, der produceres med PUSH, er dog faldet drastisk, og fokus har været på at etablere en succesfuld

produktion primært baseret på pull – en produktion, hvor produktet kan trækkes ud direkte ved bestillingen.

VOLA har i en årrække haft succes med at reducere overkapacitet og store lagerbeholdninger. Det har betydet, at færdigvarer i stedet tømmes to gange om ugen, og nogle gange ligger produkterne der kun i få sekunder, inden de afsendes til kunden. Værdikæden er ligeledes blevet gjort meget simpel, og der er primært brug for en lagerbeholdning af råvarer, såsom stål og messing. Lageret er dog ikke større, end at der leveres råvarer to gange om ugen.

Jan Steen Jørgensen og Peder Nygaard siger, at de leverandører, der for 10 år siden satte spørgsmålstegn ved VOLA's vision om fleksibilitet i produktionen og evnen til at producere variationer i millionvis, i dag i højere grad har forståelse for visionen og bidrager til produktionen.

VOLA har løbende haft sparring med omverdenen på rejsen mod mere agilitet. VOLA er medlem af MADE. Virksomheden har også indgået i et samarbejde i udviklingen af de selvkørende robotter (AGV). Den selvkørende robotløsning "Omron" er kommet i stand i samarbejde med automatiseringsvirksomheden CESTEK Automation.

Jan Steen Jørgensen og Peder Nygaard understreger, at det har været en lang rejse, og den slutter ikke. Selvom visionerne er store, fastholder de, at det er vigtigt at prøve sig frem, gøre sig erfaringer og bevare ambitionen. Jan Steen Jørgensen og Peder Nygaard understreger desuden, at medarbejderne skal med på rejsen, men det er ledelsen, som sætter kursen.

ELEKTRO GRUPPEN A/S

Den nordjyske virksomhed Elektro Gruppen A/S⁷ er totalleverandør og servicepartner indenfor trykluft, lifte og løftegrej, automation, tavleproduktion, elektromekanik, pumpemekanik samt smedearbejde til det professionelle marked i Danmark. Der er kontorer og produktion i Brønderslev, Aalborg og Frederikshavn. Virksomheden er etableret i 1951 og havde i regnskabsåret 2020 68 ansatte.⁸ Teknologisk Institut har interviewet den ansvarlige for tavleproduktionen, afdelingsleder René Mørk Sand, i efteråret 2021.

I tavleproduktionen⁹ har Elektro Gruppen A/S de seneste 5-6 år arbejdet med at omstille ordreproduktionen af tavler til en mere agil og fleksibel serieproduktion. De producerede tavler håndterer datastrømme og elstrømme rundt i bygninger og produktioner. Tavlerne fra Elektro Gruppen A/S anvendes ofte i fx scrub-anlæg i den maritime sektor.

Afdelingsleder René Mørk Sand fortæller, at produktionen af tavler er "old-school" stykproduktion efter kundens specifikationer, og antallet af tavler pr. ordre kan variere fra en tavle til flere tusinde tavler pr. ordre. En fleksibel indrettet produktion betyder, at Elektro Gruppen A/S er konkurrencedygtig på trods af den høje produktvarians. I arbejdet med at gøre produktionen agil har Elektro Gruppen A/S arbejdet med at nedbryde processer til et "legoklods"-koncept, hvor produktionslinjer, celleopstillinger og tilføjninger hurtigt og let kan omstilles. Når produktionen omstilles og tilpasses et produkt, så er der fokus på at bevare den høje kvalitet og være hurtige til at opdage fejl ("fail fast") og rette ind. LEAN er et centralt værktøj.



Produktionslokalerne flyder ikke over med avanceret automationsteknologi, selvom 3D-print er en god støtte. 3D-print anvendes til hurtigt at lave prisbillige skabeloner, kvalitetssikring, afprøve prototyper, samt videreudvikle nye ideer. Industri 4.0-teknologier er ikke det samme som agil produktion, men avanceret automationsteknologi kan være nyttige værktøjer til at blive agile. Kernen i den agile produktion er for René Mørk Sand og Elektro Gruppen A/S god ledelse og mennesker i velfungerende, selvstyrede teams af 4-5 personer.

Moduleringen betyder, at den enkelte medarbejder hurtigt kan komme i gang, og på den enkelte arbejdsstation betyder moduleringen, at der kan laves flere forskellige produkter i samme team. Endelig betyder moduleringen og den hurtige tilgang, at dele af tavlerne kan samles af ufaglærte uden særlige forudsætninger efter en kort oplæring. Det gør det muligt at skalere produktionen til efterspørgslen i højt tempo.

Hver dag starter med tavlemøder om nye mulige forbedringer og effektiviseringer. De små selvstyrede teams, hvor kommunikationen flyder let, betyder, at et team er både ansvarligt og handlekraftigt. Produktionen tilrettelægges i teamet og lokalene, og linjerne lægger teamet

⁷ <https://www.elektro.dk/>

⁸ CVR-oplysninger: Elektro Gruppen A/S - Brønderslev - Regnskab (proff.dk)
<https://proff.dk/regnskab/elektro-gruppen-as/br%C3%B8nderslev/elektrov%C3%A6rkssteder/GJJA1100BY/>

⁹ Tavleproduktion hos Elektro Gruppen - Elektro Gruppen A/S - <https://www.elektro.dk/tavleproduktion-hos-elektro-gruppen/>

selv om, så produktionerne glider så let som muligt. Der findes ikke en produktionschef, som planlægger produktionen, fordi de selvstændige teams løbende designer, tilpasser og optimerer produktionslinjerne.

Elektro Gruppen A/S anvender hverken store industrirobotter eller cobots i produktionen, fordi robotterne ifølge René Mørk Sand ikke kan følge med. Der er simpelthen for høj varians og omstilling i arbejdsopgaverne. René Mørk Sand fortæller, at de er som en håndværksvirksomhed, men da håndværket er brudt ned i simple operationer og elementer, behøver de fleste af medarbejderne ikke en håndværksmæssig uddannelse. I styringen af produktionen arbejdes der på at implementere brug af e-plan¹⁰, som er software til tegning af eltavlerne, og dette giver en direkte forbindelse til produktionen på gulvet via iPads.

I tavleproduktionen arbejdes der systematisk med en konstant forbedringskultur, som bygger på LEAN-principperne. I LEAN handler det om at fjerne forhindringer for en effektiv produktion og reducere omstillingstiden fra en produktion til den næste. Fx reduceres komplek-

siteten ved at reducere produkterne til "legoklodser" eller ensartede moduler, så man fx hurtigt kan plukke dele fra en produktion til en anden produktion, hvis komponenterne er ens. En arbejdsstation eller celle kan på den måde arbejde på flere tavler på én gang. Der kommer en vejledning og en plukliste, men det er lige meget, om serierne kommer i træk eller på samme tid.

Elektro Gruppen giver deres kunderne en ekstern tavleafdeling og sparringspartner, hvor de bruger deres ekspertise til - i samarbejde med kunden - at lave det bedst mulige produkt. De kommer med forbedrings- og optimeringsforslag, hvor det giver værdi for kunderne.

Omlægningen til en agil og fleksibel produktion sker ikke fra den ene dag til den anden. Man kan ikke købe en maskine til agil produktion, læse instruktionen og gå i gang. Omlægningen handler om at opbygge en virksomhedskultur, hvor alle er med. Ifølge René Mørk Sand skal man forvente, at det tager mindst 8 år, fra man beslutter sig, til arbejdspladsen er fuldt ud agil. René Mørk Sand taler om fire faser: Læring, konvertering, stabilisering og udbredelse:

Læringsfasen handler om at forstå, hvad LEAN og agilitet handler om, og skaffe sig de faglige kompetencer hos ledelse og medarbejdere. Udfordringen ligger i at indarbejde tankegangen og ikke så meget i de store overskrifter. Men, siger René Mørk Sand, det er fluffy begreber, som man skal tilegne sig i sin egen produktion, og der er ingen manual. Det kræver en plan og ledelsesmæssig opmærksomhed at implementere LEAN og agilitet. Manglende strategi kommer ofte til udtryk ved LEAN og agilitet bliver svært og modstand til forandring bliver synligt. Som leder er man nødt til at erkende, at man ikke kan udøve forandringsledelse fra sit kontor. Som leder skal man kunne svare på:

- » Hvorfor arbejde med LEAN og agilitet? Forklare formålet med forandringen. Ordene skal komme fra toppen. Hvad er målet? Sæt tal og ord på.
- » Hvordan skaffer vi ressourcer til LEAN og agilitet: Tid, penge, personale, uddannelse?
- » Sæt fast tid af hver dag til forbedring af LEAN og agilitet, så der ingen undskyldning for ikke at nå det.
- » Skab plads til medarbejdertræning. Hvordan ændrer vi medarbejdernes adfærd og tankegang? Brug den tid det kræver. Det er grundlaget for forandringen. Fokusér på at få knækket koden, så skal resten nok komme. Brug evt. spil, som er en stærk simulator og øjenåbner

¹⁰ EPLAN – efficient engineering. (eplan-software.com)

Konvertering er den indledende omstilling, hvor LEAN og agilitet indføres og arbejds- og produktionsrutiner ændres. For medarbejdere kan omstillingen opleves kaotisk. I processen har Elektro Gruppen A/S fået støtte fra eksterne rådgivere. På nogle punkter kan man rykke hurtigt frem i et tigerspring, men den fulde konvertering tager tid. Både for medarbejdere, der skal arbejde på en ny måde i teams, og for ledelsen, som skal respektere de selvstyrende grupper. Forandring tager tid, og ledelsen skal være tæt med og bakke op. Alle skal forstå, hvorfor LEAN og agilitet er vigtigt. René Mørk Sand siger om indføringen af lean og agilitet, at ledelsen skal:

- » Slippe håndbremsen som ledelse, for det kommer til at gå stærkt
- » Støtte medarbejderne – også dem der er modstandere
- » Give medarbejderne en vigtig rolle og vise, at der er brug for dem
- » Blæse på teorierne, plukke det der giver mening
- » Gøre forandringerne synlige
- » Fejre også de små sejre

Stabilisering handler om at gøre konverteringen til hverdag i en "sådan arbejder vi her"-kultur. I takt med at den fleksible produktion og de små selvstyrende teams fungerer, ændres kulturen i virksomheden. René Mørk Sand fortæller om flere greb til at ændre kulturen som at tale højt om standarden og kulturen, nedskrive forventninger til kulturen i en håndbog eller i vejledninger og visualiser, hvor det er muligt.

René Mørk Sand mener, at kultur, der understøtter agilitet, viser sig tydeligst,

- » når der gennemføres forbedringer og ikke bare tales om problemer,
- » når problemer vises frem og ikke skjules,
- » når fokus på er på læring af fejl fremfor at lede efter den der lavede fejlen,
- » når viden deles åbent og ikke holdes tilbage, og
- » når der er ansvarlighed for hele processen hos alle medarbejdere.

Udbredelse. Den sidste fase er dels leverandørerne og dels kunderne.

Jo tættere kontakten og samspillet kan være med leverandører, des stærkere står den omskiftelige produktion. Det skaber et agilt og skalérbart leverandørsamarbejde. Det gælder fx når bestillingerne i styktal til leverandørerne ændrer sig med kort varsel.

I forhold til kunderne, er det René Mørk Sands anbefaling at fokusere på partnerskabet fremfor leverandør-kunde forholdet:

- » Vælg de samarbejdspartnere som vil på rejsen fremfor de kunder, der kun fokuserer på pris.
- » Stil krav til samarbejdspartnerne, så de bliver jeres forlængede arm og I sammen kan nå kundens ønsker.
- » Giv kunderne indsigt i jeres processer, så de får en bedre forståelse og kan bidrage.
- » Stil krav til samarbejdspartnerne – fx, hvordan vil vi modtage en ordre, hvad skal vi modtage fra samarbejdspartnerne for at kunne producere og hvordan får vi afstemt forventningerne.

CASES

I Elektro Gruppen A/S bevæger man sig i tavleproduktionen mellem stabiliserings- og udbredelsesfasen, men LEAN og agilitet er en løbende proces. Ifølge René Mørk Sand skal hele systemet bagved også følge med.

René Mørk Sand peger på, at man ofte koncentrerer sig om at øge produktivitet og fleksibilitet i produktionen, da det er synligt, Ofte husker man ikke resten af systemet, hvorfor der kan være meget friktion i fx administrationen. Derfor kan der være meget at hente ved også at huske systemets øvrige processer (op mod 80 procent). Resten af systemet er bare ikke nær så synligt, da det foregår bag skærmen, siger René Mørk Sand og citerer gurun i kvalitetssystemer, Dr. W. Edwards Deming: "95 % of waste in worker's performance is governed by the System"¹¹. Pointen i Demings forskning er, at en stor del af den måde, medarbejdere arbejder på, er bestemt af systemets indretning. Effektiviteten stiger for alvor, når den måde, systemet arbejder på, er bestemt af medarbejdernes indretning.

Omstillingen til agil produktion har været en succes i Elektro Gruppen A/S, og i de første år 20-dobledes det producerede antal eltavler, og omsætningen pr. medarbejder i tavleproduktionen blev fordoblet.

Men COVID-19 har ramt hårdt, så en udslusning af medarbejdere har været nødvendig. Men kultur, principper og arbejdsform er bevaret i en grad, så en vikar kan være selvkørende efter blot en kort oplæring.

Det er skabt en stærk og motiverende kultur, hvor medarbejderne er glade for at være med. René Mørk Sand fremhæver fx som indikation på den stærke kultur, at alle tidligere medarbejdere mødte op ved sommerfesten efter den store udslusning. René Mørk Sand forventer også, at produktionen hurtigt kan komme op i fart, når problemerne med COVID-19 og aktuelle forsyningsvanskeligheder har lagt sig.

Grundstenen i kulturen er lagt og næste skridt er en større udbredelse i Elektro Gruppen A/S.

¹¹ Deming er blandt andet citeret i Scholtes, PR 1998 'The leader's handbook: making things happen, getting things done' McGraw-Hill, London p 296. Dr. Deming var rådgiver for kontinuert forbedringer i produktioner helt tilbage i 1950'erne for japanske virksomheder. Læs mere om Dr. Deming på Deming The Man - The W. Edwards Deming Institute



Billede - Elektro Gruppen

PAUL E. DANCHELL A/S

Paul E. Danchell A/S er en dansk elektronikproducent inden for Electronic Manufacturing Service (EMS). Danchell A/S blev grundlagt i 1967 og har i dag omkring 50 medarbejdere. Produktionen i Jyderup har mere end 4.000 m² produktionsareal. Her producerer Danchell elektronikprodukter for danske og udenlandske kunder. Paul E. Danchell A/S håndterer produktionen af kundernes produkter, og ordrene kan være på store og små serier af elektronikprodukter på 50 styk til flere tusinde styk.

Paul E. Danchell A/S er i global konkurrence. EMS-virksomheder findes over hele verden, og markedet forventes at nå over 600 milliarder dollars med udgangen af 2022 med en årlig vækst på mere end 10 procent. Der produceres især til telecom, industrien og medicinalsektoren. Omkring halvdelen af omsætningen er fra produktion af computere og kommunikationsudstyr. Store virksomheder med udgangspunkt i Taiwan står for 75 procent af markedet, og lønandelen er en væsentlig konkurrencefaktor. Store producenter er fx Hon Hai¹²(Foxconn), Pegatron, Flex, Jabil, Sanmina og Plexus¹³. Lønningerne går også op i Kina, så i industrien sættes der i stigende grad på industri 4.0-teknologier som integrering cloud computing, artificial intelligence (AI), big data analysis og 3D-print.

Teknologisk Institut har interviewet direktør Thomas Hansen og produktionschef Søren Sandersen for at få indblik i, hvordan man på virksomheden Paul E. Danchell A/S tænker i fleksibel eller agil produktion. Agil produktion har været på dagsordenen i virksomheden de sidste 5-6 år.

DANCHELL

Produkterne, som Danchell A/S producerer, er typisk elektronisk udstyr til sundhedssektoren, og Paul E. Danchell A/S indkøber komponenter, samler, monterer, lodder og tester og pakker produkterne for kunden, når kunden har afleveret sit design, typisk i form af CAD-tegninger. Produkterne kan være kompliceret elektronik med et par tusinde komponenter, der skal samles og monteres og loddes på printpladerne. Der er høje krav til produktion af medicinsk teknologi, og virksomheden følger både ISO-standarder og retningslinjer fra det amerikanske myndigheder, FDA¹⁴.

På Paul E. Danchell A/S er agil produktion et spørgsmål om tilgangen til produktion, hvor hele værdikæden fra indkøb af komponenter og materialer til levering af produktet skal indgå. De mange serier kræver meget omskiftelighed og omstilling af produktionen, som i nogen tilfælde kan finde sted flere gange om dagen.

Tankesættet om agil produktion omtales i virksomheden også som effektiv og intelligent fleksibilitet, for kravet er, at medarbejdere og teknologi skal kunne reagere hurtigt og arbejde så hensigtsmæssigt som muligt.

¹² Hon Hai er en af verdens største arbejdsgivere med 1,3 millioner ansatte primært i Kina. De producerer fx iPhone, iPad, Kindle, Nintendo, Nokia, Playstation, Xbox mv. Den største fabrik i Shenzhen har flere hundrede tusinde medarbejdere og kendes også som "Foxconn City".

¹³ Electronic Manufacturing Services (EMS) Trends 2021 (beroeinc.com)

¹⁴ ISO-9001, ISO-13485 og FDA QSR-820 (se Kvalitet – Danchell)

Agiliteten afspejler sig i virksomhedens organisering, hvor medarbejderne er inddelt i mindre grupper, som hver selvstændigt har kompetencerne til at håndtere 2-3 led i arbejdsprocessen og som selvstændigt tilrettelægger ugens arbejde, så produktionen bliver udført som planlagt. De små grupper og kendskabet til flere led betyder fx ved nedbrud, at processens flow ændres og ikke, at produktionen sættes i stå. De mindre grupper arbejder delvist selvstændigt i samarbejde med produktionschefen, som leverer ugeplanen og løbende følger med og varer tager fleksibilitet og viden mellem afdelingerne.

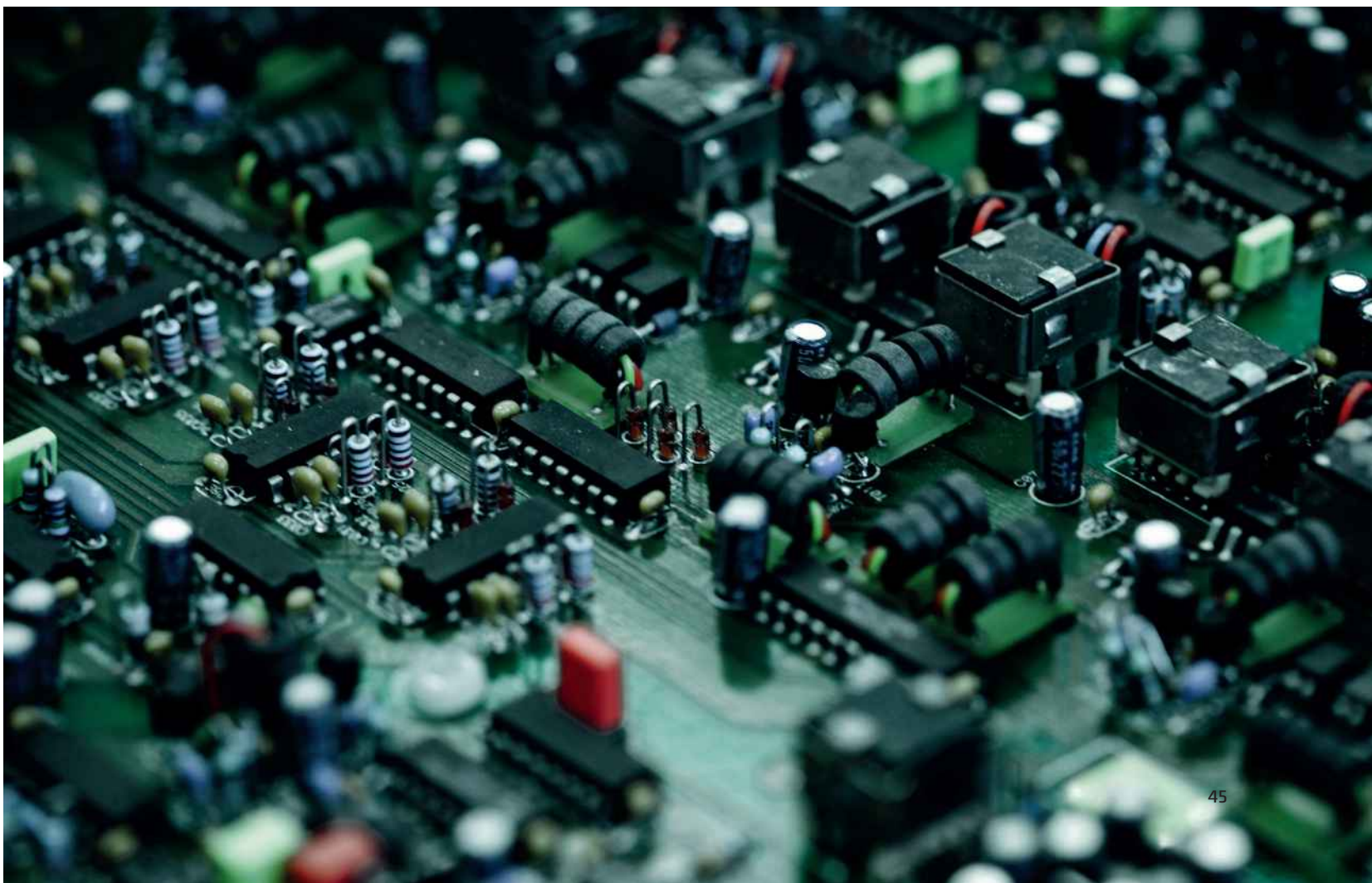
Gruppeopdelingen er en fordel, fordi medarbejdernes kompetencer udnyttes fuldt ud. Grupperne er koncentreret om 2-3 led i produktionen, så alle ikke skal kunne alt, men være der, hvor deres kompetencer matcher. Når medarbejderne selv kan træffe beslutningerne der, hvor de ved mest, nemlig den nære tilrettelæggelse af arbejdet, så opnår Paul E. Danchell A/S en høj fleksibilitet. Hvis de ikke kunne handle selvstændigt, ville de blot kunne stå stille og afvente yderligere instruktion.

Thomas Hansen og Søren Sandersen peger på, at netop fordi kulturen i virksomheden er, at man tager ansvar og handler selvstændigt, opnås den agile produktion.

Uddannelse af nye kollegaer i produktionen sker i øvrigt dels ved sidemandsoplæring og dels på AMU-kurser. Det kan tage op imod et halvt år at lære en ny maskine at kende. Medarbejderne i Paul E. Danchell A/S har i gennemsnit været ansat i 12 år.

Thomas Hansen og Søren Sandersen anerkender, at den intelligente og fleksible virksomhed kun opnås, hvis medarbejderne har de rette kompetencer, ressourcer, teknologier og metoder til rådighed.

En af metoderne er LEAN-tankegangen. LEAN gennemføres i en version, som, synes produktionschef Søren Sandersen, passer godt til virksomheden. Der er tavlemøder med produktionschefen i hver gruppe en gang om ugen, og i grupperne laver medarbejderne selv den detaljerede planlægning og LEAN-opfølgning.



CASES

Thomas Hansen og Søren Sandersen påpeger også, at måske er særligt i Danmark, at medarbejdere kan handle intelligent og selvstændigt, fordi det handler om kultur. Dermed er agiliteten hos medarbejderne vanskeligt at kopiere i andre lande og en konkurrencefordel for Paul E. Danchell A/S og andre danske virksomheder. Det gælder både i konkurrencen med USA og med Kina, måske især Kina, som står for hovedparten af verdens produktion af elektronikprodukter.

Thomas Hansen og Søren Sandersen fortæller, at det er et bevidst valg for Paul E. Danchell at beholde produktionen i Danmark, og at det have en dansk produktion kræver fleksibilitet, høj kvalitet, tilpasning efter kundernes behov og konkurrencedygtige priser.

En af udfordringerne ved at være andre virksomheders produktionsenhed er leverancerne af komponenter og dele til elektronikprodukterne. For at kunne indkøbe komponenterne er Paul E. Danchell A/S ofte nødt til at købe et større styketal. For hver kunde har Paul E. Danchell A/S et lager, som er nødvendig for fx hurtig reaktionstid på nye ordrer. Lageret er også en likviditetsbinding og en risiko. Produktionerne er for forskellige til, at Paul E. Danchell A/S kan standardisere og modulere sit indkøb, så det effektivt kan bruges på tværs af produktioner. Og aktuelt, i december 2021, har Paul E. Danchell A/S lige så vanskeligt ved at få nødvendige leverancer, som alle andre virksomheder.

Direktør Thomas Hansen fortæller, at det er vigtigt for Paul E. Danchell A/S, at kunderne passer til virksomheden og der er godt match parterne imellem. Paul E. Danchell A/S vil lave det, de er bedst til. Så det sker ofte, at Thomas Hansen må sige nej tak til en potentiel kunde: "Vi skal anerkende, at nogle produkter egner sig bedst til lavtlønsområder, men vi kan påvirke grænserne for, hvornår produktion udflyttes til lavtlønsområder. Opgaven i

salget er at synliggøre de åbenlyse fordele ved dansk produktion. Her taler vi i høj grad kvalitet, reaktionsevne, leveringsikkerhed, efterlevelse af standarder, fleksibilitet i produktionen, kundens adgang til produktionen, nærheden. Hos konkurrenterne i Kina kan der hos de mindre producenter være tvivl om fx kvalitet, og produktionen lig-ger længere væk, og virksomhederne er mere rigide i deres løsning af opgaven".

Avanceret teknologi er en del af produktionen i dag. Et nyt ERP-system er på vej, og i produktionen er der 13 avancerede og automatiske SMD¹⁵-monteringsenheder, og avanceret røntgen anvendes til kvalitetstest, automatiserede selektive loddemaskiner, optisk inspektion, nanocoating mv.

Danchell er medlem af MADE og deltager i MADE DIGITAL WP8 sammen med blandt andet Danfoss, Lego og Vestas. I et demoprojekt arbejder Danchell sammen med Teknologisk Institut og Syddansk Universitet sammen for at se, hvilke manuelle processer der kan effektiviseres med brug af ny teknologi, fx automatisering, digitalisering og vision i cobots og mobile robotter.

Direktør Thomas Hansen understreger, at det ikke er nødvendigt eller tilstrækkeligt med mobile robotter for at være en agil virksomhed. Men hvis produktionen glider bedre og billigere med et rullebord, er der ingen grund til at overlade arbejdet til mobilrobotter. Robotterne er blot værktøjer, og kan opgaven løses billigere med en robot, så bliver det robotter.

Målet med at arbejde fleksibelt og med den nødvendige højteknologi er at nedbringe lønandelen af produktionen. Det er en forudsætning for at beholde en produktion i Danmark, og det har Danchell som selvstændig målsætning.

¹⁵ SMD: Small Micro Devices

Over de seneste år har effektiviseringer betydet, at Paul E. Danchell A/S har mere end halveret antallet af medarbejdere, herunder også i administration og bogholderi. Direktør Thomas Hansen understreger, at optimeringen ikke kun sker ved at spare og vende hver femogtyveøre. Det handler lige så meget om løbende udvikling. Fokus i

udviklingsopgaverne er automatisering af løntunge processer, selektiv lodning af manuelt monterede komponenter, LEAN-optimerede produktionsceller, fjerne spild i processerne - også de administrative - forenkle arbejdsgange og effektiv omkostningsstyring¹⁶.

¹⁶ Dansk kvalitetsproduktion – Manufacturing Academy of Denmark – Danchell - <https://danchell.dk/dansk-ems/>



BILAG 2: METODEN BAG TECH-MINING

Tech-mining er en relativ ny metode til at kortlægge teknologisk udvikling gennem fx globale patentdatabaser eller litteraturdatabaser. Internethastigheder og værktøjer til big dataanalyse udvikler sig hurtigt, og teknologien har de seneste 10-15 år åbnet for helt ny adgang til globale data. Data om patenter har altid været offentligt tilgængelige, men de søgninger, som vi i dag kan gennemføre på sekunder, var umulige og næsten ufattelige for 15 år siden. Den førende institution i verden inden for tech-mining har længe været Georgia Tech i USA, og Teknologisk Institut har samarbejdet med Georgia Tech om metodeudvikling.

Teknologier beskyttes i patenter, som beskytter innovationen i en begrænset tidsperiode til gengæld for offentliggørelse af innovationen. Informationer om patenter ligger i nationale og internationale databaser. Hver national myndighed gemmer informationer om teknologien, om opfinderne, om hvilke patenter der refereres til, og patenterne klassificeres ved hjælp af et omfattende internationalt kodesystem som fx CPC [Cooperative Patent Classification]. Kodesystemerne er hierarkisk opbygget og har op imod 80.000 kategorier og underkategorier. Et patent er typisk omfattet af flere koder. Kodesystemerne laves i samarbejde mellem det europæiske patentkontor (EPO) og de amerikanske myndigheder (USPTO)¹⁷.

Patentet gælder kun for det land, hvor det er udtaget, og derfor kan den samme innovation eller teknologi optræde i flere lande. Når informationer om teknologierne trækkes ud, kan både informationen om de enkelte patenter og om hele patentfamilien udtrækkes. Når vi i denne rapport tæller antal patenter, er det i virkeligheden patent-

familier, vi tæller, så en teknologiudvikling kun medtælles én gang. For lydteknologi finder vi fx 442.000 publicerede patentfamilier, som bygger på 985.000 patenter. Antallet af patenter i verden er voldsomt stigende. Den internationale patentorganisation WIPO¹⁸ opgjorde mere end 3 millioner patenter i 2016, og Teknologisk Institut har foreløbigt optalt 5,7 millioner publicerede patentfamilier i 2019, hvoraf alene Samsung udtog 23.858 patenter stærkt efterfulgt af Huawei med 20.589 patenter og Kinas statslige elselskab (STATE GRID) med 18.775 patenter. I Danmark er det virksomheder som Vestas, Siemens, Novo Nordisk og Novozymes, der ligger i spidsen.

Informationen om alle disse patenter ligger i offentligt tilgængelige databaser, som fx opfindere kan bruge til at sikre sig, at deres opfindelse også er ny. Databaserne opdateres dagligt, så antallet af publicerede eller ansøgte patenter kan ændre sig. Fra et analytisk synspunkt åbner databaserne op for en meget bred vifte af søgninger om teknologisk udvikling, ansøgerne, opfinderne og geografien. Søgningerne kan fx gennemføres ved hjælp af teknologikoder, men også fritekstsøgninger i patentbeskrivelser, abstracts, opfindernavne, patentejere, tidspunkter for ansøgning og offentliggørelse mv. kan undersøges. Det er primært denne type analyser, som kendes som tech-mining-analyser.

Tech-mining kan skaffe indsigter, som ikke kan findes andre steder. Tech-mining udtrækker viden om teknologier, aktører og markeder, og man kan identificere trends og mønstre i meget store mængder data. En analyse af et teknologiområde kan indeholde mange hundrede tusinder af patenter.

¹⁷ <http://www.cooperativepatentclassification.org/>

¹⁸ http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2017-chapter2.pdf

Analyserne kan afsløre, om der er teknologier, der samler sig i bestemt områder, eller om der er områder eller aktører, som har komplementære teknologier og måske er fremtidens partnere – eller konkurrenter. Såvel patentdatabaserne som litteraturdatabaserne indeholder adresseinformationer om ejere, forfattere og innovatører mv.

Der er et underskud af analytiske standarder og måleværktøjer i tech-mining, for feltet er stadig nyt, og nye analyseværktøjer og visualiseringsmuligheder udvikles konstant. Patentdatabaserne er lavet for at beskytte rettighedshaverne. Tech-mining er en alternativ udnyttelse af informationerne i patenterne. For rettighedshaverne er en skrivefejl i virksomhedsnavnet ikke afgørende, men for dataanalytikeren giver det udfordringer med aggregering af data.

De mange tusinde teknologikoder er gode til søgninger på specifikke patenter eller opfindelser, fx i forbindelse med en nyhedsundersøgelse. Igen er tech-mining den alternative anvendelse af data, og analytikeren, der leder efter mønstre, kunne ønske sig klare definitioner af fx avancerede materialer, droner, robotter, men så overordnede kategorier findes sjældent, og det udfordrer søgningen og præcisionen i indkredningen af et teknologiområde. En søgning på droner kan fx finde både droner, der flyver ubemandet rundt i luften, og være ampuller, som medicinere kan sende i ud blodbanerne.

Et udtræk af patenter på et teknologiområde vil således altid resultere i, at der både er relevante og irrelevante patenter med i søgningen, og det kan give en usikkerhed om, hvad der er fundet i søgningen af patenterne. Jo snævrere man kan lave sin søgning, desto større er sikkerheden for, at der ikke indgår irrelevante patenter, men samtidig øges risikoen for, at mange relevante patenter udelades. Alternativet er så en bredere søgning, så de relevante patenter kommer med i søgningen, men samtidig stiger antallet af irrelevante søgninger så også.

En gennemgang af patenterne ville øge præcisionen. Det vil dog også stille analytikeren overfor udfordringen med at lave vurderingen, for en del patenter vil ligge i en gråzone og måske/måske ikke være relevante. Dertil kommer, at et søgeresultat med mange tusinde patentfamilier gør denne strategi umulig at følge.

Analyserne i tech-mining gennemføres på et udtræk af relevante patenter for det teknologiområde, som undersøges. Hvis søgningen indeholder en stor mængde irrelevante data, kan konklusionerne blive upræcise, og det samme kan gælde, hvis der er for snævert et udvalg af relevante data. Der findes ikke en standardmetode, mål eller kriterie for, hvornår en søgning er tilfredsstillende.



TECH-MINING

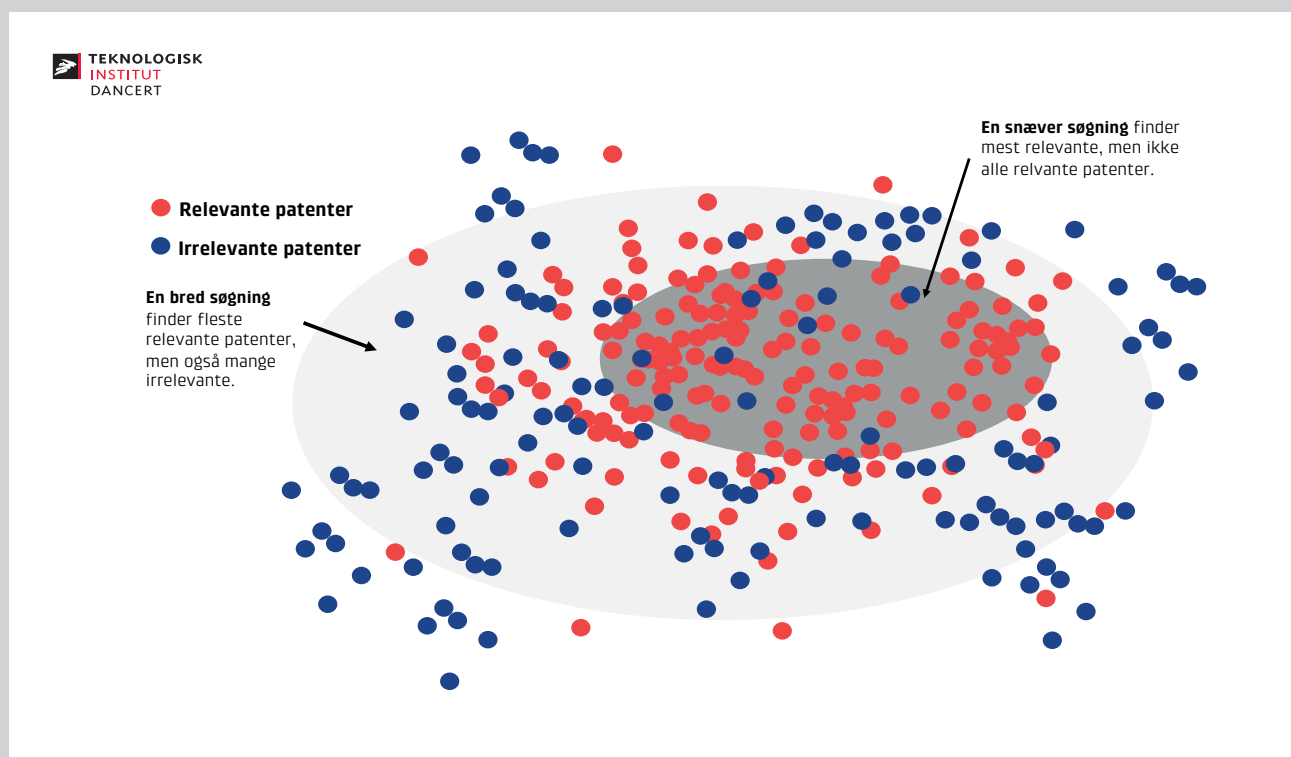
Teknologisk Institut anvender flere metoder til vurdering eller "sanity check" af, hvornår en søgning har givet et validt søgeresultat. En væsentlig metode er at se på frekvensen af de ord, der indgår i de fundne patenter. Er stikordene relevante for den teknologi, man vil finde, og er de underordnede stikord ligeledes inden for det forventede? En anden væsentlig metode er at se på de patentejere, der bliver fundet: dukker fx de væsentligste virksomheder på teknologiområdet op i søgningen i et rimeligt omfang? Det er ikke præcise metoder, og en risiko er, at fordomme eller begrænset indsigt afskærer patenter, som alligevel kunne være relevante. I de gigantiske datasæt er der hele tiden mulighed for at forfine søgningen ved fx at udtage eller tillægge delpopulationer.

Søgningerne skal være så præcise som muligt, men den perfekte søgning er vanskelig at lave, og redskaberne til at vide, om udvalget er perfekt, findes ikke. Heldigvis er

tech-mining-metoderne robuste over for de begrænsninger, der ligger i søgemulighederne. Det handler om store mængder data, og i søgeresultaterne indgår mange tusinde observationer, og når formålet er at finde mønstre, tendenser, hovedaktører og geografiske områder, vil mønstrene og tendenserne træde frem, selvom udsøgningen ikke er helt præcis.

Man kan også anvende andre typer af data til tech-mining, fx litteraturinformation. Den videnskabelige produktion opgøres i litteraturdatabaser, hvor der også er kodeord for fagområde, informationer om forfatterne, om deres institutioner og om citeringer mv. I denne kortlægning har vi suppleret søgningerne i de globale patentdatabaser med søgning efter videnskabelig litteratur via Scopus-databasen. Databaserne er lavet til at understøtte registreringen af videnskabelig litteratur, så den analytiske tilgang og anvendelse af data fra tech-mining giver

FIGUR 12 BRED SØGNING VS. SNÆVER SØGNING I DATABASER



Kilde: Teknologisk Institut

anledning til overvejelser om præcision i big data, som er parallelt til patentdataanalyserne.

I denne kortlægning af geografiske områder med betydelige teknologiske styrker har vi især trukket på adresseinformationerne om patentejerne. Hvor der til de fleste patenter er en engelsk titel og et abstrakt, og koderne er internationale, så er adresseinformationen ofte skrevet på det lokale sprog. Det vil sige også med kinesiske, japanske eller koreanske skrifttegn eller med kyrilliske skrifttegn eller arabiske skrifttegn. Computeren er heldigvis ikke begrænset af dette, så adresserne kan plottes på kort. Der er præcisionen i adresseoplysningen ikke altid i top. Adressen er ofte opgivet med gade og postnummer, men i nogle tilfælde opgives den blot med region og i andre tilfælde kun landet, fx US.

I fortolkningen af data fra tech-mining-analyser er det vigtigt at være opmærksom på, at analyserne ikke kan besvare alle relevante spørgsmål om teknologiudvikling, og at analyserne også har blinde områder.

» **For det første** er ikke alle teknologier patenteret og optræder derfor ikke i patentdatabaserne. Nogle virksomheder bevarer deres hemmeligheder og ønsker ikke at røbe dem gennem patenter. For andre virksomheder går udviklingen så hurtigt, at teknologien er forældet, før den dyre patentprocedure er gennemført. Andre virksomheder vælger at spare udgiften til patentering. Der kan være lidt forskellige traditioner fra branche til branche. Selvom vi ikke finder et fuldstændigt billede, så giver de store mængder patenter på et teknologiområde dog alligevel gode indikationer på både aktører og geografiske områder.

FIGUR 13 INDSIGTER OG BLIND SPOTS I TECH-MINING



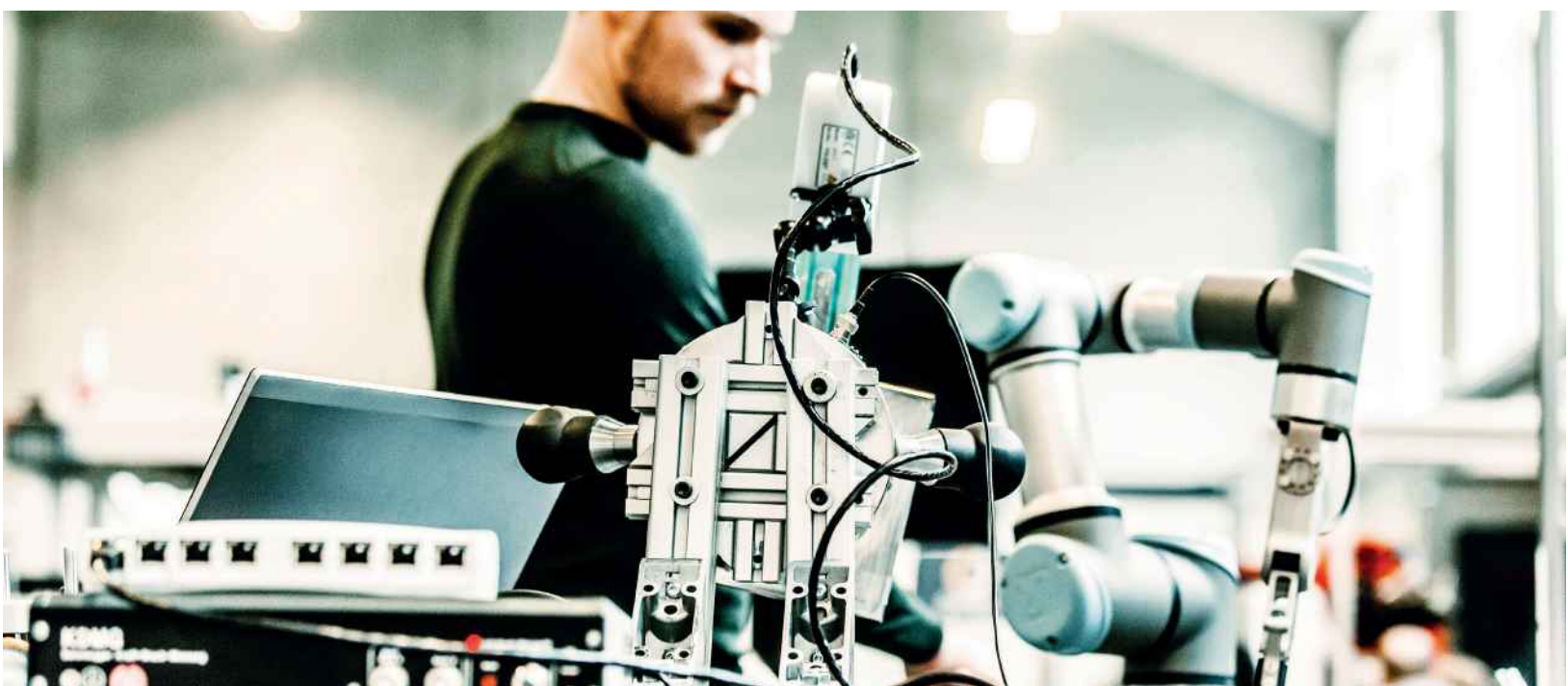
Kilde: Teknologisk Institut

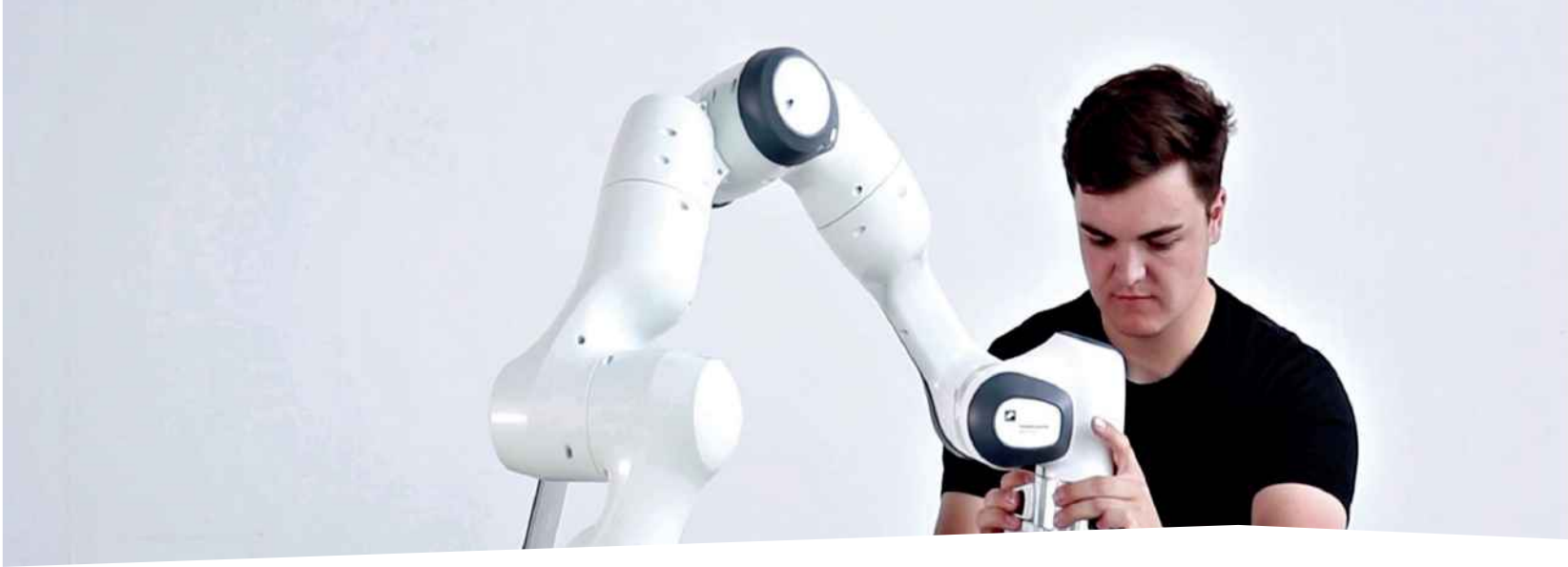
TECH-MINING

- » **For det andet** bliver databaserne bygget af myndigheder over hele jorden, og det fører til inkonsistenser i det skrevne materiale. Fx er Teknologisk Institut et af de førende patenterende virksomheder i Danmark, men som patentejer kan Teknologisk Institut være opført som fx DTI, Danish Technological Institute, Danish Tech Inst., Teknologisk Institut, Dansk Teknologisk Institut og flere andre variationer. Det giver udfordringer ved aggregering af virksomheder. Selvom dataleverandørerne og intelligent software gør en indsats for at ren-se og konsolidere data, så er der inkonsistenser, når 5,7 millioner patenter meldes ind om året. Konsekvensen er, at data kan blive overset eller misforstået. Optællinger af antal patenter fra en udbyder skal betragtes som minimumtal, for enkelte patenter kan være overset.
- » **For det tredje** er "patentkulturen" forskellig fra land til land. I nogle lande, fx Kina, er der ofte økonomisk belønning eller et skattemæssigt incitament til opfinderen for at udtage et patent, hvor det i andre lande er en investering i at beskytte opfindelsen. Mulighederne for tage patenter og hente store gevinster hjem for brud gennem retssystemet kan måske puste antallet af patenter op i andre lande, fx i USA. (Markovich 2012), (Chinapower u.d.). I det Europæiske system er det den, der taber en retssag, der beta-

ler omkostningerne, hvor hver part betaler sin andel i USA. Det har givet en vis inflation i patentsystemet i USA, hvor "patent trolls" er virksomheder med patenter, som anklager andre virksomheder for at bryde deres patentrettigheder og kræver kompensationer langt udover patenternes værdi ved at køre frem med hårde juridiske metoder (Strowel & Utko 2016). For at balancere udvalget har vi et ekstra søgekriterie, nemlig at patenterne enten skal være citeret af andre patenter eller udgivet af mere end en patentmyndighed.

- » **For det fjerde** er der ikke knyttet nogen markedsinformation til patentdata. Mange patentejere sælger licenser til brug af deres teknologi til andre virksomheder. Det er private aftaler, der normalt ikke er indsigt i. Så hvad, værdien er af et teknologiområde, kan ikke præcist opgøres. Man kan alligevel drage nogle konklusioner ved at følge udviklingen i antallet af et stort antal patenter på et teknologiområde. En stærk stigning kan fx indikere et teknologisk gennembrud på et område, hvor patentejerne forventer værdi og derfor er villige til at investere i teknologisk udvikling. En teknologiuudvikling, som er bremset for år tilbage, kan indikere, at verden er rykket videre, eller at der ikke er den store markedsefterspørgsel på dette teknologiområde.





Bibliografi

Chinapower. (u.d.). Are patents indicative of Chinese innovation? Hentet fra <https://chinapower.csis.org/patents/>

Erhvervsministeriet. (2021). Robotter, automatisering og kompetencer. Erhvervsministeriet. Hentet fra https://em.dk/media/14270/analyse-vedr-robotter-automatisering-og-kompetencer_ny.pdf

Kosky, P. (2021). Exploring Engineering - An Introduction to Engineering and Design. Academic Press. Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/flexible-manufacturing-systems>

Markovich. (2012). U.S. Patents and Innovation. Council on foreign relations. Hentet fra <https://www.cfr.org/backgrounders/us-patents-and-innovation>

McKinsey. (2017). Automation, robotics, and the factory of the future | McKinsey. McKinsey. Hentet fra <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/automation-robotics-and-the-factory-of-the-future>

Stig Y. Sørensen, A. H. (2021). Whitepaper robotter og kompetencer. Teknologisk Institut. Hentet fra <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/dansk-robotforerposition-trues-af-kinesiske-konkurrenter?publisherId=1732641&releaseId=13635917>

Strowel & Utko. (2016). The trends and current practices in the area of patentability of computer implemented inventions within the EU and the U.S. EU Commission. Hentet fra <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/report-trends-and-current-practices-area-patentability-computer-implemented-inventions-within>

Sullivan, M. (2020). FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS COMBINED WITH INDUSTRY 4.0 CAN FURTHER PROGRESS TOWARD MASS CUSTOMIZATION. LUX Research. Hentet fra <https://www.luxresearchinc.com/blog/flexible-manufacturing-systems-combined-with-industry-4.0-can-further-progress-toward-mass-customization>



Agil produktion på Teknologisk Institut

Teknologisk Institut tilbyder en række ydelser om agil produktion, og herunder finder du en kort beskrivelse af, hvad du blandt andet kan bruge Teknologisk Institut til.

Der er trillet mange produkter ned af samlebåndet, siden man i slutningen af 1800-tallet begyndte at fremstille ved maskiners kraft. Selvom nutidens moderne produktionsvirksomheder er nået langt, når det kommer til at indrette effektive og i flere tilfælde højteknologiske og agile produktionsanlæg, så er udviklingen dog langt fra gået i stå.

Teknologisk Institut, som siden 1906 har beskæftiget sig med at lette arbejdet i erhvervslivet gennem ny teknologi, er i dag involveret i en lang række projekter, som skal udvikle morgendagens agile produktionsteknologi til de danske virksomheder.

Mange produktionsvirksomheder bliver i stigende grad stillet over for forventninger om at håndtere øget produktvarians, små seriestørrelser og dermed en øget kompleksitet i produkter og produktion, samtidig med at ressourceforbruget mindskes.

Disse krav kræver udvikling af mere agile produktionsmetoder og -teknologier. De agile produktionssystemer er med til at sikre virksomhedernes evne til hurtigt at omstille og skalere produktionen og dermed en mulighed for fremadrettet at konkurrere med omverdenen.

En agil produktion kræver i høj grad fleksible robotter, kunstig intelligens, nye digitale services, nye forretningsmodeller og et produktionsapparat, der kan kombineres som separate elementer.


Perspektiverne i den agile produktion er derfor store, og de tilbyder større muligheder for produktionsvirksomhederne.

For at understøtte virksomheder, der producerer og arbejder med agil produktion, eller virksomheder, der gerne vil have en mere fleksibel produktion, tilbyder Teknologisk Institut blandt andet:

- Faglig sparring på konkrete udfordringer med skalering af agile produktionssystemer
- Rådgivning ifm. valg af digitaliseringsstrategi
- Pilotprojekter – eksempelvis få hands-on erfaring med forskellige kollaborative teknologier med et cobot-pilotforløb (teknologisk.dk/cobot-pilot)
- Kurser – eksempelvis Automationsnavigatør, som klæder virksomheder på til automatiserings-rejsen, og kurser i programmering og cobots
- Teknologi- og scenarieanalyser – nye tendenser og muligheder
- Implementering
- Rådgivning om robotteknologiens opbygning og muligheder
- Digitalisering af kvalitetskontrol
- Sparring i forhold til robotteknologis integration i eksisterende systemer

KONTAKT

Kurt Nielsen
Centerchef
Teknologisk Institut, Robotteknologi
+45 72 20 22 11
kuni@teknologisk.dk



Agilitet er en vej for fremstillingsvirksomheder, der vil styrke deres konkurrenceevne mod lavpris produktion og masseproduktion: Lynhurtig tilpasning af produkterne til kunderne ønsker, og i produktionen en effektiv brug af teknologi, fleksible processer og medarbejdere, der hurtigt kan tage over, hvor behovet er.

Men det er måske lettere sagt en gjort? Teknologisk Institut indkredser i denne rapport vejen til en agil produktion gennem tech-mining, survey og interview med tre virksomheder med erfaring i agil produktion.

Der er ikke kun en vej. Der er mange veje til agil produktion.



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**